

FERNANDO DE ALMEIDA RIBEIRO

Doutor em Medicina

# AGUAS DE ESGOTO E SUA DEPURAÇÃO

Volume II

Depuração das aguas de esgoto (cont.  
do Livro II do volume I); II parte  
— Depuração biologica.



12 FEV 17

COIMBRÁ  
IMPRESA DA UNIVERSIDADE  
1911

Sala 5  
Gab. —  
Est. 56  
Tab. 8  
N.º 13



UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
Biblioteca Geral



1301501042



AGUAS DE ESGOTO

E SUA DEPURAÇÃO

624855947

LIBROS DE ESCOLARES

LA BIBLIOTECA

FERNANDO DE ALMEIDA RIBEIRO

Doutor em Medicina

AGUAS DE ESGOTO  
E SUA DEPURAÇÃO

*Volume II*

Depuração das aguas de esgoto  
(cont. do Livro II do volume I);  
II parte – Depuração biologica).



12.FEV.17

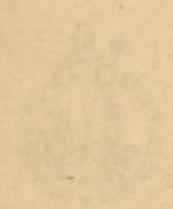
COIMBRA  
IMPRESA DA UNIVERSIDADE  
1911

AGUAS DE ESGOTO

E SUA DEPURACAO

Volume II

Publicado em 1911  
pelo  
Serviço de Engenharia de Sanidade e  
Epidemiologia

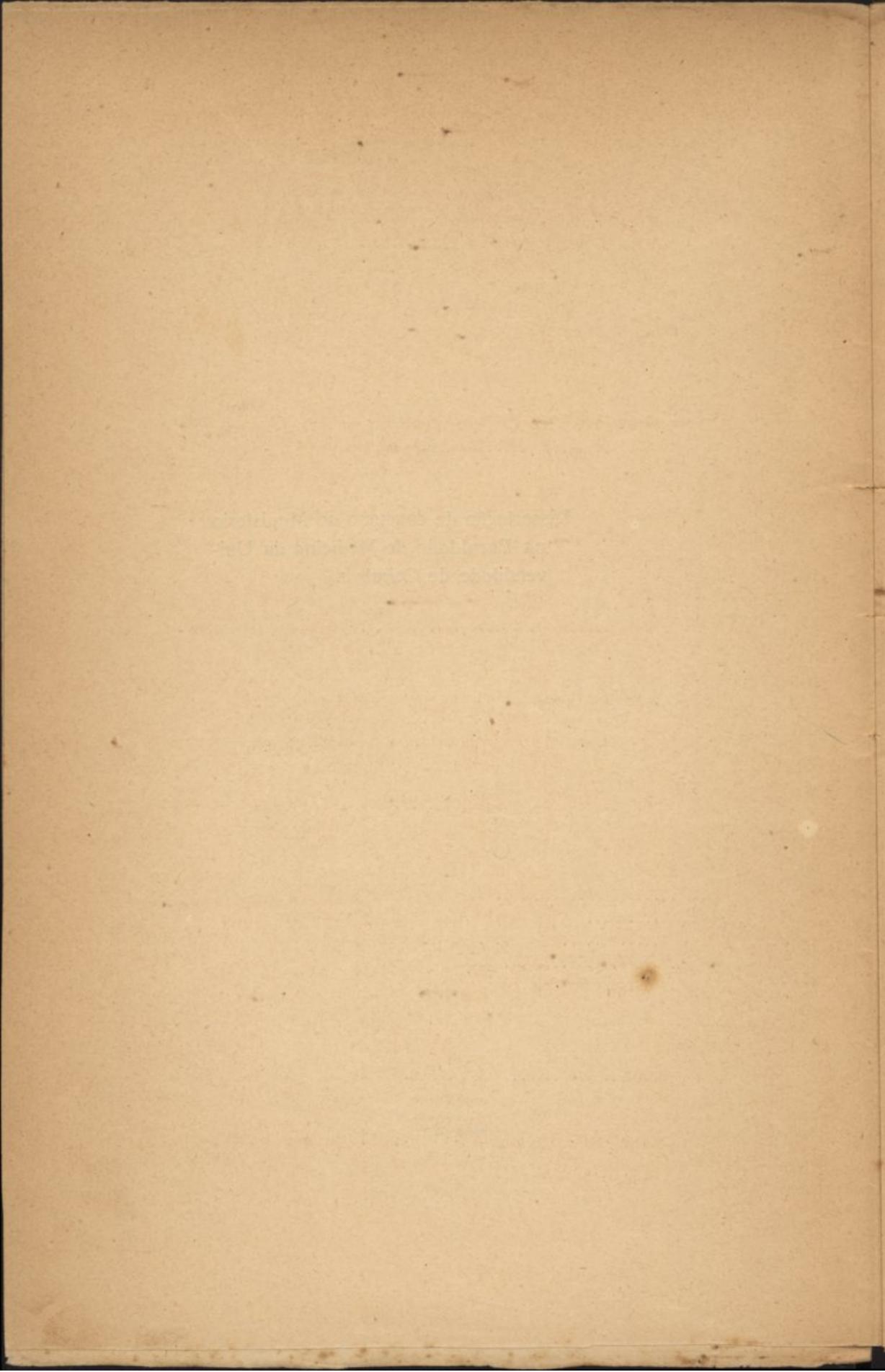


REPRODUCIDO  
DE  

---

R. 6410

Dissertação de concurso ao Magisterio  
na Faculdade de Medicina da Uni-  
versidade de Coimbra.



# INDICE

do segundo volume

## Depuração das aguas de esgoto

(cont. do livro II do volume I)

### SEGUNDA PARTE

	Pag.
Depuração biologica .....	3
Introdução ao estudo da depuração biologica.....	»
A) Necessidade do emprego dos processos biologicos de depuração.....	»
B) Identidade das acções biologicas da depuração natural, dita espontanea, e da depuração provocada voluntariamente .....	5
C) Classificação dos processos de depuração biologica...	11

#### SECÇÃO I

Solubilização e gazeificação da materia organica das aguas de esgoto por acções hydrolyticas de germens anærobios. Reducção da riqueza em materias suspensas do liquido residual, nas fossas septicas e nos filtros anærobios de filtração ascendente .....	15
---	----

#### SUB-SECÇÃO I

Modificações das substancias organicas, em condições anærobias.....	16
A) Gazeificação, liquefação e solubilização da materia organica .....	»

	Pag.
B) Especificação dos efeitos da acção de alguns germens anærobios sobre as varias especies de substancia organica.....	18
1) Solução e decomposição dos corpos albuminoides	19
2) Fermentação da uréa.....	21
3) Fermentação dos compostos amidados derivados dos albuminoides.....	22
a) Acidos amidados.....	»
b) Aminas basicas.....	24
4) Fermentação da cellulose e dos outros hydratos de carbono.....	»
a) Cellulose e materias vegetaes fibrosas.....	»
b) Outros hydratos de carbono.....	27
5) Decomposição das gorduras.....	28
6) Fermentação sulfurada.....	29
7) Formação dos saes de acidos organicos e sua fermentação.....	30
C) Reacção do liquido durante as transformações hydrolyticas.....	32
D) Exothermia das transformações hydrolyticas.....	»

## SUB-SECÇÃO II

<b>Aplicações praticas</b> .....	35
I — Fossas septicas .....	»
A) Fossas septicas das habitações.....	»
1) Descrição de varios modelos e resultados obtidos pela sua utilização.....	»
a) Fossa Mouras .....	36
a') Fossa Mouras-Bordeus .....	41
b) Fossa Bezault .....	42
c) Fossa Simplex.....	45
d) Outras fossas septicas domesticas.....	47
2) Papel das pequenas fossas septicas na depuração das substancias rejeitadas. Indicações e contra indicações do emprego das fossas septicas domesticas .....	»
B) Fossas septicas para os effluxos urbanos.....	55
1) Os antecedentes da fossa septica urbana vulgar ou «Septic-tank» de CAMERON. Questões de prioridade .....	»

	Pag
2) O <i>Septic-tank</i> de CAMERON e suas modificações. O <i>Ames-tank</i> . O <i>Hydrolytic-tank</i> de TRAVIS ..	60
3) Papel das fossas septicas na depuração das aguas de esgoto sob o ponto de vista dos seus caracteres physicos e da sua composição chimica.....	68
3') Effeitos conseguidos pela utilização das fossas septicas vulgares (typo <i>septic-tank</i> de CAMERON) .....	70
a) Acções de sedimentação, liquefação e gazeificação e sua influencia respectiva nas modificações da composição da agua de esgoto passada pela fossa septica.....	»
a') Influencia do tratamento septico sobre o estado physico das impurezas da agua de esgoto .....	71
a) Materias suspensas.....	»
β) Materia em estado colloidal.....	89
γ) Materias dissolvidas.....	92
a'') Influencia do tratamento septico sobre a composição chimica da agua de esgoto.....	95
b) Chapeu ou camada fluctuante nas fossas septicas .....	101
c) Lamas depositadas.....	103
d) Gazes produzidos nas fossas septicas e sua utilização .....	111
e) Resultados comparados da utilização de fossas descobertas e de fossas fechadas por abobada .....	117
f) Velocidade e demora da agua de esgoto no interior da fossa septica, capacidade e dimensões d'esta, e influencia respectiva sobre os resultados do tratamento septico	121
g) A fermentação da agua de esgoto na fossa septica e a facilidade de oxydação futura. Super-septização; seus inconvenientes e meios de os evitar.....	128
h) Diaphragmas transversaes no interior das fossas septicas e sua influencia sobre os resultados do tratamento.....	134
i) As acções de desnitrificação nas fossas septicas.....	136

	Pag.
3'') Critica de algumas opiniões de detractores das fossas septicas habituaes. Effeitos obtidos pelo uso de fossas propostas para as substituir. <i>Ames tank</i> , <i>Hydrolytic tank</i>	136
a) Conclusões erroneas por virtude de colheita defeituosa das amostras para analyse....	137
b) Adaptação das fossas de sedimentação ou de precipitação chimica a fossas septicas	138
c) Experiencias e opinião de DZIERZGOWSKY...	»
d) Experiencias e opiniões de ROUCHY.....	140
e) Resultados do emprego do <i>Ames tank</i> . Antiga opinião de DUNBAR.....	145
f) Opiniões de TRAVIS; resultados obtidos pela utilização do seu <i>Hydrolytic-tank</i> , em Hampton .....	»
4) Papel das fossas septicas na depuração bacteriologica das aguas de esgoto .....	149
5) Custo comparado da passagem por fossa septica, da sedimentação e da precipitação chimica das aguas de esgoto.....	153
6) Indicações respectivas das passagens por fossa septica, da sedimentação e da precipitação chimica, como processos preparatorios, de empobrecimento dos liquidos residuaes em materia suspensa.....	165
C) Tratamentos não biologicos do effluente da fossa septica.....	168
1) Redução da quantidade de materias suspensas do effluente septico.....	169
2) Desodorização dos effluentes das fossas septicas	172
3) Desinfecção e esterilização dos effluentes das fossas septicas.....	173
II — Filtros anaerobios de filtração ascendente.....	177

## SECÇÃO II

Destruição da materia organica das aguas de esgoto por acções oxydantes de germens aerobios. Imputrescibilização e inoffensivação do liquido residual.....	185
--	-----

SUB-SECÇÃO I

	Pag.
Theoria da depuração no solo e nos leitões bacterianos...	186
I — Acções physicas .....	187
A) Solo .....	»
B) Materiaes diversos.....	191
1) Influencia da natureza das substancias a fixar e dos materiaes fixadores sobre a fixação	»
2) Influencia da concentração das soluções sobre a fixação das substancias dissolvidas.....	192
3) Influencia do tempo de contacto sobre a fixação	193
II — Acções chimicas .....	195
III — Acções biologicas .....	197
A) A formação do ammoniaco.....	200
B) A nitrificação.....	201
1) As antigas idéas sobre a nitrificação. Experiencias de BOSSINGUALT e de SCHLESING e MUNTZ .....	»
2) Os agentes da nitrificação do ammoniaco .....	204
a) Morphologia dos germens nitrificadores....	»
b) Cultura e isolamento dos germens nitrifi- cadores .....	205
b') Cultura e isolamento do nitrosomonas..	»
b'') Cultura e isolamento do nitrobacter....	208
3) Os phenomenos de nitrificação no laboratorio ..	210
a) Fermentação nitrosa .....	211
α) Marcha da oxydação no liquido ammo- niacal. Importancia da base carbo- natada e dos saes ammoniacaes usados	»
β) Influencia da temperatura sobre a fer- mentação nitrosa .....	212
γ) Influencia de varios supportes sobre a oxydação nitrosa.....	»
δ) Influencia da materia organica do meio sobre a fermentação nitrosa.....	213
ε) Influencia da concentração do meio em ammoniaco sobre a fermentação ni- trosa.....	214
ζ) Influencia da concentração em nitritos formados sobre a fermentação nitrosa	215
η) Influencia da addição prévia de nitritos	

	Pag.
(de sodio, de potassio, de calcio, de magnésio) sobre a fermentação nitrosa	215
θ) Influencia da addição prévia de nitratos ao meio ammoniacal, sobre a fermentação nitrosa . . . . .	216
b) Fermentação nítrica . . . . .	»
α) Marcha da oxydação no liquido nitritado. Importancia dos nitritos usados na constituição do meio . . . . .	»
β) Influencia da temperatura sobre a fermentação nítrica . . . . .	218
γ) Influencia dos supportes solidos sobre a fermentação nítrica . . . . .	»
δ) Influencia da materia organica do meio sobre a fermentação nítrica . . . . .	»
ε) Influencia do ammoniaco sobre a fermentação nítrica . . . . .	219
ζ) Influencia da concentração em nitrito de sodio sobre a fermentação nítrica	221
η) Influencia da accumulção dos nitratos formados sobre a fermentação nítrica	»
θ) Influencia da addição prévia de nitratos sobre a fermentação nítrica . . . . .	222
e) Fermentação nitrosa e fermentação nítrica no mesmo meio cultural . . . . .	»
α) Acção successiva e acção symbiotica dos germens . . . . .	»
β) Influencia dos supportes sobre a nitrificação em meios ammoniacaes semeados de fermentos nitrosos e nítricos .	224
γ) Materia organica e nitrificação n'um meio impuro . . . . .	225
δ) Influencia da reacção do meio . . . . .	226
ε) Influencia dos sulfuretos, dos sulfocyanetos e dos antisepticos sobre a nitrificação, n'um meio impuro . . . . .	227
4) Os phenomenos de nitrificação no solo e nos leitos bacterianos . . . . .	228
a) Marcha do processo nitrificador . . . . .	»
b) Condições que favorecem ou prejudicam a nitrificação no solo e nos leitos bacterianos . . . . .	231
C) A desnitrificação . . . . .	236

## SUB-SECÇÃO II

	Pag.
<b>Aplicações praticas.....</b>	<b>245</b>
<b>I — Depuração pelo solo.....</b>	<b>»</b>
A) Irrigação cultural.....	246
1) Valor agricultural dos excreta e das aguas de esgoto.....	»
2) Aproveitamento, na agricultura, das substancias rejeitadas. Origem da pratica scientifica da irrigação.....	247
3) Importancia hygienica, esthetica e economica da cultura do solo irrigado com aguas de esgoto. Culturas appropriadas. Utilização dos productos obtidos.....	251
4) Situação dos campos de irrigação.....	259
5) Constituição do solo e determinação do seu poder depurador.....	261
6) Superficies necessarias ...	264
7) Distribuição do liquido segundo a natureza do solo. Configuração e preparo da superficie d'este.....	274
8) Drenagem.....	282
9) Tratamento preliminar das aguas de esgoto destinadas á irrigação.....	286
10) Resultados obtidos pela irrigação cultural para a depuração do liquido residual.....	288
a) Sob o ponto de vista chimico.....	»
b) Sob o ponto de vista bacteriologico.....	292
11) Custo da depuração pela irrigação cultural....	297
B) Filtração intensiva (Filtração intermitente de FRANKLAND).....	310
C) Vantagens e inconvenientes dos processes de depuração pelo solo. Indicações do seu emprego	318
<b>II — Depuração das aguas de esgoto pelos leitos bacterianos de oxidação.....</b>	<b>325</b>
A) Leitos submersiveis.....	332
1) Historia e descripção dos leitos bacterianos....	»
a) Leitos submersiveis de carga corrente ou filtros bacterianos intermitentes, e sua origem na filtração intermitente pelo solo	»
b) Leitos de contacto e sua origem nos filtros bacterianos intermitentes.....	337

	Pag.
α) Processo de DIBDIN.....	337
β) Processo de CAMERON.....	339
2) Estudo dos materiaes de enchimento dos leitos	341
a) Natureza physica e chimica dos materiaes appropriados.....	»
b) Dimensões dos materiaes.....	350
c) Quantidade de material a empregar.....	354
3) Importancia da configuração superficial do solo destinada á installação de depuração por leitos de contacto.....	360
4) Preceitos a seguir na construcção dos leitos sub- mersiveis.....	»
a) Construcção das bacias continentes e sua drenagem.....	»
b) Altura que deve occupar o material de en- chimento no leito bacteriano.....	363
c) Capacidade util original e capacidade util do leito em pleno funcionamento activo; capacidade geometrica dos leitos e volume da onda a tratar.....	365
d) Preparo superficial do material dos leitos de contacto.....	369
5) Numero de enchimentos diariamente. Distribui- ção do tempo pelas varias phases do funci- onamento dos leitos.....	370
6) Apparelhos automaticos e o serviço manual para o enchimento e esvaziamento dos leitos de contacto.....	375
7) Perda da capacidade util dos leitos bacterianos de contacto e suas causas; meios de recu- perar a capacidade perdida e meios de evitar essa perda.....	378
a) Desintegração do material.....	379
b) Condensação do material.....	381
c) Desenvolvimento de organismos.....	383
d) Excessivo volume de liquido tratado no leito	384
e) Drenagem defeituosa.....	385
f) Falta de periodos de descanso.....	»
g) Deposito de materias colloidaes.....	386
h) Insolubilização de materias dissolvidas no affluente.....	387
i) Materias suspensas no liquido affluente aos leitos.....	»

	Pag.
a) Impermeabilização e perda da capacidade dos leitos pelas materias suspensas do liquido affluente .....	387
β) Caracteres das lamas accumuladas nos leitos de contacto.....	390
γ) Meios de fazer recuperar a um leito a capacidade util diminuida pelos depositos de materia suspensa.....	391
δ) Meios de impedir que se produza a perda de capacidade pelas materias suspensas. Tratamento preliminar ..	393
ε) Os leitos de lousa e as materias suspensas no liquido affluente.....	398
8) Quantidade de liquido residual que póde ser tratada diariamente por m <sup>3</sup> de material nos leitos de contacto.....	399
9) Superficie occupada pelos leitos. Dose de liquido tratada por unidade de superficie.....	401
10) Influencia do frio sobre o funcionamento dos leitos bacterianos.....	403
11) Resultados obtidos pelo uso dos leitos de contacto	404
a) Sob o ponto de vista chimico.....	»
α) Materias suspensas.....	406
β) Substancias dissolvidas.....	407
Oxygeneo consumido em 4 horas... ..	»
Materia organica avaliada pelo permanganato decomposto, com ebulição durante 10 <sup>m</sup> .....	410
Azote organico.....	411
Azote albuminoide, ammoniacal albuminoide.....	»
Ammoniacal livre (ou salino). Azote ammoniacal.....	413
Azote nitroso.....	414
Azote nitrico.....	415
Azote total.....	416
Carbono organico.....	417
Chloro.....	»
Prova da incubação .....	418
b) Sob o ponto de vista bacteriologico.....	421
α) Numero total dos germens .....	»
β) Sobrevivencia de germens pathogenicos.....	425

	Pag.
12) Custo da depuração por leitos de contacto.....	428
13) Critica dos leitos de contacto e do seu funcionamento.....	438
B) Leitos bacterianos não submersiveis.....	448
B') Leitos não submersiveis com arejamento artificial..	449
1) Leitos não submersiveis com arejamento artificial e temperatura natural.....	»
a) Filtro de LOWCOCK.....	450
b) Filtros de WARING.....	453
2) Leitos não submersiveis com arejamento e aquecimento artificiaes.....	456
a) Filtro de DUCAT.....	457
b) Filtros de WHYTAKER e BRYANT.....	460
B'') Leitos não submersiveis com arejamento e temperatura naturaes .....	461
1) Os primeiros leitos não submersiveis e suas modificações .....	462
a) Leitos de STODDART.....	»
b) Leitos de CORBETT.....	464
c) Leitos de SCOTT MONCRIEFF.....	465
d) Leitos não submersiveis actuaes.....	467
2) Estudo dos materiaes filtrantes.....	»
a) Natureza physica e chimica dos materiaes .....	»
b) Dimensões dos materiaes.....	470
c) Quantidade de material a empregar .....	472
3) Formação das superficies limitantes e drenagem dos leitos não submersiveis.....	473
4) Altura dos leitos insubmersiveis.....	475
5) Distribuição do liquido á superficie dos leitos insubmersiveis.....	477
a) Distribuição por gottejamento directo.....	479
b) Distribuição por queda e projecção por choque.....	483
c) Distribuição por bicos pulverizadores fixos	484
d) Distribuição por torniquetes hydraulicos...	490
e) Distribuição por gotteiras girantes ou reversiveis.....	495
f) Distribuição por syphões de descarga intermittente .....	498
6) Superficie mais conveniente para cada leito insubmersivel ou para cada uma das suas secções independentes.....	501
7) Perda do espaço livre entre os materiaes fil-	

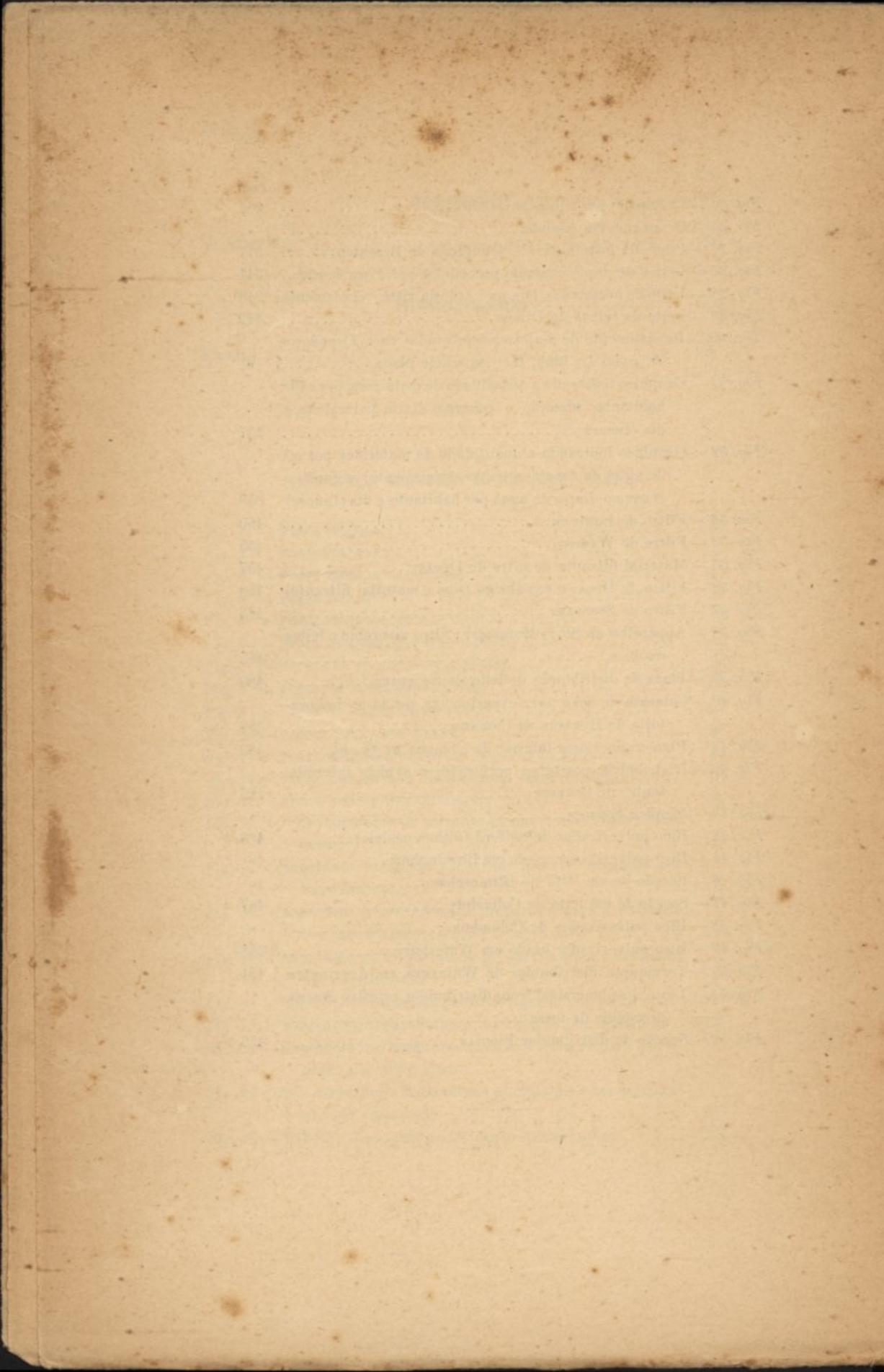
	Pag.
trantes e impermeabilização da sua superfície; causas; meios de as remediar e de as evitar.....	502
a) Materias suspensas no afluente; conveniencia de um tratamento preliminar.....	503
b) Vegetações fungoides; sua destruição.....	508
8) Quantidade de liquido residual que póde ser tratada diariamente por m <sup>3</sup> de material.....	510
9) Superficie total occupada pelos leitos insubmersiveis. Doses tratadas por unidade de superficie.....	513
10) Influencia do frio.....	515
11) Resultados obtidos pela utilização dos leitos insubmersiveis e sua comparação com os que dão os leitos submersiveis.....	515
a) Sob o ponto de vista chimico.....	517
a) Materias suspensas.....	518
β) Materias dissolvidas.....	522
Oxygeneo consumido em 4 horas á custa do permanganato, a frio....	»
Materia organica (medida pela oxydabilidade á custa do permanganato, com ebullicão durante 10 <sup>m</sup> )..	523
Azote organico (dissolvido).....	»
Azote ammoniacal.....	524
Azote oxydado.....	»
Azote nitroso.....	»
Azote nitrico.....	»
Azote total.....	525
Carbono organico (dissolvido).....	»
Oxygeneo dissolvido.....	»
Chloro.....	526
Alcalinidade.....	»
Prova da incubação.....	»
b) Sob o ponto de vista bacteriologico.....	527
a) Numero total de germens.....	»
β) Sobrevivencia dos pathogenicos.....	528
12) Despesas feitas com a depuração em leitos insubmersiveis. ....	»
C) Valor agricultural dos effluentes dos leitos de nitrificação.....	539
III — Depuração por leitos de desnitrificação.....	541
IV — Desinfecção dos effluentes do solo e dos leitos bacterianos	543

	Pag.
<b>Appendice</b> .....	551
Medidas inglesas .....	553
<b>Bibliographia</b> .....	555
Erratas .....	567

### INDICE DAS GRAVURAS DO SEGUNDO VOLUME

<i>Fig. 1</i> — Fossa MOURAS .....	37
<i>Fig. 2</i> — Fossa MOURAS .....	»
<i>Fig. 3</i> — Fossa MOURAS — Bordeus .....	41
<i>Fig. 4</i> — Fossa BEZAULT .....	42
<i>Fig. 5</i> — Fossa <i>Simplex</i> , grande modelo .....	45
<i>Fig. 6</i> — Fossa <i>Simplex</i> , pequeno modelo .....	46
<i>Fig. 7</i> — Fossas de HENRY AUSTIN (1852) .....	55
<i>Fig. 8</i> — Fossa de WORCESTER (1876) .....	56
<i>Fig. 9</i> — Fossa de JAMES CROES (1882) .....	57
<i>Fig. 10</i> — Fossas de ELLIOT CLARK .....	58
<i>Fig. 11</i> — Fossa septica de CAMERON (modelo de 1898) .....	61
<i>Fig. 12</i> — Fossa septica com diaphragmas transversaes .....	64
<i>Fig. 13</i> — Fossa hydrolytica de TRAVIS .....	66
<i>Fig. 14</i> — Filtro anaerobio de filtração ascendente de SCOTT MON- CRIEFF .....	179
<i>Fig. 15</i> — Superficie inclinada preparada para a irrigação por escorrimento .....	275
<i>Fig. 16</i> — Superficie pouco inclinada preparada para a irrigação por scorrimento (secção transversal) .....	276
<i>Fig. 17</i> — Superficie pouco inclinada preparada para a irrigação por scorrimento .....	»
<i>Fig. 18</i> — Superficie preparada para a irrigação por infiltração ..	277
<i>Fig. 19</i> — Superficie preparada para a irrigação por infiltração .	278
<i>Fig. 20</i> — Superficie inclinada preparada em terraços para a irri- gação por infiltração .....	»
<i>Fig. 21 e 22</i> — Superficies horizontaes preparadas para a irri- gação por submersão .....	279
<i>Fig. 23</i> — Tubo de drenagem na irrigação subterranea .....	281

	Pag.
<i>Fig. 24</i> — Drenagem por tubos parallelos.....	283
<i>Fig. 25</i> — Drenagem em espinha.....	»
<i>Fig. 26</i> — Plano da installação de depuração de Brockton.....	317
<i>Fig. 27</i> — Leitos de duplo contacto precedidos por fossa septica..	341
<i>Fig. 28</i> — Leito de ardósias de DIBDIN e ardósia vista isoladamente	348
<i>Fig. 29</i> — Leito de telhas de DIBDIN.....	349
<i>Fig. 30</i> — Revestimento de materias depositadas em: I) pedaços de coke, II) tubo, III) superficie plana.....	»
<i>Fig. 31</i> — Graphico indicando a quantidade de materiaes, por cada habitante, segundo o consumo diario por cabeça e dia (IMHOFF).....	357
<i>Fig. 32</i> — Graphico indicando a quantidade de materiaes por m <sup>3</sup> de agua de esgoto a tratar diariamente, segundo o consumo diario de agua por habitante e dia (IMHOFF)	358
<i>Fig. 33</i> — Filtro de LOWCOCK.....	450
<i>Fig. 34</i> — Filtro de WARING.....	455
<i>Fig. 35</i> — Material filtrante do filtro de DUCAT.....	457
<i>Fig. 36</i> — Filtro de DUCAT e seu abrigo (sem o material filtrante)	458
<i>Fig. 37</i> — Filtro de STODDART.....	463
<i>Fig. 38</i> — Apparelho de SCOTT MONCRIEFF; filtro anærobio e leitos aerobios.....	465
<i>Fig. 39</i> — Placa de distribuição do leito de STODDART.....	480
<i>Fig. 40</i> — Columna de coke para experiencias, usada no Labora- torio de Hygiene de Coimbra.....	482
<i>Fig. 41</i> — Planos superior e inferior da columna da <i>fig. 40</i> .....	483
<i>Fig. 42</i> — Distribuição por tubos perfurados e syphão intermit- tente, de CORBETT.....	485
<i>Fig. 43</i> — <i>Simplex Sprayer</i> .....	»
<i>Fig. 44</i> — Bico pulverizador de Salford (ultimo modelo).....	486
<i>Fig. 45</i> — Bico pulverizador usado em Birmingham.....	»
<i>Fig. 46</i> — Secção de um leito de Birmingham.....	»
<i>Fig. 47</i> — Secção de um leito de Columbus.....	487
<i>Fig. 48</i> — Bico pulverizador de Columbus.....	»
<i>Fig. 49</i> — Bico pulverizador usado em Waterbury.....	488
<i>Fig. 50</i> — Torniquete distribuidor de WHITAKER, em Accrington	491
<i>Fig. 51</i> — Leito insubmersivel com distribuidor rotativo ADAMS, precedido de fossa.....	»
<i>Fig. 52</i> — Secção do distribuidor FIDDIAN.....	496



DEPURAÇÃO DAS AGUAS DE ESGOTO

(Continuação)

2.<sup>a</sup> parte: **Depuração biológica**

DEPURACIÓN DE AGUAS DE ESCUELA

1910

DEPURACIÓN DE AGUAS DE ESCUELA

## SEGUNDA PARTE

### Depuração biológica

#### **Introdução ao estudo da depuração biológica**

#### **A) Necessidade do emprego dos processos biológicos de depuração**

Se passarmos em revista os varios processos phisicos e chimicos de depuração das aguas de esgoto, vêmos que os resultados obtidos pela sua utilização exclusiva são, na grande maioria dos casos, hygienicamente muito incompletos.

\*

Dos processos não biológicos, os que pretendem tirar ás aguas de esgoto os seus elementos nocivos, além de só muito modestamente conseguirem os seus fins (por isso que os liquidos residuaes tratados continuam ricos em germens e em materia organica dissolvida), levam á obtenção de lamas, putresciveis e muito fluidas, em abundancia tal que o modo de dispôr d'ellas constitue um problema de resolução difficil.

Os processos que principalmente visam a destruição directa, na propria agua de esgoto, dos germens que n'esta vivem, se podem ter certa utilidade, quando applicados em condições limitadas de local e de tempo, como agentes de desinfecção, estão longe de ser, na generalidade dos casos, de uma facil e util applicação pratica. E tambem não é licito esquecer que

\*

estes processos deixam um liquido em que abundam as substancias organicas putresciveis e no qual, quasi sempre, se poderão desenvolver e reproduzir abundantemente não só os germens que tenham persistido, como tambem os germens provenientes de infecções ultteriores, que tão facilmente se podem originar.

Qualquer d'estes dois grupos de processos dá, portanto, sob o ponto de vista da reducção na quantidade de materia organica, resultados mesquinhos; e tão mesquinhos que, para CALMETTE, os processos respectivos não merecem o nome de *depuradores*, pois, para este autor, *depurada* é apenas a agua residual cuja materia organica foi destruida, decomposta nos seus elementos constituintes.

Eu proprio, sem desejar ser tão radical como CALMETTE, combinei, em todo o caso, com o leitor que dariamos, como mais particularmente merecida, a designação de *depuradores*, aos processos em que principalmente se procura destruir, directamente nos liquidos residuaes, a substancia organica, suspensa ou dissoivida (vol. I, pag. 181). Dada a impossibilidade do aproveitamento, para este fim, da acção purificadôra do fogo, em virtude da dêspeza enorme de combustivel necessario para a evaporação do liquido e para a calcinação do residuo sêcco, ficaram-nos, n'este grupo de processos, apenas aquelles que tõem, por principaes agentes, certos compostos chimicos oxydantes ou os germens microbianos.

Acontece, porém, que os agentes chimicos oxydantes só actuam intensamente quando usados em quantidades relativamente elevadas e em condições de temperatura e de tempo taes que, se são facéis de realisar em laboratorios, são, na pratica, frequentemente irrealisaveis. E, por isso, verifica-se que o emprego de taes agentes oxydantes dá resultados muito incompletos, quando sahindo da esphera theorica.

\*

O emprego exclusivo de agentes phisicos ou chimicos para

o tratamento de águas de esgoto deixa-nos um líquido, muitas vezes, feio de aspecto e mal cheiroso e, quasi sempre, nocivo para as plantas, para os peixes e mesmo para o homem. Bem se justifica, por isso, que este ultimo procure utilizar, nas melhores condições possiveis, as acções naturaes dos agentes animados que tão poderosamente concorrem para a chamada *depuração espontanea* dos rios conspurcados e mesmo das proprias águas de esgoto, e que libertam a terra dos cadaveres e residuos animaes e vegetaes, fazendo passar estes corpos ao estado de gases e de substancias absorviveis pelas plantas.

D'est'arte, o homem, por vezes, virá a tirar, indirectamente, proveito e utilidade de materias para elle primitivamente nocivas.

#### B) Identidade das acções biológicas da depuração natural, dita espontanea, e da depuração provocada voluntariamente

Ha mais de 50 annos, reconheceu-se, empiricamente, a conveniencia da utilização, nas dependencias das casas, de certos reservatorios (fossa Mouras, etc.), que, como ulteriormente se verificou, permitem a realisação mais efficaz das condições que nos esgotos consentem ao liquido residual um começo de depuração, com desintegração das substancias solidas.

Reservatorios na essencia identicos, mas de muito maiores dimensões, fôram mais tarde propostos e usados, não já, separadamente, para os liquidos residuaes de cada habitação, mas sim, no terminus dos esgotos, para os effluxos urbanos totaes (*septic-tank* de CAMERON e outras fossas septicas de grande modelo; filtros de filtração ascendente).

D'esta fórma, crearam-se os processos artificiaes de *depuração biologica anaerobia*, destinados a facilitar, por acções hydrolyticas e de liquefação e gazeificação das materias orga-

nicas não dissolvidas, a realização dos efeitos depuradores de futuras acções oxydantes.

A observação dos phenomenos de depuração que naturalmente se passam no solo, levando á destruição da materia organica, fez que se viesse a utilizar, para a purificação das aguas residuaes, o *terreno, cultivado ou nú, previamente preparado* para esse fim.

E, no conhecimento scientifico da natureza dos agentes e acções que motivam esses efeitos de depuração, tomaram origem os processos, relativamente modernos, dos chamados *leitos bacterianos de oxydação*. N'estes, ás condições realisadas no solo, torna-se possivel substituir outras, mais facéis de regular e mais propicias para o bom resultado do *tratamento biologico aerobio* que aqui se tem em vista e que leva, por oxydação, á transformação das materias organicas em nitratos, gaz carbonico, agua, etc.

Mas veiu a observar-se, ainda, que no solo, e mesmo nos leitos bacterianos vulgares em condições de arejamento insufficiente, certos compostos — os nitratos —, formados, por oxydação completa de materias organicas azotadas, n'uma phase anterior de arejamento generoso, podem ser *reduzidos* a nitritos, com libertação de azote gazoso e de oxygeneo capaz de oxydar substancias carbonadas ainda existentes no liquido.

Em quanto o total da materia organica azotada está longe de ser oxydado, a reduccão dos nitratos não é a desejar, porque as condições de mau arejamento que esta reduccão exige oppõem-se á continuação das acções nitrificadoras. Mas se a nitrificação se pôde julgar praticamente realisada, só haverá vantagem, sob o ponto de vista higienico (economicamente pôde isso não convir), em favorecer as acções reductoras, com o fim de conseguir a consequente destruição parcial do residuo

carbonado organico, pelo oxygeno que se liberta dos nitratos decompostos.

Porque assim é, tem-se modernamente proposto que os liquidos nitrados por passagem pelo solo ou pelos leitos bacterianos vulgares sejam ulteriormente lançados a leitos bacterianos especiaes escassamente arejados — *leitos desnitrificadores* — nos quaes as condições de vitalidade de germens reductores convenientes são propositadamente estabelecidas.

E, tambem, alguns autores aconselham, por vezes, que os effluentes nitrados sejam lançados em fossas septicas e misturados ao liquido que estas contêm, para que a redução dos nitratos concorra para o ataque da materia organica, sob as mesmas condições de arejamento muito fraco ou nullo que permitem simultaneamente as habituaes transformações hydrolyticas.

Portanto, vemos que o homem, quando procura obter uma depuração biologica das aguas de esgoto, nada mais faz do que aproveitar, para esse fim, certos agentes naturaes que anima na sua vitalidade e no seu desenvolvimento, em condições e locais apropriados, *domesticando*, por assim dizer, esses agentes, de modo a tornar mais intensas e uteis as acções que elles espontaneamente produziram.

Isso mesmo me proponho eu mostrar no quadro seguinte, no qual, ao passo que summarizo o que foi dito ácerca da depuração biologica espontanea, resumo parallelamente o que vou dizer sobre a depuração biologica voluntariamente provocada pelo homem, estabelecendo, assim, para os dois casos, a identidade das acções realisadas e dos effeitos obtidos.

## Transformações químicas nas águas

Ordem de successão	Logar	Condições realizadas
Um período inicial, que, por ephemero, se pôde esquecer	em { a parte inicial das canalizações }	com { maior ou menor quantidade de oxigeneo dissolvido na agua vehiculadora das materias rejeitadas } que permite que os ;
é seguido por a, praticamente,		
1. <sup>a</sup> phase	em { os esgotos, as fossas septicas, os filtros anaerobios de filtração ascendente }	com { ausencia de oxigeneo, não combinado, no liquido } que permite que os ;
á qual, por vezes, se segue uma		
2. <sup>a</sup> phase	em { a parte mais espaçosa dos esgotos, o solo, os leitos bacterianos vulgares em más condições (e as camadas superiores de quasi todos os leitos) }	com { arejamento moderado } que permite que, simultaneamente, os ;
que, comtudo, pôde faltar sem grande prejuizo para a hygiene, quando se passe directamente á, no caso contrario,		
3. <sup>a</sup> phase	em { os cursos de agua, o solo, os leitos bacterianos vulgares em boas condições }	com { bom arejamento } que permite que os ;
que, por vezes, ainda será seguida por uma		
4. <sup>a</sup> phase	em { as fossas septicas (e os filtros anaerobios), o solo, os leitos bacterianos vulgares em más condições, os leitos bacterianos desnitrificadores }	com { arejamento moderado ou nullo } que permite que os ;

de esgoto, por acção microbiana

Germens que principalmente interveem	Natureza da acção dos germens, sob o ponto de vista chimico	Substancias que soffrem a transformação	Prodnetos obtidos
} aerobios	{ actuem por } <i>oxydção</i>	{ sobre } <i>urèa, ammoniaco, e materias facilmente decomponiveis</i>	{ originando } <i>gaz carbonico, agua e ligeira quantidade de nitratos, que rapidamente, no periodo seguinte, desapparecem, por reduçção, em nitritos e azote</i>
} anaerobios	{ actuem por } <i>desintegracção e hydrolyse</i>	{ sobre } <i>materias albuminoides, cellulose, fibras, gorduras</i>	{ originando } <i>com] estos azotados soluveis, derivados de phenol, gazes, ammoniaco</i>
{ anaerobios facultativos e aerobios	{ actuem, respectivamente, por } <i>hydrolyse e oxydção</i>	{ sobre } <i>compostos amidados, acidos organicos, residuos dissolvidos, corpos phenolicos</i>	{ originando } <i>ammoniaco, nitritos, gazes</i>
} aerobios	{ actuem por } <i>oxydção</i>	{ sobre } <i>residuos carbonados, ammoniaco, nitritos</i>	{ originando } <i>gaz carbonico, agua e nitratos</i>
{ anaerobios facultativos (aerobios segundo PALLES e SOLLYMAN).	{ actuem por } <i>reduçção</i>	{ sobre } <i>nitratos</i>	{ originando } <i>nitritos e azote livre, com libertaçção de oxygeno capaz de servir para a combustão de compostos carbonados.</i>

É preciso notar que, na pratica, quando se tem em vista uma massa de agua residual considerada no seu conjuncto, e não separadamente em cada um dos elementos constituintes, as phases porque as transformações se succedem podem ser confundidas ou alteradas na sua ordem.

Na agua residual, as substancias de uma dada natureza não attingem, no total e simultaneamente, o mesmo grau de transformação. A par de compostos correspondentes a um estado avançado de modificação das substancias primitivas, podem achar-se corpos da mesma natureza atrasados na sua evolução transformadora. N'uma dada porção de liquido de esgoto, é possível encontrar, na mesma occasião — materia organica azotada, compostos ammoniacaes, nítritos e nitratos.

Ora as condições de arejamento ou não arejamento são identicas em phases de transformação diversas. Assim, por exemplo, a 4.<sup>a</sup> phase, de *reducção* dos nitratos, pede condições analogas ás da 1.<sup>a</sup> phase (arejamento nullo) ou ás da 2.<sup>a</sup> (mau arejamento), e os agentes que interveem podem ser da mesma natureza nos tres casos.

Portanto, comprehende-se que, se uma agua residual já nitrada é lançada n'uma fossa septica e misturada com o liquido já lá existente, na mistura, ao mesmo tempo que ha hydrolyse das substancias do liquido primitivo da fossa (1.<sup>a</sup> phase), se produza a *reducção* dos nitratos ajuntados, com libertação de oxygeneo capaz de concorrer para a destruição de certas substancias (4.<sup>a</sup> phase). Mas isto não impede que a *reducção* dos nitratos isoladamente considerada seja uma phase ultima que necessariamente tem de ser precedida pela phase de formação de taes compostos e pelas anteriores a esta.

Cousa semelhante acontecerá quando, n'um leito bacteriano vulgar, um liquido parcialmente nitrado, mas ainda rico em ammoniaco, venha a encontrar-se em regiões d'este leito onde o arejamento se tenha tornado insufficiente; ver-se-á então que se formam nítritos, não só por nitrosificação de compostos ammoniacaes (2.<sup>a</sup> phase), mas tambem por *reducção* dos ni-

tratos (4.<sup>a</sup> phase). Estes phenomenos, se bem que successivos quando encarando cada porção de materia constituinte isoladamente, podem passar-se simultaneamente na massa liquida total.

### C) Classificação dos processos de depuração biológica

Pelo que fica exposto, vemos que, na depuração biológica bem dirigida, a agua de esgoto depois de ter passado por uma phase hydrolysante de solubilisação preparatoria, obtida em fossas septicas (1) ou filtros de filtração ascendente (quando a demora nos esgotos não tenha permittido effeitos sufficientes), deve ser lançada ao solo ou aos leitos bacterianos de oxydação. Póde dispensar-se uma phase semi-anærobia, e, em todo o caso, não é licito parar n'ella, porque, então, não se daria a transformação em nitratos que testemunha e exige a presença de um arejamento intenso, que o solo e os leitos bacterianos destinados á nitrificação deverão permittir (2).

(1) Pela estada da agua de esgoto n'estes reservatorios, diminue-se a riqueza do liquido em materias suspensas. Ora, como para esse fim intervêm agentes biologicos cuja vitalidade se favorece, chamou-se *septico* a este modo de tratamento preliminar, por opposição aos mais antigos processos de precipitação, por agentes chimicos, os quaes, ao mesmo tempo que libertam o liquido de substancias em suspensão, actuam como *antisepticos*, exterminando germens.

*Septico* é tambem, afinal, o tratamento biologico ærobio; deveria, pois, dizer-se *processo septico* como synonymo de *processo biologico*. Mas o uso reservou aquella designação de — *septico* — para o processo anærobio, e ainda quasi exclusivamente para a expressão — *fossa septica* (*septic tank*) — destinada a nomear um dos locaes onde as acções anærobias se produzem notavelmente.

(2) Veremos que um dos maiores defeitos dos leitos bacterianos submersiveis (gèralmente chamados *de contacto*), alternadamente cheios de liquido e esviados, está, em que a successão das acções anærobias ás aerobias, e reciprocamente, no mesmo meio, prejudicando ambas as

Leitos com escasso arejamento só poderão ser, com vantagem, usados mais tarde, para aproveitar a redução dos nitratos que leve á destruição de um resto de carbono organico. Portanto, parecerá logica a seguinte classificação dos processos biologicos de depuração da agua de esgoto.

### Processos de depuração biologica

Conseguindo como effeitos predominantentes	Utilizando como principaes agentes	Em que preponderam acções biologicas de	
Destruição directa da materia organica e indirecta dos germens	Solubilisação e gazeificação da materia organica, com formação de compostos ammoniacaes e de gazes — $\text{CH}_4$ , H, N, etc. ( <i>Reducção da riqueza do liquido em materias suspensas</i> )	germens anaerobios das fossas septicas e dos filtros de filtração ascendente	hydrolyse e desintegração
	Destruição da materia organica e do ammoniaco, com formação de gaz carbonico, agua e nitratos. ( <i>Imputrescibilidade e inofensividade do liquido</i> )	germens aerobios do solo e dos leitos bacterianos oxidantes em boas condições	
	Destruição dos nitratos, com consequente destruição de um resto de materia organica. ( <i>O mais alto grau de depuração do liquido por acção biologica</i> )	germens anaerobios dos leitos bacterianos desnitrificadores	reducção

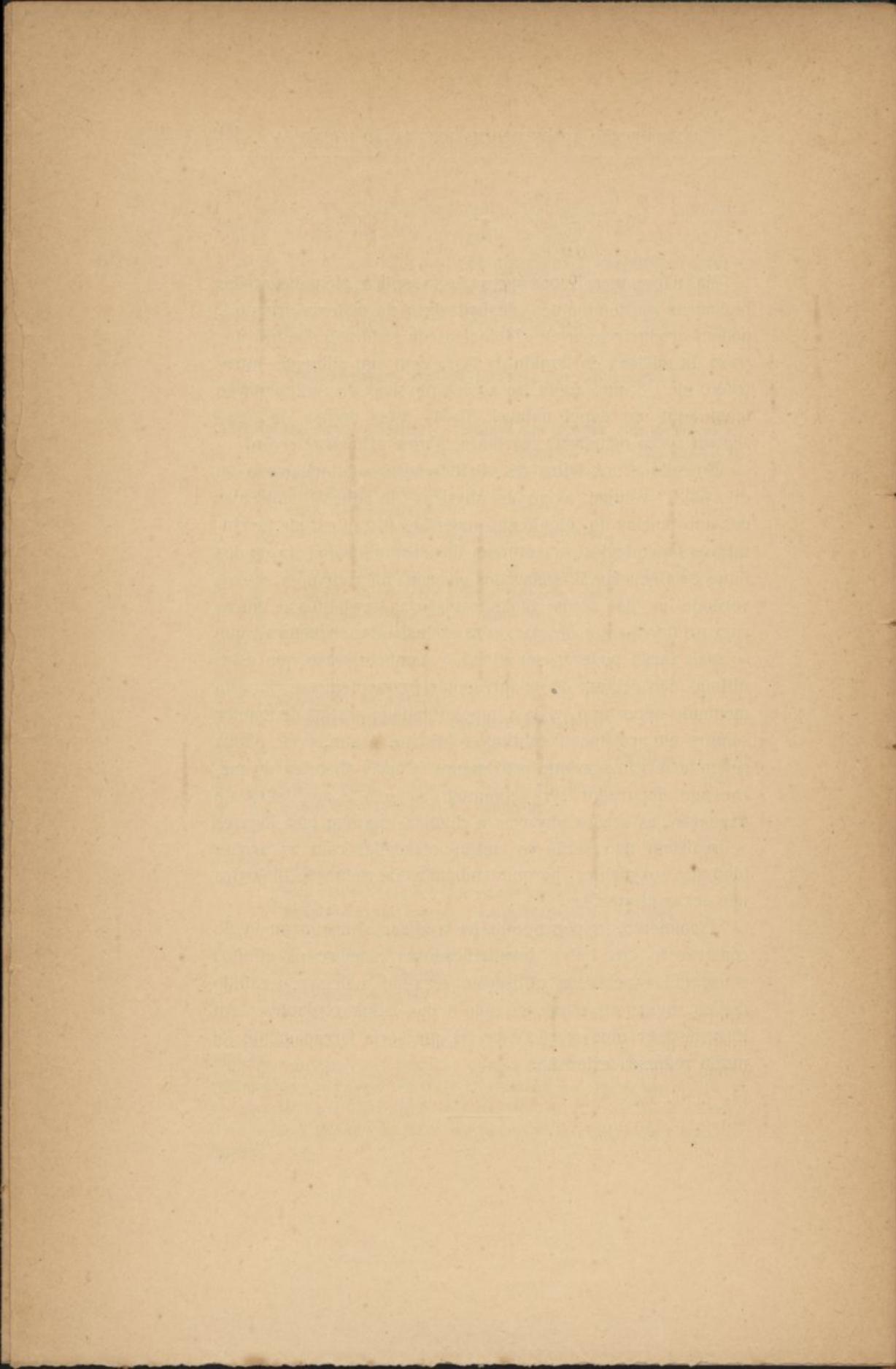
especies de acções, não permite que os effeitos obtidos sejam tão intensamente uteis como seriam se os germens anaerobios, tendo actuado *previamente*, n'um *logar differente* e sem arejamento, deixassem o campo livre para os agentes aerobios, servidos por um arejamento continuo e intenso.

\*

Mas não esqueceremos que na fossa septica, além das acções biológicas predominantes, de hydrolyse da materia organica, podem produzir-se acções biológicas de redução dos nitratos (caso da mistura do liquido da fossa com um affluente nitrado, etc.) e que, ainda, as acções physicas de sedimentação teem aqui um papel notavel. Todas estas acções da fossa septica serão estudadas, portanto, n'uma primeira secção.

No solo e nos leitos de nitrificação não faltam, como foi dito no 1.º volume, as acções physicas (de adhesão molecular das substancias do liquido aos materiaes filtrantes, etc.) e chímicas (dependentes da natureza dos elementos do solo ou dos leitos), associadas ás acções dos germens microbianos; e, se é verdade que das acções biológicas são as oxydantes as unicas cuja producção é a desejar, com exclusão das reductoras (que só mais tarde poderão ser uteis), é tambem certo que estas ultimas não deixam de se apresentar frequentemente, fóra do momento opportuno, vista a impossibilidade pratica de manter sempre um arejamento continuo e intenso. Assim, pois, n'uma segunda secção, em que pelo menos a parte theorica do mecanismo depurador será commum ao solo e aos leitos de oxydação, as acções physicas e chímicas que em taes logares se realisam não serão as unicas estudadas com as acções biológicas oxydantes, porque tambem as de redução biologica não serão esquecidas.

Finalmente, o pouco que ha a dizer sobre o modo de construcção dos leitos desnitrificadores e sobre os effeitos conseguidos pela sua utilização, leva-me a deixar o estudo d'elles annexo ao estudo do solo e dos leitos oxydantes, sem lhes destinar uma secção especial que seria forçadamente de muito reduzida extensão.



## SECÇÃO I

### **Solubilisação e gazeificação da materia organica das aguas de esgoto por acções hydrolitycas de germens anaerobios. Reducção da riqueza em materias suspensas do liquido residual, nas fossas septicas e nos filtros anaerobios de filtração ascendente**

Quando estudámos as alterações espontaneamente soffridas pelas aguas residuaes durante o seu percurso nos esgotos, vimos que o liquido primitivo, no qual sobrenadam varios objectos, grosseiros e volumosos, de toda a natureza, tende, pela desagregação das substancias organicas, a tomar um novo aspecto, enriquecendo-se em materias dissolvidas, ao passo que os corpos insolueis se reduzem, por fragmentação, a dimensões menores.

E, no mesmo logar, dissémos que nos esgotos longos e tortuosos, velhos e mal arejados, uma travessia demorada póde permittir que estas transformações vão muito longe, com proveito para futuras acções oxydantes; porque, então, estas poderão exercer-se sobre materia solida que, pelo seu estado de fragmentação extrema, offerece, para um dado volume, uma consideravel superficie total.

Para demonstrar a natureza biologica das acções modificadoras, fiz algumas experiencias de laboratorio. Uma d'ellas mostrou-nos que a agua de esgoto ao abrigo do ar, em vaso fechado, fermenta, produzindo gazes, e dissolvendo uma parte das materias suspensas, ao passo que outra parte precipita lentamente, n'um estado de grande divisão, no fundo do vaso, sob a fôrma de lama. Estas modificações physicas apparentes,

de gazeificação parcial e de clarificação, são acompanhadas por modificações químicas do líquido, analogas ás que se produzem nos esgotos.

O processo, no seu conjunto, é a resultante de processos parciais em que a acção de diferentes especies de germens se manifesta sobre as varias substancias químicas da agua residual.

Ora, em recintos especialmente construidos, as condições favoraveis ás transformações em questão são reproduzidas voluntariamente, de modo mais demorado e perfeito do que nos esgotos, permittindo, assim, mais do que n'estes, um util e completo aproveitamento das acções microbianas anaerobias.

Por isso mesmo, no capitulo em que tratei da depuração biologica não provocada voluntariamente, apenas indiquei nas suas linhas geraes a marcha do processo biologico de purificação química; e a leitura d'esse capitulo será uma introduccão necessaria ao presente estudo em que, mais minuciosamente, aponto as modificações hydrolyticas da materia organica, sob a influencia dos germens anaerobios.

#### SUB-SECÇÃO I

##### **Modificações das substancias organicas, em condições anaerobias**

##### **A) Gazeificação, liquefação e solubilisação da materia organica**

O que se verifica nas culturas anaerobias (1) e no interior dos vasos fechados cheios de liquidos residuaes demonstra facilmente a realidade da gazeificação da substancia organica,

---

(1) HUGOUNENQ e DOYON mostraram que, n'estas culturas, o *b. coli* e o *b. tetani* geram CO<sub>2</sub> e H e o *b. typhosus* CO<sub>2</sub> e N. PENNINGTON e KÜSEL affirmam que, nos gazes produzidos pelo *coli*, o H, o CO<sub>2</sub> e o N entram, respectivamente, nas percentagens de — 62 a 70, 23 a 24 e 1 a 5.

por acções biologicas anærobia. O exame dos gazes formados revela a existencia de  $\text{CO}_2$ , H,  $\text{CH}_4$ , N,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

O  $\text{CO}_2$  desenvolve-se constantemente.

Quando a agua é decomposta, por cada oito partes, em pêsos, de oxygeno absorvido pela substancia hydrolyxada, ha libertação de uma parte, em pêsos, de hydrogeno (1).

A hydrolyse das materias ternarias produz, em geral, o  $\text{CH}_4$  em abundancia. Este gaz póde provir tambem das substancias azotadas.

Quando o processo biologico anærobio vai longe nos seus effeitos sobre a materia organica azotada, os gazes formados são inodoros e inoffensivos e o azote virá a attingir o estado livre. Quando as modificações são menos completas, o azote apparecerá combinado sob a fórma de ammoniaco ou de compostos ammoniacaes, que se denunciarão pelo cheiro e que poderão viciar o meio, se, como gazes, se escapam para a atmospheria (2).

O  $\text{H}_2\text{S}$  póde incontestavelmente produzir-se, se bem que em quantidade minima.

Theoricamente, as acções gazeificantes anærobia podem destruir completamente a materia organica, mas, na pratica, já o dissemos, essa transformação em gaz é apenas parcial. Sempre ficam não só muitas substancias organicas solidas em solução, mas até mesmo um residuo solido insolúvel, que exige acções oxydantes futuras para que, mais ou menos lentamente, a sua destruição se dê. Este residuo é, em grande parte,

---

(1) Conhecido, pois, o pêsos do oxygeno em questão, um augmento de  $\frac{1}{8}$  dará o pêsos da agua decomposta.

(2) Notemos, porém, que, ao passo que o azote livre se evolva na sua quasi totalidade, os gazes ammoniacaes ficam em solução no liquido, na sua maior parte. Portanto, n'este ultimo caso, quando intervenha uma futura nitrificação, o azote correspondente, longe de ser perdido, como no primeiro caso acontece, virá a encontrar-se como nitratos e, portanto, n'um estado não só inoffensivo como tambem util, para a alimentação das plantas.

constituído por compostos azotados de caracter humico (1), muito estaveis, resistentes á acção chimica, e semelhantes aos que existem nos solos turfosos, em quantidade apreciavel.

Mas notemos que a quantidade de materia organica que resiste, sob a fórma de residuos humicos, ás acções anaerobias é muito exigua comparada com as quantidades consideraveis de lama a que a sedimentação ou a precipitação chimica dão origem.

Quer atinjam quer não, parcial ou totalmente, o estado gazoso, as materias organicas dão origem a compostos intermedios de transformação, mais ou menos soluveis.

Assim, a acção do *streptococcus longus* origina á custa da fibrina — *peptonas*, *acido succinico*, *acidos da série gorda*, *leucina*, *tyrosina*, *trimethylamina*, *methylamina* e *ammoniac*.

Mas não só o agente em questão pôde produzir, actuando sobre outras substancias, qualquer dos mencionados compostos, como tambem estes podem ser devidos a acções de outros agentes sobre a mesma ou sobre differente variedade de materia organica. E, finalmente, qualquer dos productos das transformações já realisadas pôde soffrer, ainda, mais acções transformadoras, que diffiram umas das outras não só no seu agente causal, mas tambem nos resultados a que levam.

#### B) Especificação dos efeitos da acção de alguns germens anaerobios sobre as varias especies de substancia organica

Se bem que esteja longe de ser rigorosamente conhecido o modo intimo das modificações da materia organica pela acção dos germens anaerobios, que interveem directamente ou

---

(1) A formação d'estes compostos foi demonstrada pelas experiencias de ADENEY em Exeter; a sua lenta oxydação, com formação de CO<sub>2</sub> e nitratos, foi egualmente evidenciada.

indirectamente pelas suas enzymas, vou procurar indicar os efeitos obtidos sob o ponto de vista chimico, especificando alguns dos agentes que, sobre cada variedade de substancia, provavelmente actuam.

Estudaremos:

- 1.º Solução e decomposição dos corpos albuminoides.
- 2.º Fermentação da urêa.
- 3.º Fermentação dos compostos amidados formados á custa das substancias albuminoides.
- 4.º Fermentação da cellulose e dos outros hydratos de carbono.
- 5.º Decomposição das gorduras.
- 6.º Formação de pequenas quantidades de compostos sulfurados,  $H_2S$ , *mercaptan*, etc.
- 7.º Formação dos saes de acidos organicos e sua fermentação.

#### 1) Solução e decomposição dos corpos albuminoides

Os germens muito numerosos que, pôr si ou pelas suas enzymas, provocam a transformação dos albuminoides actuam inicialmente como os fermentos digestivos sobre os alimentos, começando por levar aquelles compostos ao estado de peptonas, corpos soluveis e faceis de fermentar.

A *sarcina rosea*, o *b. tuberculosis* e o *b. typhosus* são apontados por GERET e HAHN como exemplos de bacterias proteolyticas. RIDEAL, ORCHARD e BOYCE affirmam que a enzima do *b. enteritidis sporogenes* liquefaz rapidamente a gelatina. DUCLAUX mostrou que a fermentação da caseina é devida aos *tyrothrix* e isolou uma *casease* visinha ou identica á *trypsina*.

Na verdade, os fermentos proteolyticos aqui apontados estão muito mais proximos da *trypsina*, que actua em meio alcalino, do que da *pepsina*, que actua em meio acido; esta é a razão, diz MACÉ, porque a materia albuminoide, fermentando, ultrapassa sempre o termo *peptona*.

Pela acção de varias bacterias anærobias [*bacterium catenula*, *claviformis*, *urocephalum*, *vibrio*, etc. (1)] produz-se o desdobramento das materias albuminoides, com formação de productos infectos. No principio, liberta-se hydrogeneo (2,5 0/0), juntamente com gaz carbonico (que mais tarde se torna predominante) e acidos acetico, butyrico, lactico; ha producção de ammoniaco com uma fraca quantidade de azote e vestigios de hydrogeneo sulfurado. Ao fim de certo tempo, durante o qual quasi se mantêm o pêsso da materia em fermentação, apenas se liberta já o gaz carbonico e um pouco de ammoniaco; então, apparecem corpos amidados de pêsos moleculares elevados (leucina, tyrosina, etc.), acidos da série gorda unidos ao ammoniaco (acido caproico, butyrico e palmitico) e, por vezes, um pouco de urêa. Simultaneamente formam-se o phenol, o escatol, o indol, o pyrrol, os acidos phenyl-acetico, phenil-propionico, p-oxyphenil-propionico, escatol carbonico e escatol acetico e, além d'isso, albumoses mais ou menos toxicas e uma série de bases venenosas — *ptomaínas* — (GAUTIER).

Adeante voltaremos a tratar de varios d'estes corpos.

JOHNSTON, com JONES e TRAVIS, affirma que a tendencia natural que teem os colloides para a floculação, principalmente notavel quando haja a presença de superficies de contacto, é altamente importante para a realisação da decomposição bacteriana dos albuminoides (2).

---

(1) Certas bacterias thermophilicas, facultativamente anærobias, teriam, segundo BARDON, um papel notavel na desintegração e hydrolyse das substancias albuminoides. O citado autor isola quatro especies d'estas bacterias, abundantes no liquido das fossas septicas e das mais resistentes das existentes na agua de esgoto.

(2) JOHNSTON, JONES e TRAVIS notam que, quando se colloca n'um vaso de vidro uma porção de agua de esgoto, ao fim de pouco tempo as materias no estado solido ou estão sedimentadas ou fluctuam; o corpo do liquido não tem então materias suspensas, mas conserva um aspecto turvo e opalescente devido ás substancias no estado colloidal.

Mais tarde, começam a apparecer, em varios pontos, mas sempre

## 2) Fermentação da urêa

A urêa nasce anæroscopicamente, por hydratação dos corpos proteicos, quer na intimidade dos tecidos vivos, quer, fóra d'estes, pela acção das bacterias de putrefacção.

D'estas bacterias, a maior parte, contém um fermento ammoniacal que leva a urêa ao estado de urêa hydratada — carbonato de ammonio.

MIQUEL aponta nove especies de bacterias — *urobacterias* — que, por meio de um fermento — *urease* — isolado por PASTEUR e JOUBERT, formam rapidamente o carbonato de am-

contra o vidro, flocos que augmentam lentamente até cahirem no fundo do vaso; a agua vai perdendo a opalescencia e tornando-se transparente. Se se dispõem laminas de vidro no interior do vaso, a coagulação observada augmenta, contanto que as superficies de contacto assim apresentadas ao liquido não se tornem muito grandes; porque, além de certo limite, não só a flocação deixa de ser mais apreciavel, como mesmo se dá, na razão directa da somma das superficies, a diminuição do periodo durante o qual se observam aquelles phenomenos.

Os autores citados affirmam que esta flocação dos colloides, quando em contacto com superficies, retirando-os da solução (1), lhês permite que sofram da parte dos germens biologicos um ataque muito mais notavel e efficaç nos seus effeitos, especialmente no caso das substancias albuminoides.

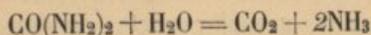
JOHNSTON, JONES e TRAVIS são mesmo de opinião que as transformações chemicas só são verdadeiramente activas na parte da substancia que se acha depositada no estado solido, quer pelo effeito da simples sedimentação das materias solidas suspensas, quer pelo da flocação das materias em solução colloidal. As materias que permanecem em solução só muito lentamente seriam transformadas; as modificações da composição chimica de um liquido resultariam principalmente da dissolução n'elle dos productos da decomposição das suas materias previamente precipitadas ou coaguladas.

Veremos que n'esta opinião se funda a construcção de uma fossa septica especial — o *hydrolytic-tank* de TRAVIS — e uma nova interpretação da natureza das acções depuradoras nos leitos aerobios.

(1) Os *crystalloides* dissolvidos são igualmente separaveis das soluções por meio de superficies de contacto (SONST e JOHNSTON).

monio á custa da uréa. O *m. ureæ*, sempre presente na atmosphera, é igualmente activo; este germen desenvolve-se tão bem no hydrogeneo como no oxygeneo e, por isso, em vaso fechado, concorre com o *b. ureæ* para a putrefacção da urina.

N'estas condições, dá-se a hydrolyse da uréa por acção biologica



sem que seja exigido oxygeneo além do que a agua decomposta cêde; não haverá libertação de gazes, visto que o gaz carbonico se combina com o ammoniaco, levando á formação do carbonato de ammonio, solúvel no liquido.

### 3) Fermentação dos compostos amidados derivados dos albuminoides

a) Ácidos amidados. — Estes corpos decompõem-se dando ácidos da série gorda ou aromaticos e ammoniaco, como se vê no seguinte quadro, de RIDEAL:

Nome	Constituição	Formula	Productos
Glycocolla.....	acido amido-acetico	$\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$	ammoniaco e acido acetico
Leucina.....	acido amido-iso-caproico	$\text{C}_5\text{H}_{10}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	ammoniaco e acido iso-caproico
Tyrosina.....	acido $\beta$ -oxyphenil-amido-propionico	$\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	ammoniaco, acido malico e em seguida acido succinico
Acido aspartico..	acido amido-succinico	$\text{CH}_2\text{COOH}$ $\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	ammoniaco e acido aspartico que se decompõe como acima
Asparagina....	acido amido-succinamico	$\text{CH}_2\text{CO}(\text{NH}_2)\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	ammoniaco e, provavelmente, acido succinico.
Acido glutamico	.....	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{NH}_2)(\text{COOH})_2$	

A acção das enzymas bacterianas exerce-se sobre alguns dos corpos amidados com uma rapidez notavel («almost explosive velocity» diz ADENEY): é o que acontece com a asparagina que no liquido em fermentação desde logo se transforma totalmente em acido aspartico e ammoniaco, o primeiro dos quaes soffre a fermentação ulterior.

Mas, pelo contrario, muitas aminas acidas são de sua natureza muito estaveis; d'ahi resulta que as transformações respectivas só muito lentamente se produzem. Ora estas substancias, sendo já de si productos de actividade bacteriana, tendem a oppôr-se a esta, se se accumulam no meio. O facto de as fezes não se liquefazerem no tubo digestivo, apesar da presença de germens anærobios convenientes em abundancia, é devido, segundo RIDEAL, á quantidade relativamente elevada, no intestino, da tyrosina e de outros corpos de poder antiseptico intenso.

Geralmente, porém, nas aguas de esgoto, estes compostos encontram-se n'um grau de grande diluição e, por isso, não só permitem a actividade microbiana, mas até são victimas d'ella, soffrendo destruição(1). O cheiro fecal desenvolvido pelos germens do grupo do *spirillum rugula* e do *b. coprogenes* nasce provavelmente, segundo RIDEAL, da transformação da tyrosina em indol, escatol, phenol e acidos vizinhos do benzoico. A propria leucina, que é possivel encontrar não transformada n'um liquido hydrolysado, não deixa de soffrer, em parte, a decomposição. RIDEAL isolou dos effluentes septicos de Exeter e Ashtead acidos acetico, butyrico e caproico e vestigios de acido succinico, escatol e indol.

EHRlich demonstrou que a levedura de cerveja tem a propriedade de desdobrar acidos amidados em ammoniaco e acidos

---

(1) Pelas considerações que aqui fazemos sobre os inconvenientes da accumulção d'estes compostos toxicos, já se pôde afirmar a provavel superioridade das fossas septicas em que o liquido se escôa continuamente, sobre as fossas cuja evacuação é feita intermittenemente, com grandes intervallos.

volateis, por meio de um producto activo — a *amidase* —, diastase que tambem se encontra no *amylobacter* e no *butylicus*.

O *b. mycoides* é um dos agentes mais poderosos da fermentação ammoniacal.

\*

b) *Aminas basicas*. — As *leucomainas* e *ptomainas* formadas na fermentação dos albuminoides são productos toxicos, dos quaes alguns, pela sua volatilidade, dão origem a cheiros intensos: taes são a amylamina e a trimethylamina, que se desenvolve, durante a putrefacção, pela intervenção dos *b. ureæ*, *b. prodigiosus* e *b. fluorescens putridus* (RIDEAL), dando o cheiro a peixe apreciavel em algumas aguas de esgoto.

A volatilidade d'estes corpos não só occasiona os cheiros, como tambem pôde levar ao empobrecimento do liquido em carbono e azote; portanto, para evitar os cheiros e impedir que a agua de esgoto soffra diminuição no seu valor agricultural, a liquefacção preparatoria deve, theoreticamente, realisar-se em recintos fechados que não permittam a volatilisação.

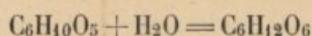
Algumas das aminas basicas parecem ter uma acção toxica sobre os germens da nitrificação; por isso, para que esta se passe em boas condições, é theoreticamente conveniente que estes compostos sejam destruidos no liquido, n'uma phase de arejamento moderado (de nitrosificação), anterior á phase de arejamento intenso em que os germens nitrificadores hão-de manifestar-se (RIDEAL).

#### 4) Fermentação da cellulose e dos outros hydratos de carbono

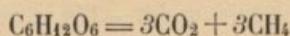
a) *Cellulose e materias vegetaes fibrosas*. — Em 1870, VAN TIEGHEM descrevia o *b. amylobacter*, anaerobio obrigatorio originario principalmente do tubo digestivo dos animaes, como sendo o mais activo agente da dissolução que MITSCHERLICH, em 1850, demonstrára que a cellulose soffre por fermentação.

TAPPEINER mostrou que a fermentação de algodão ou pasta de papel em solução azotada fraca liberta  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$  ou  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}$ ; isso dependeria da reacção neutra ou alcalina do meio. Em qualquer dos casos o liquido fica contendo acido acetico e acidos homologos superiores e uma pequena proporção de um corpo aldehydico.

HOPE SEYLER em 1886 era de opinião de que, em primeiro lugar, em presença da agua, se formaria um hydrato de carbono solúvel



que depois se decomporia



em  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ , a não ser que houvesse maior quantidade de agua tomando parte na reacção, pois que, então, formar-se-ia tambem  $\text{H}$  e a quantidade de  $\text{CH}_4$  seria maior.

VON SENUS demonstrava em 1890 que a fermentação das fibras vegetaes se faz anærobicamente, com libertação de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{H}$ , provocada por uma symbiose em que o *b. amylobacter* entra com outros germens.

Para OMELIANSKY, a designação de *b. amylobacter* não deve applicar-se a uma determinada especie, mas sim a um certo numero de fórmas incapazes de isoladamente conseguirem, de modo apreciavel, a dissolução da cellulose.

O *spirillum rugula* tem uma acção semelhante ao *b. amylobacter*, produzindo, como elle, uma *cellulase*.

A decomposição que, anærobicamente, nos monturos e outros locaes, soffrem a materia cellulosica e as fibras, com formação provavel de  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ , é attribuida por MACFADYEN e BLAXALL a um grupo de bacterias thermophilicas, abundantes na natureza, e muito principalmente nas aguas de esgoto. Estes germens desintegrariam completamente papel de filtro em 10 a 14 dias. A maior parte d'elles reduzem nitratos e decompõem tambem os albuminoides.

O *b. fermentationis cellulosa* é descripto (1899) por OME-

LIANSKY como produzindo 70 % de ácidos da série gorda (principalmente acético e butyrico) e 30 % de gases (CO<sub>2</sub> e H). O mesmo autor, mais tarde, estuda dois organismos que se desenvolvem de preferência a 35-40° C: um produz H, outro CH<sub>4</sub>. O primeiro dá, á custa de 3<sup>gr.</sup>,22 de cellulose, 0<sup>gr.</sup>,014 de H, 0<sup>gr.</sup>,9722 de CO<sub>2</sub> e 2<sup>gr.</sup>,24 de ácidos da série gorda (1 parte de ácido butyrico e 1,7 partes de ácido acético); o segundo, por decomposição de 2<sup>gr.</sup>,03 de cellulose, dá 0<sup>gr.</sup>,14 de CH<sub>4</sub>, 0<sup>gr.</sup>,87 de CO<sub>2</sub> e 1<sup>gr.</sup>,02 de ácidos da série gorda (1 parte de ácido butyrico e 9 partes de ácido acético). A existencia d'estes dois germens no liquido residual dá uma explicação, melhor do que as de HOPE SEYLER e de TAPPEINER, para o facto da constante formação dos dois gases — CH<sub>4</sub> e H — em proporções variáveis, na agua de esgoto contida em fossa septica.

Os fungos teem tambem a propriedade de atacar a cellulose, por intermedio de uma enzima semelhante á *cellulase* — a *cytase* — que BROWN e MORRIS isolaram e que VIGNAL demonstrou ser igualmente produzida pelo *b. mesentericus vulgatus*. SENUS em 1890, BROWN em 1894, affirmaram que, sob condições favoráveis, entra em actividade uma enzima dissolvente da cellulose, segregada pelas proprias plantas alimentares, no tubo digestivo dos herbívoros.

Os residuos vegetaes em condições anaerobias decompõem-se e desaparecem rapidamente; a decomposição começa pela sua pectose e depois ataca a cellulose; a vasculose é a parte constituinte dos vegetaes mais lentamente desintegrada (FRÉMY)(1).

---

(1) Estes residuos vegetaes podem tornar-se nocivos quando sejam separados da agua de esgoto por meio de grades e rédes ou quando se lhes permita a passagem para os leitos bacterianos; e isto porque:

- 1.º fermentam dando ácidos que corroem o ferro;
- 2.º muitos, que contem substancias sulfuradas, decompõem-se, originam cheiros desagradáveis e intensos.
- 3.º formam uma polpa que impermeabilisa os crivos e grades e as camadas superiores dos leitos bacterianos.

Mesmo sem processo anærobio, a cellulose pôde ser dissolvida e decomposta: certas bacterias (desnitrificadoras, não esporulantes) actuam com resultado sobre ella, em condições de um arejamento moderado; e, para o mesmo fim, podem intervir efficazmente germens declaradamente ærobios, dos quaes o mais importante é o *b. ferruginosus*, particularmente activo em symbiose com um micrococco, por si só inactivo.

Portanto, quer directamente pelos germens, quer pelas suas enzymas, a cellulose pôde ser transformada tanto em condições ærobias (1) como em condições anærobias. Sendo anærobias as acções, se não existem nitratos, fórma-se, como foi dito, o  $\text{CO}_2$  e o H ou o  $\text{CH}_4$ . Se, pelo contrario, ha nitratos previamente formados, as bacterias desnitrificadoras actuam sobre elles, dando N,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ ; a acção combinada da nitrificação e da desnitrificação deve gosar um importante papel na destruição da cellulose na auto-depuração das aguas e solos e na depuração biologica das aguas residuaes (RIDEAL).

\*

b) Outros hydratos de carbono. — Entrando indubitavelmente amido, assucares vários, e substancias gommosas na composição da agua de esgoto, o facto de não se encontrarem, ao fim de pouco tempo, senão vestigios d'estes corpos affirma bem a rapidez da hydrolyse que elles soffrem.

Muitos germens anærobios e ærobios segregam um fermento soluvel — a *amylase* — que saccharifica o amido, transformando-o em maltose e glycose. De entre os anærobios apontam-se os *b. megaterium* (FERMI), *subtilis*, *ramosus*, *fitzianus*, *anthracis*, etc.; PERDINE isolou um d'elles, *amylözima*,

(1) A presença da cellulose não se oppõe á nitrificação quando haja um bom arejamento.

que transforma directamente a fecula de batata em assucar, o qual fermenta em seguida, dando alcool.

O *b. amylobacter*, já apontado como agente provocador da hydrolyse da cellulose, actua por igual sobre o amido e o assucar, dando acido carbonico, hydrogeneo e agua, além de acido butyrico (PASTEUR); por isto, se deu a este germen tambem o nome de *b. butyricus*. O *clostridium butyricum* tem a mesma acção.

O *b. acidi lactici* actua de fôrma semelhante, com a differença de originar acido lactico em lugar do acido butyrico.

O *b. coli communis* pôde produzir acido lactico, alcool e um acido volatil á custa dos assucares.

O *b. mycoides* faz fermentar a glycose, dando acido lactico, e hydrolysa o assucar de canna, a maltose e o glycogeneo (EMMERLICH).

Em 1887-1888, LÖEW, PAVY e JAKSCH e, mais tarde, MACCONKEY (1905) e outros fizeram numerosas investigações sobre os fermentos, diastases e invertases, existentes nos excrementos humanos, isolando alguns.

### 5) Decomposição das gorduras

N'um liquido de esgoto collocado em condições anaerobias, a gordura começa por ser emulsionada pelo ammoniaco (RIDEAL).

Muitas bacterias, em presença de substancias azotadas (SOMMARUZA), actuam sobre as gorduras, levando á formação de acidos dos mais simples da serie gorda — acetico e butyrico, por exemplo — os quaes mais tarde são transformados pela fôrma que seguidamente indicaremos.

A glycerina formada tambem fermenta. SAZERAC em 1903 apontou uma bacteria que a oxyda rapidamente.

Os bolores são raros na phase puramente anaerôbia; em todo o caso, mesmo então, alguns podem já intervir sobre as gorduras: tal é o *penicillium glaucum*, que contém *lipase*, além de *emulsina* e de outros fermentos (HANRIOT).

O *mucor mucedo*, bolor commum, não só decompõe as

glycerides nos seus constituintes, como tambem produz transformações secundarias, com criação de corpos aldehydicos, de futuro faceis de oxydar.

As acções de decomposição das gorduras são de alta importancia: uma das maiores dificuldades a vencer nos processos não biologicos de depuração nasce da riqueza em gordura e em agua de sabão de certas aguas de esgoto.

#### 6) Fermentação sulfurada

ZELNISKY separou do lodo do mar Negro um organismo — *bacterium hydrosulphureum ponticum* — que reduz sulfatos a sulfitos, com libertação de  $H_2S$ . Em 1900, MARTINUS BEYERINCK reúne sob o nome de *aerobacter* bacterias existentes no ar e actuando ahí como oxydantes (menos o *b. coli communis*), mas que, sendo facultativamente anærobias, produzem fermentações, dando  $H$ ,  $CO_2$ , acido lactico e, tambem,  $H_2S$ , á custa de proteides e compostos sulfurados que não os sulfatos. Os nitratos, pela sua presença, impedem a fermentação e formação de gazes; mas são reduzidos a nitritos.

O *b. sulphureum*, encontrado por WOODHEAD nas fossas septicas de Exeter, liquefaz a gelatina, a caseina, e outros albuminoides, produzindo  $H_2S$ ; a presença habitual d'este gaz no liquido das fossas é, comtudo, negada por alguns autores. O enxofre póde ficar retido sob a fórma de compostos ethereos facilmente soluveis e oxydaveis e cuja existencia, em pequena quantidade, é apontada por RIDEAL: assim, a elastina, por acção anærobia, póde libertar  $CO_2$ ,  $H$ ,  $CH_4$  e  $N$ , em quanto que o enxofre não se evola como  $H_2S$ , mas fica dissolvido como mercaptan (*methyl-hydrosulfito*)

A maior parte do enxofre na agua de esgoto combina-se, porém, com o ferro presente, dando o sulfito ferroso insolúvel, que faz tomar uma côr escura á materia suspensa. Esta materia pela acção dos acidos torna-se castanha e liberta  $H_2S$ : é o que acontece quando effluentes acidos industriaes são lançados sobre bancos de lamas de rios mal cuidados. Mas na

agua de esgoto em condições anærobias, o ammoniaco protege o sulfureto de ferro, que, em condições de arejamento, se poderá mais tarde oxydar passando a sulfato basico ferrico; este póde ser visto, sob a fôrma de camada côr de tijolo, revestindo os materiaes dos leitos oxydantes, onde auxilia a oxydação e a fixação da materia organica.

### 7) Formação dos saes de acidos organicos e sua fermentação

Vimos, nas varias transformações estudadas, como se libertam os acidos organicos na desagregação das moleculas organicas complexas. Estes acidos combinam-se com as bases existentes no liquido, dando saes que são em seguida destruidos pela acção dos germens, podendo por vezes alcançar o estado de  $\text{CO}_2$  (parte livre e parte como bicarbonato da base) e H ou  $\text{CH}_4$ .

O seguinte quadro de HERFELDT, em que para maior simplicidade se tomam para exemplo os saes de sodio (se bem que os de calcio sejam mais faceis de fermentar) mostra quaes os productos obtidos á custa dos varios saes, indicando quaes os agentes que provavelmente interveem em cada caso.

Sal fermentado	Causa da fermentação	Productos
Formiato	«Bacteria da lama da agua de esgoto».	Carbonato acido de sodio, acido carbonicó e hydrogeneo.
Acetato	«Bacteria da lama da agua de esgoto».	Carbonato de sodio, acido carbonico e methana.
Lactato (soffre 4 fermentações diferentes)	«Bacillo tenue» (Fitz) «Outras especies de bacterias: bacteria ærobica butyrica, curta» (Fitz).	1. Acido propionico, e, como productos accessorios, acidos acetico, succinico e alcool. 2. Acidos propionico e valerico. 3. Acidos butyrico e propionico. 4. Acido butyrico e hydrogeneo.

Sal fermentado	Causa da fermentação	Productos
Malato (diferentes fermentações)	Bacterias não descritas. «Bacillos tenues». <i>B. lactis arogenes</i> (EMMERLING).	1. Producto principal — acido propionico; producto accesorio — acido acetico. 2. Producto principal — acido succinico; producto accesorio — acido acetico. 3. Acido butyrico e hydrogeneo. 4. Acido lactico e gaz carbonico.
Tartarato	Diferentes especies de bacterias.	1. Producto principal — acido propionico; producto accesorio — acido acetico. 2. Acido butyrico. 3. Producto principal — um acetato; productos accesorios — alcool, acido butyrico e acido succinico.
Citrato	«Pequenos bacillos».	Acido acetico em grandes quantidades, com pequenas quantidades de alcool e de acido succinico.
Glycerato	Micrococos, bacillos de tamanho medio.	1. Acetato, com pequenas quantidades de acido succinico e alcool. 2. Acido formico, com algum alcool methylico e acido acetico.

Nas transformações d'estas substancias, como nas das outras, mais uma vez se revela que não ha uma nitida e in-franqueavel separação entre as especies anærobiae e as aërobiae e mesmo, por vezes, entre os respectivos effeitos. Poucos são os germens que obrigatoriamente actuam apenas em determinadas condições. Assim, as bacterias do acido acetico podem, como HOYER demonstrou, viver privadas de ar, retirando o azote de peptonas, asparagina, nitritos, saes ammoniacaes, e

o carbono dos acetatos, lactatos e assucar, reduzindo materias c6rantes (indigotina, azul de methylena, tornesol), com liberta73o de CO<sub>2</sub>. Os compostos phenolicos e aromaticos, sob condi73es de um modesto arejamento soffrem facilmente a ac73o das «oxydases», fermentos separados, por BERTRAND, dos fungos e de muitos outros vegetaes. Nos leitos de Manchester, PERKIN assignala, por outro lado, a destrui73o de derivados da pyridina, benzina e naphtalina.

### C) Reac73o do liquido durante as transforma73es hydrolyticas

Se enchermos um recipiente de 15 litros com agua na qual se lancem substancias que entram na composi73o das aguas de esgoto, vemos que a reac73o primitivamente neutra passa a acida ao terceiro dia; ao quinto dia produz-se CO<sub>2</sub> e H, mas a putrefac73o s3o se nota depois d'este dia com reac73o alcalina e apparecimento de N.

A acidez 6 devida 3a forma73o de acidos acetico, lactico e butyrico, resultantes da destrui73o dos hydrocarbonados; a alcalinidade que apparece ulteriormente 6 devida ao ammoniaco e compostos basicos de fermenta73o, que neutralisam a acidez precedente. (EMMERLING).

N'um liquido em que predominem os hydrocarbonados, a acidez persistir3a e augmentar3a pela estada em condi73es anaerobias.

### D) Exothermia das transforma73es hydrolyticas

As opera73es de hydrolyse e de desintegra73o realizadas n'um liquido contendo substancias organicas, em condi73es anaerobias, s3o exothermicas: o calor produzido, ainda que pouco e difficilmente perceptivel na massa liquida, 6 o suffi-

ciente para que a continuidade das transformações se mantenha.

Podemos calcular o calor libertado na decomposição de algumas substancias (1).

Na destruição da cellulose:

$$\begin{array}{rcc}
 & \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = & = 3\text{CO}_2 + 3\text{CH}_4 \\
 \text{Calor de formação} & \frac{246(2) \quad 68}{314} & \frac{291 \quad 49,5}{340,5} \\
 \text{Calor absorvido} & & \text{Calor produzido}
 \end{array}$$

A diferença  $340,5 - 314$  dá o calor libertado = 26,5 unidades.

Na hydrolyse completa da albumina:

$$\begin{array}{rcc}
 & 4\text{C}_8\text{H}_{13}\text{N}_2\text{O}_3 + 14\text{H}_2\text{O} = 4\text{N}_2 + 19\text{CH}_4 + 13\text{CO}_2 + 4\text{H} \\
 \text{Calor de formação} & & \\
 \text{ção} \dots\dots\dots & \frac{4 \times 131(3) \quad 14 \times 68}{524 \quad + \quad 952} & \frac{19 \times 16,5 \quad 13 \times 97}{314,5 \quad + \quad 1261} \\
 \text{Calor absorvido} & \frac{1476}{1476} & \text{Calor produzido} \frac{1575,5}{1575,5}
 \end{array}$$

(1) As unidades de calor são referidas a kilogrammas e graus centigrados (grandes calorías), e as substancias são tomadas em moleculagrammas.

(2) O calor da formação da cellulose calcula-se assim:

$$\begin{array}{l}
 \text{A combustão completa de 6C e 10H, com formação de CO}_2 \text{ e agua,} \\
 6\text{C} + 5\text{H}_2 + \text{O em excesso} = 6\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \\
 \qquad \qquad \qquad \frac{6 \times 97 \quad 5 \times 68,4}{924 \text{ unidades.}}
 \end{array}$$

A combustão da cellulose ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ ) dá 678 unidades (STOHMANN). Portanto  $924 - 678 = 246$ .

(3) Eis o modo de calcular o calor de formação da albumina ( $\text{C}_8\text{H}_{13}\text{N}_2\text{O}_3$ ), segundo RIDEAL:

$$\begin{array}{l}
 \text{A combustão de } 8\text{C} + 13\text{H} + 2\text{N} + 3\text{O} = 8\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + \text{H} (*) \\
 \qquad \qquad \qquad \frac{8 \times 97 \quad 6 \times 68}{776 \quad + \quad 408} \\
 \text{dá} \qquad \qquad \qquad \frac{1184 \text{ unidades.}}{1184 \text{ unidades.}}
 \end{array}$$

(\*) Nas reacções enzymicas, por cada molecula de albumina, um átomo de H fica sempre livre.

A diferença  $4575,5 - 4476$  dá o calor libertado = 100 unidades.

A percentagem de calor produzido que se liberta é quasi a mesma nos diferentes casos:

Quando a cellulose é hydrolysada, das 340 unidades libertam-se 26,5 ou 7%; das 4575 unidades dos productos da decomposição da albumina libertam-se 100 ou 8%; no caso da destruição da urêa a percentagem é egualmente de 8.

---

1 gramma de albumina sêcco a  $100^{\circ}$  C. dá, segundo BERTHELOT e ANDRÉ, 5691 pequenas calorías (unidades — gramma e centigrado); portanto  $C_8H_{13}N_2O_3 = 185$  de albumina dá  $185 \times 5691 = 1052835$  pequenas calorías ou 1053 grandes calorías (unidades — kilogramma e centigrado).

A diferença  $1184 - 1053$  dá-nos 131 unidades para o calor de formação de albumina (em grandes calorías).

---

## SUB-SECÇÃO II

### Aplicações praticas

#### I

### Fossas septicas

#### A) Fossas septicas das habitações

##### 1) Descrição de varios modelos e resultados obtidos pela sua utilização

Nas antigas fossas fixas, realisavam-se já acções hydrolyzantes, por vezes de modo notavel. Geralmente, estas fossas eram mal construidas, permeaveis, deixando sair liquidos ou pelo menos gazes mal cheirosos, com grande prejuizo para a hygiene dos habitantes das casas onde existiam. Quando, porém, a vedação era bem feita e se satisfazia a outras condições, não só os inconvenientes desapareciam em grande parte, como tambem, no interior das fossas, as substancias rejeitadas soffriam modificações da natureza das que, mais tarde, haviam de ser elogiadas na fossa Mouras e seus aperfeiçoamentos.

Em 1858, existia no Derbyshire (Inglaterra) uma grande escola, habitada por 250-300 pessoas, assente no alto de um outeiro, com uma certa extensão de terreno annexo, e situada a distancia de um pouco mais de 2 kilometros de um pequeno rio, que atravessava a região, passando por outra propriedade.

Os habitantes não dispunham da quantidade de agua sufficiente para que o transporte dos dejectos pudesse ser feito por *water-carriage*, até á proxima corrente; por isso, foi construida a 180<sup>m</sup> da habitação uma grande fossa, subterranea, bem cimentada e fechada por abobada, para onde os dejectos e liquidos sujos da escola e o producto da drenagem do terreno visinho se escoavam constantemente.

Quando a fossa se enchia, era evacuada por bomba, cujo tubo quasi chegava ao fundo do reservatorio. O liquido extrahido era lançado á terra cultivada e, infiltrando-se em seguida no solo arenoso e calcareo, ia, no valle argilloso, juntar-se; n'um reservatorio de dimensões medias, com as aguas provenientes d'uma fonte e d'um regato; a mistura assim obtida era limpida e sem cheiro.

Na habitação não se sentiam maus cheiros e o estado sanitario era bom.

Este exemplo, dado por RIDEAL, mostra que o proprietario de Vesoul, Mouras, não creava um processo verdadeiramente original na acção e nos effeitos, quando, alguns annos mais tarde, preconisava o emprego da sua «despejadora automatica», que póde ser considerada a fossa septica domestica de que, por modificações maiores ou menores, derivaram todas as outras.

#### a) Fossa Mouras

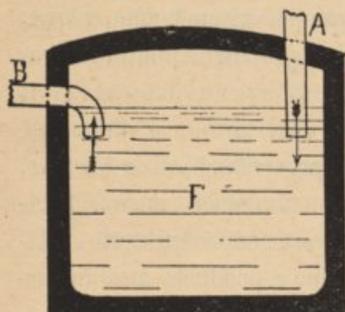
Em 1861, MOURAS, partindo da convicção de que os dejectos animaes conteem todos os elementos necessarios para a sua liquefação, por acções putrefacientes, fazia construir um reservatorio metallico — *Vidangeuse automatique* —, destinado a permittir a realisação d'essas acções (1); logo depois foram

---

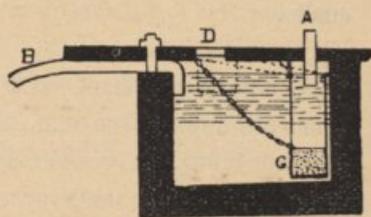
(1) Na Allemanha, em 1865, MUELLER fazia, por igual, considerações que o haviam de levar mais tarde, em 1870, a registrar um aparelho

construidos reservatorios cimentados de maiores dimensões, mas que conserváram a mesma fôrma geral, o mesmo funcionamento e o mesmo nome do reservatorio metallico. Só muito mais tarde, depois da sua vulgarisação, a *Vidangeuse automatique* passou a ser conhecida por *fossa Mouras*.

A *fossa Mouras*, metallica ou não (*fig.<sup>s</sup> 1 e 2*), deve ser impermeavel e facil de fechar hermeticamente; contém, até



*Fig. 1* — FOSSA MOURAS



*Fig. 2* — FOSSA MOURAS

quasi á parte superior, agua cujo nivel é limitado por um tubo evacuador recurvado (*B*) que mergulha um pouco no liquido uma das suas extremidades.

Um segundo tubo (*A*), vertical este, serve para a introdução dos dejectos e aguas sujas na fossa, na qual se termina tambem abaixo da superficie liquida, e por vezes na vertical de um pequeno cesto metallico (*fig. 2, C*), suspenso e movel, ligado a uma corrente pela qual póde ser chamado até uma abertura de limpeza (*D*) normalmente fechada.

Quando se introduzem materias solidas na fossa, as mais leves accumulam-se á superficie do liquido, formando uma camada de variavel espessura; as mais pesadas cahem no fundo, e, se o cesto metallico existe, principalmente no interior d'este, notadamente quando se trate de substancias mineraes

---

depurador fundado na acção microbiana; este aparelho foi, durante algum tempo, usado para purificar o effluente residual de fabricas de assucar de beterraba.

de peso excessivo, frequentemente lançadas na fossa, por engano.

Por cada volume de materias, liquidas ou solidas, introduzidas pelo tubo vertical, um volume igual do liquido da fossa, intermedio á camada fluctuante e ao deposito, passa, pelo tubo recurvado, para os esgotos ou para um segundo reservatorio, que, não sendo já fechado hermeticamente como o primeiro, permite a sahida do ar á medida que se vai enchendo, e que, em qualquer occasião e por qualquer processo, póde ser evacuado.

O liquido que abandona a fossa apresenta-se, dizia MOURAS, como um fluido quasi sem cheiro e homogeneo, apenas ligeiramente turvo, que contém só materias suspensas muito finamente divididas, e que, representando o producto da transformação rapida das substancias rejeitadas, encerra todos os principios organicos e inorganicos dos dejectos, podendo servir para a utilização agricultural.

Materias fecaes lançadas com urina, aguas de lavagem e de cosinha n'um modelo especial, de vidro para facilitar a observação, apresentavam-se ao fim de 17 dias completamente desaggregadas. Os residuos de cosinha, depois de um período de fluctuação, cahiam no fundo e ahí se accumulavam, até que a sua decomposição se fizesse. Todos os corpos susceptiveis de dissolução, os proprios papeis, assim desappareciam.

A desaggregação dos solidos no interior da «*Vidangeuse*» seria, segundo MOURAS, tanto mais activa, quanto maior fosse a quantidade de liquido n'ella lançado.

O mesmo autor, fazendo communicar, por meio de um tubo, o interior da fossa, hermeticamente fechada, com o interior de uma bexiga, notava que esta não só não se enchia, mas se esvasiava mais; d'isto concluia que o liquido contido na fossa não só não produzia gazes como mesmo os absorvia, quando mantido ao abrigo do ar. Quando, pelo contrario, se deixava a fossa descoberta durante algum tempo, libertavam-se gazes em quantidade, com producção de cheiros nauseabundos.

Ora, como os fins que principalmente MOURAS visava eram a desagregação dos solidos e a suppressão dos gazes e cheiros, recommendava elle, como condições essenciaes para o bom funcionamento da fossa, o lançamento de grandes quantidades de agua no seu interior, e a oclusão hermetica da mesma.

Em 1881, o abbade MOIGNO, descrevendo a fossa MOURAS e apontando a provavel natureza biologica das acções que n'eila se realisam, preconisava calorosamente o seu emprego. Em 1883, o mesmo abbade dava fórmulas para estabelecer as dimensões da fossa, apontando  $0^m^2,1$  por pessoa como a area a adoptar (1); na mesma occasião, affirmava que «para a completa dissolução das materias solidas fluctuantes devia ser permitido um periodo de 30 dias» e calculava, d'ahi, que a fórmula  $\frac{1+2+3+\dots+30}{30}M$  dá a média da quantidade de materia suspensa presente no liquido da fossa a cada instante, representando por M o pêso da materia organica no estado solido rejeitada diariamente.

FICHAUX, medico de Tourcoing, e BELLON, inspector de trabalhos industriaes em Roubaix, concorreram tambem, pela sua propaganda, para a divulgação da fossa MOURAS. BELLON affirmava que pela utilização d'esta fossa não só se consegue a suppressão dos cheiros, mas ainda se obtém um liquido em que os germens pathogenicos são diminuidos na sua virulencia, pela concorrencia vital, e em que a materia organica é transformada, por acção biologica anærobia, em compostos mais simples (ammoniac, uréa, peptonas) sobre os quaes os microbios nitrificadores do solo podem de futuro actuar, trans-

---

(1) A superficie a dar á fossa tem uma grande importancia; para uma dada capacidade, é preciso que a superficie não seja tão pequena que permita que as materias fluctuantes se accumulem formando um *chapeu* espesso em excesso.

formando-os em substancias directamente assimilaveis pelas plantas; portanto, ás vantagens hygienicas poderiam accrescer vantagens economicas.

Quanto maior fôr a capacidade da fossa, tanto maior será a permanencia, n'ella, de uma dada porção de substancia, e tanto maiores serão, portanto, as probabilidades de que a sua dissolução se realise. Comtudo, as despezas de construcção e o espaço disponivel limitarão na pratica essa capacidade. Para achar qual esta (V) deva ser, expressa em m<sup>3</sup> e em funcção do numero (N) de pessoas que hão de utilizar a fossa, BELLON dava a fórmula seguinte:

$$V = 1 + \frac{N}{16}.$$

Se o liquido da fossa, em vez de ser lançado ás canalisações, é enviado para um segundo reservatorio, regular se-á a capacidade d'este não só pelo numero de pessoas, como tambem pelo periodo de tempo ao fim do qual a evacuação haja de fazer-se.

As fossas MOURAS foram muito usadas em Paris e n'outras cidades, depois que, graças a MOIGNO, se tornáram conhecidas. Mas os resultados fôram, geralmente, maus.

Os tubos de entrada e de evacuação mergulham pouco no liquido, desembocando por vezes na camada superficial de materias fluctuantes; isto origina entupimentos e permite que entre os dois tubos se estabeleçam correntes e redemoinhos, nocivos para a realisação das acções fermentativas, principalmente quando, seguindo as recommendações de MOURAS, se façam na fossa descargas abundantes de agua.

A falta de uma fermentação activa explica facilmente que MOURAS não notasse a producção de gazes livres á custa do liquido da sua fossa hermeticamente fechada; a pequena quantidade de gazes que se chegasse a produzir seria facilmente dissolvida pelo liquido, que, assim, se tornaria toxico para as

bacterias e mais ainda lhes iria diminuir a acção. Na fossa aberta, a fuga dos gazes á medida da sua producção obstava á intoxicação dos germens e permittia uma fermentação mais intensa, ao abrigo da camada protectora de materias solidas fluctuantes.

Mas, na pratica, notou-se que mesmo nas fossas fechadas a producção de gazes póde ser intensa, contra o que MOURAS pensava. E, então, como os gazes não encontram sahida, accumulam-se no acanhado espaço que o liquido deixa livre, adquirindo tão forte tensão que chegam, por vezes, a evacuar grande parte do conteúdo da fossa e notadamente as materias solidas fluctuantes.

Com fossas funcionando assim, comprehende-se que os resultados deixem a desejar; mesmo nos casos mais favoraveis, a solubilisação nunca poderá ser grande, e antes haverá um emulsionamento grosseiro das materias. Por isso, em certos casos, a camada fluctuante attinge espessura consideravel (1).

a') Fossa Mouras-Bordeus

A fossa MOURAS foi largamente usada na cidade de Bordeus, mas com um certo numero de modificações que lhe fizeram tomar o nome de *fossa Mouras-Bordeus* ou *fossa automatica de Bordeus* (fig. 3). N'esta, encontra-se já um tubo de fuga para os gazes (G), e o interior é dividido em dois compartimentos (I e II) de dimensões deseguaes, por meio de um diaphragma acima do qual passa um syphão (B).

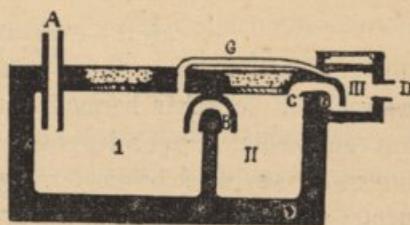


Fig. 3 — Fossa automatica de Bordeus

As substancias re-  
jeitadas nas latrinas cahem pelo tubo (A) no primeiro com-

(1) É frequente encontrar, em fossas septicas MOURAS, *chapeus* de 1 metro de espessura e de tal consistencia que entupem os canos (DUNBAR).

partimento, deslocando volume igual de liquido, que passa, pelo syphão, para o segundo compartimento, d'onde, por tras-bordo, sae tambem uma porção correspondente de liquido, para um reservatorio terminal (III) e d'ahi, por (D), para o exterior.

#### b) Fossa Bezault

Em 1901, BEZAULT apresentava um modelo de fossa — a *fossa septica automatica* — em que procurava remediar os inconvenientes apontados á fossa MOURAS.

A *fossa Bezault* (fig. 4), que conta hoje mais de cinco mil installações, é constituída por um reservatorio bem imper-

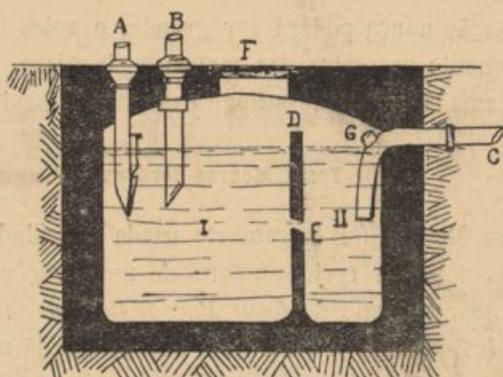


Fig. 4 — FOSSA BEZAULT

meavel, facil de fechar hermeticamente e de dimensões variaveis (em media, 1<sup>m</sup>³ por 10 pessoas). As fossas de pequenas dimensões são de folha de ferro galvanizado e, mais geralmente, de cimento armado; as grandes são de alvenaria e cimento.

O interior da fossa é dividido em dois compartimentos (I e II) communicantes, de desigual capacidade, nos quaes o liquido se eleva até ao nivel do ramo horizontal de um tubo recurvado evacuador (C) que, no compartimento mais pequeno (II), mergulha a sua parte vertical a uma profundidade que

varia com as dimensões da fossa, mas que nunca será inferior a 50cm.

A parte superior da fossa que fica sem liquido é de dimensões proporcionaes ao volume d'este.

No compartimento mais amplo, mergulham no liquido o tubo ou tubos de queda (*A, B*) (1), até uma distancia da superficie correspondente á que attinge, no outro compartimento, o tubo evacuador (2). O plano da abertura inferior do tubo de queda ligado aos *water-closets* (*A*) é quasi vertical; para isso, este tubo é recurvado ligeiramente na sua parte terminal. Esta disposição tem por fim lançar as materias no sentido horizontal, facilitando-lhes a dispersão no liquido e, além d'isso, dificultar a passagem aos gazes que, apesar do obstaculo liquido, procurassem ascender pelo tubo.

A comunicação entre os dois compartimentos faz-se por pequenas aberturas de 25<sup>mm</sup> de altura, dispostas longitudinalmente no diaphragma separador. Assim, evitam-se correntes directas entre os tubos de chegada e de evacuação, ao mesmo tempo que a passagem á segunda camara das materias ainda volumosas. D'esta ultima camara, os liquidos sahem, com os gazes dissolvidos, pelo tubo recurvado, o qual, na sua parte convexa é munido de um pequeno ramo (*G*) que permite a fuga de um excesso de gaz não dissolvido.

Os principios em que assenta a fossa BEZAULT são os da fossa MOURAS. Como por cada porção de materias entradas sahe um volume correspondente de liquido, o nivel d'este conserva-se constante.

A capacidade util da fossa é calculada de fórma que lhe permita conter as materias rejeitadas durante oito ou dez

---

(1) Geralmente, além do tubo que estabelece a comunicação com os *water-closets*, ha outro para a recepção das aguas pluviaes e caseiras; nas fossas BEZAULT mais recentemente construidas, o tubo de queda das aguas pluviaes abre-se no segundo compartimento, junto ao tubo evacuador.

(2) PARISÉ entende que os tubos de queda devem mergulhar menos (só 0<sup>m</sup>,25-0<sup>m</sup>,30) do que o de evacuação (0<sup>m</sup>,60-0<sup>m</sup>,70).

dias (1); tal será, por consequencia, o tempo que cada porção de liquido se demorará, em media, no interior da fossa.

No primeiro compartimento existem bacterias anærobias em grande quantidade, que solubilizam e transformam as materias organicas que vão chegando, pelo tubo mergulhado no liquido e, portanto, não acompanhadas de ar. As substancias mineraes, residuos metallicos ou outros objectos insolueis que por engano sejam introduzidos na fossa depõem-se no fundo e ahi, em virtude da sua minima quantidade, podem deixar-se accumular durante muitos annos sem que tragam perturbação á boa marcha dos phenomenos de solubilisação; de resto, o primeiro compartimento é, já propositadamente, quasi sempre um pouco mais fundo de que o segundo. Quando a limpeza d'aquelle se torna, por fim, necessaria, pôde ser feita por uma abertura (*F*) existente na parte superior, normalmente fechada de uma maneira hermetica.

Na segunda divisão, actuam bacterias que preferem um liquido que contenha materias adeantadas na desintegração; esta, comtudo, ahi se continúa, n'um sentido favoravel para a purificação do liquido. Com este, sae da fossa uma certa quantidade de bacterias; mas a maior parte d'ellas ficam englobadas n'uma zooglea, á superficie ou no fundo do liquido.

Em 8 de março de 1907, uma commissão nomeada pelo «*Conseil d'Hygiène Publique et de la Salubrité du departement de la Seine*», para o fim de julgar da utilidade e valor hygienico das fossas septicas, visitava o hospicio de Cayla, em Bécon-les-Bruyères, onde funcionava uma fossa BEZAULT.

O cheiro proveniente da fossa, quando aberta, era muito intenso. Fizeram-se colheitas do conteúdo do reservatorio em 8 de março e 18 de abril; o liquido recolhido no segundo compartimento, a 60<sup>cm</sup> abaixo da superficie, era negro, muito

---

(1) PARISÉ entende que quando as aguas gordas de cosinha são lançadas á fossa é conveniente que esta tenha pelo menos a capacidade correspondente a 15 vezes o volume diario das materias solidas e liquidas rejeitadas.

turvo e exhalava cheiro sulfydrico. Os resultados das analyses chimicas e bacteriologicas são resumidos no quadro seguinte, por LAVERAN:

	8 de março	18 de abril	
Azote total.....	171,4	143,4	} em mgr. por litro
» ammoniacal.....	153,0	139,0	
» nitrico.....		1,1	
Materia organica (em oxygeneo consumido á custa do $KMnO_4$ em meio alcalino).....	57,0	61,0	
Chloro.....	93,0	103,0	
Residuo secco a $180^\circ$ .....	602,0	551,0	
Residuo fixo depois de calcinação ao rubro sombrio.....	420,0	386,0	
Bacterias por cc. ....	9.100.000	27.900.000	
Bac. coli por cc. ....	1.000	1.000	

### c) Fossa Simplex

Esta fossa, de GAULTIER, ultimamente divulgada, tem funcionamento identico ao da fossa BEZAULT.

Ha fossas *Simplex* rectangulares em superficie, para habi-

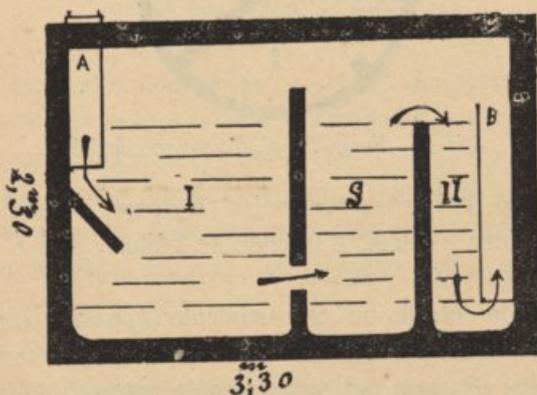


Fig. 5 — Fossa *Simplex*, grande modelo

tações de 100 (fig. 5) e mais pessoas, e fossas cylindricas para habitações de 5, 10, 20, 30 pessoas (fig. 6).

Umás e outras são, essencialmente, reservatórios divididos por diaphragmas em tres compartimentos. Um d'elles (*I*) re-

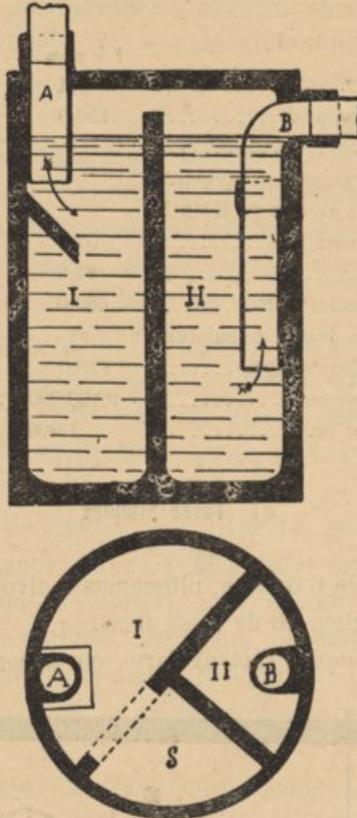


Fig. 6 — Fossa Simplex, pequeno modelo

cebe o tubo de queda (*A*), d'outro (*II*) parte o tubo evacuator (*B*); entre os dois, e fazendo de syphão, está o terceiro compartimento (*S*).

O liquido entrado no compartimento (*I*) passa para (*S*) por uma abertura da parte inferior do diaphragma intermedio e de (*S*) para (*II*) pela parte superior da respectiva separação.

A comissão a que acima me referi visitou em 13 de dezembro de 1906 o hospital de Saint Germain-en-Layes, onde funciona uma fossa Simplex de  $4,4^m^3$ , que recebe as substan-

cias rejeitadas por uma media de 16 pessoas e as aguas pluvias cahidas sobre o telhado, de 400<sup>m</sup><sup>2</sup> de superficie; o effluente da fossa é lançado ao esgoto. No quadro seguinte, LAVERAN apresenta os resultados das analyses chimicas e bacteriologicas de amostras, colhidas nos dias 13 e 27 de dezembro, do effluente da fossa, liquido turvo, amarellado, de cheiro fecaloido muito intenso.

	13 de dezembro	27 de dezembro	
Azote total.....	226,1	288,6	} em mgt. por litro
» ammoniacal.....	223,0	222,3	
» organico (KJELDAHL).....	2,3	7,0	
» nitrico.....	—	0,5	
Materia organica (em oxygeneo consumido á custa do KMnO <sub>4</sub> , em meio alcalino.....	22,0	58,0	
Chloro.....	176	183	
Residuo sêcco a 180°.....	852,0	928,0	
Residuo fixo depois de calcinação ao rubro sombrio.....	454,0	627,0	
Bacterias por cc.....	—	500.000	
Bac. coli por cc.....	100	1.000	

#### d) Outras fossas septicas domesticas

Além das fossas domesticas descriptas, ha varias outras; mas o funcionamento d'estas e os resultados que conseguem, não differem essencialmente dos já apontados para as fossas MOURAS, BEZAULT e *Simplex*. Adeante referir-me-ei ainda a apparatus como o *Transformador Integral*, formados pela associação de fossas septicas com pequenos leitos oxydantes.

#### 2) Papel das pequenas fossas septicas na depuração das substancias rejeitadas. Indicações e contra indicações do emprego das fossas septicas domesticas

É frequente vêr estabelecer uma confusão lamentavel, attribuindo-se ás fossas septicas um papel que ellas não po-

dem desempenhar; ha, com effeito, quem queira vêr n'ellas aparelhos que só por si bastam para conseguir uma depuração sufficiente das aguas de esgoto, levando estas ao estado de liquido inoffensivo.

Ora, se theoreticamente é admissivel que por hydrolyse as materias organicas possam transformar-se completamente em substancias simples já insusceptiveis de oxydação e absolutamente inoffensivas, na pratica muitos dos corpos originados pelas acções anærobias, mesmo em muito boas condições, são sempre complexos bastante e sufficientemente prejudiciaes para que se tornem não só possiveis, mas até hygienicamente necessarias, futuras acções oxydantes. E isto mesmo se verifica pelas analyses dos liquidos tratados n'algumas das fossas que acabamos de descrever. Tanto o effluente da fossa BEZAULT como o da fossa *Simplex* são liquidos turvos, de côr amarella ou negra, muito mal cheirosos, muito ricos em germens (1) e materia organica, e nos quaes, se é verdade que a quantidade de azote organico é relativamente pequena, isso é devido á transformação em ammoniaco (sob cuja fórmula se encontra a maior parte de azote) e não ao apparecimento de azote nitrico, que falta por completo ou é insignificante.

Não me parece razoavel chegar ao extremo de afirmar sem mais reserva, com LAVERAN, VINCEY, etc., que o liquido resultante da fermentação em fossa é mais nocivo do que a agua que contém as materias fecaes no estado fresco. Porque, se é admissivel que as substancias toxicas produzidas pelos germens, como secreções proprias ou pela decomposição das materias organicas, venham a augmentar a nocividade ao liquido sob o ponto de vista chimico, é impossivel tambem ir contra a opinião de BEZAULT, PARISOT, BONJEAN, para os quaes, sob o ponto de vista bacteriologico e da propagação das

---

(1) Segundo WINSLOW, o numero total das bacterias d'uma porção de agua de esgoto collocada ao abrigo do ar, eleva-se primeiro rapidamente, attinge em 24 horas o maximo (10 vezes mais bacterias do que primitivamente) e depois começa a diminuir lentamente.

doenças epidemicas — cholera, febre typhoide, dysenteria, etc. — os effluentes de fossas septicas (nas quaes a multiplicação dos germens, se se realisa, não é para os pathogenicos, que antes se reduzem em numero) são geralmente menos e, em todo o caso, nunca mais perigosos do que os effluentes não fermentados.

Por outro lado, se póde ser discutivel (como veremos, mais tarde, a proposito das grandes fossas urbanas) a utilidade de uma prévia fermentação anærobia de um liquido, como meio de lhe tornar as substancias dissolvidas *qualitativamente* mais oxydaveis, é, comtudo, indiscutivel que o facto da desaggregação, com liquefação e gazeificação, das substancias organicas de uma agua de esgoto, obtida nas fossas septicas, tem valor não despresivel, não só porque leva ao empobrecimento em corpos volumosos, mas tambem porque consegue uma destruição parcial da substancia organica, o que implica, naturalmente, uma diminuição da *quantidade* das materias destinadas a soffrerem a oxydação futura.

Em todo o caso, porém, o effluente das fossas septicas é ainda, tanto química como bacteriologicamente, um liquido muito impuro. Importa, pois, não esquecer que, para que este liquido deixe de ser perigoso, terá de soffrer acções oxydantes, n'uma phase ulterior que é a que, sob o ponto de vista da depuração, tem a maior importancia.

\*

As pequenas fossas septicas podem ser realmente de grande utilidade em casas de campo, ou em estabelecimentos collectivos — escolas, casernas, prisões, hospitaes — isolados e situados longe de qualquer rêde de esgotos. E n'uma cidade onde esta rêde falte as fossas septicas caseiras ainda poderão, em certos casos, apresentar vantagem sobre as antigas fossas fixas.

Na hypothese d'essas habitações, ruraes ou urbanas, não

ligadas a uma rêde de esgotos, quando haja, disponiveis, espaços de terreno apropriado sufficientemente vastos, a irrigação cultural, permittindo a depuração pelo solo, poderá ser convenientemente utilizada para tratamento final do effluente das fossas septicas domesticas; quando, pelo contrario, o espaço escasseie, ou o terreno seja improprio, recorrer-se-á á construcção de supportes artificiaes (leitos bacterianos) em que germens biologicos provoquem a oxydação da materia organica primitivamente desintegrada na fossa septica (1).

(1) Pretende satisfazer a esta necessidade o chamado *Transformador Integral*, aparelho no qual os seus inventores procuram obter uma depuração completa dos liquidos residuaes. Estes, depois de passagem, mais ou menos demorada e successiva, por varios compartimentos communicantes (*camaras de depuração*) de um reservatorio bem fechado, vão, com as materias já dissolvidas, cair, formando cascata, em uma camara oxydante abundantemente arejada e que contém fragmentos de pedra calcarea. Á sahida do aparelho, a agua residual, inodora e imputrescivel, teria, segundo os inventores, a materia organica azotada quasi toda transformada em nitratos (as analyses do effluente feitas por LAVERAN mostram, porém, que os resultados obtidos pelo uso do Transformador Integral estão longe de ser tão lisongeiros).

Como este, ha muitos outros aparelhos (de LUCAS, de GIRERD, etc.) em que a uma pequena fossa septica se seguem recintos em que se procura favorecer a producção de acções oxydantes intensas. Mas o seu estudo não cabe aqui. Com effeito, n'uma obra em que se trata de assumptos de hygiene urbana, de cidades que se suppõem drenadas por um regular systema de esgotos, não vem a proposito entrar em mais largas considerações sobre os modos de proceder para obter a inoffensividade das substancias residuaes das habitações isoladas, ruraes ou urbanas, *não em relação com os esgotos*. A resolução d'este problema, que mais directamente interessa os particulares e as pequenas agglomerações do que as grandes collectividades sociaes, fará objecto de uma obra, em preparação.

Se, tratando das fossas septicas das habitações, entrei, comtudo, já aqui, em considerações um pouco longas, foi isso não só porque a proposito das grandes fossas septicas destinadas aos effluxos urbanos (*septic-tank* de CAMERON e congeneres) se falla muito da fossa MOURAS, que chronologicamente as antecedeu, como tambem, e principalmente, porque, mesmo nas casas ligadas aos esgotos, em cidades conveniente-

Mas para o caso que aqui nos interessa — o de uma cidade provida de um systema regular de canalisações, para drenagem dos liquidos sujos — sem que se deixe de reconhecer a utilidade d'uma phase hydrolysante, o emprego das fossas septicas domesticas apparece como inutil, senão nocivo.

O interesse hygienico que o particular tira da fossa caseira é, n'este caso, praticamente nullo; e, pelo contrario, a possibilidade de mau funcionamento da fossa mostrar-lhe-á, por ventura, na pratica, o bem fundado da desconfiança que, *a priori*, lhe deve merecer um processo que faz estacionar, sob a sua habitação ou na proximidade d'ella, substancias que d'outra fórma seriam immediatamente afastadas.

Portanto, não é de esperar que, de boa vontade, o dono de uma habitação vá dispender o necessario para a construcção d'uma fossa septica, só pelo prazer altruista de lançar aos esgotos um liquido hygienicamente um pouco melhorado; prazer, aliás, sem bases reaes, pois que, a menos que o exemplo venha a ser seguido em larga escala, desprezível será o proveito colhido pela collectividade do facto da hydrolyse soffrida por uma pequena parcella dos liquidos residuaes urbanos.

Mas suppondo que se tornava obrigatorio o uso das fossas septicas em todas as habitações ligadas ao esgoto, para assim se tornarem efficazes os effeitos hydrolysantes no effluxo total, e a todos fazer egualitariamente participar nas despezas neces-

---

mente drenadas, ha quem recommende a utilização de pequenas fossas septicas; para estas, então, o esgoto substitue, como dissemos, o reservatorio accessorio no caso da fossa MOURAS (é o que se fez durante muito tempo em Paris e Bordeus) ou recebe o liquido effluente do segundo compartimento das fossas BEZAULT, *Simplex*, etc.

sarias para o conseguimento do fim desejado, ainda então, esta volta disfarçada aos sistemas conservadores, seria injustificada e condemnável; e isto mesmo quando se não quizesse ver na accumulação de fossas septicas, n'uma cidade, uma causa de viciação importante da atmosphera, e de producção de maus cheiros, pelos gazes libertados (1).

Com effeito, já sabemos que, a não se fazer seguir a estada na fossa septica de uma phase de acções oxydantes, o liquido rejeitado para o esgoto irá longe de ser depurado e inoffensivo e o seu lançamento nas correntes naturaes será quasi sempre hygienicamente inconveniente e perigoso. Suppondo mesmo que as habitações urbanas podiam dispôr do espaço sufficiente para installações em que as necessarias acções de oxydção se desenvolvessem, não seria mais conveniente e menos dispendioso que esses processos oxydantes, que requerem vigilancia de pessoal competente, se realisassem para o liquido total, conjuncto dos effluentes caseiros, no local onde os collectores terminam, fóra da cidade? Evidentemente, a resposta é affirmativa.

---

(1) A viciação atmospherica, diz BEZAULT, não seria, então, maior do que a das cidades que utilisam fossas fixas, onde as materias estacionam, fermentando, por muito mais tempo. As fossas fixas são, em media, 5 ou 6 vezes maiores do que as fossas septicas e, portanto, suppondo-as, em media, meio cheias, temos que occasionam 3 vezes mais fermentações do que estas ultimas.

Poderá dizer-se que as fossas fixas constituem um meio pouco favoravel para o desenvolvimento dos germens da putrefacção; e que os cadaveres de recém-nascidos ahi se conservam tempo sufficiente para que, n'um caso de TARDIEU, tenha sido possivel verificar ao fim de uma immersão de 10 mezes a existencia de ecchymoses sub pleuraes.

Mas isso só é verdade para as fossas fixas não ventiladas, em que o sulphhydrato de ammonio formado e accumulado parece actuar como microbida. Pelo contrario, nas fossas fixas bem arejadas a putrefacção dos cadaveres de recém-nascidos faz-se com grande rapidez: «ao fim de alguns dias só se encontram ossos desnudados». (BALTHAZARD).

E é o caso de fossas fixas bem ventiladas, como é mister, aquelle que aqui supomos.

Mas, na pratica, essa questão não chegaria a levantar-se; o espaço escasseia bastante nas cidades para que tivesse de ser necessariamente deixada para mais tarde a oxydação final do liquido que cada casa lançasse no esgoto, depois de hydrolyzado na sua fossa (1).

Ora onde ha-de ter logar o tratamento ærobio, faça-se passar o anærobio; mais razoavel — por menos dispendioso, por mais commodo, por mais facil de regular, e tambem por hygienicamente preferivel — é que no proprio local onde se terminam os collectores, antes de ser enviado ao solo ou aos supportes artificiaes de germens oxydantes, o liquido seja hydrolyzado, em grandes reservatorios de dimensões proporcionadas á massa total do effluxo residual urbano.

Para acabar, consideremos ainda os casos, de resto excepcionaes, de cidades que podem contentar-se com o tratamento anærobio para os seus liquidos residuaes, visando apenas a facilitar os effeitos das acções espontaneas de oxydação em correntes naturaes de debito abundante a que o liquido hydrolyzado afflua (2); mesmo então, ás multiplas installações de pequenas fossas caseiras, é muito preferivel uma só installação, occupando uma superficie e com uma capacidade muito menores do que as sommas das superficies e das capacidades das installações domesticas parcellares (3), e na qual um ser-

---

(1) Em Champagne-sur-Seine, a *Société Générale d'Épuration et d'Assainissement* installou numerosas fossas septicas caseiras cujos effluentes são conduzidos, por um collector, a uma installação de depuração por bacterias oxydantes. Os liquidos provenientes das fossas são assim completamente depurados antes de serem lançados ao Sena. (LAVERAN).

(2) Em rigor, póde, segundo CALMETTE, lançar-se sem mais tratamento o effluente de fossa septica a um rio, quando este tenha um volume de aguas pelo menos cincoenta vezes maior do que o volume dos liquidos sujos affluentes.

(3) Com effeito, ao passo que n'uma fossa domestica a superficie é, pouco mais ou menos, de  $0^m2,1$  por pessoa e a capacidade igual, em

viço de vigilância e regulador do funcionamento (1) permita obter o máximo de resultados úteis com um mínimo de despesa (2).

---

media, a dez vezes o volume da onda diaria, nas grandes fossas, como veremos, a superficie, por pessoa, é muito menor ( $0^m2,033$  em Exter) e a capacidade é, em geral, a correspondente á onda diaria do liquido residual.

(1) Para que a depuração biologica das aguas de esgoto dê bons resultados, é preciso que as operações sejam bem reguladas e que as materias estejam um certo numero de horas soffrendo as acções convenientes. Ora ao passo que nas fossas urbanas o affluxo é gradual, lento e contínuo, nas fossas domesticas os liquidos affluem intermitentemente e em grandes doses, principalmente quando além do tubo de queda dos *water-closets* haja outros para as aguas de banho, de lavagem e das chuvas. N'este ultimo caso, as perturbações podem ser grandes e o apparelho funcionar umas vezes como fossa septica, outras vezes como simples diluidor; é justo, porém, dizer que nas fossas mais recentes de BEZAULT, nas quaes o tubo de queda das aguas pluviaes desemboca no segundo compartimento, junto ao tubo de evacuação, já estas aguas não occasionam a perturbação do liquido do primeiro compartimento onde as materias solidas são desagregadas.

(2) Em rigor, na hypothese de cidades drenadas por esgotos, que se possam contentar com um tratamento anærobio para os seus liquidos residuaes destinados a serem lançados em correntes naturaes, é possível encontrar, theoreticamente, uma indicação para o emprego das pequenas fossas septicas, obrigatoriamente construidas em todas as habitações. Essa indicação appareceria quando não se conseguisse obter o espaço sufficiente, em *logar apropriado*, para a installação de grandes fossas urbanas; o que, a dar-se, seria por certo menos raro no caso de cidades situadas na immediata visinhança da foz dos rios ou á beira mar.

Mas na prática, se pensarmos que os liquidos residuaes destinados a serem lançados ao mar devem ser accumulados em grandes bacias só despejadas a certas horas, dependentes das marés, vemos que sempre haverá necessidade de encontrar espaço sufficiente para estas bacias. E não é ousado pensar que onde ellas acham logar será quasi sempre possível installar egualmente fossas septicas. Por outro lado, convem lembrar que, onde de todo falta a superficie de solo disponível, se pôde muitas vezes aproveitar o sub-solo para construeção de installações de-

Nas grandes fossas do terminus dos esgotos as acções realisadas são fundamentalmente as mesmas que se passam nas pequenas fossas caseiras.

É d'aquellas fossas que agora me vou occupar, e mais largamente do que d'estas ultimas o fiz, pelas razões expostas.

## B) Fossas septicas para os effluxos urbanos

### 1) Os antecedentes da fossa septica urbana vulgar ou «Septic-Tank» de Cameron. Questões de prioridade

Em 1852, HENRY AUSTIN, para conseguir a separação parcial das materias solidas de agua de esgoto destinada a ulterior tratamento por adjuncção de cal e filtração, propunha a passagem do liquido pelas fossas de sedimentação representadas na (fig. 7).

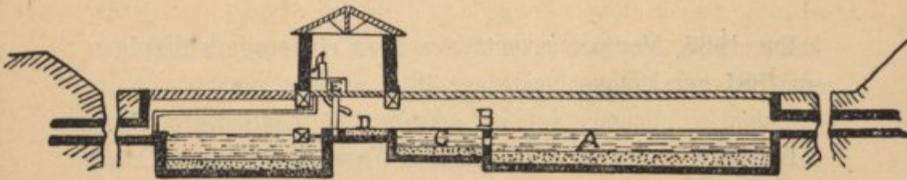


Fig. 7. — Fossas de HENRY AUSTIN (1852)

«A grande massa de materia solida, dizia AUSTIN, quando a agua de esgôto se encontra n'um relativo repouso no reser-vatorio, divide-se em duas partes; as particulas mais pesadas depositam-se no fundo, e as mais ligeiras collectam-se, em

puradoras, mesmo de certa importancia, como acontece em algumas cidades da America.

De tudo isto resulta que as fossas septicas domesticas deverão ser quasi absolutamente contra-indicadas nas cidades drenadas por um systema conveniente de esgotos.

uma massa sólida fluctuante, á superficie. Quer-me parecer que, no primeiro tanque (A), póde ser interceptada a passagem á maior parte d'estas materias tanto da superficie como do fundo, sem necessidade de recorrer a filtros, por meio de um simples diaphragma (B) munido de abertura que apenas permita a passagem do liquido a uma certa profundidade».

A limpeza do tanque (A) faz-se por dragagem. (C) é outro tanque «que não precisa ser tão fundo nem tão largo como o primeiro. (D) é um filtro que deve ser antes pouco profundo e largo do que muito profundo e estreito, e cuja limpeza póde ser feita, de longe em longe, por jórros de agua do reservatorio (E)».

A agua, ao escoar-se, finalmente, passava sobre um dique, acima do qual só attingia uma pequena altura.

Em 1858, no Derbyshire, construia-se a fossa cimentada descripta a pag. 35, destinada a receber a agua residual de uma escola de 250 a 300 pessoas e o producto da drenagem d'uma quinta.

Em 1865, MOURAS inventava a fossa começada a divulgar em 1881 por MOIGNO (veja pag. 36).

Em 1876, no hospital de doidos de Worcester (Mass; E. U. A.) utilisava-se uma fossa de sedimentação (fig. 8), com capacidade

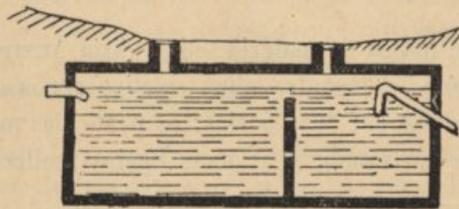
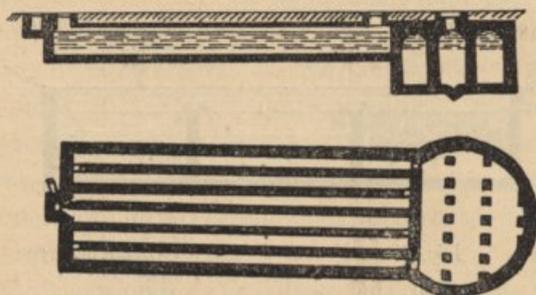


Fig. 8. — Fossa de WORCESTER (1876)

suficiente para os liquidos rejeitados por 600 pessoas, e na qual a entrada e a sahida do liquido se achavam collocadas a

uma altura inferior ao da superficie da agua residual no reservatorio. Este era coberto por abobada de alvenaria e dividido interiormente por diaphragma transversal com aberturas.

Em 1882, JAMES CROES, em Lawrenceville (New Jersey. E. U. A.), fazia, para uma escola, os planos de uma dupla fossa de sedimentação, dividida longitudinalmente em camaras communicantes, em um dos seus extremos ou nos dois, com a camara ou as camaras visinhas (*fig. 9*).



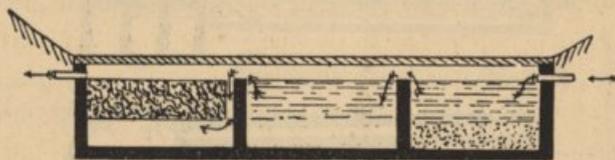
*Fig. 9.* — Fossa de JAMES CROES (1882)

A agua de esgôto entrava nas camaras centraes, percorria-as até ao extremo opposto, passava ás camaras immediatas onde caminhava em sentido contrario, até que, chegada ás mais exteriores, d'ahi, por sobre diques, cahia em delgada espessura, no tanque representado á direita da *fig. 9*; este tanque era evacuado por bomba quando necessario fôsse. A passagem do liquido de umas para as outras camaras fazia-se por pontos submersos. As camaras eram ventiladas por meio de um cano que levava ao fogo os gazes produzidos.

Em 1883, PHILBRIK, de Boston, construia em varios logares da America do Norte fossas circulares impermeabilizadas, nas quaes o liquido, antes de distribuido a canaes de irrigação, soffria uma maceração e divisão das suas substancias solidas por acções fermentativas. A entrada do liquido nas fossas fazia-se por pontos submersos. Á superficie do liquido formava-se

uma camada de materias fluctuantes e no fundo do reservatorio um deposito de materias mais pesadas; tanto a camada fluctuante como o deposito augmentavam rapidamente no principio, mas depressa uma e outro permaneciam constantes, e de tal forma que, n'um caso, quatro annos depois do começo do funcionamento, a espessura da camada fluctuante era inferior a 0<sup>m</sup>,305 e a do deposito menor ainda.

Em 1886, ELLIOT CLARK desenhava as fossas de sedimentação e filtração representadas na *fig. 10*.



*Fig. 10.* — Fossas de ELLIOT CLARK

Em 1894, TALBOT construia em Urbana uma fossa com escoadouro submerso para o liquido e coberta de pranchas e terra. A inspiração para esta construcção veio-lhe «do estudo de várias fossas de sedimentação destinadas á agua de esgoto, da acção das grandes fossas fixas e do apparelho de M. MOURAS».

A observação mostrou que, na fossa de Urbana, «se fazia uma purificação material da agua de esgôto, e a efficacia da fossa foi sempre completamente satisfactoria».

Como aperfeiçoamento da fossa de Urbana, o autor desenhou em 1895 os planos de outra fossa que começou a funcionar em Champaign Ill. em 1897.

TALBOT faz notar que, apesar de ideadas e levadas a effeito ao mesmo tempo, por fórmula e com resultados semelhantes, as suas construcções de Urbana e Champaign são inteiramente independentes das que, em Exeter, eram devidas a CAMERON e que este registrava sob o nome de *Septic-tank*. Mas contra este registro se insurgia TALBOT, dizendo que «os principios

de falta de luz, não arejamento, escoamento de liquido a nivel inferior ao que attinge no interior da fossa, e outros aspectos de *Septic-tank* teem estado em uso desde ha tanto tempo que, certamente, não são já susceptiveis de ser registrados».

Na verdade, os estudos dos ultimos quinze annos teem-nos levado a uma melhor interpretação dos resultados colhidos pela realisação artificial de condições que facilitam as acções naturaes de depuração. E porque, agora, voluntariamente organizamos as cousas de modo a activar a producção de certos effeitos que conscientemente esperamos, somos levados a ver disposições materiaes novas no que, afinal, não é, por vezes, senão a reproducção de disposições antigas, das quaes só a nossa ignorancia nos não deixava ver os resultados iguaes ou semelhantes aos que actualmente colhemos e que se produziam juntamente com outros já conhecidos, cujo conseguimento era, então, o unico fim em vista.

Todos os exemplos de installações que acabei de citar mostram, com effeito, que de ha muito se procurava realisar a sedimentação em reservatorios nos quaes:

1.º a agua de esgoto, passando lentamente, soffria frequentemente uma redução na quantidade de solidos suspensos, por acção bacteriana anaerobia, hydrolyse, fermentação, maceração, etc. (antigas fossas fixas, fossas MOURAS, de PHILBRICK, de TALBOT, etc.).

2.º a decantação do liquido era feita, muitas vezes, sem prejudicar a quietação do deposito de lama ou da camada solida fluctuante, por escoadouro submerso (fossas de AUSTIN, de MOURAS, de PHILBRICK, de CROES, etc.).

3.º a obturação hydraulica das entradas e sahidas, capaz de se oppôr á fuga dos gazes, já existia portanto (varios exemplos dados em 2).

4.º uma abobada ou cobertura não era rara (numerosos exemplos dados).

5.º a ventilação era por vezes artificialmente provocada (fossa de CROES).

6.º não deixava de se observar a exclusão do ar e da luz (fossas de MOURAS, de TALBOT, etc.).

7.º o escoamento e arejamento do effluente por passagem sobre um dique tambem se encontrava (fossas de AUSTIN, de CROES).

Isto, para não mencionar outros principios de menor importancia, como o da remoção da lama sem evacuação do liquido das fossas, etc., que applicados mais recentemente na fossa CAMERON, que vou descrever, não merecem fóros de novidade, por isso que de ha muito, por outros, vinham sendo preconisados.

## 2) O Septic-Tank de Cameron e suas modificações.

### O Ames-Tank. O Hydrolytic-Tank de Travis

Em 1895, CAMERON, para evitar a impermeabilisação rapida do sólo e dos filtros biologicos que, havia pouco, DIBDIN propuzera para a depuração das aguas de esgôto, lembrou-se de fazer preceder a phase de oxydação, que no solo e n'esses filtros em boas condições se realisa, por uma primeira phase anaerobia em fossa fechada, destinada a libertar o liquido das suas materias solidas não dissolvidas.

E, assim, em Belle Isle applicava o que chamou o *septic-tank process* ao tratamento de uma onda diaria, em tempo secco, de 240<sup>m</sup>3 de liquidos residuaes, correspondendo a 1500-2000 pessoas do bairro de S. Laurent, de Exeter.

Deixando para mais tarde o estudo da phase aerobia, vejamos o que se passava durante a phase anterior na fossa septica de CAMERON (*fig. 11*)(1), e quaes os detalhes de construcção d'esta fossa.

---

(1) A *fig. 11*, apesar de representar a fossa septica de CAMERON do modelo de 1898, póde servir para auxiliar a descripção da fossa primitiva; as differenças d'uma para outra só existem em pontos secundarios.

A agua de esgoto bruta atravessava uma camara de decantação de detrictos (*B*) de 2<sup>m</sup>,13 de comprimento,  $\times$  5<sup>m</sup>,49 de largo

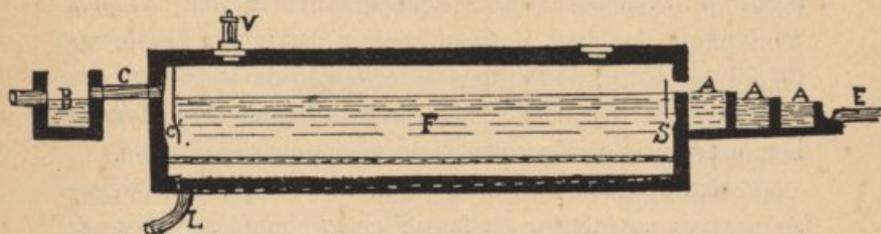


Fig. 11. — Fossa septica de CAMERON (modelo de 1898)

e  $\times$  3<sup>m</sup> de fundo, e entrava depois n'uma grande fossa (*F*) subterranea, de 17<sup>m</sup>,32 de comprimento  $\times$  5<sup>m</sup>,49 de largo  $\times$  2<sup>m</sup>,29 de fundo, cimentada e impermeavel, coberta por abobada de cimento e depois por terra semeada de relva, de modo a evitar não só a entrada da luz e do ar, mas tambem as variações de temperatura no seu interior. A capacidade util total era de 244<sup>m</sup>,41, um pouco maior, portanto, do que a necessaria para conter a onda diaria media dos liquidos a tratar.

O liquido sahia da camara de detrictos por uma larga abertura rectangular transversal, secção inicial de um conducto (*C*) que, caminhando primeiro horizontalmente a 0<sup>m</sup>,30 sob a superficie do solo, descia depois, para ir terminar no interior da fossa, occupando a maior largura d'esta, a 1<sup>m</sup>,5 abaixo do nivel que o liquido n'ella attingia (*C*). Á medida que a agua residual passava da camara de detrictos para a fossa propriamente dita, esta deixava sahir porção equivalente do seu conteúdo, no extremo opposto, por um canal cuja origem (*S*) se achava submersa a 0<sup>m</sup>,30 de profundidade, occupando tambem quasi toda a largura do tanque. D'esta forma, não só a superficie da agua residual, onde as bacterias se accumulavam, permanecia em socego e a nivel constante, como tambem o ar exterior não penetrava na fossa, nem os gazes livres da fermentação n'esta produzida se escapavam pelos canaes de passagem do liquido; a sahida dos gazes era comtudo assegurada por valvulas especiaes (*V*) convenientemente dispostas.

Sendo, como dissemos, a capacidade correspondente, pouco mais ou menos, ao debito diario, pode suppôr-se que cada porção de agua de esgôto se demorava, em media, 24 horas no interior da fossa, deslocando-se n'ella muito lentamente ( $0^m,75$  por hora), permittindo a realisação da hydrolyse sem agitação sensivel, e dando tempo a que o liquido se misturasse bem e adquirisse uma composição media quasi constante.

CAMERON examinava, d'uma camara de observação, o que se passava no interior da fossa: notava que á superficie do liquido se ia constituindo uma camada de escuma e materias fluctuantes, principalmente gorduras, de  $0^m,05$  a  $0^m,15$  de espessura, ao passo que no fundo se depositavam materias escuras, mas em tão pequena quantidade que ao fim de 3 annos sem limpeza alguma (1) não attingiam ainda uma altura de  $1^m,2$ . Entre a camada superficial fluctuante e o deposito, havia uma porção de liquido mais ou menos claro, em que a existencia de fermentações era testemunhada pelas bolhas de gazes que se deslocavam para a superficie. Estas bolhas conservavam em suspensão parte das materias inorganicas e permittiam que ellas sahisses da fossa, ao passo que as substancias organicas se decompunham e dissolviam; estes dois factos explicavam a lentidão do augmento de espessura do deposito.

Á sahida da fossa fazia-se passar a agua residual por um systema de cascatas (A) de  $25-30^m$  de altura; CAMERON tinha em vista, com isto, facilitar a libertação dos gazes da fermentação e a mistura do liquido com o oxygeneo do ar, para que se tornassem mais efficazes, nos seus effeitos, as futuras acções oxydantes.

Com effeito, é preciso não esquecer que CAMERON apenas via na phase anærobia uma conveniente preparação para uma ulterior phase ærobia.

---

(1) No modelo de fossa registrado por CAMERON em 1898 (*fig. 11*), ha, cavado no fundo, um canal (L) por onde a lama accumulada pôde ser retirada sem necessidade de evacuar o liquido.

O uso do *Septic-tank* de CAMERON foi, em Exeter, em breve generalizado ao tratamento da onda diaria total, de  $4836\text{m}^3$ , para o que se construíram 6 fossas de  $55\text{m}$  de comprimento  $\times 10\text{m},5$  de largo  $\times 2\text{m},13$  de fundo.

E, desde então, na Inglaterra e na America, na Allemanha e em França mesmo, a applicação das fossas septicas ao tratamento preliminar da agua de esgoto a depurar pelo sólo ou pelos leitos bacterianos tem sido feita em larga escala.

Acontece porém que as fossas, ainda que conservando, geralmente, a fórma rectangular, apresentam nos detalhes modificações várias, nos diferentes locais onde tem sido construídas.

A capacidade das fossas varia naturalmente muito com os locais; mas é de notar, ainda, que não fica em toda a parte a correspondente á onda diaria de tempo secco, como em Exeter, pois que ha casos em que é maior (1) (raras vezes) e outros em que é menor (frequentemente). É na America do Norte, onde as aguas de esgoto são muito diluidas, que a capacidade das fossas em relação ao debito dos esgotos é mais reduzida; a consequencia natural é que a estada do liquido em fossa será menor: assim por exemplo em Champaign, Ill. a onda diaria dos liquidos residuaes rejeitados em tempo secco por 3500 pessoas ( $1363\text{m}^3$ ) enche 13 vezes a respectiva fossa durante as 24 horas, o que equivale a dizer que cada porção de liquido se demora, em media, menos de 2 horas no interior do reservatorio (2).

---

(1) Em Inglaterra, o *Local Governement Board* recommendou durante algum tempo uma capacidade correspondente a  $1\frac{1}{2}$  vezes a onda diaria; mais tarde, reduziu esse numero a  $1\frac{3}{4}$ .

(2) É de notar que aqui nos referimos á massa liquida residual em tempo secco. Nos dias de chuva, se o systema dos esgotos é o separador, a onda diaria não augmentará sensivelmente, mas, se, pelo contrario, os

E para fossas de uma dada capacidade varia a relação que entre si mantêm as dimensões de comprimento, largura e altura.

O arejador e até mesmo a camara de detricos, que fazem parte integrante do *septic tank*, tal como CAMERON o ideou, faltam muitas vezes nas fossas septicas de outros autores.

O facto do liquido adquirir á sua superficie uma espessa camada de espuma e materias fluctuantes, que impede o contacto da agua residual com o ar e permite que a fermentação se realise, fez nascer a idéa da construcção de fossas descobertas, naturalmente mais economicas do que as fossas abobadadas.

No interior das fossas, cobertas ou não, é frequente a existencia de diaphragmas transversaes, quer partindo do fundo do reservatorio e não attingindo a superficie do liquido, quer, pelo contrario, descendo de um pouco acima d'esta mas sem alcançar o fundo (*fig. 12*); assim fica dividida incompletamente



*Fig. 12.* — Fossa septica com diaphragmas transversaes

a massa liquida, augmentando-se-lhe os contactos e o caminho a percorrer, como acontece nas fossas de sedimentação em que ha diaphragmas semelhantes (vol. I, pag. 197)

Mas, apesar das modificações apontadas, todas estas fossas

esgotos são combinados, poderá acontecer que o liquido que n'elles entra seja consideravelmente mais abundante do que nos dias seccos. N'este ultimo caso, já se deixa ver que, a não haver fossas de sobrecellente, o liquido demorar-se-á nos reservatorios muito menos do que se demoraria se pertencesse á onda do tempo secco.

Recommenda-se que haja, em qualquer installação, pelo menos duas fossas, e de tal capacidade que uma só possa chegar para a onda habitual.

conservam na essencia o typo primitivo e o funcionamento do *septic tank* de CAMERON. Todas permanecem cheias de liquido ao abrigo do ar, sem que a evacuaçao das lamas se faça durante longos periodos de tempo, e, em todas, as aberturas externas dos canaes de entrada e de sahida do liquido estao à mesma altura, permittindo que, de um modo lento e continuo, saia uma quantidade de liquido igual à que ao mesmo tempo vai entrando.

Ha, porém, um certo numero de fossas que, podendo ainda ter o nome de septicas, se afastam, comtudo, bastante do *septic-tank* de CAMERON e que estabelecem a transiçao para as fossas de sedimentaçao, em que a evacuaçao das lamas se faz muito repetidas vezes.

Mencionaremos, entre ellas, a fossa usada em Ames (*Ames-tank*), para o tratamento de  $182^{m^3}$  diarios de agua de esgoto. A lama é evacuada mensalmente, e o liquido residual é retirado da fossa não lenta e continuamente, mas com intervalos de 6-7 horas, e rapidamente em cada occasiao, introduzindo-se ar quando das descargas, para facilitar a libertaçao dos gazes da fermentaçao e as açoes nitrificadoras futuras.

A evacuaçao rapida do liquido era tambem recommendada primitivamente por THUM e DUNBAR.

Merece particular referencia o *Hydrolytic Tank* de TRAVIS (*fig. 12*), usado em Hampton, aparelho todo em cimento e inteiramente coberto, com uma capacidade total de  $1362^{m^3}$ , no qual se associam, até certo ponto, a fossa septica de CAMERON e o filtro anærobio de filtraçao ascendente de SCOTT-MONCRIEFF (adeante descripto), mas em que a evacuaçao das lamas é relativamente frequente.

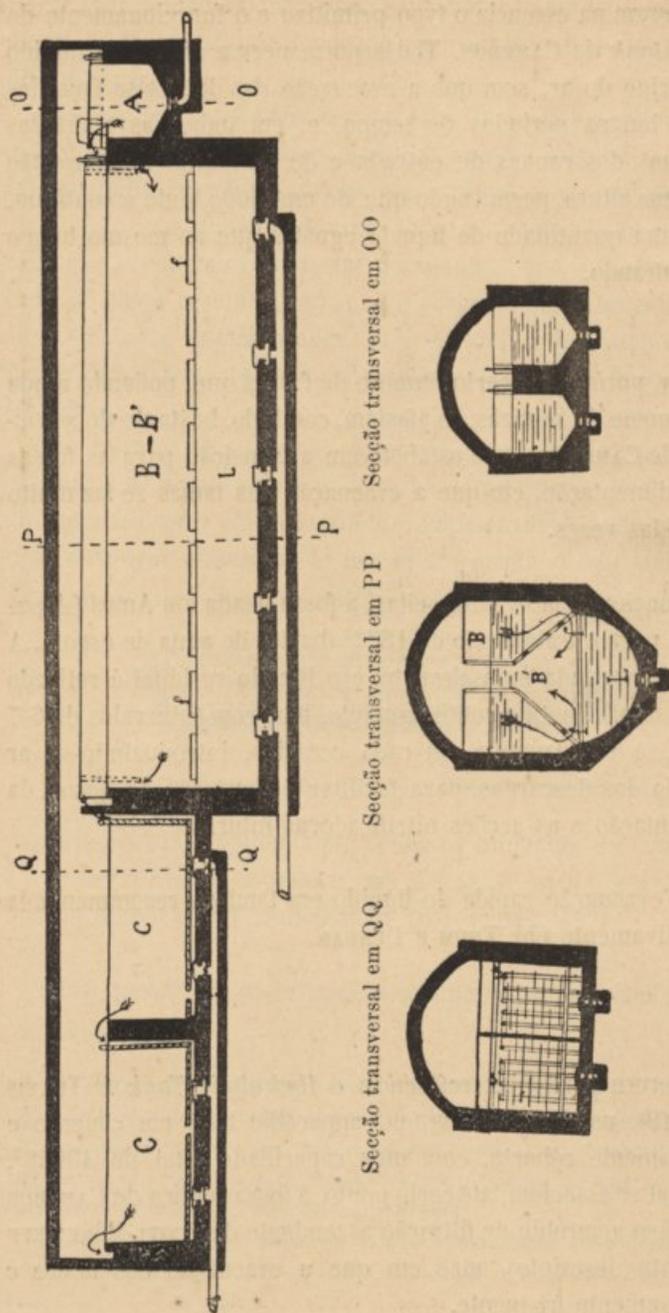


Fig. 42. — Fossa hydrolytica de TRAVIS

Em Hampton, cidade ingleza de 7:500 habitantes, a agua de esgoto (4000<sup>m</sup>3 diarios), recalçada por ejectores, é, depois de passada por fossas de detricos (A), dirigida para o interior de um reservatorio (B-B'-L) dividido longitudinalmente em 3 compartimentos. É nos dois compartimentos lateraes (B) (*camaras de sedimentação*) que o liquido entra em primeiro logar, deixando ahí depositar grande quantidade de lama, que vai passando com elle, por fendas abertas (f) na parte inferior das paredes internas, para o compartimento medio (B') (*camara de liquefacção*); aquí, realisa-se a fermentação, intensamente, com dissolução de parte da lama e producção de gazes, que se escapam por placas perfuradas; a parte de lama que se não dissolve accumula-se no espaço sub-jacente (L), d'onde é quinzenalmente (ou mais raramente) (1) evacuada por valvulas.

O effluente da camara de liquefacção passa, por um escoadouro, a um canal que a leva á parte inferior de um de dois filtros anærobios ascencionaes (C) (*camaras hydrolysantes*), que funcionam alternadamente por periodos de 15 dias, primitivamente constituídos por grandes pedras partidas, que mais recentemente foram substituidas por placas de vidro parallelas (v). Estas placas de vidro teem por fim favorecer aquellas acções de superficie a que já me referi (pag. 20), capazes de determinar a coagulação dos colloides, retendo-os e impedindo que elles vão mais tarde perturbar os leitos no seu funcionamento, impermeabilizando-os. As materias colloides coaguladas em contacto com o vidro vão-se desprendendo e cahindo no fundo, onde formam a *lama supplementar* (*ultra-sludge* de TRAVIS) e d'onde podem ser retiradas por valvulas como a lama propriamente dita.

Calcula-se que o liquido residual se demora 5 horas nas camaras de sedimentação, 15 horas na de liquefacção e 3 horas nos filtros anærobios; á sahida d'estes, é lançado a leitos oxydantes submersiveis (de contacto).

---

(1) A capacidade do espaço reservado para as lamas é o sufficiente para conter as lamas produzidas durante 2 mezes.

Para o conhecimento dos resultados que se obteem pelo uso das fossas septicas, segundo as modalidades da sua construção, conforme as condições do seu funcionamento, e segundo a natureza das aguas residuaes, foram feitos estudos em installações experimentaes como as de Columbus (America), de Manchester (Inglaterra), de Hamburgo (Allemanha), de Madeleine (França), etc.

Os ensinamentos que ahi a experiencia fornece, e os que nas installações de depuração urbana a observação sempre dá tambem, serão apresentados nas paginas que se seguem.

### 3) Papel das fossas septicas na depuração das aguas de esgoto sob o ponto de vista dos seus caracteres physicos e da sua composição chimica

CAMERON attribuia á sua fossa, entre outras, as seguintes vantagens:

1.º Resolução do problema das lamas, em virtude da digestão praticamente total da materia organica solida.

2.º Obtenção de um effluente mais facilmente oxydavel do que o effluente dos tanques de sedimentação e de precipitação chimica.

Veio a reconhecer-se, mais tarde, que os effeitos conseguidos não são tão completamente lisongeiros como CAMERON pensava, e começou mesmo a haver quem nas fossas septicas, longe de encontrar a realisação de acções biologicas apreciaveis que a theoria promette e que foram expostas na sub-seccão anterior, apenas visse a producção de acções physicas de sedimentação.

Os resultados que VINCEY, DZERSGOWSKI, etc., colhem levam-os a esta ultima conclusão, como resultados muito differentes conduzem, pelo contrario, outros observadores e experi-

mentadores a affirmar a existencia de acções hydrolysantes importantes, se bem que não em tão alto grau como o apontado por CAMERON (FOWLER, WATSON, DUNBAR, THUM, FAVRE, CALMETTE, etc.).

Finalmente, alguns autores ainda, sem negarem que as fossas septicas permittam a hydrolyse da materia organica, entendem que, taes quaes são geralmente utilizadas (typo *septic tank* de CAMERON mais ou menos modificado), não são recommendaveis e exigem alterações importantes: porque não reúnem os requisitos necessarios para conseguirem o maximo de effeitos uteis pela producção do maximo possivel de acções hydrolysantes, dizem uns (ROUCHY); porque estas acções hydrolysantes, nas circumstancias em que se effectuam, são antes nocivas do que uteis, dizem outros (TRAVIS).

Aqui, a proposito das fossas septicas, como, mais tarde, a proposito dos leitos bacterianos, encontramos em terrenos oppostos os *physico-chimicos* e os *bacteriologistas*, estes attribuindo ás bacterias o principal papel nas modificações uteis da composição da agua de esgoto, aquelles dizendo que as attracções moleculares, as acções capillares, as adherencias de superficie, a simples gravidade, as reacções chimicas assumem importancia preponderante para a realisação da depuração.

Até certo ponto, a differença nas opiniões provém, sem duvida, de questão de palavras, nasce de preocupações de escola. Mas esta explicação não é sufficiente para o desaccordo entre resultados materiaes colhidos por varios autores; de certo as condições em que estes autores se collocam são bem diversas umas das outras, para que tal diversidade de effeitos se possa notar.

Estudemos cuidadosamente este importante assumpto, para descobrir as razões de divergencia das opiniões alheias e para formar imparcialmente a nossa.

3') **Efeitos conseguidos pela utilização das fossas septicas vulgares (typo septic-tank de Cameron)**

- a) **Acções de sedimentação, liquefação e gazeificação e sua influencia respectiva nas modificações da composição da agua de esgoto passada pela fossa septica**

O effluente das fossas apresenta um aspecto physico e uma composição chimica nitidamente differentes dos da agua de esgoto bruta que afflue a estes reservatorios; isto resulta de um conjuncto de acções que se exercem sobre as substancias que constituem a impureza do liquido.

Estas substancias podem encontrar-se em suspensão, em solução verdadeira, ou em solução colloidal. Sob a ultima fórma encontra-se, como já dissemos (vol. I, pag. 40), uma grande parte da materia organica. Esta parte não é geralmente posta n'um grupo autonomo. Com effeito, as substancias no estado colloidal foram até ha pouco tempo incorporadas no grupo dos corpos dissolvidos, porque se attendia á apparente homogeneidade das soluções colloidaes e á propriedade que ellas têm de atravessar os filtros de papel; ultimamente, pelo contrario, TRAVIS, MICHEL e outros autores incorporam as substancias que se encontram no estado colloidal de preferencia no grupo das materias suspensas, porque se verificou que ellas facilmente formam flocos que adherem ás superficies de contacto, e contribuem poderosamente para impermeabilisar as superficies filtrantes.

Mas o melhor será, ainda, deixar as substancias em questão n'um grupo á parte, intermedio aos outros.

Portanto, estudarei separadamente a influencia que a passagem pelas fossas septicas tem sobre o destino das materias impuras contidas na agua de esgoto, classificadas, segundo o seu estado physico, em substancias suspensas, substancias em pseudo solução colloidal e substancias em solução verdadeira.

Mas, como isso não basta, indicarei, em seguida, quaes as modificações de composição chimica qualitativa e quantitativa que a agua de esgoto soffre, pelo facto do seu tratamento na fossa septica.

a') **Influencia do tratamento septico sobre o estado physico das impurezas da agua de esgoto**

α) **Materias suspensas**

A grande maioria das fossas septicas, imitações mais ou menos modificadas do *septic tank* de CAMERON, têm, como este, annexa, uma bacia de deposição de detricos, onde a agua de esgoto soffre uma grosseira decantação previa.

Das substancias mineraes, uma grande proporção deposita-se n'esta bacia, e apenas uma pequena parte, principalmente composta de argilla e areias finas, de reduzidos volume e peso, acompanha o liquidô para o interior da fossa septica, juntamente com a totalidade das materias fluctuantes não retidas previamente por grades (1), e com a maior parte das materias suspensas de natureza organica, sobre a qual as acções de sedimentação não se podem exercer efficazmente durante a rapida passagem da agua de esgoto pela fossa de areias.

Tenha já soffrido ou não esta decantação preliminar, o liquido residual que entra na fossa septica propriamente dita apresenta á sahida uma baixa apreciavel nos seus solidos suspensos, como se vê no quadro seguinte, do 5.º Relatorio da *Royal Commission*.

---

(1) Quando, antes das fossas septicas, o liquido residual encontre grades, estas serão de espaços largos (de 0<sup>m</sup>,06 na installação de Madeleine) e apenas destinadas a deter corpos fluctuantes de volume exagerado.

Nome do lugar	Qualidade da agua de esgoto	Sólidos suspensos na agua de esgoto bruta, em mg. por litro	Média	Observações	Demora media do líquido nas fossas
Accrington.....	domestica, concentrada.....	389,3	194	143, pouco depois da limpeza da fossa.....	42 horas.
Andover.....	domestica, com pequena quantidade de residuos de cervejaria.....	158	111	8 mezes depois da limpeza incompleta da fossa..	19 <sup>h</sup> , 18 <sup>m</sup> (onda de tempo secco). 13 <sup>h</sup> , 6 <sup>m</sup> onda maxima.
Caterham.....	domestica, excepcionalmente concentrada.....	421	222	1 mez depois da limpeza.....	12 horas.
Exeter (instalação principal). Exeter (St Leonards).....	domestica, concentrada..... domestica, fraca.....	372 261	125 84	18 mezes depois da limpeza..... 12 mezes depois da limpeza.....	11 <sup>h</sup> , 30 <sup>m</sup> (onda de tempo secco). 17 <sup>h</sup> , 36 <sup>m</sup> (onda maxima). 8 <sup>h</sup> , 36 <sup>m</sup> (onda maxima).
Hartley Wintney	domestica, com grande proporção de liquidos de cervejaria.....	201 (agua de esgoto diluida, do inverno) 327 (agua de esgoto de verão, tempo secco)	151	depois de 13 1/2 anos sem limpeza	31 <sup>h</sup> , 42 <sup>m</sup> (onda de tempo secco).
Guildford.....	domestica concentrada, com grande proporção de liquidos de cervejaria.....	421	159	fossa cheia de lama	36 <sup>h</sup> , 42 <sup>m</sup> .
Knole.....	domestica.....	194	84,2	.....	15 <sup>h</sup> , 12 <sup>m</sup> (onda de tempo secco). 3 <sup>h</sup> , 12 <sup>m</sup> (onda maxima).
Prestolee.....	domestica, diluida e sem materias feccas.....	54,2	31,7	depois de 4 1/2 anos sem limpeza	22 <sup>h</sup> (onda de tempo secco).
Slaithwaite.....	»	107	71	depois de 5 1/2 anos sem limpeza	13 <sup>h</sup> , 36 <sup>m</sup> (onda de tempo secco).
York.....	domestica e diluida.....	212	53	2 fossas, uma usada durante 18 mezes, outra durante 6 mezes..	26 horas.

A quantidade de materias suspensas no effluente das fossas depende não só da riqueza do liquido bruto em taes materias, mas tambem de outros factores: assim, por exemplo, sóbe com o augmento da velocidade e a diminuição da demora do liquido no interior da fossa, e com o augmento do tempo de funcionamento d'esta depois da ultima limpeza (isto é com a quantidade de lama accumulada) (1), e varia com as estações, sendo maior durante o inverno (2).

Comprehende-se, pois, muito bem que, depois da passagem pela fossa, a percentagem de redução achada para a quantidade de solidos suspensos na agua de esgoto bruta varie muito nos differentes casos. É o que se vê no seguinte quadro:

Logares	Proporção de materias suspensas no effluente septico por cento de materias suspensas da agua bruta affluente (3).	Percentagem de redução na riqueza em materia suspenso de uma agua de esgoto pela passagem na fossa septica.
York .....	25	75
Exeter (S. <sup>t</sup> Leonards) .....	32,1	67,9
" (installação principal) .....	33,6	66,4
Guildford .....	37,7	62,3
Knole .....	43,4	56,6
Accrington .....	49,8	50,2
Caterham .....	52,7	47,3
Prestolee .....	58,4	41,6
Slaithwaite .....	66,3	33,7
Andover .....	70	30

(1) Em Burnley, o effluente da fossa, que no principio continha 150<sup>mg</sup> de materias suspensas, passava a ter 350<sup>mg</sup>, por litro, ao fim de 6 mezes. Em Huddersfield, as materias suspensas passavam de 66<sup>mg</sup> a 233<sup>mg</sup> por litro, ao fim de 11 mezes de funcionamento, e em Leeds de 122<sup>mg</sup> (janeiro-julho de 1903) a 241<sup>mg</sup> por litro (julho-dezembro, 1904).

(2) As materias suspensas por litro do effluente das fossas de Leeds eram 127<sup>mg</sup> na primavera, 156<sup>mg</sup> no verão e 213<sup>mg</sup> no inverno. Em Huddersfield verificou-se igualmente que no inverno o effluente é mais rico em materias suspensas do que no verão.

(3) Em rigor, não se póde dizer que os numeros aqui apresentados sejam percentagens das materias suspensas do liquido bruto. Com effeito

A baixa da materia suspensa em Massachussets seria de 61 0/0, em Hamburgo de 71,3 (DUNBAR).

Podemos admittir, com a *Royal Commission on Sewage*, que uma agua de esgoto de caracter domestico e de concentração media, contendo em tempo sêcco 350 mgr. de materias suspensas por litro, pela passagem n'uma fossa septica funcionando em boas condições e de uma capacidade capaz de conter a onda diaria de tempo secco, leva a um effluente em que as materias suspensas se encontram na quantidade de 100 mgr. por litro; n'esta hypothese, o effluente da fossa contem 28,6 partes de materias suspensas por 100 partes de materias suspensas da agua bruta e a baixa na riqueza d'estas substancias, pela passagem na fossa, é de 61,4 0/0.

Mas, para conseguir esta baixa mais ou menos notavel na materia em suspensão, actuará a fossa septica apenas mecanicamente, e as substancias solidas que faltam no effluente serão encontradas na sua totalidade no interior do reservatorio, retidas por simples sedimentação?

É preciso confessar que assim acontece, mas isso só durante os primeiros tempos do funcionamento.

Das materias não dissolvidas das aguas de esgôto, as mais leves sobrenadam, formando uma camada de lamas fluctuantes ou *chapeu*, ao passo que as materias mais pesadas precipitam pela ordem da sua densidade, indo constituir um depósito.

Tanto a camada fluctuante como o deposito augmentam rapidamente no principio. Mas, depois de um certo periodo de tempo (que em Columbus seria de 8 a 17 dias) maior no

---

a materia suspensa no effluente é não só parte da materia suspensa do affluente, mas ainda parte da resultante, no interior da fossa, da coagulação dos colloides e da precipitação, por acções chemicas, de substancias dissolvidas. Portanto, eu digo proporção de materias suspensas do effluente por cem das suspensas no affluente; a percentagem de solidos suspensos do affluente que sahe com o effluente é um pouco menor.

inverno do que no verão, tanto mais curto quanto menor fôr a agitação do liquido, e que mais rapidamente se termina se se inocula a agua residual contida na fossa com espuma de uma fossa antiga em actividade, o *chapeu* fica estacionario e o deposito deixa de augmentar sensivelmente; ao mesmo tempo nota-se que ao cheiro fecaloide, que da fossa sahia, se succede o cheiro dos gazes das fermentações. É que começam, agora, a intervir as acções de hydrolyse, de digestão da materia solida, que ao fim de um mez, segundo CALMETTE, terão attingido a sua plena actividade e cuja existencia é facil demonstrar.

As experiencias de FAVRE, feitas em Hamburgo, e as de CALMETTE, feitas em Madeleine, mostram claramente que, n'uma fossa septica bem construida e regulada no seu funcionamento, as materias organicas são desintegradas, mais ou menos rapidamente segundo a sua natureza.

Estas experiencias consistem em immergir no conteudo da fossa septica [e em agua de esgoto estagnante e corrente (1), para comparação] recipientes metallicos em cujo interior e separadamente se collocam varias substancias (albumina d'ovo, carne, peixe, cartilagens, gordura, pequenos animaes esfolados ou não, legumes, batatas, cellulose sob varias fórmas, etc.) e em calcular a perda de peso soffrida por estas substancias, em tempos variaveis e à mesma temperatura (16-17.º).

Verificam os citados autores que, em 6 semanas, 100 gr. de albumina de ovo cosida só deixam 1 gr. de residuo (2), na fossa septica, ao passo que deixam respectivamente, 76 ou 83 gr., quando mergulhados na agua de esgoto estagnante ou na agua de esgoto corrente.

A carne crua e, mais ainda, a carne cosida, no principio,

---

(1) A agua de esgoto no interior da fossa septica tambem é corrente, mas com uma insignificante velocidade; por agua de esgoto corrente entende-se aqui o liquido residual fóra da fossa e com uma velocidade de deslocamento bastante apreciavel.

(2) Ao fim de 3 semanas já tinha desaparecido 75% de albumina.

augmentam de pêsô, pela absorpção de agua; mas, depois, corroem-se e dissolvem-se: A carne crua perde em 3 semanas de estada em fossa septica 49 0/0 do seu peso e em 6 semanas 96 0/0 (em agua de esgoto estagnante a perda era só de 15 0/0 em 6 semanas; na agua de esgoto corrente a des-aggregação só começava 15 dias depois para a carne crua, e tres semanas depois para a carne cosida).

A carne de peixe, mais alteravel, desapparece totalmente em duas semanas na fossa septica.

Substancias que se poderiam julgar muito resistentes, como são as cartilagens e os tendões, perdem em cinco semanas respectivamente 99 0/0 e 65 0/0 do seu peso.

No mesmo tempo, a lã e as penas perdem 50 0/0 do seu pêsô.

As gorduras são muito resistentes, mas acabam tambem por se decompor (1).

É graças ao revestimento cutaneo adiposo que os cadaveres dos pequenos animaes resistem por muito tempo (2).

Pelo contrario, os corpos dos mesmos animaes depois de esfolados são energeticamente atacados nos seus componentes albuminoides (3), e decompõem-se rapidamente; de um porquinho da India esfolado introduzido na fossa de Hamburgo só restavam os ossos ao fim de 3 semanas.

Os hydratos de carbono ou os corpos ricos d'estes compostos (couves, batatas, etc.) decompõem-se muito facilmente na fossa septica. Metade de uma couve crúa, pesando 675 gr.,

---

(1) Note-se que esta decomposição é principalmente lenta para as gorduras immersas no liquido; porque se ellas sobrenadam interveem germens oxydantes que mais rapidamente as destroem.

(2) As affirmações de CALMETTE, no 1.º volume das *Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout*, de que os ratos e os passaros que cahiam nas fossas abertas de Madeleine eram dissolvidos em alguns dias, nasciam, por certo, de um equivoco.

(3) D'um modo geral, os albuminoides, principalmente os collageneos e a keratina, dissolvem-se com grande rapidez.

e outra metade cosida, pesando 835 gr., dissolvem-se quasi inteiramente (99 e 99,5 %) em 6 semanas.

A cellulose (pannos de linho, corda, papel) é igualmente desintegrada: Uma corda de canhamo depois de 5 semanas de estada em fossa septica já não resistia sem rebentar a uma tracção de 15 gr. (pedaços da mesma corda deixados durante o mesmo tempo em agua de esgoto estagnada ou em agua de esgoto corrente supportavam ainda pesos de 12 kilos). O papel de jornal começa a dissolver-se depois de 3 semanas, libertando bolhas de gaz, na fossa septica [na agua de esgoto estagnada (1) ou na agua de esgoto corrente amollece, mas sem soffrer nenhuma alteração apreciavel].

A rapidez da desintegração era quasi a mesma para os objectos enterrados na lama que para os objectos suspensos no liquido.

No interior dos corpos em decomposição encontravam-se em cada caso as enzymas convenientes para a sua dissolução; essas enzymas ajudam poderosamente a acção directa dos germens (2).

---

(1) Um pedaço de papel de jornal foi, em 30 de julho de 1908, deixado em vaso fechado cheio de agua de esgoto de Coimbra, juntamente com um pedaço de rolha e outros de carne crua e cosida, peixe, pão, um grão de bico, um feijão, e pequenos insectos; todos estes objectos, a não ser o papel e a cortiça, se desintegraram, mas muito mais lentamente do que o fariam n'uma fossa septica (o feijão só ao fim de tres mezes e meio). Mas o papel de jornal, em 15 de outubro de 1910, encontra-se perfeitamente intacto, sendo possivel a leitura das palavras impressas, atravez do vidro; o pedaço de cortiça conserva as dimensões e fórma primitivas.

(2) A difficuldade de alteração das substancias organicas na agua de esgoto estagnante é a confirmação pratica do que já tinhamos previsto, quando estudámos as acções de hydrolyse, na sub-secção ultima: a accumulacão excessiva de excreções microbianas e dos productos resultantes da actividade dos germens prejudica rapidamente estes na sua vitalidade e oppõe-se aos effeitos das acções diastasicas.

O atrazo das transformações na agua de esgoto corrente justifica-se, pelo contrario, pelo facto de que os microbios e as enzymas que não

Das experiencias de FAVRE e CALMETTE não se deve concluir que a totalidade das materias organicas solidas entradas na fossa septica pôde desaparecer, dissolvida ou gazeificada. Muitas substancias escapam quasi por completo á acção dissolvente: taes são as folhas de chá, as pelles de fructos cosidos, as borras de café, a madeira, que como KAMMAHN, GRAF e KORN demonstráram, ficam, mesmo ao fim de 2 mezes, quasi inalteradas. As rolhas ficam constantemente intactas, mesmo ao fim de 6 mezes (contra o que CALMETTE, primitivamente, affirmava).

Na verdade, muito antes das recentes experiencias de CALMETTE e de FAVRE, a realidade da digestão da materia solida nas fossas septicas foi estabelecida indubitavelmente. Bastou para isso calcular a differença entre a quantidade de materia suspensa desaparecida do liquido por passagem na fossa e a quantidade de materia solida encontrada nas lamas depositas e na camada fluctuante, ao fim de um certo tempo.

Esta differença que representa a quantidade de materia solida liquefeita ou gazeificada (1), durante o tempo em ques-

---

estejam protegidos nas anfractuosidades são constantemente arrastados pelo liquido e não teem tempo de actuar sobre as substancias de que são afastados pela corrente.

Notaremos que na agua limpa os objectos ficam inteiramente na mesma, depois de tempo que permittiria a sua dissolução completa na agua de esgoto.

(1) Isto não é rigorosamente exacto; o pêso da materia suspensa do affluente que foi gazeificada ou solubilizada é maior do que esta differença indica, porque o pêso de substancia solida da lama que se subtrahê do pêso de materia suspensa affluente desaparecida do liquido é não só a formada por sedimentação de materia suspensa do affluente, mas tambem a que resulta da sedimentação de parte dos colloides coagulados e de parte das substancias dissolvidas precipitadas na fossa [*ultra-sludge* (\*) ou lama supplementar] Além d'isso,

(\*) TRAVIS dá o nome de *ultra-sludge* apenas á lama que resulta da coagulação dos colloides no interior da fossa; mas parece-me justo abranger tambem, sob essa designação ou sob a de lama supplementar, a que resulta, igualmente na fossa, da precipitação chimica de substancias dissolvidas no affluente.

tão, apreseñou-se sempre bastante apreciavel nas fossas septicas em regular funcionamento, se bem que variando de local para local. Em EXETER, DIBDIN e THUDICUM comparando o liquido afluente á fossa septica com o effluente d'esta, encontram a menos no ultimo 200 mgr. de materias suspensas por litro; ao fim d'um anno, a quantidade de substancias suspensas assim desaparecidas do liquido, por passagem na fossa, era de mais de 24.993 kilos, mas no interior d'esta apenas se encontravam 5.080 kilos; gazeificara-se ou liquefizera-se, pois, a differença de mais de 19.913 kilos, isto é 79% dos solidos desaparecidos do liquido (1).

Em geral, porem, as percentagens apresentadas de digestão de solidos suspensos não se referem á quantidade de materia suspensa desaparecida do liquido pela passagem por fossa septica, mas antes á quantidade total da materia suspensa na agua de esgoto que afflue a este reservatorio; os numeros achados n'este ultimo caso são, naturalmente, mais baixos do que seriam os obtidos da primeira fórma (2).

---

como nós tomamos para o valor do peso de substancia suspensa affluente desaparecida pela passagem por fossa a differença dos pesos de materia suspensa no affluente e no effluente, obtemos um numero menor do que o real, visto que as materias suspensas no effluente não são só parte das que já existiam no affluente, mas tambem mais algumas que na fossa passaram ao estado solido; este erro vai actuar no mesmo sentido que o comettido com o facto de não entrarmos em linha de conta com a *ultra-sludge*, isto é concorre tambem para que a destruição dos solidos suspensos do affluente seja mais intensa do que á primeira vista parece.

Adeante desenvolveremos mais demoradamente este assumpto.

(1) Esta percentagem é mais elevada do que as que geralmente se obteem.

(2) Com effeito, a materia suspensa desaparecida do liquido é apenas uma parte da materia suspensa com que o liquido entra no interior d'este reservatorio.

O leitor desculpará que eu insista sobre cousa que lhe parecerá muito clara, porque o é, mas é necessario fazer notar o erro importante tantas vezes comettido, que resulta de confundir as percentagens em questão.

Durante os primeiros tempos, apresentavam-se numeros muito elevados — 70, 80 e mesmo 90 — como percentagens de digestão da substancia suspensa affluente.

Mais exactas observações levaram a numeros menores.

Eis (sem correção para a *ultra-sludge*), segundo o quinto relatorio da *Royal Commission*, para varias installações, as percentagens da materia suspensa entrada nas fossas septicas que, no interior d'estas, soffrem gazeificação ou liquefação :

38 % em Huddersfield (Campbell)

32 % em Sheffield (Harworth)

30 % em Leeds (Harrinson)

25 % em Manchester (Fowler)

10 % em Birmingham (Watson e O'shaughnessy)

Em Hampton a percentagem seria de 58 %, em Glasgow de 50 % e em Accrington de 35 %.

As variações nas percentagens dos solidos digeridos explicam-se porque n'ellas influem varios factores: a natureza das aguas de esgoto mais ou menos ricas em materias indecomponiveis — areias, etc. —, a presença ou a falta de fossas de detricτος, de grades, crivos, etc., precedendo a fossa septica, o tempo que n'esta se demora o liquido, a frequencia da limpeza das lamas, o clima (1), etc.

É pois necessario que estes factores sejam indicados para cada caso.

As cuidadosas observações feitas durante mais de dois annos em Exeter e Ilford, pela *Royal Commission*, levaram aos seguintes resultados (sem correccão para a *ultra-sludge*):

---

(1) JAMES conseguiu na India (*Seper's Asylum*, de Matunga) uma dissolução ou gazeificação de 75 % das materias suspensas d'uma agua de esgoto muito diluida (91<sup>m3</sup> diarios correspondendo a 400 pessoas), pela estada do liquido em fossa septica aberta durante 8 horas.

Logar	Natureza da agua de esgoto	Capacidade das fossas	Limpeza das fossas	Percentagem de solidos suspensos na agua bruta que é digerida.
Ilford.	domestica, de concentração média.	capaz de conter a onda diaria de tempo secco	nenhuma, durante o tempo de observação.....	30
Exeter.	domestica, de concentração igual a dois terços da concentração da agua de esgoto de Ilford.....	idem.....	idem.....	25

Admittiremos com a *Royal Commission* que a percentagem de digestão dos solidos suspensos de uma agua de esgoto de caracter domestico e de concentração media, contendo 350 mg., de materias suspensas por litro, com demora de 24 horas na fossa, é, em media, de 30.

\*

Do que fica dito podemos partir para fazer algumas considerações uteis.

Representemos por  $Q$  o volume de agua de esgoto que, durante um certo tempo  $T$ , entra n'uma fossa septica de capacidade  $q$ , e por  $s^a$  o pêso de substancias suspensas que esse volume de liquido affluente contém.

Por virtude de acções physico-chimicas e biologicas realisadas na fossa,  $s^a$  divide-se em 4 parcellas :

1.<sup>a</sup>  $as^a$  — que fica na fossa no estado solido, sem ser digerida; esta parcella é composta de materias mineraes (mais abundantes quando não haja uma bacia de detritos a preceder a fossa septica) e de materias organicas que resistem ás fermentações anærobias; contribue para a formação de lama que terá de ser retirada em tempo opportuno.

2.<sup>a</sup>  $\beta s^a$  — que se liberta do liquido como gaz.

3.<sup>a</sup>  $\gamma s^a = \gamma' s^a + \gamma'' s^a$  — que se solubilisa e sai no effluente como materia em solução verdadeira ( $\gamma' s^a$ ) ou em pseudo-solução colloidal ( $\gamma'' s^a$ ).

4.<sup>a</sup>  $\delta s^a$  — que é arrastada em suspensão no effluente da fossa (1).

Notemos desde já que:

1.<sup>o</sup> —  $\alpha s^a$  não é senão o pêso de uma parte (na verdade a mais importante) da substancia solida da lama que ficará na fossa septica pelo tratamento do volume Q; porque para a formação da lama contribuirão ainda os pesos  $\epsilon c^a$  e  $\kappa d^a$ , das materias que no affluente vinham respectivamente no estado colloidal e em solução verdadeira e que na fossa passaram ao estado solido, ficando depositadas no seu interior, sem serem destruidas por acções bacterianas nem arrastadas em suspensão pelo liquido effluente. Portanto, o verdadeiro pêso da materia solida total da lama é  $L = \alpha s^a + \epsilon c^a + \kappa d^a$ .

2.<sup>o</sup> —  $\beta s^a$  não representa todo o pêso de materia do volume Q que como gaz se liberta do liquido, na fossa; com

---

(1) Estas quatro operações — sedimentação, gaseificação, solubilisação e arrastamento pelo effluente da fossa — que começam a dar-se, para a materia suspensa de Q, desde que as primeiras porções d'este volume entram na fossa, continuam-se ainda muito depois de todo o volume Q ter acabado de passar. Assim, por exemplo, o volume Q arrasta apenas uma parte de  $\delta s^a$  (a parte restante será arrastada mais tarde por futuro volume liquido) e leva consigo uma parte das materias suspensas abandonadas por agua de esgoto que antes de Q atravessára a fossa; e, identicamente, o volume Q leva, apenas, uma parte de  $\gamma s^a$  (porque a outra parte só mais tarde se dissolve), e conduz uma parte das materias solidas solubilizadas durante a passagem de Q na fossa, mas entradas n'esta em suspensão no liquido anterior a Q. Mas, quando  $\frac{Q}{q}$  seja muito consideravel e o tempo durante o qual se fazem os calculos muito grande, póde suppor-se que o pêso das substancias que ficam na fossa abandonadas por Q para sahir mais tarde corresponde praticamente ao pêso das que Q arrasta consigo de entre as que foram abandonadas pelo volume liquido anterior.

effeito ao estado de gaz livre passam, tambem na fossa, o pêso  $\zeta c^a$  de materia colloide e o pêso  $\lambda d^a$  de materia dissolvida no Q affluente; isto é, o pêso total de materia do volume affluente que se liberta como gaz, na fossa, é  $G = \beta s^a + \zeta c^a + \lambda d^a$ .

3.º —  $\gamma s^a = \gamma' s^a + \gamma'' s^a$  não indica rigorosamente o pêso das substancias suspensas do affluente que por dissolução na fossa vão deixar de ser nocivos como agentes impermeabilisadores do solo ou dos leitos bacterianos. Com effeito, o pêso  $\gamma'' s^a$  é de substancias que acompanharão o effluente sob fórma colloidal e que terão sobre o sólo e leitos praticamente o mesmo poder de impermeabilisação que teem as materias suspensas de pêso  $\delta s^a$ .

Mais adeante voltarei a referir-me a  $\gamma'' s^a$ ; n'este paragrapho não farei distincção entre as materias suspensas que passam a soluçãõ verdadeira e as que passam ao estado colloidal.

4.º —  $\delta s^a$  não representa senão uma parte do pêso das materias suspensas do effluente; porque este levará em suspensãõ, ainda, os pêsos  $\theta c^a$  e  $\nu d^a$ , de materias que no affluente vinham respectivamente no estado colloidal e em soluçãõ verdadeira e que na fossa passaram ao estado solido, sendo depois arrastadas pelo liquido para o exterior; portanto, o pêso das materias do volume Q que sahirão suspensas no effluente da fossa será  $s^e = \delta s^a + \theta c^a + \nu d^a$ .

Mas, como  $\theta c^a + \nu d^a$  é relativamente pequeno, muito menor do que  $\alpha s^a + \beta s^a + \gamma s^a$ , acontece que  $s^e$  é sempre consideravelmente menor do que  $s^a$ , como se pôde concluir dos numeros dados a pag. 72.

Se  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  são coefficients de percentagem, temos  $\alpha + \beta + \gamma + \delta = 100$ .

$\beta + \gamma$  — méde a utilidade da fossa septica como meio de realisacão das açções biológicas de digestão das materias suspensas do affluente.

$\alpha$  — dá idéa da efficacia da fossa septica como simples fossa de sedimentaçãõ das materias suspensas do affluente.

$\delta$  — representa a imperfeição da fossa com respeito á sup-

pressão no effluente da fossa das materias suspensas existentes no affluente.

Ha discordancia entre os varios autores com respeito aos valores medios a dar a  $\alpha$ ,  $\beta + \gamma$  e  $\delta$ , que dependem uns dos outros; isto explica-se porque:

1.º — as experiencias feitas em boas condições para o liquido das fossas septicas datam de ha pouco mais de dez annos;

2.º — de uma cidade para outra, variam o clima, a natureza das aguas de esgoto, o methodo da sua analyse, os pormenores de construcção das fossas e o modo de dirigir o funcionamento d'estas;

3.º — ha preoccupações de escola: os partidarios das fossas septicas exaggeram  $\beta + \gamma$ ; os seus detractores diminuem o valor d'esta somma.

Para calcular approximadamente o valor d'estes coefficients, comettamos momentaneamente os erros de supôr que as materias suspensas do effluente da fossa são apenas representadas pela parte das materias suspensas do affluente que sai arrastada pelo liquido para o exterior da fossa (1) e que a substancia solida da lama abandonada no interior d'esta é apenas tambem uma parte das materias solidas suspensas do affluente (2).

Indo, n'esta hypothese, tomar os numeros da primeira columna do quadro de pag. 73, obtemos para  $\delta$  valores variaveis com as differentes installações de depuração. Mas para o caso de uma agua de esgoto de concentração média, contendo 350 mgr. de materias suspensas por litro, e passando n'uma fossa de capacidade igual á onda de tempo secco de 24 horas teremos para  $\delta$  um valor de 28,6 (pag. 74).

A esta agua residual é que se refere o primeiro quadro apresentado abaixo, construido com elementos fornecidos pela *Royal Commission* depois de muitas experiencias e observações. O valor de  $\delta$  é muito vizinho (30,9) no segundo quadro

(1) Isto é, para o volume Q, supponhamos  $s^e = \delta s^a$  e  $\theta c^e + v d^e = 0$ .

(2) Isto é, para o volume Q, supponhamos  $L = \alpha s^a$  e  $z c^e + x d^e = 0$ .

apresentado, do coronel HARDING, *Chairman of the Sewage Committee of Leeds (1897-1904)*, que dá a media de resultados de analyses muito cuidadas feitas durante muito tempo.

Resultados de varios tratamentos de uma agua de esgoto de caracter domestico, de concentração média, contendo 350 mgr. de materia suspensa por litro.

Processos	Demora nas fossas	Materias suspensas em mgr. por litro		
		levadas pelo effluente	gazeificadas ou liquefeitas	depositadas
Sedimentação em agua quiesscente...	8 horas	70 ( $\delta=20$ )	0 ( $\beta+\gamma=0$ )	280 ( $\alpha=80$ )
Sedimentação em agua corrente....	15 horas	100 ( $\delta=28,6$ )	0 ( $\beta+\gamma=0$ )	250 ( $\alpha=71,4$ )
Precipitação chimica quiesscente.....	2 horas	25 ( $\delta=7,1$ )	0 ( $\beta+\gamma=0$ )	325 ( $\alpha=92,9$ )
Precipitação chimica em agua corrente..	2 horas	45 ( $\delta=12,9$ )	0 ( $\beta+\gamma=0$ )	305 ( $\alpha=87,1$ )
Passagem por fossa septica.....	24 horas	100 ( $\delta=28,6$ )	105 ( $\beta+\gamma=30$ )	145 ( $\alpha=41,4$ )

(1)

Resultados de varios tratamentos de uma mesma agua de esgoto contendo 599 mgr. de materias suspensas por litro.

Processos	Demora nas fossas	Materias suspensas em mgr. por litro		
		levadas pelo effluente	gazeificadas ou liquefeitas	depositadas
Sedimentação em agua quiesscente...	algumas horas	85,5 ( $\delta=14,2$ )	0 ( $\beta+\gamma=0$ )	513,5 ( $\alpha=85,8$ )
Sedimentação em agua corrente....		143 ( $\delta=23,8$ )	0 ( $\beta+\gamma=0$ )	456 ( $\alpha=76,2$ )
Passagem por fossa septica.....	24 horas	185 ( $\delta=30,9$ )	185 ( $\beta+\gamma=30,9$ )	229 ( $\alpha=38,2$ )

(1) No calculo das materias depositadas pela precipitação chimica ficaram de lado o reagente precipitante e as materias colloidaes que pela acção d'este coagulam e depositam.

Vemos n'estes dois quadros que, sob o ponto de vista da obtenção de um effluente pobre em materias suspensas, o tratamento septico, sendo notavelmente inferior á precipitação chimica, está ainda muito abaixo da sedimentação quiescente. E, se no primeiro quadro  $\delta$  é o mesmo para a sedimentação em agua corrente e para a passagem por fossa septica, no segundo quadro vemos  $\delta$  ser apreciavelmente menor para o primeiro d'estes dois processos.

Este maior valor de  $\delta$  nos effluentes das fossas septicas é motivado pelo facto de que os gazes que se desenvolvem na camada de lama depositada libertam-se, por vezes violentamente, occasionando projecções ascendentes de numerosas particulas solidas para o seio do liquido, que depois as arrasta para o exterior.

Se, pois, só olhassemos á riqueza do effluente em substancias suspensas, as fossas septicas deveriam desaparecer e ser substituidas por fossas de sedimentação. Mas é necessario attender a que a materia solida que fica em deposito é em muito menor quantidade n'aquellas do que n'estas ultimas, e a que esta vantajosa diminuição no valor de  $\alpha$  nas fossas septicas está longe de ser unicamente devida ao augmento do valor de  $\delta$ .

Com effeito, como  $\alpha + \beta + \gamma + \delta = 100$  e  $\alpha = 100 - (\delta + \beta + \gamma)$  temos que  $\alpha$  descera, evidentemente, não só com o augmento de  $\delta$ , mas tambem com o augmento de  $\beta + \gamma$ .

Ora  $\beta + \gamma$ , que é, praticamente, egual a zero no caso das fossas de sedimentação e de precipitação, tem um valor importante no caso das fossas septicas; este valor foi apontado já, a pag. 81, como sendo de 30, em media, para a agua de esgoto a que se refere o quadro 1.º da pag. 85; o quadro do coronel HARDING apresenta resultados proximamente eguaes para  $\beta + \gamma$  (1).

(1) Geralmente, admite-se que  $\beta$  tem um valor muito inferior a  $\gamma$ . O valor maximo provavel de  $\beta$  seria 5, segundo MICHEL; n'essa hypothe, na somma  $\beta + \gamma = 30$ , de materia solida digerida,  $\beta$  entraria na proporção de 16,6 %.

Ora, pelo contrario, algumas recentes observações levam a dar a  $\beta$

Nas fossas septicas, portanto, o valor de  $\beta + \gamma$  concorre poderosamente para que o valor de  $\alpha$  seja então pouco mais ou menos metade do que é no caso das fossas de sedimentação quiescente: nos dois quadros,  $\alpha$  tem os valores de 41,4 e 38,2 para as fossas septicas e de 80 e 85,8 para as de sedimentação quiescente.

Mas ainda é de notar que as fossas septicas não teem só a vantagem de, por digestão, diminuir a quantidade de materia solida depositada; porque, como mais tarde veremos, as lamas formadas com essa materia solida, alem de serem relativamente inodoras e pobres em materia organica, são muito condensadas e muito menos ricas em agua do que as lamas das fossas de sedimentação, o que faz que occupem um volume muito menor do que estas ultimas, para um dado pêsso de substancia solida.

Tendo, pois, as fossas sépticas qualidades vantajosas que as outras fossas não podem ter, convém conserva-las diminuindo-lhe os defeitos. Deve, por isso, ter-se em vista a diminuição do coefficiente  $\delta$ ; para esse fim, tem-se trabalhado muito em Hampton, Leeds, Manchester, Columbus, etc., procurando pela suppressão do contacto entre o liquido e a materia deposita impedir as projecções de particulas d'esta para aquelle, por acção dos gazes formados na fermentação, ou procurando reter as materias suspensas por filtros collocados á sahida das fossas, no interior ou no exterior d'estas. D'isso nos occuparemos nos logares competentes.

Resumindo o que fica dito, podemos dizer que, em média, das materias suspensas de uma agua de esgoto de character domestico, passada por fossa septica vulgar,

30 % sahem com o effluente liquido,

---

e  $\bar{\gamma}$  valores taes que representam respectivamente 90 a 70% e 10 a 30% do total  $\beta + \bar{\gamma}$ ; sendo isto verdade, teriamos que, na somma  $\beta + \bar{\gamma} = 30$ , os valores de  $\beta$  variariam de 27 a 21 e os de  $\bar{\gamma}$ , parallelamente, de 3 e 9.

30 % gazeificam-se ou solubilizam-se,  
40 % depositam-se e vão contribuir para a formação da lama.

Para chegar a estes resultados esquecemos voluntariamente que o effluente da fossa contém em suspensão não só parte das primitivas materias suspensas do affluente, mas ainda uma pequena quantidade de substancias no estado colloidal ou dissolvidas no affluente, que, depois de coaguladas ou precipitadas na fossa, sahem arrastadas pelo liquido; isto quer dizer que os valores de  $\delta$  apresentados são ligeiramente em excesso.

Os valores dados para  $\alpha$  são tambem um pouco elevados, porque correspondem não só a parte das materias suspensas do affluente, mas tambem a uma pequena quantidade de materia que no affluente vinha no estado colloidal ou no de solução verdadeira e que na fossa coagulou ou precipitou, ficando depositada e irreductivel.

Os valores da somma  $\beta + \gamma$  são geralmente obtidos effectuando-se a differença  $100 - (\delta + \alpha)$ ; ora, se a  $\delta$  e  $\alpha$  são dados valores exaggerados, é claro que  $\beta + \gamma$  apparecerá com um valor menor do que o real; foi o que nos aconteceu.

Os erros comettidos são, porém, relativamente pequenos e, portanto, podemos aceitar os valores médios dados acima como correspondendo, muito approximadamente, á realidade.

O tempo que as materias suspensas do volume  $Q$  de liquido affluente se demoram na fossa está, naturalmente, longe de ser o mesmo para todas. Uma parte ( $as^a$ ) sai com o liquido que a trouxe e demora-se, pois, o mesmo tempo ( $t$ ) que elle e que as materias dissolvidas; a parte restante ( $bs^a$ ) demora-se por mais tempo na fossa, seja para ahi ficar definitivamente no estado solido, seja para se solubilisar ou gazeificar, seja ainda para sahir no effluente em suspensão, mas, em todo o

caso, já depois das moléculas d'agua com que tinha entrado na fossa.

Note-se que  $as^a$  é differente e menor do que  $\delta s^a$ ; com effeito  $\delta s^a$  representa a quantidade das materias suspensas d'um volume Q affluente que acabam por sahir com o effluente, mais cedo ou mais tarde, e, portanto, com demoras na fossa muito variaveis.

### β) Materia em estado colloidal

O estudo das substancias que, nas aguas de esgoto, se encontram sob a forma colloidal está ainda muito atrazado. Mas o grande interesse que, sob varios pontos de vista, apresentam estas substancias leva-me a dizer aqui algumas palavras a respeito d'ellas, como já anteriormente fiz e ulteriormente farei ainda.

A agua de esgoto no começo do seu trajecto nas canalizações é rica em materias solidas, volumosas e fluctuantes ou fragmentadas e suspensas, mas contém relativamente pequena quantidade de materias em pseudo solução colloidal; estas vão augmentando pela desaggregação das primeiras, durante o percurso nos esgotos, até á entrada na fossa, mas ainda não attingem, então, grande proporção relativamente ás materias suspensas. No interior da fossa septica, porém, a passagem de substancias do estado sólido para o estado colloidal continua a dar-se, e de modo mais notavel do que nos esgotos.

Supponhamos que o volume Q de agua de esgoto tem, quando affluente a uma fossa septica de capacidade  $q$ , o peso  $c^a$  de substancias em solução colloidal.

Por virtude das acções physico-chimicas e biologicas realisadas na fossa septica, o peso  $c^a$  divide-se em 5 parcellas:

1.<sup>a</sup>  $\varepsilon c^a$ —que depois de, principalmente por acções de contacto com superficies, coagular, fica na fossa, irreductivel, sem soffrer a desaggregação; dá origem á *ultra-sludge* dos inglezes ou «lama supplementar», assim chamada porque durante muito tempo não se notou que ella vinha juntar-se á

lama resultante da deposição das materias suspensas do affluente (1).

2.<sup>a</sup>  $\zeta c^a$  — que se gazeifica e liberta na fossa, em resultado de acções bacterianas, que intervêm mais facilmente (unicamente, segundo TRAVIS) depois da floculação ou coagulação, determinada especialmente por contacto com superficies.

3.<sup>a</sup>  $\eta c^a$  — que sai no effluente em solução verdadeira.

4.<sup>a</sup>  $\theta c^a$  — que, tendo coagulado, não soffre liquefação ou gazeificação nem fica depositada, mas é impellida para o seio do liquido pelos gazes da fermentação e sai como materia suspensa no effluente.

5.<sup>a</sup>  $\iota c^a$  — que sai no effluente em solução colloidal.

Mas notemos que  $\iota c^a$  não corresponde a toda a materia do volume Q que sai no effluente da fossa septica no estado colloidal; com effeito, se representarmos por  $c^e$  o pêsso total d'esta materia, teremos  $c^e = \iota c^a + \gamma'' s^a + \mu d^a$ , sendo  $\gamma'' s^a$  a parte das materias suspensas e  $\mu d^a$  a parte das materias dissolvidas do affluente que no effluente sahem no estado de solução colloidal.

$$\text{Como} \quad c^a = \varepsilon c^a + \zeta c^a + \eta c^a + \theta c^a + \iota c^a$$

teremos:  $c^e > c^a$  quando  $\gamma'' s^a + \mu d^a > \varepsilon c^a + \zeta c^a + \eta c^a + \theta c^a$   
 $c^e = c^a$  quando  $\gamma'' s^a + \mu d^a = \varepsilon c^a + \zeta c^a + \eta c^a + \theta c^a$   
 $c^e < c^a$  quando  $\gamma'' s^a + \mu d^a < \varepsilon c^a + \zeta c^a + \eta c^a + \theta c^a$

Os valores das quatro parcelas  $\varepsilon c^a$ ,  $\zeta c^a$ ,  $\eta c^a$ ,  $\theta c^a$  dependem muito notavelmente, como foi dito, da existencia de superficies

---

(1) O contacto com superficies não é o unico factor de que depende a coagulação dos colloides, se bem que, n'este caso, seja o mais importante; outros factores são a concentração e composição chimica do liquido, o grau de estabilidade dos colloides, etc.

No tratamento da agua de esgoto pela precipitação chimica, o reagente coagula uma certa quantidade dos colloides que vae dar assim origem a *ultra sludge*.

de contacto que levem á coagulação dos colloides. Estas superficies nas fossas septicas habituaes são, por vezes, apenas as faces lateraes do reservatorio, ainda reduzidas pela accumulção da lama (1); outras vezes, ha tambem as superficies de diaphragmas transversaes que formam divisões incompletas á corrente liquida (fig. 12). Mas, mesmo n'este ultimo caso, os contactos serão, geralmente, muito limitados para que a coagulação se torne notavel, e o valor da somma  $\varepsilon c^a + \zeta c^a + \eta c^a + \theta c^a$  ficará pouco elevado e quasi sempre inferior ao da somma  $\gamma''s^a + \mu d^a$ , (na qual  $\gamma''s^a$  tem valor muito mais importante do que  $\mu d^a$ ). Como consequencia d'isto, na grande maioria dos casos, teremos  $c^e > c^a$ .

Com effeito segundo as analyses da *Royal Commission on Sewage*, e de FOWLER, ARDERN, O'SHAUGHNESSY, KINNERSBY e CALMETTE (2) a quantidade de substancias em solução colloidal é maior no effluente do que no affluente.

Apenas ROLANTS tem a opinião contraria, e affirma que  $c^a > c^e$ , fundando-se nas suas analyses que lhe mostram que:

1.º procurando avaliar a materia organica pelo methodo da oxydabilidade, encontra-se, realmente, depois da passagem por fossa um augmento da quantidade de substancias colloides por cento das materias oxydaveis.

2.º calculando, porém, a materia organica pelo processo muito mais preciso da dosagem do carbono e do azote orga-

(1) Com o tempo, as lamas vão-se accumulando e fazendo diminuir cada vez mais as superficies de contacto, o que traz uma baixa na somma  $\varepsilon c^a + \zeta c^a + \eta c^a + \theta c^a$  e, portanto, um augmento de  $c^e$ ; com effeito, as materias no estado colloidal augmentam no effluente com o tempo de funcionamento depois da ultima evacuação das lamas.

(2) CALMETTE encontra no effluente da fossa septica substancias no estado colloidal em maior quantidade no verão do que no inverno, apesar de n'aquella estação o liquido se apresentar mais diluido; seria mesmo esta maior diluição, e não a maior intensidade das fermentações, que daria origem ao augmento nas materias em questão, segundo o mesmo autor.

nicos totaes, os resultados são contrarios; porque, então, em cada 100 partes de azote ou carbono organicos ha uma diminuição na proporção do azote ou carbono das materias colloides, depois da passagem por fossa.

A verdade porém é que quando  $c^a$  seja maior do que  $c^e$ , ao contrario do que geralmente se tem affirmado, a differença entre os dois valores não poderá ser grande, pelas razões atraz expostas.

É claro que, desde que no effluente as materias suspensas ( $s^e$ ) são em muito menor quantidade do que eram as do affluente ( $s^a$ ) e que as materias colloides sobem ou não descem sensivelmente em quantidade pela passagem do liquido pela fossa, a relação  $\frac{c^a}{s^e}$  é muito maior do que era a relação  $\frac{c^a}{s^a}$ , e poderá acontecer que, graças á grande proporção de materias em solução colloidal, um dado effluente septico tenha sobre o solo ou sobre os leitos bacterianos um effeito impermeabilizante (correspondente a  $s^e + c^e$ ) muito maior do que seria a esperar se só se attendesse á sua riqueza em materias suspensas.

Ha, pois, toda a vantagem em reduzir o valor de  $c^e$ , procurando diminuir  $c^a$  pelo augmento de  $\varepsilon c^a + \zeta c^a + \eta c^a$ , mas sem fazer augmentar  $\theta c$ , e antes procurando, tambem, faze-lo baixar; é o que TRAVIS realisa no seu *Hydrolytic Tank*, já descripto, pelo emprego das placas numerosas de vidro que fornecem superficies de contacto para a coagulação dos colloides, e pela separação entre as lamas e a maior parte do volume do liquido, impedindo que este receba e leve para o exterior pequenas particulas já depositas e que os gazes da fermentação projectam ascencionalmente.

#### γ) Materias dissolvidas

Supponhamos que o volume Q de agua de esgoto affluente á fossa de capacidade q traz em solução verdadeira um pêso  $d^a$  de substancia.

Certos autores affirmam que todo este pêso  $d^a$  passará sem

modificação atravez da fossa, sahindo completamente no effluente sempre no mesmo estado de dissolução.

Mas isso não é exacto porque: 1.<sup>o</sup>) contra o que esses autores pretendem, e como adeante veremos, as acções bacterianas modificadoras não se exercem apenas sobre as materias solidas depostas ou fluctuantes, mas tambem, ainda que menos intensamente, sobre as materias dissolvidas no liquido, gazeificando-as em parte; 2.<sup>o</sup>) uma parte das substancias dissolvidas poderá passar ao estado colloidal; 3.<sup>o</sup>) certas substancias dissolvidas podem precipitar na fossa, pela acção chimica de outras substancias ahi formadas (é o que acontece a varios saes de ferro sob a influencia do hydrogeneo sulfurado) (1).

D'isto resulta, pois, que, por virtude das acções physico-chimicas e biologicas soffridas na fossa septica, o pêsó  $d^a$  se dividirá em 5 parcelas:

1.<sup>a</sup>)  $\alpha d^a$  — que, depois de passar ao estado solido, quer por precipitação chimica quer por passagem a solução colloidal e consecutiva coagulação, fica na fossa, irreductivel, contribuindo para a formação da lama suplementar.

2.<sup>a</sup>)  $\lambda d^a$  — que se gazeifica e liberta na fossa.

3.<sup>a</sup>)  $\mu d^a$  — que sai da fossa em solução colloidal.

4.<sup>a</sup>)  $\nu d^a$  — que sai como materia suspensa no effluente, no qual é projectada peios gazes da fermentação, depois de precipitação chimica directa ou de passagem por estado colloidal seguida de coagulação.

5.<sup>a</sup>)  $\xi d$  — que sai no effluente da fossa, no estado de solução verdadeira.

Mas  $\xi d^a$  não é a unica quantidade de substancias do affluente

---

(1) A precipitação chimica directa resultante da acção de carbonatos e sulfuretos soluveis, produzidos durante a fermentação, sobre o ferro e outras substancias sempre presentes na agua de esgoto, pôde dar origem a quantidades importantes de lama suplementar. É o que se verifica tanto mais facilmente, quanto mais demorada é a estada do liquido na fossa e, portanto, mais prolongada é a fermentação que esse liquido soffre.

que aparece no effluente em verdadeira solução; porque os pêsos  $\gamma' s^a$  e  $\eta c^a$  de materias que no affluente existiam, respectivamente, no estado de materia solida suspensa e no estado colloidal, passam no interior da fossa ao estado de dissolução verdadeira no liquido, sahindo com elle; portanto o pêso das materias do volume  $Q$  que sahem com o liquido effluente da fossa em verdadeira solução, será

$$d^e = \xi d^a + \gamma' s^a + \eta c^a.$$

Como

$$d^a = \kappa d^a + \lambda d^a + \mu d^a + \nu d^a + \xi d^a$$

temos

$$\begin{aligned} d^e > d^a & \text{ quando } \gamma' s^a + \eta c^a > \kappa d^a + \lambda d^a + \mu d^a + \nu d^a \\ d^e = d^a & \text{ quando } \gamma' s^a + \eta c^a = \kappa d^a + \lambda d^a + \mu d^a + \nu d^a \\ d^e < d^a & \text{ quando } \gamma' s^a + \eta c^a < \kappa d^a + \lambda d^a + \mu d^a + \nu d^a. \end{aligned}$$

Na maioria dos casos, a quantidade de substancia no estado solido ou colloide no affluente que passa ao estado de solução verdadeira e assim sai da fossa, é maior de que a quantidade de substancia que affluindo á fossa n'este ultimo estado o abandona; por isso, quasi sempre, a quantidade das materias em solução verdadeira n'uma agua de esgoto augmenta pela passagem por fossa.

Mas quaes sejam os valores a dar ás varias quantidades que aqui entram em consideração para o calculo das materias dissolvidas é difficil dizel-o com sufficiente exactidão, emquanto não se tenha desenvolvido mais largamente o estudo, agora simplesmente esboçado, dos colloides das aguas de esgoto. Com effeito, os numeros apresentados até hoje pelos autores como referindo-se a substancias dissolvidas são viciados, porque não se faz a distincção entre as materias que se encontram em solução verdadeira e as que estão em pseudo solução colloidal.

\*

O verdadeiro caminho a seguir para chegar a boas conclusões, com respeito á influencia da passagem por fossa septica sobre o estado physico das materias que constituem a impureza das aguas de esgoto, parece-me ser o que deixo indicado.

a') **Influencia do tratamento septico sobre a composição chimica da agua de esgoto**

Para apreciar o valor das transformações que soffre a materia organica, carbonada e azotada, nas fossas septicas, torna-se necessario comparar as analyses chimicas do liquido residual antes e depois do tratamento anærobio.

Lembremos, uma vez mais, que cada porção de liquido que atravessa a fossa abandona ahí uma certa quantidade de substancia solida que mais tarde será dissolvida, e pelo contrario traz consigo, em suspensão ou dissolvida, uma parte das materias que porções anteriores de liquido tinham deixado depositar na fossa no estado solido, e que os gazes põem em suspensão ou as acções biologicas dissolvem no liquido que agora passa.

Portanto, a analyse de uma certa quantidade de agua de residual effluente da fossa não dá a nota exacta e rigorosa das transformações materiaes realisadas n'uma mesma quantidade de liquido bruto affluente cuja composição é conhecida.

O erro que d'aqui nasce é, porém, susceptivel de grande atenuação desde que se tome como representante da composição chimica do affluente e do effluente a media das medias dos resultados de analyses diarias muito numerosas repetidas durante muitos dias; porque, procedendo-se assim, toma-se um volume consideravel de liquido, em relação ao qual será quasi desprezivel a differença que possa haver entre a quantidade de materia que esse liquido deixa retardada na fossa, para sahir em massa liquida ulterior, e a quantidade da materia

que o mesmo liquido arrasta de entre a que já na fossa se encontrava abandonada por uma massa liquida anterior: pôde suppôr-se que essas duas quantidades se compensam.

\*

Eis os resultados, em mgr. por litro, de analyses feitas por varios autores e em diferentes logares.

Resultados de analyses de DIBDIN

	Materia organica			Oxygeneo consumido em 4 horas	NH <sub>3</sub> albuminoide
	total	suspensa	dissolvida		
Agua bruta .....	434,8	207,4	227,4	29	3
Effluente da fossa septica	313,1	104,3	208,8	20,2	2,4

Resultados medios das analyses feitas durante o anno de 1899 na installação experimental de Massachussets

	NH <sub>3</sub> albuminoide			Ammoniac livre	Azote nitroso	Azote nitrico	Oxygeneo consumido	Chloro
	total	dissolvido	suspensa					
Agua bruta.....	7,9	4,7	3,2	44,4	0	0	40	92,1
Effluente da fossa septica.....	4,1	3,2	0,9	48,6	0	0	22,9	101,1

Resultados medios annuaes das analyses feitas na installação de Madeleine

	Ammoniac			Oxygeneo consumido em 4 horas		
	em 1906-1907	em 1907-1908	em 1908-1909	em 1906-1907	em 1907-1908	em 1908-1909
Agua bruta.....	12,6	20,2	20,95	29,3	48,6	40,2
Effluente da fossa septica	13,1	20,6	20,1	26,5	43	41,9

## Resultados apresentados pela Commissão Real Ingleza

Logares	Natureza da agua residual	Analyse do liquido bruto			Analyse do effluente das fossas		
		N amoniacal	N albuminoide	Oxigeno consumido em 4 horas	N amoniacal	N albuminoide	Oxigeno consumido em 4 horas
Accrington.....	domestica, concentrada....	51,8	6,8	99,3	50,3	3,4	86,7
Andover.....	domestica, com residuos de cervejaria...	73,7	11,8	100,2	74,4	9,8	75,3
Caterham.....	domestica, muitissimo concentrada....	134,1	17,5	179,9	184,8	10,6	101,5
Exeter (S. <sup>t</sup> Leonards)	domestica, pouco concentrada.....	28,6	—	43,5	41,2	—	36,4
Exeter (Installação principal).....	domestica, com liquidos industriaes....	46,6	13,7	198,6	54	9,1	102
Guildford.....	domestica, com liquidos de cervejaria...	73,9	19,1	219,6	91,1	10	114,2
Harthley Wintney..	domestica, com liquidos de cervejaria...	24,3	6,8	146,1	31,3	7,3	131,6
Prestolee.....	domestica, muito diluida, sem materias feccas.....	4,2	1,5	35,7	5,2	1,7	28,4
Salisbury.....	domestica, com liquidos residuaes de industria de lã	41,6	12,9	265,5	37,4	6,7	109,2
Shaithwaite.....	domestica, diluida.....	16,6	4	46	17,9	3,7	38,8
York.....	domestica, com liquidos industriaes....	25,8	8,2	138,3	28,6	4,9	65,1
<b>Medias.....</b>		<b>43,75</b>	<b>10,23</b>	<b>133,88</b>	<b>56</b>	<b>6,72</b>	<b>80,8</b>

A agua de esgoto pelo facto da passagem por fossa septica perde grande quantidade da sua materia organica, como se vê da diminuição da sua oxydabilidade em 4 horas e da baixa que soffrem os seus carbonos e azotes organicos.

A baixa na oxydabilidade é de 43 % nas experiencias de Massachussets, de 33 % em Hamburgo, de 29 % nas analyses de RIDEAL. Achando a media dos resultados do quadro das analyses apresentadas, para varias cidades inglezas, pela *Royal Commission*, vemos que a redução na oxydabilidade é de 40 %.

O carbono organico total desce de 46 % em Madeleine (CALMETTE), de 40 % em Hamburgo (DUNBAR).

O azote organico total desce de 36 % em Madeleine, de 37 % em Hamburgo.

O azote albuminoide total desce tambem bastante: de 48 % em Massachussets, de 23 % em Hamburgo (DUNBAR), de 46 % nas analyses de RIDEAL; a media dos resultados das 11 cidades inglezas do quadro acima dado mostra uma redução de 34,3 %.

Como consequencia da destruição da materia organica, nota-se geralmente um augmento do ammoniaco e de outras substancias, muitas das quaes contribuem com aquelle composto para augmentar a alcalinidade do liquido.

O ammoniaco dissolvido augmenta de 10 % em Massachussets, de 13,5 % em Hamburgo, de 33 % nas analyses de RIDEAL. A media dos resultados das 11 cidades inglezas já citadas indica 28 % de augmento no ammoniaco.

A quantidade de ammoniaco formada não apresenta todo o azote da substancia organica azotada destruida. Com effeito, uma certa quantidade de azote liberta-se como gaz.

O acido sulphydrico dissolvido augmenta sensivelmente, segundo DUNBAR, que encontra 15 mgr. por litro no effluente das fossas septicas de Hamburgo. A litteratura sobre este ponto falta quasi por completo.

As gorduras são, como sabemos, das substancias mais resistentes á decomposição anaerobia, mas quando fluctuando no *chapeu* são facilmente decompostas (DUNBAR). RIDEAL achava redução de 78 % na sua quantidade, n'um liquido depois de o sujeitar ao tratamento na fossa; com effeito, as materias gordas que no affluente estavam em proporção de 3,08 % passavam a estar no effluente na proporção de 0,68 %. As observações feitas em Columbus mostram uma redução de 50 % na quantidade das gorduras de liquidos residuaes passados por fossa septica.

Muitos autores affirmam que as transformações chimicas, que por acção biologica se realisam na fossa e que levam ás modificações de composição do liquido que acima se deixam indicadas, incidem exclusivamente sobre as substancias que na fossa entram no estado solido e ahi se depositam ou sobre aquellas que, entrando em solução colloidal ou verdadeira, ahi coagulam e precipitam, substancias das quaes, como vimos, uma parte fica, definitivamente no estado solido, outra parte perde-se como gaz e outra ainda sai dissolvida em futuras porções de liquido. As bacterias que existem no seio do liquido não teriam acção apreciavel sobre as substancias já n'este dissolvidas (nem mesmo sobre as substancias solidas não depositadas). É notadamente a opinião dada por TRAVIS e por DEZIERZGOWSKY e a que em Columbus se ficou tendo depois de numerosas observações.

Mas isso não é exacto; se se póde concordar em que realmente para a materia depositada são mais intensas as acções biologicas, não se póde negar que sobre as substancias propriamente do liquido estas acções sejam tambem de effeitos apreciaveis. É o que é demonstrado pelas experiencias de laboratorio em que o liquido filtrado se decompõe formando gazes, e é o que se póde concluir tambem do exame das analyses dadas acima para a agua bruta e o effluente das fossas.

Nas analyses de DIBDIN, por exemplo, vemos a substancia organica dissolvida descer de 227<sup>mgr.</sup>,4 na agua de esgoto a 208<sup>mgr.</sup>,8 no effluente da fossa, por litro. Nas analyses de Massachusetts vemos o ammoniaco albuminoide dissolvido, de 4<sup>mgr.</sup>,7 na agua bruta, passar a 3<sup>mgr.</sup>,2 no effluente da fossa.

Ora, é claro que, se não houvesse decomposição activa e rapida da materia organica e do ammoniaco albuminoide dissolvidos no liquido, deveriam as quantidades respectivas, em vez de diminuir, ir augmentando, por um enriquecimento n'essas substancias, resultante da continua solubilisação dos solidos. A comparação da oxydabilidade do liquido antes e depois da passagem por fossa leva á mesma conclusão, porque, pelo menos em França e na Allemanha, essa determinação faz-se para o liquido filtrado.

DUNBAR affirma que  $\frac{1}{3}$  a  $\frac{1}{2}$  das materias dissolvidas organicas da agua bruta é gazeificado ou mineralisado; o abaixamento da materia organica dissolvida do affluente bruto, pela passagem nas fossas é pelo menos tão grande como o que se consegue pela precipitação chimica.

A passagem por fossa, pelo facto de tirar ao liquido uma certa quantidade das materias organicas ou mineraes com que este entra na fossa, dá um effluente quantitativamente menos rico do que o affluente em substancias vehiculadas pela agua.

Se representarmos por A e por E os pêsos totaes das substancias que, dissolvidas, no estado colloidal, ou em suspensão, se encontram respectivamente no affluente e no effluente, é claro que

$$A = s^a + c^a + d^a \quad \text{e} \quad E = s^e + c^e + d^e$$

substituindo  $s^a$ ,  $c^a$ ,  $d^a$ ,  $s^e$ ,  $c^e$ ,  $d^e$  pelos seus valores, teremos

$$A = (\alpha + \beta + \gamma' + \gamma'' + \delta) s^a + (\varepsilon + \zeta + \eta + \theta + \iota) c^a \\ + (\kappa + \lambda + \mu + \nu + \xi) d^a$$

e

$$E = \delta s^a + \theta c^a + \nu d^a + \iota c^a + \gamma' s^a + \mu d^a + \xi d^a + \gamma' s^a + \gamma c^a \\ = (\delta + \gamma' + \gamma'') s^a + (\gamma + \iota + \theta) c^a + (\nu + \mu + \xi) d^a$$

e a differença

$$A - E = (\alpha + \beta) s^a + (\varepsilon + \zeta) c^a + (\chi + \lambda) d^a$$

dá-nos o pêso de substancias do affluente que no effluente deixam de apparecer.

Mas, apesar de algum tanto empobrecido em materia organica, é evidente que o effluente da fossa septica está longe de ser um liquido chimicamente depurado e exige uma oxydação futura no solo ou em leitos bacterianos.

#### b) Chapeu ou camada fluctuante nas fossas septicas

Como dissemos, á superficie do liquido contido nas fossas septicas fórma-se uma cobertura ou *chapeu* de materias leves.

O *chapeu* é constituido por um tecido de vegetaes inferiores, entre os quaes preponderam o *Pilobolus adipus*, facil de reconhecer pelos seus productos de côr castanha, e um cogumello vermelho, o *Peziza omphalodes*, ambos habitantes das fezes, e por restos de plantas, papeis, palhas, pellos, gorduras, vermes (oligochetes, ascaris lombricoides), larvas de insectos, taes como moscas, etc. Em Madeleine, CALMETTE acha a camada fluctuante composta de 48 % de materias organicas e 52 % de materias mineraes.

A espessura que o *chapeu* attinge varia muito, bem como a sua consistencia.

Quanto mais materias fluctuantes houver na agua residual, tanto maior será a espessura do *chapeu*, principalmente quando falem grades que detenham as mais volumosas d'aquellas materias á entrada nas fossas. Quanto menor fôr, para um dado volume de liquido, a superficie da fossa, tanto maior será tambem, naturalmente, a espessura do *chapeu*. N'umas cida-

des, o *chapeu* atingirá 50<sup>cm</sup>, n'outras faltará quasi por completo. Nas fossas cobertas, a vegetação não se desenvolve tão bem como nas abertas; n'estas, o *chapeu* adquire por vezes grande consistencia, tomando na parte superior um character terroso e permittindo o crescimento de hervas e outras plantas que chegam a formar verdadeiras ilhas fluctuantes. Comtudo, mesmo nas fossas fechadas, a consistencia e a espessura podem ser grandes em certos casos.

Quando a espessura e consistencia do *chapeu* passem de certos limites, pôde isso trazer más consequencias para o funcionamento da fossa, impedindo a passagem aos gazes, que, accumulando-se entre o liquido e o *chapeu*, podem levantar este a uma certa altura e intoxicar o liquido, impedindo a continuação das acções biologicas de destruição da materia organica.

BEZAULT, diz que quando o *chapeu* attinge 25<sup>cm</sup>. o poder solubilizante da fossa é muito limitado, acabando por deter-se se a espessura augmenta. Ora, se notarmos que as materias organicas — gorduras, etc. — que constituem o *chapeu*, formão, naturalmente, como acima dissemos, uma camada tanto mais espessa quanto menor fôr a superficie que apresenta a fossa cheia de liquido, vemos logo que é necessario que a uma dada capacidade corresponda uma certa superficie minima.

A verdade, porém, é que este augmento consideravel de espessura e consistencia do *chapeu* dá-se muito menos frequentemente nas grandes fossas urbanas do que nas fossas septicas domesticas, para as quaes a superficie exigida (0<sup>m2</sup>,1 por pessoa, pouco mais ou menos) é muito maior do que a superficie necessaria para aquellas (0<sup>m2</sup>,0335 por pessoa, pouco mais ou menos).

Em certas occasiões, o tecido vegetal morre, e o *chapeu* desaggrega-se, cahindo em pequenas particulas para o fundo da fossa. Nas fossas descobertas, a chuva e o vento podem tambem fender e destruir a camada fluctuante. N'esses casos, augmenta geralmente a quantidade de materia suspensa no effluente da fossa, e tornam-se mais fortes os maus cheiros que sahem do reservatorio.

## c) Lamas depositadas

Na fossa de areias ou de detritos, que em geral precede a fossa septica, deposita-se, como já sabemos, uma grande parte dos solidos mineraes pesados e uma muito menor quantidade de solidos organicos.

Na instalação de Madeleine, as lamas retiradas durante um anno das duas fossas de decantação annexas ás duas fossas septicas, nas quaes se tratava um total diario de 500<sup>m</sup>3 de agua de esgoto, pesavam, no total, 3851 kilos no estado humido, e 1528 kilos no estado sêcco. Analysando a substancia solida d'essas lamas, CALMETTE encontra 66,4 % de substancia mineral e 33,6 % de substancia organica.

Estas lamas são pouco putresciveis e faceis de seccar. A dragagem das fossas de decantação far-se-á sempre que isso se torne conveniente; em Barrhead a limpeza tem logar apenas duas ou tres vezes por anno, em Madeleine semanalmente. É claro que os intervallos a deixar entre as evacuações das lamas da fossa de detritos variam com a capacidade d'esta e com a riqueza da agua residual em materias pesadas no estado solido. CALMETTE, para evitar dragagens muito repetidas, aconselha que se dê á fossa de detritos uma capacidade igual a metade da capacidade da fossa septica.

\*

Esperou-se durante certo tempo, como dissemos, que as fossas septicas dissolvessem ou gazeificassem toda a materia organica solida que a agua de esgoto deixa depositar no seu interior, realisando assim a grande aspiração «no sludge» (nenhuma lama) dos autores inglezes. Mas já vimos que isso é impossivel: nas fossas septicas entram varias substancias solidas, mineraes e organicas, que ahi ficam inalteraveis,

das materias solubilizaveis nem todas se dissolvem com bastante rapidez para compensar a vinda de novas quantidades, e além d'isso ha formação de lama suplementar, já no interior da fossa, á custa de materias que affluem no estado de solução colloidal ou verdadeira (1). Haverá, pois, um augmento progressivo do deposito.

A verdade, porém, é que nas fossas septicas bem construidas e regulares no seu funcionamento, quando em plena actividade, a diminuição da capacidade util pela accumulção das lamas só se dá muito lentamente, principalmente se o liquido affluente foi empobrecido em materias mineraes suspensas, por uma previa decantação.

Em Barrhead ao fim de seis annos a fossa trabalhava ainda sem que tivesse havido necessidade de se fazer uma unica evacuação das lamas.

---

(1) A lama suplementar originada pela coagulação dos colloides não é geralmente em grande quantidade nas fossas septicas, principalmente quando estas não teem diaphragmas transversaes; mas a lama que resulta da precipitação chimica de certas substancias pelos sulfuretos e outros compostos da fermentação é por vezes em quantidade muito apreciavel.

Como STODDART faz notar, no caso de fossas septicas divididas em compartimentos por muros transversaes partindo do fundo, se a lama só fosse originada pelos residuos solidos originaes, ella accumular-se-ia, naturalmente, em muito maior quantidade nos primeiros compartimentos e desceria pregressivamente chegando quasi a faltar nos ultimos, junto á sahida. Ora, verifica-se, pelo contrario, que n'uma fossa septica em que se estabeleceu a actividade das fermentações, e em que o liquido se demora muito, os ultimos compartimentos teem pelo menos tanta lama como os compartimentos medios, por virtude da precipitação chimica das substancias primitivamente dissolvidas.

A lama dos ultimos compartimentos é muito diferente da dos primeiros; n'estes é uma massa mais ou menos decomposta dos solidos suspensos affluentes, n'aquelles é um lodo negro, unctuososo, com grande quantidade de sulfureto ferroso, avido de oxygeneo, resistindo muito mais do que a outra lama á acção bacteriana, e libertando  $H_2S$  quando exposto ao ar.

Vimos já quão pequena era a acumulação de lamas na fossa de Exeter ao fim de tres annos.

A fossa septica de Clichy depois de cinco annos de funcionamento não tinha, em 1907, senão 45<sup>cm</sup>. de altura de lama depositada e assim continuou em actividade.

O volume occupado pelas lamas é sempre menor na fossa septica do que nas fossas de precipitação ou de sedimentação.

Em 1901, verificou-se em Birmingham que o volume das lamas humidas abandonadas nas fossas septicas, ao fim d'um anno, por uma onda diaria de tempo sêcco de 97685<sup>m</sup><sup>3</sup> de agua de esgoto, era de 97857<sup>m</sup><sup>3</sup>; ao passo que a precipitação pela cal, praticada em 1896 para uma onda diaria de tempo sêcco sensivelmente menor (90870<sup>m</sup><sup>3</sup>), dava um volume annual de lamas muito mais consideravel (214828<sup>m</sup><sup>3</sup>).

Em Manchester, em 1904-1905, as lamas humidas obtidas pelo tratamento, em fossa septica, de 1000<sup>m</sup><sup>3</sup> de agua residual pesavam 1956 kilos; a precipitação chimica praticada até ahí dava, para egual quantidade de agua residual tratada, 4025 kilos de lamas humidas.

Em 1905, em Columbus, foram comparados os effeitos da sedimentação e da passagem por fossa septica; notou-se que para volumes eguaes de liquidos tratados, o volume do deposito da fossa septica era de 60 % menor do que o de deposito da fossa de sedimentação.

Mais atraz já fizemos notar que a materia solida que se deposita nas fossas septicas é em muito menor quantidade do que a que se deposita nas fossas de precipitação chimica e mesmo nas de sedimentação (pag. 87). Mas o menor volume das lamas no caso das fossas septicas não deve ser apenas attribuido a uma menor deposição de materias solidas e á digestão de uma parte mais ou menos notavel d'estas; se se fazem as comparações entre volumes de lamas humidas, deve-se tambem (e mesmo principalmente, segundo a *Royal Commission*), como vamos vêr, levar em conta o facto de que a lama das fossas

septicas se torna mais compacta e se condensa, apresentando-se mais pobre em agua do que as lamas das fossas de sedimentação e de precipitação chimica.

RIDEAL, em 1898, examinando a lama da fossa septica de Exeter verificava a existencia de pequenas particulas de areias, fragmentos de tecidos vegetaes e de materias fecaes, cabellos, fibras musculares e outros elementos de tecidos animaes, grandes amibas, *cladotrix*, micrococos, bacillos, anguillulas, etc. A materia organica e a mineral entravam respectivamente como 32,35 % e 67,65 % na massa total da substancia solida.

Nas fossas de Madeleine, CALMETTE, em 1905, aponta composição semelhante para a parte solida das lamas — 33,8 % de materia organica, 66,2 % de substancia mineral.

As lamas das fossas septicas são, pois, relativamente pobres em substancia organica; isto resulta de que n'um dado volume de lama sedimentada as acções biolyticas fazem desaparecer uma quantidade importante dos constituintes de natureza organica. Para apreciar o valor d'estas acções, CALMETTE, faz as seguintes experiencias.

Tendo colhido diariamente, de 8 de janeiro a 30 de junho de 1908, por decantação da agua de esgoto bruta, uma amostra media das respectivas lamas, sécca todas as amostras a 110° e conserva-as em frascos fechados. No dia 1 de julho faz dragar as fossas septicas que durante aquelle periodo de tempo serviram para o tratamento da agua de esgoto, e retira methodicamente em toda a superficie do fundo dos reservatorios 24 amostras de lamas, que egualmente sécca a 110° e colloca em frascos bem fechados. Para todas estas amostras faz a dosagem das materias volateis ao rubro, das materias fixas ao rubro, do azote, do carbono e das materias gordas. O seguinte quadro resume as medias, minimos e maximos dos resultados.

Composição centesimal da materia solida das lamaz frescas  
da instalação de Madeleine

	Materias volateis ao rubro, %	Materias fixas ao rubro, %	Azote %	Carbono %	Materias gordas %
Media.....	45,80	54,20	2,04	27,94	15,82
Minimo .....	40,55	48,45	1,51	19,40	9,08
Maximo .....	51,55	59,45	2,54	36,62	20,30
Proporção % nas materias volateis, ao rubro			4,45	61,0	

Composição da materia solida das lamaz da fossa septica

	Materias volateis ao rubro, %	Materias fixas ao rubro, %	Azote %	Carbono %	Materias gordas %
Media.....	32,56	67,44	1,34	19,50	7,96
Minimo .....	28,43	64,94	1,23	15,25	7,12
Maximo .....	35,06	71,57	1,56	21,30	8,80
Proporção % nas materias volateis, ao rubro			4,79	59,92.	

A perda ao rubro, já o dissemos (vol. 1, pag. 101), não indica exactamente a quantidade de materia organica; mas esqueçamos por momentos o erro, por excesso, que resulta da volatilisação da parte da materia mineral.

Póde admittir-se que a substancia mineral (fixa ao rubro) deposta na fossa septica não soffre decomposição; portanto, desde que 100 grammas de materia solida da lama da agua bruta conteem, em media, 54,2 % de substancias fixas ao rubro e que 100 grammas de materia solida das lamaz fermentadas conteem 67,44 % d'essas substancias, temos que os 100 grammas de materia solida das lamaz fermentadas proveem de  $\frac{67,44 \times 100}{54,20} = 124^{gr},4$  de materia solida das lamaz da agua bruta. D'aqui se conclue que 124 grammas de materia solida de lamaz frescas perderam pela fermentação 24<sup>gr</sup>,4, isto é 19,61 %, do seu pêsso total ou 42,81 % da sua materia organica.

Vejamos agora a influencia que póde ter sobre estes cal-

culos o erro cometido quando considerámos como materia organica toda a substancia volatilizada. A volatilisação de compostos mineraes, taes como os carbonatos, é mais importante para as lamas das fossas septicas, que conteem mais materias mineraes, do que para as lamas frescas; portanto, a quantidade que se conta indevidamente a mais, como sendo materia organica, é maior no caso das lamas fermentadas. Isto mostra que os numeros acima dados para a digestão da materia organica são menores do que deviam ser.

A estada das lamas na fossa septica faz cabir a proporção do azote de 34,32 % e a do carbono de 30,21 %. Mas como nas materias volateis ao rubro a percentagem do azote e do carbono, antes e depois de estada na fossa, fica quasi constante, parece poder concluir-se que a materia organica que escapa á fermentação é de composição analoga á desaparecida, e suppôr-se que o tempo faria baixar ainda a riqueza das lamas em substancia organica.

As gorduras, apesar da sua conhecida resistencia á decomposição, descem de 42,4 %.

A lama da fossa de Exeter examinada por RIDEAL tinha percentagens de agua de 88,8, 83,5 e 80 segundo se examinavam as porções provenientes, respectivamente, da parte superior, da parte media e da parte inferior do deposito.

CLOWES acha, como media de analyses feitas para lamas de fossas septicas de varias cidades, uma riqueza de 86 % em agua.

Em Manchester, em 1904-1905, os 1956 kilos de lamas fornecidas por milhar de metros cubicos, continham 85 % de agua; ao passo que nos 4025 kilos de lamas que até ahi se obtinham pela precipitação chimica de egual volume de agua residual se achavam 88 % de agua.

Mas nas lamas obtidas por precipitação chimica ou por sedimentação a percentagem de agua é quasi sempre ainda mais elevada, attingindo e muitas vezes excedendo 90; portanto, mesmo quando não houvesse a dissolução e gazeificação

de uma grande parte da materia organica na fossa septica, bastaria, para tornar recommendavel o emprego d'esta, a maior concentração do deposito ali formado, apresentando, para uma dada porção de materia solida, um volume menor do que o do deposito das fossas de sedimentação e de precipitação chimica (1).

\*

Quanto maior fôr o tempo durante o qual as lamas se deixam permanecer na fossa septica, tanto maiores serão a digestão da sua materia organica e a concentração que soffrem, e portanto menor será o volume de deposito correspondente a uma dada quantidade de liquido residual. Além d'isso a lama que se demora na fossa septica é muito menos nociva, putrescivel e mal cheirosa do que a que só pouco tempo ali permanece.

Parece, pois, á primeira vista, que convém fazer as evacuações da lama sómente quando a fossa esteja quasi cheia. Mas não é assim; porque só se obtem a digestão e a condensação da lama á custa de um augmento, que com o tempo se vae dando, nas materias suspensas (pag. 73) e colloides (pag. 91) do effluente da fossa. Em virtude d'isto, e tambem porque pôde ser mais difficil dispôr de grandes quantidades de lama, de longe a longe, do que de pequenas quantidades, mais frequentemente, convém, por vezes, que se façam limpezas com intervallos não muito grandes. Estes intervallos variam, para cada caso, com a quantidade de materias suspensas que se pôde tolerar no effluente das fossas que se dirige ao solo ou aos leitos bacterianos: isto depende da permeabilidade e grandeza dos elementos do material filtrante.

---

(1) Já fizemos notar a grande influencia que a percentagem de agua das lamas tem sobre o volume sob que estas se apresentam (vol. 1, pag. 238). Lembremos que um volume de lama que tem 90% de agua é duplo do que seria se essa percentagem descesse a 80.

BAUCHER propõe que se faça a evacuação das lamas logo que ellas attingam 60<sup>cm</sup>. de altura no interior da fossa.

A *Royal Commission on Sewage* entende que, como regra geral, nas pequenas installações para povoações de menos de 10.000 habitantes, não se deve fazer a limpeza enquanto os leitos bacterianos ou o solo se não resintam, na sua permeabilidade, do augmento da riqueza do liquido em materias suspensas e colloides, com tanto que a lama não occupe mais de um terço da capacidade da fossa; e que nas povoações de mais de 10.000 habitantes a evacuação das lamas deve ter logar com intervallos mais approximados. Mas as evacuações serão feitas de modo a extrahir-se, de cada vez, sómente a porção de lama da camada inferior, porque assim se deixa a que ainda se encontra pouco condensada, e que poderá reduzir-se ulteriormente em volume; além d'isso, a presença d'esta lama impedirá que cesse o funcionamento activo da fossa, como aconteceria se a evacuação fosse completa; n'este caso, com effeito, teriamos que esperar que passasse de novo um periodo de incubação.

As lamas evacuadas das fossas septicas, de sua natureza pouco putresciveis e muito menos mal cheirosas do que as dos tanques de simples sedimentação, são facéis de seccar em espaços relativamente limitados. Segundo CALMETTE, uma cidade que evacuasse 10.000<sup>m<sup>3</sup></sup> diarios de agua de esgoto, do systema unitario, como as de Madeleine, ricas em materias suspensas de toda a espécie, daria 1370 toneladas annualmente; para seccal-as bastariam 750<sup>m<sup>2</sup></sup> de terreno nos quaes a lama seria disposta em bacias de 1 metro de fundo.

Notemos que, se quizessemos enterrar as lamas no solo, seria necessario que esta operação se fizesse em tempo sêcco (1).

---

(1) Para o modo de dispôr das lamas vêr vol. 1, pag. 230.

d) Gases produzidos nas fossas septicas e sua utilização

É muito facil verificar que as fossas septicas em actividade são séde de producção de gases, em maior ou menor quantidade. A materia organica, desintegrando-se e decompondo-se, dá origem a azote gazoso, a ammoniaco, a acido carbonico, a hydrogeneo, a hydrogeneo carbonado e a hydrogeneo sulfurado.

D'estes gases, alguns dissolvem-se na quasi totalidade no liquido da fossa e sahem com elle: taes são o acido carbonico e, principalmente, o ammoniaco e o hydrogeneo sulfurado, aos quaes já me referi quando estudei a composição chimica de effluente. Pequena parte de  $\text{CO}_2$ , de  $\text{NH}_3$  e de  $\text{H}_2\text{S}$ , que escapa á dissolução, liberta-se, juntamente com a muito maior quantidade dos gases mais leves — hydrogeneo, methana, azote —, á superficie do liquido, onde accodem formando bolhas facilmente visiveis.

É muito difficil calcular o total dos gases libertados por uma grande massa de liquido.

Com effeito, a libertação de gaz á superficie da agua de esgoto produz-se, em geral, de um modo intermittente, e d'ahi resulta que os volumes diarios de gaz colhidos n'um mesmo ponto da fossa variam muito. CALMETTE pensa que a explicação d'estas intermittencias e variações está em que os gases se accumulam sob as lamas, formando bolsas que só cedem quando a força expansiva no seu interior é capaz de vencer a pressão exterior do liquido. Em apoio d'esta explicação, traz o facto de que quanto maior é o volume do liquido que atravessa a fossa tanto mais abundante é a libertação gazosa: a maior agitação do liquido permittiria que mais facilmente os gases se escapassem de entre as lamas, sobretudo em fossas, como as de Madeleine, em que, por virtude da disposição de dia-

phragmas transversaes, a corrente deve alternadamente passar junto ao fundo e á superficie (1).

As chuvas, a pressão barometrica não parecem ter influencia sensível sobre a quantidade de gazes libertados. No verão os gazes são um pouco mais abundantes, em resultado da maior intensidade das fermentações.

Mas, as variações não se produzem apenas para as quantidades de gazes que accodem á superficie do liquido n'um mesmo ponto da fossa, em diferentes occasiões; porque também são muito accentuadas para as quantidades que n'uma mesma occasião se libertam em pontos diferentes de uma mesma fossa: nas fossas de Madeleine, o volume de gaz, libertado em 24 horas, diminue da entrada (210 litros de gaz por m<sup>2</sup> de superficie) para a sahida (40 litros de gaz por m<sup>2</sup>), da fossa, á medida que se percorrem os varios compartimentos determinados por aquelles dos diaphragmas transversaes que, dividindo incompletamente a massa liquida, emergem á superficie (o que é devido principalmente a que a acção bacteriana se pôde exercer melhor nos primeiros compartimentos, ao abrigo de um chapeu mais espesso, sobre lamas mais abundantes, mais ricas em materia organica e menos resistentes á decomposição do que as lamas dos ultimos compartimentos).

#### A média diaria dos gazes libertados em toda a extensão

---

(1) Aos domingos, dias em que a onda que atravessa a fossa é muito menor que nos dias de semana, em Madeleine, a libertação de gazes é muito mais reduzida.

Quer-me parecer que a menor libertação de gazes ao domingo, em Madeleine, pôde depender não só da diminuição do volume da onda, mas também, e talvez principalmente, da menor riqueza do liquido em substancias fermentisciveis, pela falta de affluxos industriaes diversos que aos dias de semana se produzem; com effeito, não é só para as materias das lamas, mas também para as dissolvidas no liquido que a gaeificação se dá.

de uma fossa da Madeleine de  $100\text{m}^2$  de superficie e de  $260\text{m}^3$  de capacidade é de  $11\text{m}^3,137$ , segundo CALMETTE.

Em Manchester produzem-se diariamente 92,6 litros de gazes por  $\text{m}^2$  de superficie do liquido das fossas.

Os gazes libertados seriam, segundo CLARCK, na proporção de  $0\text{m}^3,0311$  por  $\text{m}^3$  de liquido tratado.

Em Columbus, quando o total do liquido sai da fossa ao fim de 8 horas, o volume de gaz recolhido equivale a 4,5-7% do volume d'aquelle.

Na installação de Clichy recolhem-se  $10\text{m}^3$  de gaz por cada  $100\text{m}^3$  de agua de esgoto, o que daria por dia para os 775:000 $\text{m}^3$  de agua de esgoto de Paris um total de 77:500 $\text{m}^3$  de gaz.

Nos paizes quentes, os gazes são em maior quantidade, por virtude da maior intensidade das fermentações: Na India, segundo JAMES, com utilização de 136 litros de agua por cabeça e dia, a agua de esgoto demorada 8 horas em fossa septica pôde dar de 81 a 108 litros de gaz por pessoa.

Em Exeter, segundo RIDEAL, recolhe-se na fossa septica:

	em pêsos	em volume
CO <sub>2</sub>	0,3	0,6
CH <sub>4</sub>	20,3	24,4
H	18,2	36,4
N	61,2	38,6
	<u>100</u>	<u>100</u>

Mas d'umas para outras aguas de esgoto as percentagens dos varios gazes no volume total variam muito: a methana vái de pouco mais de 20% a 80%, o hydrogeneo de 0 a 36%, o CO<sub>2</sub> de 1/2% a 60% (Dunbar).

É possivel encontrar, ainda, variação de composição dos gazes libertados em diferentes occasiões, n'uma dada fossa, como mostra o seguinte quadro de CALMETTE, em que estão

resumidas as analyses feitas na installação de Madeleine desde 8 de janeiro a 30 de junho de 1908:

	Acido carb.	Methana	Hydrogeneo	Azote
Media...	4,5 %	47,8 %	22,9 %	24,8 %
Minimo .	3 %	16,2 %	16,2 %	10,5 %
Maximo.	6,6 %	32,8 %	32,8 %	32,5 %

E, alem d'isso, n'uma dada occasião, em pontos diversos da mesma fossa, os gazes libertados não se misturam nas mesmas proporções; é o que CALMETTE verificou nas fossas de Madeleine, examinando os gazes recolhidos á superficie dos varios compartimentos limitados pelos diaphragmas transversaes. As diferenças tornam-se mais notaveis comparando as analyses dos gazes recolhidos em compartimentos afastados:

	Acido carb.	Methana	Hydrogeneo	Azote
2.º compartimento...	3,9	51,1	24,3	20,6
3.º       "       ...	5,2	43,5	24,6	26,7
8.º       "       ...	6,3	38	27	28,6

A maior libertação de CO<sub>2</sub> junto á sahida da fossa comprehende-se bem; com effeito, como o liquido já chega ahi rico em acido carbonico dissolvido, a quantidade d'este gaz que então se fôrma só se dissolverá muito difficilmente e terá maior tendencia a libertar-se do que nos pontos da fossa mais visinhos da entrada.

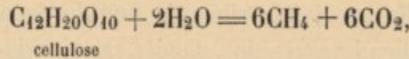
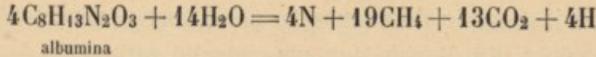
CALMETTE lembra, ainda, que é provavel que as lamas depositas á entrada da fossa septica sejam de natureza differente das que se depositam mais tarde na extremidade opposta e que, d'esta forma, as fermentações produzam gazes differentes; já vimos (pag. 104, nota 1) que na realidade assim é.

CALMETTE aponta vestigios de H<sub>2</sub>S (maximo = 4 ‰) de mercaptan e de outros gazes mal cheirosos, entre os gazes libertados; quanto ao ammoniaco só deixaria de se dissolver,

escapando-se do liquido, em quantidade muito pequena (1 mgr. por 1:200 litros de gaz).

É possível fazer uma idéa approximada da quantidade de materia organica decomposta que deu origem a um dado volume de gaz cuja composição média se conhece.

Durante o 1.º semestre de 1908 o volume total de gazes libertados em Madeleine na fossa que serviu para as observações acima apresentadas foi de 2:000<sup>m3</sup>, numero redondo. Partindo das formulas hypotheticas



vê-se facilmente que 1 litro de methana pôde ser produzido por 18<sup>gr.</sup>,7 de albumina ou por 2<sup>gr.</sup>,44 de cellulose. Ora, se os gazes da fossa da instalação da Madeleine continham, em media, durante o periodo em questão, 47,8% de CH<sub>4</sub>, os 2:000<sup>m3</sup> do volume gazoso total correspondiam a 956<sup>m3</sup> de CH<sub>4</sub> e provinham de

$$956 \times 1,7 = 1625^k,2 \text{ de albumina}$$

ou de

$$956 \times 2,44 = 2352^k,6 \text{ de cellulose.}$$

Estes calculos, apresentados por CALMETTE, mostram claramente a importancia grande que tem a gazeificação na destruição da materia organica. E notemos que estes numeros são muito baixos, não só porque ha fermentações que, dando CO<sub>2</sub> e H, não produzem CH<sub>4</sub>, mas tambem porque, aqui, não entram em consideração os gazes que não são recolhidos e se perdem na atmospheria e aquelles que sahem em dissolução no liquido effluente das fossas.

\*

Esta gazeificação faz naturalmente que na analyse do effluente o augmento dos solidos dissolvidos seja, muitas vezes, pouco apreciavel ou falte, e em todo o caso seja sempre menor do que se poderia esperar da intensidade da acção hydrolytica.

Graças ao  $\text{CH}_4$  e ao  $\text{H}_2$ , os gazes libertados nas fossas são inflamaveis e podem ser utilizados como agente illuminante, com mangas de incandescencia, ou de aquecimento. Em Exeter um candieiro semelhante aos da illumination publica é alimentado na installação de depuração pelos gazes provenientes da fossa septica. Em Manchester, um pequeno gazometro de 1<sup>m</sup>,22 de diametro fluctua á superficie do liquido de uma das fossas abertas, recolhendo gazes que depois são levados a ponto onde se utiliza o calor produzido pela sua combustão.

Para determinar o grau de combustibilidade dos gazes formados, RIDEAL aconselha que se ache a differença entre a quantidade de oxygeneo absorvido pela agua de esgoto antes e depois da passagem por fossa septica; essa differença dá uma idéa da substancia organica passada ao estado de gaz combustivel, visto que na fossa septica a maior parte da materia organica não soffre oxydação.

No caso das fossas cobertas, é necessario facultar, por valvulas apropriadas, a sahida d'estes gazes não só para evitar explosões que podem resultar da sua accumulção, mas tambem para manter o bom funcionamento das fossas.

Com effeito, os gazes, colleccionando-se sob a abobada da fossa, quando não encontram sahida facil, comprimem o liquido e podem, vencendo a resistencia d'este, obrigar-o a evacuar a fossa até ao nivel da abertura interna do canal de escoamento (que se encontra submersa a profundidade variavel),

expulsando assim a camada superficial fluctuante rica em germens e dando logar a um atrazo na boa marcha das transformações. Alem d'isso, os gazes sob pressão são mais facilmente dissolvidos pelo liquido, que, d'esta fórma, se torna mais toxico para os microbios anærobios que actuam na fossa e para os oxydantes que mais tarde terão de intervir.

Nas fossas descobertas, os gazes passam geralmente com facilidade para a atmospherá, atravessando a camada de materias fluctuantes.

Mas, tanto nas fossas cobertas providas de valvulas convenientemente dispostas, como nas proprias fossas descobertas, pôde acontecer, como dissemos (pag. 102), que a camada fluctuante não se deixe atravessar pelos gazes e que, então, estes, accumulando-se sob ella, a levantem a maior ou menor altura e fiquem prejudicando o funcionamento da fossa, pela sua acção toxica sobre os germens. Isto, porém, só excepcionalmente se nota, quando a camada fluctuante attinge uma insolita espessura e uma grande consistencia.

e) Resultados comparados da utilização de fossas descobertas  
e de fossas fechadas por abobada

Tendo-se verificado que a camada fluctuante adquire nas fossas uma espessura sufficiente para preservar o liquido do contacto do ar e tendo-se reconhecido que não é, de resto, necessario que haja uma anærobiose completa, porque os germens que actuam não são, pela maior parte, anærobios obrigatorios, mas sim anærobios facultativos, tratou-se em muitos logares, como dissemos, de substituir ás primitivas fossas fechadas as fossas descobertas (1), com o fim de, ao tempo que

---

(1) BEZAULT faz notar que, contra o que vulgarmente se pensa, CAMERON nunca disse que era essencial manter os liquidos ao abrigo do ar, por abobadas cimentadas, e mesmo, em 1897, affirmou que as fossas podem ser abertas.

se evitam o perigo de explosões e outros inconvenientes já apontados, poupar as despezas, geralmente elevadas, exigidas pela construção de abobadas cimentadas.

Mas desde logo se começou dizendo que as fossas septicas descobertas deveriam permittir um grande arrefecimento do liquido durante o inverno, levando assim a atrazo nas fermentações: com effeito, quando pensamos que, no inverno de 1903, a camada superficial de liquido da fossa de Saratoga gelou n'uma espessura de 0<sup>m</sup>,1, apesar da cobertura da fossa por abobada e por 0<sup>m</sup>,457 de terra, somos levados a recear que muito mais notaveis fossem as consequencias se a fossa fosse descoberta.

A verdade, porém, é que a differença de temperatura entre o liquido das fossas fechadas e o liquido das fossas descobertas é muito pouco sensivel: em Leeds não chega a ser de 0°,80 F a favor do primeiro. E nas fossas descobertas o liquido conserva uma temperatura (em média 57° F, em Manchester) sempre superior (de 10° F, em média, em Manchester) á do ar.

As experiencias feitas em Columbus mostram que as fossas abertas podem usar-se, mesmo no inverno, nas frias regiões do norte do Ohio.

Com os frios mais rigorosos, CALMETTE, em Madeleine, nunca viu cessarem as fermentações nas fossas sem cobertura; o thermometro mergulhado a 2 metros de profundidade nunca marcou menos de 12,4° C, com temperaturas exteriores de — 5° C e mesmo de — 7° C.

Estes factos explicam-se, em parte, por as aguas caseiras e industriaes serem geralmente tépidas e por as fermentações anaerobias productoras de calor (pag. 32) impedirem que o arrefecimento do liquido na fossa se dê rapidamente.

As analyses comparativas dos effluentes das duas especies de fossas septicas veem cortar a questão mostrando que os resultados obtidos são identicos nos dois casos, como se vê do seguinte quadro:

## Analyses feitas na installação de Leeds

resultados em mgr. por litro

	Materias dissolvidas — Totaes	Materias suspensas — Totaes	NH <sub>3</sub> livre	NH <sub>3</sub> albumi- noide	Oxygeneo absorvido em 4 horas a 80° F
Effluente da fossa aberta.....	77,6	13,1	1,83	0,455	4,18
Effluente da fossa fechada.....	77,9	12,8	1,80	0,437	4,82

Em Birmingham, Burnley, Madeleine, etc., chegou-se igualmente á conclusão de que as fossas descobertas dão sensivelmente os mesmos effeitos que as fechadas, com respeito a qualidade do liquido effluente e das lamas obtidas. Contudo em Yeovil parece ter ficado estabelecido, em 1900, que, no caso de aguas residuaes muito concentradas, as fossas septicas fechadas dão resultados ligeiramente melhores.

Vê-se apontar, frequentemente, como um defeito das fossas descobertas, o ellas não permittirem o recolhimento dos gazes para utilização futura; ora isso não é absolutamente exacto, visto que é possível, mesmo n'estas fossas, aproveitar os gazes, pelo menos parcialmente, como vimos que se faz em Manchester, por meio de um gazometro fluctuante. Alem d'isso, a verdade é que, dando em média, segundo CALMETTE, cada m<sup>3</sup> de liquido apenas 10 litros de CH<sub>4</sub> e H, o valor economico dos gazes combustiveis é, afinal, praticamente desprezivel.

Uma inferioridade, e essa indiscutivel, das fossas septicas descobertas perante as fechadas reside no facto de que, ao passo que estas ultimas não dão logar a cheiros sensiveis (é o caso das fossas fechadas de Exeter, Yeovil, Andover, Hartley-Wintney, Prestolee, etc.), as primeiras podem permittir a producção de cheiros que, se em geral não se diffundem a distancia e não são fecaloides, mas sim semelhantes aos que

se sentem na visinhança das fabricas de gaz, nem por isso muitas vezes deixam de ser altamente incommodos para os empregados das installações de depuração, para os habitantes de casas proximas, e para os transeuntes de caminhos pouco afastados.

Em Accrington, Leeds, Rochdale e Burnley, por exemplo, as fossas descobertas dão, em regra, um cheiro local pronunciado, e em Sheffield o incommodo resultante das emanações da fossa descoberta foi tal que os empregados reclamaram energicamente. Serios inconvenientes semelhantes levaram em Gosport, Guildford e Carshalton á comprehensão da necessidade de cobrir as fossas até ahí descobertas; os cheiros desapareceram, então, quasi por completo (1).

Mas notemos que, quando as installações de depuração não estejam situadas na immediata visinhança de casas ou caminhos muito frequentados, podemos obter uma certa diminuição, sufficiente, do cheiro, sem que tenhamos necessidade de recorrer ás dispendiosas coberturas cimentadas e sem nos sujeitarmos ao perigo de explosões d'ahi resultante. Adoptaremos, então, como meio termo economico, uma ligeira cobertura — de pranchas (2), ou de outro material —; esta cobertura, que não impedirá a sahida dos gazes, não só limitará muito a diffusão dos cheiros, mas tambem protegerá o conteúdo da

---

(1) Em algumas installações as fossas descobertas dão um cheiro insignificante; é o que acontece na de Birmingham onde, apesar de uma superficie de 22.000<sup>m</sup>2 de fossa septica, não se produzem cheiros que incomodem os habitantes de uma povoação situada a 1/2 milha e da qual partem casas até 1/4 de milha da installação; cousa semelhante acontece na installação de Manchester.

Isto é devido a que a agua de esgoto é em parte composta de certas substancias residuaes industriaes — saes de ferro no caso de Birmingham, saes de ferro e alcatrão no caso de Manchester. Os saes de ferro são desodorisantes; veremos, mesmo, adeante, que o sulfato de ferro é um dos agentes preconisados para combater o mau cheiro do effluente da fossa septica.

(2) As pranchas podem ser mesmo collocadas lado a lado sobre o liquido, fluctuando n'elle.

fossa da acção do ar, da luz e, sobretudo, do vento, que sem essa protecção poderia deslocar, abrir e desfazer a camada fluctuante ou *chapeu* e agitar o liquido, fazendo diminuir a intensidade das fermentações e augmentar a quantidade de materias suspensas no effluente.

E, da mesma fórmula, ou tambem pelo uso de rédes finas ou do lançamento de petroleo á superficie do liquido, se pôde fazer desaparecer o inconveniente que apresentam as fossas descobertas, de permittirem o accesso a mosquitos e outros insectos capazes de propagarem doenças infecciosas.

f) Velocidade e demora da agua de esgoto no interior da fossa septica, capacidade e dimensões d'esta, e influencia respectiva sobre os resultados do tratamento septico

Se n'uma fossa septica fizermos passar um determinado volume  $Q$  de agua residual debitado pelos esgotos durante um certo tempo  $T$ , a demora media  $t(1)$  do liquido no interior do reservatorio variará com a capacidade  $q$  d'este.

Com effeito teremos  $Q = \frac{T}{t} q$  e  $t = \frac{T}{Q} q$ .

Se a fossa em questão não tem internamente diaphragmas transversaes, e se suppôzermos que as moleculas de agua teem

---

(1) Por  $t$  representamos a demora media do liquido, porque nem todas as porções d'este ficam na fossa durante o mesmo tempo. N'uma fossa septica, DZERGOWSKI nota que, ao passo que certas porções de liquido sahem da fossa ao fim de 3 horas e meia, outras ha que se demoram mais de 100.

Tão grandes variações podem dar-se nas fossas septicas em que não ha diaphragmas transversaes dividindo a corrente do liquido e em que, portanto, este se pôde sobrepôr, em camadas, pela ordem da sua densidade; nas fossas em que existem diaphragmas, as varias porções do liquido demoram-se no interior da fossa espaços de tempo menos variaveis, mas ainda então não se poderá dizer que para todas as porções do liquido a demora seja rigorosamente a mesma.

um simples movimento de translação da entrada para a saída, podemos dividir o comprimento ( $l$ ) da fossa pelo tempo ( $t$ ) que no seu interior o liquido se demora, para obtermos a velocidade ( $v$ ) com que este ahi se desloca; teremos o valor  $v = \frac{l}{t}$  (1) menor do que o real, mas sufficientemente approximado (2).

Substituindo  $t$  pelo seu valor em  $Q = \frac{T}{t}q$ , e tirando o valor de  $v$ , temos  $v = \frac{Ql}{Tq}$ ; isto é  $v$  varia na razão inversa da capacidade ( $q$ ) da fossa ou na razão directa do seu comprimento ( $l$ ), suppondo constantes no segundo termo da egualdade, em cada caso e respectivamente, todos os valores que não  $q$  ou  $l$ .

Sob o ponto de vista do rendimento quantitativo, do augmento do valor de  $Q$ , ha interesse em reduzir  $t$  o mais possivel.

Mas  $t$  é um dos factores que influem no rendimento qualitativo, dependente das acções de sedimentação e de desintegração na fossa septica, e é contido no outro factor  $v$ : quanto menor fôr  $t$  e maior fôr  $v$ , tanto maior será a riqueza do effluente da fossa septica em materias suspensas e menor será a desintegração da substancia solida.

Os valores de  $t$  e  $v$  mais vantajosos serão aquelles que, sem darem logar a cheiros muito intensos (os cheiros crescem com o augmento de  $t$  e diminuem com o augmento de  $v$ ), permittam a maxima sedimentação e a maxima digestão das substancias.

Não se póde *a priori* indicar quaes elles devam ser, para

(1)  $v$  é dado, usualmente, em millimetros por minuto.

(2) Se, porém, a fossa tivesse diaphragmas transversaes formando divisões incompletas na massa liquida, o caminho a percorrer augmentaria muito, e portanto o valor de  $v$  seria maior do que  $\frac{l}{t}$ .

uma agua de esgoto de que se não conhece a composição, d'uma cidade cujos esgotos não são descriptos, cujo clima não é dado e em que o effluente da fossa ha de ter um destino não apontado. E isto porque:

1.º Com os logares, varia a composição quantitativa e qualitativa das aguas de esgoto em materias suspensas. Quanto mais ricas de materias em suspensão forem as aguas tanto maior deverá ser a demora na fossa septica. Mas, ainda, para liquidos com egual pêsô de materias suspensas, estas differem qualitativamente com respeito á sua facilidade de sedimentação e á sua fermentiscibilidade; assim é que uma agua de esgoto d'uma povoação que rejeita as materias fecaes para fossas, e não para as canalisações, deixa depôr mais facilmente e fermentar mais difficilmente as suas materias suspensas do que uma agua de esgoto com o mesmo pêsô de materias suspensas, mas d'uma povoação que pratica o *tudo ao esgoto*.

2.º Quanto mais lenta fôr a marcha e maior a demora dos liquidos residuaes nas canalisações, tanto melhor se poderão exercer sobre elles as acções physicas de sedimentação e biologicas de desintegração dos solidos, que sempre, mais ou menos, se realisam nos esgotos. Se, portanto, estes são longos, tortuosos, pouco inclinados e mal arejados, terão em grande parte desempenhado o papel da fossa septica, e o tempo de demora do liquido n'esta deve ser muito menor do que nos casos em que os esgotos sejam de uma pequena extensão, bem arejados, e permittam um escoamento rapido e facil ao liquido residual.

3.º O clima tem influencia sobre a intensidade das acções anærobias; nos paizes quentes as fermentações são mais activas, e a demora em fossa poderá ser menor.

4.º As qualidades a exigir no effluente variarão tambem de local para local. Em certos casos haverá, por exemplo, de fazer-se o lançamento do liquido septico sobre leitos bacterianos de material grosseiro, em outros casos o liquido será dirigido a leitos de material fino; nos primeiros casos, o effluente da fossa poderá ser mais rico em substancias solidas (e portanto *v* maior e *t* menor) do que nos segundos, sem que

os leitos se resintam na sua permeabilidade. Quando a impermeabilização dos leitos não importe muito, por ser facil de fazer a limpeza ou a renovação do material filtrante, e mais isso convenha do que obter muita lama para a qual se não acharia modo de disposição commodo, será evidentemente permittida uma velocidade maior ao liquido e uma menor demora d'elle na fossa, do que no caso contrario, em que seja preferivel obter muita lama a ter os leitos rapidamente impermeabilizados.

Portanto, para cada logar, determinar-se-ão os valores de  $t$  e  $v$  que dêem rendimentos quantitativos e qualitativos do effluente que mais convenham para a boa realisação do tratamento ulterior.

Habitualmente,  $v$  estará entre  $\frac{1}{2}$  mm e 1 mm por segundo e  $t$  entre 8 e 24 horas.

Em Leeds, Harding e Harrisson fizeram experiencias em que comparavam os resultados colhidos fazendo variar o volume ( $Q$  durante  $T$ ) da corrente liquida affluente á fossa, de modo que esta podesse ser cheia por aquella em 12, 24, 48 e 72 horas (valores de  $t$ ). Verificaram que a onda capaz de encher a fossa em 24 horas era a mais conveniente, se se attendia não só á qualidade do effluente, mas tambem á economia; uma affluencia menos importante só dava resultados muito ligeiramente melhores com relação á baixa na materia suspensa, e uma affluencia maior levava a mais solidos em suspensão no effluente do que era permittido para que os leitos bacterianos se conservassem em bom funcionamento; quando a affluencia do liquido era tal que o enchimento da fossa se fazia em 12 horas, a deposição dava-se ainda, mas a acção hydrolytica cessava por completo.

FOWLER, em 1905, calculava que uma agua de esgoto de concentração correspondente a 182 litros de agua utilizada por habitante deve affluir á fossa n'uma quantidade tal que a encha em 24 horas; a affluencia com aguas de esgoto mais diluidas seria maior, com aguas mais concentradas seria menor. N'este ultimo caso, portanto, o tempo que o liquido

levaria a encher a fossa excederia 24 horas; mas ulteriormente o mesmo autor declara que a agua de esgoto não deve permittir-se uma demora superior a 24 horas.

\*

É claro que, se o liquido affluente ( $Q$ ) é o total da onda debitada pelos collectores durante um dia ( $T=24$  horas), para que a demora media ( $t$ ) do liquido na fossa seja de 24 horas, torna-se necessario que a capacidade d'esta seja igual ao volume da onda diaria; com effeito, sendo  $Q = \frac{T}{t}q$ , temos  $q = Q \frac{t}{T}$  e, como  $t = T$ ,  $\frac{t}{T} = 1$  e  $q = Q$ .

Se quizermos que a demora media do liquido na fossa seja de 12 horas, havendo de se tratar a onda diaria, é claro que, sendo  $\frac{t}{T} = \frac{1}{2}$ , teremos  $q = \frac{1}{2} Q$ . E assim por diante.

De um modo muito geral pôde dizer-se que, quando as aguas que chegam ás installações de depuração são muito diluidas, pouco ricas em materias organicas e solidos suspensos, ou, sendo mais concentradas, percorreram um longo trajecto de esgotos que lhes permittiu a fermentação e a dissolução apreciavel das materias solidas, o tempo de demora do liquido na fossa deverá ser pequeno e, portanto, a capacidade d'esta será relativamente reduzida, por vezes muito menor do que a correspondente á onda diaria total de tempo sêcco do effluxo urbano. É o que acontece na America do Norte, e notadamente em Champaign, onde a grande quantidade de agua distribuida e utilizada pelos 3.500 habitantes permite que a fossa septica seja de dimensões taes que o debito diario dos esgotos em tempo sêcco (1.363<sup>m3</sup>) a encha treze vezes, o que dá para o liquido uma demora media de menos de duas horas na fossa septica.

Nas condições habituaes na Europa, em que as aguas de esgoto são mais concentradas, a capacidade da fossa será geral-

mente a correspondente á onda diaria de tempo sêcco, o que, como acabamos de vêr, dará para o liquido uma demora media de 24 horas na fossa.

Só muito raramente a capacidade d'esta será maior do que a correspondente ao effluxo diario; comtudo, isso poderá acontecer no caso de esgotos pequenos em extensão, atravez dos quaes o liquido passe rapidamente, attingindo a fossa septica pouco tempo após a sua rejeição, relativamente fresco. Então approximamo-nos, com effeito, do caso das fossas domesticas, onde as materias solidas, fecaes e outras, teem que soffrer a desintegração não facilitada pelas acções mecanicas e biologicas que nos esgotos em geral se realisam, e para as quaes é necessaria uma capacidade de, pelo menos, dez vezes a onda suja rejeitada diariamente.

Aqui temo-nos referido á onda diaria em tempo sêcco. No tempo de chuva, se o systema de esgotos é o separador o volume da onda a tratar não augmentará sensivelmente. Mas se os esgotos forem combinados, a massa liquida pôde augmentar muito e, então, haverá fossas septicas de sobrecellente ou toda a onda passará pelas fossas habituaes; n'este ultimo caso, o tempo de demora do liquido na fossa será menor, evidentemente, do que o calculado para a onda de tempo sêcco, mas, como o liquido augmenta em diluição proporcionalmente ao augmento de volume, o inconveniente não será grande.

\*

Já vimos a importancia que tem a determinação da capacidade que a fossa deve ter, e mesmo que, para uma dada capacidade, não é indifferente o comprimento, isto é, uma das tres dimensões de que essa capacidade depende. Ora a altura e a largura devem tambem manter entre si e com o comprimento umas certas proporções, para que a superficie sob que o liquido se apresenta seja conveniente em relação ao seu volume. Com effeito já fiz notar o mau resultado que pôde

dar uma superficie relativamente pequena que permita a formação de uma camada fluctuante espessa em excesso, capaz de impedir a fuga dos gazes e de prejudicar o funcionamento da fossa.

Para as aguas de esgoto de composição média pôde calcular-se uma superficie de fossa septica de  $0^{\text{m}^2},0335$  por habitante, approximadamente.

Como indicações muito geraes, direi que para uma cidade de 10.000 habitantes, com um effluxo diario em tempo sêcco de  $4.000^{\text{m}^3}$  de uma agua de esgoto de composição media, as dimensões da fossa septica poderão ser

$3^{\text{m}}$  de altura  $\times 7^{\text{m}}$  de largura  $\times 50^{\text{m}}$  de comprimento.

N'esta hypothese, a capacidade total da fossa seria  $1.050^{\text{m}^3}$ , o que corresponderia pouco mais ou menos a uma capacidade util capaz de conter a onda diaria de tempo sêcco;  $t$  seria, pois, igual a 24 horas e  $v = \frac{l}{t} = \frac{50.000^{\text{mm}}}{86.400}$  teria o valor de  $0^{\text{mm}},57$  por segundo; a superficie que o liquido apresentaria na fossa corresponderia a  $0^{\text{m}^2},035$  por habitante.

Note-se que, quando a demora do liquido na fossa deve ser muito grande ou o volume diario a tratar é muito consideravel, ha conveniencia em empregar, em vez de uma só fossa, duas ou mais, quer dispostas em série, communicando, quer independentes entre si.

No primeiro caso, a agua de esgoto percorre um caminho igual á somma dos comprimentos das fossas, somma que deve ser igual ao que seria o comprimento de uma fossa unica sufficiente para tratar, nas mesmas condições de demora e velocidade do liquido, a onda total; a largura e a altura de cada uma das fossas, comtudo, ficarão eguaes ás que esta fossa unica teria; a capacidade e a superficie d'esta corresponderia á somma das capacidades e das superficies das fossas erriadas.

No segundo caso, o comprimento de cada fossa usada será o mesmo que seria o de uma só fossa capaz de tratar toda a onda diaria; mas a largura d'esta teria que ser a somma das larguras d'aquellas, para que em ambos os casos a capacidade e a superficie totaes fossem as mesmas; isto, é claro, suppondo que não só o comprimento das fossas, mas tambem as suas alturas ficam constantes.

- g) A fermentação da agua de esgoto na fossa septica e a facilidade de oxydção futura. Super-septicisação; seus inconvenientes e meios de os evitar

Suppõe-se geralmente, ainda hoje, que a fossa septica é util não só por dar um effluente em que as materias suspensas apresentam uma certa baixa e por levar a uma importante concentração e reduccção de volume das lamas obtidas, mas tambem por conseguir um liquido mais facil de oxydar, em virtude da fermentação soffrida; a passagem do azote organico a azote ammoniacal, que nas fossas se produz, é olhada senão como absolutamente necessaria, pelo menos como muito conveniente para a futura nitrificação, que se julga ser exclusivamente devida aos germens de WINOGRADWISKY.

Quanto mais tempo se demora o liquido na fossa, mais completos são os effeitos das acções anærobiaes que convertem a materia organica azotada dissolvida em ammoniaco, e maior é tambem a quantidade d'este que, proveniente da desintegração das materias solidas, igualmente se dissolve no liquido. Com effeito o ammoniaco, mesmo quando existindo já no meio em grande quantidade, não se oppõe pela sua alcalinidade á continuacção das acções que lhe motivam a produccção: RIDEAL encontra effluentes de fossas septicas contendo 300-400 mgr. de  $\text{NH}_3$  por litro, e o *B. mycoides*, que vulgarmente concorre para a transformacção do azote organico em azote ammoniacal, actua mesmo n'um meio contendo 2‰ de potassa caustica, de uma alcalinidade equivalente a 6<sup>gr.</sup>,6 de

$\text{NH}_3$  por litro, que difficilmente se encontrará nas mais concentradas aguas residuaes.

Portanto poderia concluir-se que quanto maior fosse o tempo de demora do liquido na fossa, e consequentemente a capacidade d'esta, tanto melhor seria o effluente obtido, com respeito á realisação da oxydação futura, e que, se no paragrapho anterior limitámos a demora e a capacidade em questão, foi isso devido exclusivamente a considerações de economia de espaço e de dinheiro.

Esta conclusão seria um erro que convém evitar.

Ha alguns annos já, DUNBAR, entre outros autores, affirmava que, para a oxydação ulterior, a formação de ammoniaco não tem a importancia que primitivamente se lhe dava; a nitrificação não constitue todo o processo biologico de oxydação, mas, quando mesmo o constituisse, seria de notar que não são os germens de WINOGRADWISKY os unicos agentes nitrificadores; se esses germens só nitrificam o ammoniaco, ha outros que só nitrificam o azote organico, e realisam a oxydação muito mais rapidamente do que aquelles. Além d'isso, accrescenta DUNBAR, a mineralisação do enxofre organico que se produz nas fossas está longe de ser vantajosa; o enxofre saí, geralmente, ou como gaz  $\text{H}_2\text{S}$  dissolvido no liquido do qual se liberta facilmente quando este passa exposto ao ar em camadas pouco altas, dando maus cheiros, ou como sulfureto de ferro, em pequenos flócos, que vái prejudicar os materiaes filtrantes e que é mais difficil de oxydar do que o enxofre organico. E DUNBAR affirmava ainda que a passagem por fossa septica faz baixar o poder de fixação das substancias da agua residual ao material filtrante.

A fermentação não facilita, antes difficulta, pois, a ulterior oxydação das substancias do liquido, conclue DUNBAR.

Os autores inglezes conservaram-se durante algum tempo ainda na primitiva opinião, opposta á de DUNBAR, fundando-se nos resultados da pratica: deitando sobre leitos bacterianos semelhantes uma agua de esgoto bruta e a mesma agua depois

de passagem por fossa septica, notavam que os leitos suportavam n'este segundo caso doses de liquido muito mais consideraveis do que no primeiro, sem que o seu funcionamento fosse prejudicado.

Mas não é assim que se deve resolver o problema. A estada em fossa faz desaparecer do liquido a maior parte da substancia suspensa e uma parte não desprezivel da materia dissolvida; portanto empobrece-o em substancia oxydavel, diminuindo muito o trabalho que o leito tem que desempenhar, e notadamente impede que a impermeabilisação n'este appareça com a rapidez com que apparecerá n'um leito a que se lance um liquido bruto, rico em materias suspensas. Mas isto não prova que a materia do liquido fresco seja *qualitativamente* mais difficilmente oxydavel do que a materia fermentada.

E estas considerações levaram DUNBAR a fazer as experiencias com aguas de esgoto de caracter domestico, comparando o effluente da fossa septica não já com a agua de esgoto bruta, mas sim com agua de esgoto não fermentada liberta da maior parte das suas materias suspensas; e, em Hamburgo, verifica que, com liquido n'estas ultimas condições, pôde encher diariamente seis vezes os leitos bacterianos, conseguindo bons resultados para os effluentes d'estes, ao passo que os effluentes dos leitos deixam a desejar logo que se vái além de dois enchimentos por dia com liquido sahido da fossa septica.

Em Inglaterra, as experiencias foram finalmente orientadas n'este sentido e, depois de um anno de observações e analyses em Dorking, Richards, chimico da *Royal Commission*, chega á conclusão de que, para o caso de uma agua de esgoto domestica, o effluente das fossas septicas não é mais facilmente oxydavel do que os effluentes das fossas de sedimentação ou de precipitação chimica.

Os resultados das experiencias de Dorking concordam com os anteriormente obtidos por PLATT em Rochdale, por HARRINSON em Leeds, por CAMPBELL em Huddersfield, e por WIKE e

HARWORTTE em Sheffield, para aguas de esgoto contendo quantidades mais ou menos notaveis de liquidos residuaes de industrias (1).

Chegamos, pois, á conclusão de que o facto de um liquido residual se apresentar fermentado não favorece a futura oxydação e talvez mesmo a prejudica.

A fossa septica convém apesar de tudo, dir-se-á, porque consegue uma reduccão notavel de volume das lamas (reduccão que se não obtém com a sedimentação ou a precipitação chimica) e dá um effluente que, senão pela sua composição qualitativa, ao menos pela sua composição quantitativa, é mais facil de tratar do que a agua residual bruta, mais concentrada e rica de materias suspensas.

Ora isto é verdade, mas só dentro de certos limites, emquanto o liquido não excede um certo grau de fermentação; com effeito, além d'este, já não ha a discutir se o liquido fermentado é mais ou menos conveniente do que o fresco para soffrer a oxydação, porque esta se torna impossivel ou muito difficil por virtude da acção toxica que o liquido, assim *super-septicisado*, exerce sobre os germens oxydantes; então torna-se, naturalmente, mais facil de tratar o proprio liquido residual bruto.

MONCRIEFF, em Caterham, com uma agua de esgoto contendo 180 mgr. de chloro por litro, procurava achar qual o ponto a que devia ser levada a producção do ammoniaco para maior conveniencia da futura transformação em nitratos. Para isso, fazia subir o liquido n'um tanque de 6<sup>m</sup>,10 de comprido  $\times$  3<sup>m</sup>,05 de largo  $\times$  1<sup>m</sup>,52 de altura, no qual empilhára pre-

---

(1) Certos liquidos residuaes, como os produzidos por fabricas de cerveja, de assucares, etc., ricos em hydratos de carbono, pela estada em fossa não se enriquecem em ammoniaco, mas pelo contrario tornam-se acidos; e essa acidez, como DUNBAR já ha muitos annos faz notar, torna o liquido fermentado mais difficil de oxydar nos leitos bacterianos do que o liquido fresco.

viamente 400 potes de barro, com a bocca para baixo, fixos por pêsos collocados em cima; as condições anærobias eram excellentes, os germens multiplicados activamente estavam bem em contacto com o liquido, e as fermentações eram intensas. O effluente obtido ao fim de um dado tempo, contendo, em mgr. por litro, 1.260 de solidos dissolvidos, 53 de azote organico, e 350 de ammoniaco, não soffria já, porém, de modo algum, a nitrificação, e era altamente toxico para os germens oxydantes. A sua diluição por alguns volumes de agua commum tornava possivel, comtudo, uma futura nitrificação efficaz e activa.

O *Massachusets Board of Health* affirma tambem que se verificou em Andover (E. U. A.) que o tratamento septico quando levado muito longe torna o liquido residual muito difficilmente nitrificavel.

No seu relatorio de 1908, a *Royal Commission* perfilha esta opinião, que lhe foi apresentada por varios autores, e faz notar que não é unicamente o augmento exaggerado de ammoniaco que prejudica as futuras acções oxydantes, mas tambem a accumulção de outras substancias, taes como o hydrogeneo sulfurado, cuja quantidade sóbe consideravelmente no liquido conservado em fossa septica durante um tempo muito prolongado (1).

Tudo o que fica dito mostra-nos que, se o tratamento

---

(1) Já vimos que o hydrogeneo sulfurado, combinando-se com o ferro e outros corpos no interior da fossa, leva á formação de lama supplementar difficilmente decomponivel.

E é ainda precisamente o hydrogeneo sulfurado a causa de uma espessa camada escura formada pelo desenvolvimento de certos organismos á superficie dos leitos bacterianos que recebem effluentes septicos superfermentados. Estes organismos são *sulfo-bacterias* de varias especies que para prosperarem exigem simultaneamente ar e  $H_2S$ ; ora a superficie dos leitos a que afflue o liquido fermentado é altamente conveniente sob esse ponto de vista e, por isso, essas bacterias tomam por vezes um desenvolvimento tão notavel que pôde prejudicar o funcionamento dos leitos.

anærobio é realizado como phase preparatoria do tratamento biologico ærobio, o effluente das fossas septicas não deverã ter soffrido um grau illimitado de hydrolyse, para que não exceda uma certa riqueza em ammoniaco (1) e em outros corpos, a menos que se queira fazer a sua neutralisação parcial por acidos ou a sua diluição sufficiente pela addição de agua. (A diluição pela massa de agua de rios muito caudalosos ou de favoraveis correntes maritimas, quando a uns ou a outras possam ser lançados directamente os effluentes das fossas septicas, faz com que n'estes casos a hydrolyse possa ser levada muito longe sem inconveniente para as acções oxydantes que n'esses meios naturalmente se realisam).

Mas a neutralisação por acidos, como a diluição por grandes massas de agua, é um processo pouco pratico; melhor será impedir, quando possivel, que cheguem a produzir-se esses liquidos residuaes excessivamente alcalinos e ricos em ammoniaco, acido sulfhydrico e outras substancias nocivas para os germens.

Portanto concluimos que:

1.º A fossa septica não será utilizada quando á terminação dos esgotos chega um liquido que contém já ammoniaco ou hydrogeneo sulfurado além do limite compativel com as acções nitrificadoras. Isto poderá acontecer não só para as aguas de esgoto algum tanto concentradas que tenham feito um muito longo trajecto nos esgotos e em que a hydrolyse se tenha já realizado sobre a maior parte das substancias do liquidó, mas tambem, em casos de não muito grande extensão de esgotos, para as aguas residuaes concentradas em excesso, de cidades pouco providas de agua (2).

2.º Nos casos em que a agua residual ao chegar á terminação dos esgotos não tem attingido (como é a regra), pelo

---

(1) Veremos quanto tratamos das acções nitrificantes qual a quantidade de ammoniaco quo não deverã ser ultrapassada.

(2) Principalmente se no esgoto se lançam liquidos industriaes alcalinos ricos de  $H_2S$  ou ammoniaco (é o caso de Coimbra).

ammoniac, acido sulphydrico, etc., o limite permittido, a capacidade da fossa septica nunca deverá ser por tal fórma grande que o tempo que n'ella se demora o liquido residual leve este a uma *supersepticisação*.

g) Diaphragmas transversaes no interior das fossas septicas e sua influencia sobre os resultados do tratamento

Ao passo que alguns autores recommendam o uso de diaphragmas transversaes que incompletamente dividam a fossa septica em varios compartimentos communicantes, outros autores são em absoluto contrarios ao seu emprego.

Os primeiros teem em vista, com estes diaphragmas, amortecer a corrente e favorecer a deposição das materias suspensas; além d'isso, diz CALMETTE, sem estas separações a agua de esgoto dispõe-se segundo a densidade e riqueza em substancias suspensas, por camadas horizontaes sobrepostas, das quaes as mais superficiaes e as profundas se renovam muito mais lentamente do que a que fica á altura das secções interiores dos canaes de entrada e de sahida, porque entre estas se estabelece de preferencia a corrente.

Mas, quanto ao affirmar o amortecimento da corrente, nota BEZAULT, póde dizer-se que isso é uma heresia; com effeito, os diaphragmas, reminiscencia das antigas fossas de sedimentação e précipitação chimica, dão, pelo contrario, uma maior impetuosidade á corrente do liquido, visto que este, em vez de ter para passagem toda a secção da fossa, apenas tem  $\frac{1}{3}$  ou  $\frac{1}{4}$  d'ella e é obrigado a percorrer no mesmo tempo um muito maior caminho, porque, em logar de atravessar a fossa em linha recta ou quasi, a atravessa formando grandes curvas. Ora, sendo as camadas liquidas mais movimentadas, a fermentação é menos activa e a deposição das materias não póde ser favorecida.

Os diaphragmas reteem, sim, mecanicamente as materias

suspensas e principalmente as fluctuantes; mas, por isso, impedem que estas se espalhem uniformemente por toda a fossa: Nos primeiros compartimentos fica retida a maior parte d'estas materias leves, formando um *chapeu* espesso, por vezes talvez em excesso; nos ultimos, pelo contrario, a camada fluctuante forma-se mal, ou falta mesmo por completo, o liquido deixa de ser protegido, e a acção bacteriana é fraca (e isso explica, em parte pelo menos, que CALMETTE recolha menos gazes nos ultimos compartimentos da fossa do que nos primeiros).

E, acrescenta ainda BEZAULT, não se deve evitar no liquido a formação de camadas sobrepostas segundo a densidade. Se a camada que fica á altura da sahida é a que mais rapidamente se renova, tanto melhor, porque a altura escolhida para a sahida do liquido é já propositadamente aquella que corresponde á camada de densidade e de condições mais convenientes para a realisação da depuração futura.

É um contra senso obrigar as differentes porções de liquido, as que contem poucas materias suspensas e as que contem muitas, a percorrer no mesmo lapso de tempo a mesma distancia.

E não é razoavel fazer com que o liquido de uma zona de densidade media, pouco rica em materias suspensas, passe aternativamente junto á superficie e ao fundo, misturando-se com o liquido das outras zonas de densidade differente; evidentemente, ao passar nas zonas inferiores mais concentradas, o liquido não póde deixar de se conspurcar, e poderá acontecer que á sahida dos ultimos compartimentos venha peor do que era nos primeiros.

O melhor, pois, será deixar os phenomenos de solubilisação por fermentação operar livremente e regular espontaneamente a disposição do liquido na fossa segundo a sua densidade.

A maior parte dos autores tende a pôr de lado os diaphragmas. Não se póde negar que CALMETTE tenha obtido com elles

effluentes muito pobres em materia suspensa. Mas é fóra de duvida que esses diaphragmas terão, então, mais concorrido para favorecer acções physicas de decantação do que as acções bacterianas, que terão sido antes prejudicadas.

h) As acções de desnitrificação nas fossas septicas

Por vezes faz-se voltar ás fossas septicas parte do seu effluente depois de nitrificado por estada em leitos bacterianos, misturando-o com o liquido existente na fossa. Os nitratos são reduzidos a nitritos e estes destruidos com perda de azote: mas, em resultado d'esta *desnitrificação*, produz-se oxygeneo que vae servir para a combustão de parte das substancias organicas da mistura, a qual nos leitos bacterianos soffrerá uma oxydação muito mais intensa do que a que soffrera o previo effluente da fossa, não adicionado de liquido nitrado.

Estas acções desnitrificadoras, se bem que realisadas facilmente nas condições anærobias, serão estudadas com maior desenvolvimento mais tarde, depois de serem conhecidas as acções aerobias de nitrificação, que necessariamente as precedem. Veremos como a desnitrificação se póde produzir no solo e nos leitos bacterianos, umas vezes contra, outras vezes de accordo com a nossa vontade, prejudicando ou favorecendo a realisação da depuração provocada.

3'') **Critica de algumas opiniões de detractores das fossas septicas habituaes. Effeitos obtidos pelo uso de fossas propostas para as substituir. Ames Tank, Hydrolytic tank**

Em presença do que fica exposto, parece amplamente demonstrado que, se as fossas septicas não dão um liquido qualitativamente mais oxydavel do que a agua de esgoto fresca

e se não destroem completamente as materias depositadas, como CAMERON pensava, dão comtudo um effluente de composição media e mais facil de tratar do que a agua de esgoto bruta, pela menor abundancia em materias suspensas e em materia organica, e trazem ás lamas uma reduçãõ notavel de volume, não só por effeitos de condensação, mas tambem por effeitos de digestão biologica.

Se é certo, pois, ter-se durante algum tempo exaggerado muito a obra que as bacterias são capazes de realizar em condições praticas e n'um tempo relativamente curto, é certo tambem que não se pôde licitamente sustentar que as fossas septicas actuem apenas como fossas de sedimentação. A realidade de activas acções biologicas foi posta em relevo em tantas installações, pela formação tão apreciavel de gazes e pelas analyses comparadas do affluente e do effluente da fossa, mostrando a destruição do azote organico com a concomitante formação de ammoniaco, etc., que não devemos de modo algum enfileirar ao lado dos autores que teimam em negar a existencia da biolyse. E, se não nos é permittido duvidar da boa fé e da sinceridade dos dizeres d'estes autores, podemos, comtudo, procurar saber se não se achará a explicação da sua opinião contraria á nossa no vicioso das condições em que elles tenham feito as suas observações ou experiencias.

a) **Conclusões erroneas por virtude de colheita defeituosa das amostras para analyse**

Em primeiro logar, notemos que na apreciação dos resultados da digestão e sedimentação dos solidos pôde haver erro importante, dependente do modo defeituoso de colher ás amostras. Com effeito, á fossa chegam corpos volumosos fluctuantes — papeis, palhas, escrementos — que não são em geral recolhidos para analyse do affluente; entram na fossa e abi se desintegram em parcellas, das quaes uma parte se dissolve,

gazeifica ou deposita, e outra se conserva em suspensão, sendo á sahida do liquido recolhida com elle e contada na analyse. D'esta fórma, se no affluente as materias fluctuantes volumosas são em relativa abundancia, não entrando com ellas no calculo das materias solidas a desintegrar, póde acontecer que se chegue ao resultado absurdo de, apesar das acções realisadas na fossa septica, encontrar no effluente mais materias suspensas do que as que no affluente se contavam.

Para evitar este erro tão grosseiro, é conveniente produzir mecanicamente a divisão das substancias volumosas do affluente á fossa quando se queiram colher amostras para analyse.

#### b) Adaptação das fossas de sedimentação ou de precipitação a fossas septicas

Ha toda a conveniencia em não esquecer que muitas fossas septicas são apenas a adaptação, mais ou menos imperfeita, de antigas bacias de sedimentação ou de precipitação chimica (é o que acontece em Manchester, Birmingham, Accrington, Salisbury, na Inglaterra, e em Wilmesdorf e na maior parte das installações allemãs), nas quaes frequentemente se não vêem realisadas nem as condições de capacidade e superficie convenientes, nem a boa disposição e marcha do liquido a tratar.

#### c) Experiencias e opinião de DZERGOWSKI

Outras vezes as fossas, ainda que construidas propositadamente, tem pormenores de construcção que tornam defeituoso o seu funcionamento.

É o caso da fossa septica de Tsarkø-Sélo, onde são recebidas, quasi apoz a sua rejeição, as aguas residuaes provenientes do palacio imperial e da casa dos guardas, em que

habitam 300 pessoas, e os liquidos sujos de uma lavandaria annexa.

Esta fossa fechada, de  $40^m3,243$  de capacidade, com  $8^m,464$  de comprimento  $\times 2^m,406$  de largura  $\times 1^m,98$  de altura, e tendo dois diaphragmas transversaes partindo da superficie e não tocando o fundo, serviu a DZERGOWSKI para fazer duas séries de experiencias, a primeira de dezembro de 1902 a outubro de 1903 (308 dias) e a segunda de outubro de 1903 a agosto de 1905 (662 dias); nos resultados obtidos, funda se o autor citado para negar ás fossas septicas valor apreciavel com respeito á hydrolyse das substancias. Mas vamos vêr que estas experiencias não podem ser razoavelmente apresentadas para combater as fossas septicas.

Quando da primeira série de experiencias, a demora do liquido na fossa era de trinta horas, quando da segunda série apenas de vinte e quatro; ora, para um liquido levando materias quasi no estado fresco, este tempo é evidentemente muito pequeno para que uma boa desintegração se possa realizar. DZERGOWSKI usava, ultimamente, um tambor dotado de movimento rotatorio rapido para fragmentar as substancias — materias fecaes, papeis, etc. — e leval-as a um estado de emulsão homogenea; mas, ainda assim, o meio não deixaria de ser concentrado em substancias organicas mais do que o conveniente para a actividade dos germens.

Durante as primeiras experiencias a fossa tinha acima do liquido um espaço livre onde os gazes se podiam accumular, mas para estes faltava uma sahida; quando das segundas experiencias, o proprio espaço livre foi supprimido, a cobertura da fossa passou a estar rente ao liquido e, portanto, os gazes não podiam mesmo libertar-se d'este. Em qualquer dos casos, a dissolução dos gazes no liquido não podia deixar de concorrer para intoxicar as bacterias e diminuir-lhes a acção.

A affluencia dos liquidos da lavandaria, alcalinos em excesso, fazia-se irregularmente, e por vezes de modo muito brusco; ora um facto d'estes, no caso de uma fossa de tão pe-

quenas dimensões, por certo havia de prejudicar-lhe muito o funcionamento, perturbando a fermentação anærobia.

Finalmente, os dois diaphragmas transversaes, pela fórma porque estavam dispostos, sem qualquer outro que partisse do fundo, faziam com que junto a este se estabelecesse uma corrente que levantava as substancias que tendiam a precipitar, e assim as materias putresciveis, sabindo da fossa, escapavam á fermentação que d'outro modo soffreriam.

Mas deve dizer-se que, apesar de todas as condições defeituosas da fossa de Tsarkœ-Sélo, os resultados das analyses, se testemunham um mau funcionamento, não justificam completamente as conclusões de DZERGOWSKI, de «que a fossa septica não faz soffrer senão modificações pouco notaveis ás materias que polluem as aguas de esgoto e que o seu principal papel é o de separar as particulas organicas em suspensão».

As analyses, com effeito, mostram que cada litro de agua de esgoto ao atravessar a fossa perde 28<sup>mgr.</sup>,87 de materia organica e 4<sup>mgr.</sup>,95 de azote e ganha 4<sup>mgr.</sup>,30 de ammoniaco.

#### d) Experiencias e opiniões de ROUCHY

Em seguida a experiencias de tratamento de agua de esgoto levadas a effeito no Jardim Modelo da cidade de Paris, em Asnières, tendo notado que as acções de fermentação eram pouco intensas na fossa septica ahi construida, ROUCHY affirma que o *septic-tank*, se póde por vezes ter alguma utilidade, está comtudo longe de realisar as condições mais convenientes para a destruição das lamas depositadas e para a obtenção de um liquido facilmente depuravel em leitos bacterianos ou no solo.

Segundo ROUCHY, o facto das lamas estarem nas fossas septicas cobertas de liquido e completamente ao abrigo do ar não favorece, antes difficulta muito, as acções de putrefacção, impedindo a intervenção auxiliar importante de ærobios fa-

cultativos. E, em apoio d'este modo de vêr, o mesmó autor lembra que:

1.º Nas fossas fixas ventiladas e no ar, a putrefacção é mais intensa do que nas fossas fixas não ventiladas e na agua.

2.º Nas experiencias de MOURAS, a *vidangeuse automatique* não produzia gazes quando hermeticamente fechada, mas estes libertavam-se abundantemente se se deixava o reservatorio aberto.

3.º Nas experiencias de laboratorio, a producção de gazes é muito menor e a putrefacção muito menos rapida nos frascos cheios d'um liquido putrescivel e fechados do que nos frascos meios de egual liquido e desrolhados.

4.º Os cadaveres decompõem-se tanto mais depressa quanto menos hermeticamente fechados se encontram no caixão, quanto menos longe da superficie este fica enterrado e quanto mais poroso é o solo: No cemiterio de S. Nazare, em terreno impermeavel e compacto, os corpos conservavam-se indefinidamente; mas, agora, desde que foram abertos canaes para a circulação do ar, os cadaveres consomem-se normalmente.

O repouso em que as lamas se encontram na fossa não favorece tambem a desintegração, diz ainda ROUCHY. As acções solubilizantes e gazeificantes seriam muito mais activas se, pelo movimento do conteúdo da fossa, puzessemos os corpos a dissolver em mais intimo e renovado contacto com os fermentos e germens microbianos. E o movimento não prejudicaria estes, visto como para o microbio que pesa uma millio-nesima de milligramma a agitação da massa liquida em que se encontra deve ser tão indifferente como para esta é o movimento da terra (DUCLAUX). Ora, no caso das fossas, «se remexermos os depositos para renovar as superficies de contacto, se augmentarmos a velocidade da corrente, apressaremos a gazeificação, mas a agua de esgoto não ficará sufficientemente decantada».

Além d'isso, diz ROUCHY, nas fossas septicas a fermentação que chegue apesar de tudo a realisar-se não é em pura vantagem; porque, se consegue a destruição de uma pequena

parte de substancia organica, faz passar ao liquido, e dissolve n'este, productos toxicos de decomposição, que tornarão, pela sua presença, a futura oxydação mais difficil do que seria a do liquido simplesmente decantado.

Por tudo isto, ROUCHY desejaria que, para as aguas de esgoto de systema unitario como as de Paris, em vez da fossa septica, se usasse uma série de bacias de decantação nas quaes a agua de esgoto, pelo facto de ter pouca demora, não se carregaria de productos toxicos. Quanto ás lamas depositadas seriam evacuadas com intervallos variaveis, segundo o seu volume, e lançadas n'uma bacia á qual se dirigiria agua já depurada, nitrificada e rica em oxygeno; far-se-ia uma agitação grande da massa, deixar-se-iam depositar as materias não dissolvidas e decantar-se-ia a agua, agora conspurcada de novo, mas em todo o caso muito menos impura do que a agua de esgoto; repetir-se-ia varias vezes esta mistura e agitação com liquido já depurado, até que, como lamas ficassem quasi exclusivamente as materias mineraes, faceis de transportar e inoffensivas. Quanto ao liquido decantado da bacia das lamas, seria lançado em grandes quantidades a leitos de oxydação.

«Realisar-se-iam, assim, estas duas condições — arejamento e renovação das superficies de contacto — indispensaveis para uma dissolução rapida das materias organicas, que não é permittida pelo funcionamento do *Septic-tank*, tal qual hoje se concebe».

ROUCHY tem razão quando affirma que a dissolução das substancias resultantes da decomposição das lamas prejudica o liquido, tornando-o toxico; já por varias vezes nos temos referido a esse ponto, e vimos que o effluente de bacias de sedimentação parece ser, pelo menos, tão facilmente depuravel como o das fossas septicas; mas estas ficam superiores áquellas com respeito á redução do volume das lamas depositadas, redução que se faz não só por condensação, mas tambem por digestão biologica, digestão notavel apesar do que ROUCHY

affirma. Se na fossa de Asnières esta digestão não se manifestava de modo apreciavel e a accumulacão de lamas se fazia rapidamente, como n'uma simples fossa de sedimentacão, isso seria, por certo, mais devido a defeitos da construcção (a fossa de superficie quadrada,  $8^m,40 \times 8^m,05$ , não era precedida por fossa de detricos) e do modo de regular-lhe o funcionamento do que á necessidade de arejamento do deposito.

Com effeito, não só a pratica nos mostrou que a digestão se produz anæroscopicamente nas fossas em boas condições, como tambem os factos de observacão e experimentaes apresentados por ROUCHY não mostram a necessidade da intervençãõ de germens aerobios.

É natural pensar que se no conteúdo das fossas fixas não ventiladas e da fossa septica de MOURAS bem fechada, nos liquidos contidos em vasos cheios e rolhados, e nos cadaveres do cemiterio de S. Nazare antes da permeabilisacão do solo, a putrefacção era pouco intensa, não se deve ver a causa d'isso na ausencia completa de ar, mas de preferencia na impossibilidade de sahida dos gazes que n'essa putrefacção se formavam. Estes gazes, accumulando-se, exerceriam a sua acção toxica sobre os germens a que deviam a existencia, oppondo-se á continuacão da sua actividade e á manifestacão de mais pronunciados effeitos. É o que sabemos que acontece nas fossas septicas em más condições, nas abobadadas quando não ha valvulas convenientemente dispostas para a sahida dos gazes, e tanto nas abobadadas como nas descobertas quando a camada fluctuante, demasiado espessa e compacta, impede a fuga dos gazes que se dissolvem no liquido, augmentando-lhe notavelmente a toxidez. Pelo contrario, quando os gazes encontram sahida á medida da sua producção, as acções de desintegração anærobia são muito apreciaveis nos seus effeitos. Isto não quer dizer que os germens aerobios não possam actuar, e com vantagem, á superficie do liquido, sobre as materias fluctuantes (notadamente sobre as gorduras que são mais rapidamente decompostas por elles do que pelos germens anærobianos), mas mostra que, para que activamente se dê a putre-

facção das substancias depositas, basta perfeitamente a acção anærobia dos germens que se encontram no fundo das fossas.

Com respeito á pretendida utilidade do movimento a dar ao liquido que contém as substancias a desintegrar, direi que, se a agitação pôde facilitar uma fragmentação, divisão e dissolução por acção puramente physica, não parece que deva favorecer as acções solubilizantes e gazeificantes de natureza biologica. Com effeito, mesmo quando não se queiram admitir as conclusões de WERNICH, que vê na agitação uma causa de morte para os germens, a pratica mostra-nos que a fermentação é mais activa quando o repouso existe: é o que se verificou em Columbus, em cujas fossas em começo de funcionamento a actividade biologica se manifestava tanto mais depressa quanto mais completo era o socego em que o liquido se encontrava; é o que se conclue tambem das experiencias de FAVRE, em Hamburgo, e de CALMETTE, em Madeleine, que mostram que substancias volumosas se desintegram mais rapidamente na fossa do que em agua de esgoto corrente com maior rapidez; é, ainda finalmente, o que mostram os maus resultados adeante apresentados obtidos pelo uso do AMES TANK, no qual o movimento e arejamento do conteúdo se fazem com curtos intervallos.

É muito discutivel que o arejamento e a movimentação das lamas, tal como os quer ROUCHY, deem resultados aproveitaveis. A agua depurada, pelo oxygeno que contém dissolvido e pelo oxygeno que os nitratos libertariam por desnitrificação, poderia dar logar até certo ponto a acções oxydantes das substancias. Mas só com a occupação de muito espaço e com gasto de muito tempo se poderia fazer desaparecer a maior parte da substancia organica das lamas por um processo tão pouco pratico como o que ROUCHY propõe. E, depois, seria necessario ainda seccar e enterrar, ou fazer desaparecer de outro modo, a lama restante rica em substancias mineraes; o que se faria com relativa facilidade, mas que exigiria, comtudo, ainda, algum espaço e tempo.

e) Resultados do emprego do Ames Tank.  
Antiga opinião de Dunbar

No AMES-TANK — a que me referi a pag. 65 — em que ha evacuação intermitente do liquido, com introdução de ar a cada descarga, existem condições de semi-anærobiose que, a terem fundamento as opiniões de ROUCHY, deveriam permittir melhores resultados do que os obtidos. A digestão dos solidos deixa muito a desejar; para os 182<sup>m3</sup> tratados diariamente, obteem-se, ao fim d'um mez, lamas que enchem 6 a 8 carros de mão. O effluente da fossa é rico em materias suspensas e impermeabilisa rapidamente os leitos bacterianos a que é lançado.

A evacuação rapida do liquido tratado era tambem feita rapidamente nas primitivas experiencias de THUMM e DUNBAR, em Hamburgo.

DUNBAR a esse tempo não reconhecia utilidade á passagem pela fossa septica como tratamento biologico. Hoje, porém, pelo contrario, concorda já em que pelo emprego da fossa septica se consegue fazer desapparecer uma importante quantidade de lamas e que as que restam são pouco ricas em agua e pouco putresciveis.

f) Opiniões de TRAVIS; resultados obtidos pela utilização do seu *Hydrolytic-tank*, em Hampton

Para a escola de Hampton, a depuração das aguas de esgoto é, antes de mais nada, o resultado de acções physicas, tanto nas fossas como nos leitos bacterianos ou no sólo.

Eis o resumo da sua theoria:

A depuração das aguas de esgoto depende da realisação de

um phenomeno inverso d'aquelle que se produz na parte inicial das canalisações, quando as substancias impuras são addicionadas de agua com o fim de facilitar a sua remoção: Nas installações de depuração essas substancias são physicamente separadas do liquido, o qual passa clarificado.

As bacterias existem no liquido, mas ahi teem um papel tão pouco importante como o dos ratos dos esgotos, absorvendo e transformando em tecidos organicos proprios ou em excreta uma proporção insignificante de substancia. A acção dos germens microbianos só se manifesta de modo apreciavel sobre as materias já separadas do liquido por acções physicas, de sedimentação e de attracções moleculares resultantes de contactos com superficies.

Estas acções hyoliticas, ainda que lentas e demoradas e só conseguindo effeitos de destruição de uma pequena parte de substancia, teem por resultado modificar o character do liquido que vae passando; este, com effeito, leva consigo não só as materias que trazia e que d'elle não foram separadas, mas tambem uma quantidade variavel de productos da destruição biologica das materias abandonadas por outras porções de liquido que anteriormente passaram.

No caso do tratamento preparatorio em fossas, não se deve esquecer, diz TRAVIS, que a acção physica constitue o principio fundamental do processo.

Nas fossas de sedimentação vulgares, a acção physica da queda dos solidos suspensos constitue toda a operação util.

Nas fossas de precipitação chimica, essa acção é coadjuvada pela coagulação de uma certa proporção de substancias no estado colloidal, coagulação que é provocada pelos reagentes empregados e que leva á obtenção de lama suplementar (*ultra-sludge*).

Mas, tanto n'umas como n'outras d'estas fossas, se pratica

a evacuação periodica e regular do deposito para manter em bom estado os respectivos effluentes.

Pelo contrario, na fossa septica a lama accumula-se por muito tempo e fermenta, indo não só enriquecer o liquido em ammoniaco, gazes e varios productos soluveis, mas projectar no seu seio, pela acção da força de libertação dos gazes, uma quantidade, variavel mas geralmente grande, de particulas solidas anteriormente depositas. D'esta maneira, a fossa septica é uma fossa de sedimentação em que se contraria a acção physica da queda das substancias; e este esquecimento do objecto essencial da estada em fossa (*tankage*) leva á obtenção de effluentes excessivamente ricos em materias suspensas, e tanto mais quanto maior fôr a quantidade de lama que se deixe accumular.

Por isto é que TRAVIS usa de preferencia o seu *Hydrolytic-Tank* descripto a pag. 65.

Na fossa hydrolytica produz-se a queda dos solidos por gravidade, como nas fossas de sedimentação, e além d'isso a coagulação de materias colloidaes, não por meio de agentes chimicos como nas fossas de precipitação, mas por contacto com superficies de numerosas placas de vidro (1). Tanto a lama propriamente dita, resultante da deposição das materias suspensas, como a lama suplementar, resultante da coagulação dos colloides, são, como vimos, evacuadas frequentemente, e emquanto se demoram na fossa estão separadas da maior parte da massa liquida por planos que impedem até certo ponto que a fermentação, quando começada, leve á projecção ascendente de particulas solidas.

---

(1) Esta coagulação de colloides é tambem produzida pelas superficies de contacto que o liquido encontra nas fossas de sedimentação e de precipitação chimica; mas estas superficies são tão reduzidas que a coagulação a que dão origem é desprezivel praticamente, em comparação da que se produz nas fossas hydrolyticas.

A theoria não biologica de TRAVIS não se distingue tanto da theoria biologica quanto á primeira vista pôde parecer. Com effeito, os partidarios d'esta ultima theoria, se bem que affirmando que as proprias substancias dissolvidas soffrem de modo apreciavel a acção das bacterias (o que é exacto como vimos a pag. 99), concordam geralmente em que é sobre as materias separadas do liquido que o poder biologico mais intensamente se manifesta — nas fossas, sobre as lamas, levando como sabemos, á redução na sua quantidade; nos leitos bacterianos e no sólo, como veremos, sobre as materias fixadas pelos elementos filtrantes, cujo poder fixador regenera.

Mas dar na depuração das aguas de esgoto a maior importancia á acção não biologica de retenção das substancias solidas suspensas ou dissolvidas, esquecendo quasi por completo a acção biologica, pelo menos como acção aproveitavel, não é razoavel.

A agua de esgoto é uma somma de duas parcellas — agua e substancias residuaes suspensas ou dissolvidas. Depurar a agua de esgoto não consiste apenas, como TRAVIS pretende, em separar as duas parcellas — a agua d'um lado, as substancias residuaes do outro; mas consiste tambem, é principalmente, na destruição d'estas substancias.

Além d'isso, os germens não interveem só regenerando o poder fixador das superficies de contacto, pela destruição das materias fixadas. O proprio facto da fixação depende em grande parte da acção biologica; com effeito, é muito menos notavel quando se faz a esterilisação das superficies.

Na fossa hydrolytica é fóra de duvida que se estabelecem condições favoraveis ao consegimento de um effluente pobre em materias suspensas e em substancias no estado colloidal, impedindo por um lado a real projecção de particulas solidas no seio do liquido, e favorecendo por outro a coagulação dos colloides; e por isso o effluente obtido é sob esse ponto de vista muito superior ao effluente das fossas septicas.

Mas não se pôde substituir a fossa hydrolytica á fossa

septica. Em primeiro lugar, porque o *hydrolytic-tank* tal como TRAVIS o apresenta é um aparelho complicado e muito mais dispendioso na construção e no funcionamento do que o *septic-tank*. Em segundo lugar, porque aquelle, em virtude das frequentes evacuações do deposito, não obtém a real redução na quantidade de lamas que este ultimo consegue.

O que se poderia talvez fazer com vantagem e sem grande despeza seria adoptar para as fossas sépticas planos separadores como os que na fossa de TRAVIS existem entre as lamas e a maior massa de liquido.

Mas, tal como é, a fossa septica continuará a ser usada com bons resultados em muitos casos. Quaes estes sejam ver-se-á adeante, quando estabelecermos comparadamente as indicações dos varios processos de tratamento preliminar — sedimentação, precipitação chimica e passagem por fossa septica.

#### 4) Papel das fossas septicas na depuração bacteriologica das aguas de esgoto

O effluente das fossas septicas não é, em geral, menos rico de germens do que era o affluente; pelo contrario, nota-se quasi sempre que a passagem pela fossa traz ao liquido um augmento notavel no numero das suas bacterias.

Nótemos, porém, que, segundo a opinião corrente, a haver multiplicação de germens, esta só incide sobre os vulgares saprophytas, uteis não só para a depuração chimica, mas tambem para a depuração bacteriologica, visto que concorrem na fossa para a destruição das bacterias pathogenicas, as unicas verdadeiramente a temer.

Qual seja o grau que esta destruição attinge para cada especie de germens pathogenicos é que ainda não está bem estabelecido; em todo o caso deve dizer-se que é muito menor do que o supposto por CAMERON, que acreditava que a passagem

por fossa septica levava ao desaparecimento completo de agentes perigosos.

O *bacillo da cholera* não resiste, segundo CALMETTE, a uma estada de mais de 12 horas na fossa. Comtudo, DUNBAR affirma que este germen pôde ahi conservar-se vivo durante 33 dias.

O *bacillo typhico*, que n'algumas experiencias de CALMETTE parecia ser destruido nas mesmas condições que o choleric, aparece a este autor, ulteriormente, como podendo resistir, por vezes, por mais de 24 horas em fossa septica.

As observações feitas em Exeter levaram LAWES e ANDREWS a affirmar que o bacillo typhico soffre por passagem na fossa uma acção tão intensamente destruidora (de que seriam agentes principaes certos germens liquefacientes), que as probabilidades de sobrevivencia lhe ficam muito reduzidas. PICARD, tendo lançado no liquido de uma fossa septica uma emulsão de bacillos typhicos, encontra estes, ao fim de 14 dias, reduzidos a 1% do numero primitivo.

Ora nós sabemos que os bacillos typhicos são pouco abundantes, e que até geralmente faltam, na agua de esgoto bruta (vol. 1, pag. 55), Evidentemente, podem chegar a esta, originarios, por exemplo, dos excreta dos typhosos, mas não se desenvolvem, porque as condições realisadas na agua residual não os favorecem na sua vitalidade: HORBACKS verifica que, ao passo que em agua de esgoto previamente esterilizada o bacillo typhico se pôde manter por mais de 60 dias, na agua de esgôto commum, em concorrência com outros germens, morre ao fim de 14 dias.

N'estas condições, comprehende-se que a passagem do liquido residual por fossa septica seja sufficiente para o expurgar dos poucos germens typhicos que n'elle porventura se encontrem. Suppondo, porém, que, por qualquer acaso, o bacillo typhico subia em quantidade e apparecia na agua de esgoto affluente á fossa nas elevadas proporções que o coli

atinge, é natural pensar que, então, a sua destruição não seria completa e que, como o coli, elle se encontraria ainda no effluente da fossa. Mas é claro que, em todo o caso, sempre como o coli, o typhico não seria multiplicado, mas sim reduzido em numero, pela passagem por fossa septica.

O *bacillo coli*, se bem que bastante abundante no effluente da fossa, (vinte mil por c. c. na instalação de Madeleine), encontra no interior d'esta condições que lhe são prejudiciaes.

BOYCE, n'uma serie de observações, via a media de coli por c. c., que era na agua de esgoto bruta de 5.011, descer a 2.130 e a 2.099, respectivamente no effluente da fossa septica aberta e no da fossa septica fechada. Outra série de observações mostrava-lhe uma baixa de 45.600 coli por c. c. da agua residual bruta para 3.433 coli por c. c. do effluente da fossa; e, se fazia o liquido demorar-se 2 dias no reservatorio, o numero de coli descia para 2.025 por c. c.

Em Guildford, RIDEAL vê o numero de coli descer de entre 1 e 10 milhões por c. c. (na agua de esgoto bruta) para 100.000 a 1.000.000 por c. c. (no effluente da fossa septica).

DUNBAR affirma que uma baixa de 40 a 50 % no coli é devida á sedimentação que este germen, como os outros, soffre na fossa.

O *bacillus enteritidis sporogenes*, ao contrario do coli, permanece na fossa sem baixa sensivel, variando no effluente d'esta, como no effluente bruto, entre 100 e 1000 por c. c. (RIDEAL).

O *bacillo da tuberculose*, segundo CALMETTE, resiste muito bem á estada em fossa, por virtude da camada cerosa e gordurosa que o rodeia e lhe forma uma protecção efficaz. Comtudo, BEZAULT affiança que este bacillo não resiste mais de um mez á concentração ammoniacal da fossa.

Em resumo, pois, vemos que os germens pathogenicos,

quando não sejam destruidos na fossa de um modo eficaz e completo, não encontram condições que os animem na sua proliferação.

Da persistencia, no effluente da fossa, de grande quantidade de germens e entre elles de alguns pathogenicos, não virá grande mal se estes forem destruidos em ulterior tratamento.

Uma vez mais convém lembrar que geralmente a passagem por fossa septica é apenas uma parte do tratamento biologico, e que na depuração só representa uma phase preliminar e preparatoria, a que se deverá seguir uma phase de oxydação por passagem atravez de solo preparado ou de leitos artificiaes bem arejados. Quando estudarmós esta phase, veremos qual o grau final da exterminação dos germens que se consegue por estes processos biologicos.

Se, por qualquer motivo, nas installações de depuração se não procura a realisação da phase oxydante, e a passagem pela fossa septica constitue todo o tratamento biologico que voluntariamente se provoca, e se se quer obter a inoffensividade bacteriologica do liquido que tem de ser lançado em rios, parques de ostras ou portos de mar, a esterilisação d'elle, ou pelo menos a sua desinfeção sufficiente, póde ser feita pelo emprego de compósitos antisepticos; e isto, agora, em condições muito mais favoraveis do que se se tratasse do liquido residual bruto.

Em alguns casos, mesmo quando se deseja praticar a depuração biologica pelos leitos bacterianos de oxydação, procura-se conseguir a desinfeção do effluente das fossas septicas com o fim de poupar os leitos, ainda que mais geralmente as acções desinfectantes e esterilisantes sejam dirigidas de preferencia contra os germens do liquido effluente dos leitos em questão.

A desinfeção dos effluentes septicos será estudada algumas paginas adeante.

5) Custo comparado da passagem por fossa septica, da sedimentação e da precipitação chimica das aguas de esgoto

A importancia do assumpto leva-me a procurar estabelecer em numeros as relações que, sob o ponto de vista do dispendio pecuniario, mantem entre si os processos que podem ser empregados para o tratamento preparatorio da agua de esgoto com o fim de lhe fazer baixar a riqueza em materias suspensas.

Para isso, servir-me-ei dos elementos fornecidos pela *Royal Commission on Sewage*, no seu relatorio de 1908.

Supporei que se trata uma agua de esgoto de character domestico e de uma concentração media que representarei por 1000; isto é, uma agua de esgoto sem liquidos residuaes de industria em quantidade apreciavel, que exige, por litro, 1000 mgr. de oxygeno dissolvido para a oxydação completa da sua materia oxydavel (1).

Seja 350 mgr. por litro a quantidade de materias suspensas que esta agua de esgoto contém, e seja  $1000^{\text{m}^3}$  o volume medio diario da onda de tempo secco debitada pelos collectores (2);

---

(1) Este numero—1000—que indica mgr. por litro, corresponde ao numero—100—do relatorio inglez, que indica partes por cem mil.

(2) A *Royal Commission* suppõe a onda diaria do tempo secco igual a um milhão de gallões ( $4543^{\text{m}^3,5}$ ). Para maior facilidade de comparação, eu faço os calculos, proporcionalmente, para mil metros cubicos. Note-se que isto pôde trazer um certo erro, porque as despezas com os tratamentos de massas diferentes de liquidos residuaes não se mantem rigorosamente proporcionaes a estas, mas são, na realidade, relativamente mais elevadas quando a quantidade do liquido é pequena do que quando a onda é de volume consideravel. O leitor fica prevenido d'este erro e poderá quasi annullal-o, fazendo o calculo, por facil multiplicação, para cinco mil ou melhor para quatro mil e quinhentos metros cubicos; então, estará muito mais perto do milhão de gallões ( $4543^{\text{m}^3,5}$ ) da hypothese da Commissão Real Ingleza e já poderá sem inconveniente notavel

é claro que as materias em suspensão na onda diaria pesam 350 kilos.

No caso de tratamento chimico, supponhamos que se emprega, de entre os varios precipitantes, o mais frequentemente usado para as aguas de esgoto domesticas — a mistura aluminoferrica, na dose media de 142<sup>mgr.</sup>,6 por litro. Os 1000<sup>m<sup>3</sup></sup> diarios exigirão 142k,6 de reagente, que custarão 1\$420 réis (suppondo que o custo da mistura precipitante é de 9\$965 réis por tonelada); o gasto annual será de 518\$665 réis.

O seguinte quadro indica o numero de horas de demora do liquido nas fossas, a capacidade e o preço de construcção d'estas nos varios casos (1).

Processos preliminares de depuração	Demora do liquido nas fossas, em horas	Capacidade total exigida para as fossas, em m <sup>3</sup> (2)	Preços de construcção das fossas, em réis
Sedimentação quiescente	2	1041,660	6.589\$965
Sedimentação em onda corrente.....	15	833,333	5.063\$055
Precipitação chimica quiescente.....	2	1041,660	6.589\$965
Precipitação chimica em onda corrente.....	8	444,44	3.760\$600
Passagem por fossa septica.....	24	1200	6.823\$265

admittir a proporcionalidade. De resto, desde que nós temos aqui em vista, principalmente, estabelecer o custo relativo dos varios processos e que sobre todos estes por igual recái o erro que possamos cometter quando calculamos para uma onda diaria de 1000<sup>m<sup>3</sup></sup> numeros proporcionaes aos dados pela *Royal Commission* para 4543<sup>m<sup>3</sup></sup>, comprehende-se que este erro vem a ser praticamente indifferente.

(1) Todas as fossas são, na hypothese, de fórmula rectangular e de construcção simples; as fossas septicas são descobertas.

(2) As fossas tem capacidade sufficiente para tratar 3000<sup>m<sup>3</sup></sup> de

No caso do tratamento preparatorio ser o de sedimentação, para calcular qual o peso da substancia solida retida na fossa basta subtrahir dos 350 mgr. por litro (350 kilos por  $1000\text{m}^3$ ) de materia suspensa que o affluente contém o pêsso da materia em suspensão n'um litro do effluente.

Ora este pêsso, é em media, 70 mgr. por litro (70 kilos por  $1000\text{m}^3$ ) ou 100 mgr. por litro (100 kilos por  $1000\text{m}^3$ ), segundo ha quiescencia do liquido ou este passa em onda corrente atravez da fossa. Portanto a lama depositada *pesada no estado secco* será:

com sedimentação quiescente.....	$350 - 70 = 280$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{mgr. por litro} \\ \text{kilos por } 1000\text{m}^3 \end{array} \right.$
com sedimentação em onda corrente	$350 - 100 = 250$	

No caso do tratamento preparatorio ser o de precipitação chimica, é preciso entrar em linha de conta com os pêsos da parte do reagente que precipita e da pequena quantidade de materia organica dissolvida ou no estado colloidal que é arrastada pelo composto chimico (vol. 1, pag. 223); a somma d'estes pêsos pôde estabelecer-se em 50 mgr. por litro (50 kilos por  $1000\text{m}^3$ ) no caso supposto do emprego da mistura alumino ferrica (1).

Portanto, pôde suppor-se que ao entrar nas bacias de precipitação a agua de esgoto hypothetica, com o seu precipitante, contém  $350 + 50 = 400$  mgr. por litro (400 kilos por mil  $\text{m}^3$ ) de materias solidas aptas a depositar. Para calcular a sub-

liquido em tempo de chuva com resultados que podem ser reputados accetaveis.

(1) Esta mistura contém, pouco mais ou menos, 50 % de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Se toda a alumina fosse precipitada pela agua de esgoto, os 142,6 mgr. da mistura precipitante ajuntados por litro (142,6 kilos por  $1000\text{m}^3$ ) dariam approximadamente 20 mgr. por litro (20 kilos por  $1000\text{m}^3$ ) de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  no estado secco.

Para a materia colloidal coagulada e arrastada pelo precipitante calcula-se 30 mgr. por litro (30 kilos por  $1000\text{m}^3$ ): é a lama supplementar.

stancia deixada na fossa temos que subtrahir d'este numero aquelle que representa o pêsso das materias suspensas no effluente: ora, nas condições da nossa hypothese, a *Royal Commission* verifica, depois de muitas experiencias, que a precipitação chimica por 142 mgr.,6 de mistura alumino-ferrica por litro dá um effluente que contém de materias suspensas cerca de 25 mgr. por litro (25 kilos por 1000<sup>m3</sup>) ou de 45 mgr. por litro (45 kilos por 1000<sup>m3</sup>), segundo se recorre, respectivamente, á precipitação quiescente ou á precipitação com onda corrente.

Por isso temos que a lama abandonada *pesada no estado secco* será:

No caso da precipitação chimica quiescente. . . . .	$350 + 50 - 25 = 375$	} mgr. por litro kilos por 1000 <sup>m3</sup>
No caso da precipitação chimica com onda corrente. . .	$350 + 50 - 45 = 355$	} mgr. por litro kilos por 1000 <sup>m3</sup>

No caso de ser adoptada a passagem na fossa septica como tratamento preliminar, é necessario para determinar a quantidade de substancia solida que fica na fossa subtrahir do total das materias suspensas do liquido affluente (350 mgr. por litro ou kilos por milhar de metros cubicos) não só o total das materias suspensas no effluente, mas tambem a quantidade de substancia que soffre destruição no interior da fossa. O effluente contém em media 100 mgr. por litro (100 kilos por 1000<sup>m3</sup>) de materias suspensas. A digestão hydrolytica exerce-se em media sobre 30 % do total das materias suspensas do affluente; no caso supposto, sobre 30 % de 350, isto é, 105 (mgr. por litro ou kilos por 1000<sup>m3</sup>).

Portanto a materia solida da lama que fica na fossa septica pesará no estado secco  $350 - 100 - 105 = 145$  mgr. por litro (145 kilos por 1000<sup>m3</sup>).

Partindo dos numeros dados, e calculando, com a *Royal Commission*, uma riqueza de 90 % de agua para a lama humida, construiremos o seguinte quadro:

Processos preliminares	Deposito nas fossas					
	No estado secco			Com 90 0/0 de agua (1)		
	por litro de liquido, em mgr.	por 1000 <sup>m3</sup> (onda diaria de tempo secco), em kilos	annualmente, em toneladas	por litro de liquido, em mgr.	por 1000 <sup>m3</sup> (onda diaria de tempo secco), em kilos	annualmente, em toneladas
Sedimentação quiescente .....	280	280	102,2	2800	2800	1022
Sedimentação em agua corrente.....	250	250	91,25	2500	2500	912,5
Precipitação chimica quiescente.....	375	375	136,875	3750	3750	1368,75
Precipitação chimica em agua corrente	355	355	129,575	3550	3550	1295,75
Passagem por fossa septica .....	145	145	52,925	1450	1450	529,25

Nem todos os methodos de dispôr das lamaz conveem a todas as especies d'estas; assim é que sabemos que as lamaz das fossas septicas não se prestam á prensagem (vol. I, pag. 235, nota 1). Para os effeitos de comparação escolhâmos,

(1) Para commodidade do calculo, suppõe-se que volumes eguaes de substancia secca e de agua teem pêsos eguaes.

No primeiro volume d'esta obra, para pêso das lamaz humidas com 90 0/0 de agua, obtidas pelo tratamento de 1000<sup>m3</sup> de agua de esgoto contendo 350 mgr. de materias suspensas por litro, dei numeros um pouco differentes dos que aqui apresento: 2683 kilos, 2459 kilos, 3809 kilos, 3577 kilos e 1453 kilos, respectivamente para os casos de sedimentação quiescente, de sedimentação em agua corrente, de precipitação chimica quiescente, de precipitação chimica em agua corrente e de passagem por fossa septica (vol. I, pag. 226, nota 3). Isto foi devido a que, dando a Real Commissão Inglesa no seu quinto relatorio os pêsos das lamaz humidas em toneladas por milhão de gallões, arredondando os numeros, eu parti d'esses pêsos para calcular, proporcionalmente em kilos, o pêso das lamaz humidas por 1000<sup>m3</sup> de liquido.

Aqui, porém, vão os calculos mais exactos, feitos a partir do pêso de substancia solida secca que em cada caso fica na fossa.

pois, um methodo que se applique com egual resultado a todos os casos: por exemplo, o enterramento no solo.

Para enterrar annualmente 1000 toneladas de lama humida com 90 % de agua, vimos (vol. I, pag. 232, nota 1) que são necessarios pelo menos 40 ares de solo sufficientemente permeavel, que suppremos valer 1.111\$935 réis por hectare. Teremos o seguinte quadro:

Processos prelliminares	Superfície necessaria para enterrar as lamas humidas (com 90 % de agua) de um anno, em m <sup>2</sup>	Custo total do terreno, em réis
Sedimentação quiescente.....	4:088	454\$560
Sedimentação em agua corrente....	3:650	405\$855
Precipitação chimica quiescente....	5:475	608\$785
Precipitação chimica em agua corrente.....	5:183	576\$315
Passagem por fossa septica.....	2:117 (1)	235\$395

É facil, agora, construir o quadro das despesas de primeira installação, em cada caso:

Processos prelliminares	Custo da construção das fossas, em réis	Custo do terreno necessario, em réis	Custo total da installação para o tratamento preliminar, em réis
Sedimentação quiescente....	6.589\$965	454\$560	7.044\$525
Sedimentação em onda corrente.....	5.063\$055	405\$855	5.468\$910
Precipitação chimica quiescente.....	6.589\$965	608\$785	7.198\$750
Precipitação chimica em onda corrente.....	3.760\$600	576\$315	4.336\$915
Passagem por fossa septica..	6.823\$265	235\$395	7.058\$660

(1) Seria talvez mais razoavel calcular para as lamas de fossa septica uma riqueza de agua menor do que a das outras lamas; com

Se supozermos que o emprestimo levantado para a construcção das fossas e compra de terreno necessario para estas e para o enterramento das lamas vence um juro de  $3\frac{1}{2}$  por cento e é pagavel em trinta annidades eguaes, o encargo annual a satisfazer será, segundo a *Royal Commission*:

Processos preliminares	Encargos do emprestimo, em réis	
	per mil m <sup>3</sup>	per anno
Sedimentação quiescente.....	1\$000	364\$635
Sedimentação em agua corrente.....	855	311\$710
Precipitação chimica quiescente.....	1\$010	369\$015
Precipitação chimica em agua corrente.....	680	248\$930
Passagem por fossa septica.....	1\$095	400\$040

Calculando as despezas feitas com os salarios dos empregados no enterramento das lamas, no regulamento do funcionamento das fossas e sua limpeza, e com um vigilante da installação (1), obteremos o seguinte quadro:

effeito sabemos que aquellas lamas são, geralmente, mais concentradas. Teriamos, assim, um volume menor para ellas e, portanto, uma menor superficie de terreno necessaria para o seu enterramento do que a apontada. Isto redundaria em abaixar algum tanto o preço do tratamento total em fossa septica.

(1) No caso do tratamento de 1 milhão de gallões (4:543<sup>m3</sup>,5), a Comissão Real Ingleza calcula que a limpeza das fossas e o regulamento do seu funcionamento requer todo o anno tres homens para os processos de precipitação e o de sedimentação quiescente e dois homens para o processo de sedimentação em agua corrente e o da fossa septica.

Para abrir as vallas no sólo e enterrar as lamas seriam necessarios durante todo o anno dois homens para os processos de precipitação e o de sedimentação quiescente e um homem para a sedimentação em agua corrente; com a fossa septica, evacuada apenas duas vezes no anno,

Processos preliminares	Custo da mão d'obra e vigilância, em réis					
	Por mil m <sup>3</sup>			Por anno		
	enterra- mento das lammas	limpeza e funciona- mento das fossas	Total	enterramento das lammas	limpeza e funcionamento das fossas	Total
Sedimentação quiescente.....	410	565	975	150\$380	206\$225	356\$605
Sedimentação em agua corrente....	265	410	675	97\$090	150\$380	247\$470
Precipitação chimica quiescente.....	410	565	975	150\$380	206\$225	356\$605
Precipitação chimica em agua corrente..	410	565	975	150\$380	206\$225	356\$605
Passagem por fossa septica.....	200	410	610	72\$270	150\$380	222\$650

Reunindo os elementos até agora colhidos para facilitar o calculo da despeza total a fazer com cada um dos varios processos preparatorios, vemos que os processos de sedimentação e da fossa septica são vizinhos em custo e cerca de metade mais baratos do que os processos de precipitação chimica:

bastariam os serviços de seis homens de cada vez durante uma quinzena. O salario d'estes empregados é de 4\$750 réis semanaes.

585\$000 réis annuaes é o salario do vigilante de toda a installação, comprehendendo o tratamento preparatorio em fossas e o final no sólo ou em leitos bacterianos. Na vigilancia d'este ultimo gasta o vigilante um terço do seu tempo; os outros dois terços dividem-se por igual entre a vigilancia da limpeza e funcionamento das fossas e a do enterramento das lammas. Portanto só se contarão dois terços do ordenado como sendo despeza feita com o tratamento preparatorio.

É facil de vêr que no nosso caso, calculando proporcionalmente, desde que não é possivel quasi nunca baixar o numero dos empregados, baixam os salarios d'estes a quantias inaceitaveis praticamente. É aqui que mais se faz sentir a causa d'erro apontada a pag. 153, nota 2.

Processos preliminares	Despeza total, em réis							
	Por mil m <sup>3</sup> (onda diaria de tempo secco)			Por anno				
	reagente	juros e amortisação do emprestimo	mão d'obra e vigilancia	Total	reagente	amortisação do emprestimo	mão d'obra e vigilancia	Total
Sedimentação quiescente..	—	1\$000	975	1\$975	—	364\$635	356\$605	721\$240
Sedimentação em agua cor- rente.....	—	855	675	1\$530	—	311\$710	247\$470	559\$180
Precipitação chimica qui- escente.....	1420	1\$010	975	3\$405	518\$665	369\$015	556\$605	1.244\$285
Precipitação chimica em agua corren- te.....	1420	680	975	3\$075	518\$665	248\$930	356\$605	1.124\$200
Passagem por fossa septica	—	1\$095	610	1\$705	—	400\$040	222\$620	622\$690

Mas é justo attender á qualidade do effluente obtido; então, vemos que a *Royal Commission* dá o seguinte quadro para mostrar a baixa na concentração e na riqueza em materias suspensas, em cada caso:

Processos preliminares	Concentração da agua de esgoto bruta	Concentração do effluente obtido	Quantidade de materias suspensas no effluente, em mgr. por litro ou kilos por 1000 m <sup>3</sup>
Sedimentação quiescente... ..	1000	700	50 a 80
Sedimentação em agua corrente	1000	800	100 a 150
Precipitação chimica quiescente	1000	500	10 a 40
Precipitação chimica em agua corrente.....	1000	600	30 a 60
Passagem por fossa septica....	1000	800	100 a 150

Veremos mais tarde que a quantidade de agua de esgoto que póde ser tratada por unidade de superficie e de volume de material filtrante de solo ou de leito bacteriano depende da concentração do liquido e da sua riqueza em materia suspensa, e que umas variedades de leitos são, mais do que outras, appropriadas a certas especies de liquidos (quanto mais abundantes forem estes em substancias suspensas, tanto maiores deverão ser os elementos do material do leito).

Escolhâmos, para os effeitos de comparação, leitos não submersiveis de material relativamente grosseiro (elementos de 25<sup>mm</sup> a 76<sup>mm</sup> de diametro).

As quantidades de liquido que um leito d'esta natureza poderá receber, segundo os varios tratamentos preparatorios, são dados no seguinte quadro:

Processos preliminares	Concentração do affluente aos leitos	Materia suspensa no affluente ao leito, em mgr. por litro ou kilos por 1000 <sup>3</sup>	Metros <sup>3</sup> de liquido diario (tempo secco) affluente por m <sup>3</sup> de material do leito	Metros <sup>3</sup> de material necessario para tratar a onda de tempo secco (1000 m <sup>3</sup> )
Sedimentação quiescente.....	700	50 a 80	0 <sup>m3</sup> ,590-0 <sup>m3</sup> ,742	1500
Sedimentação em agua corrente....	800	100 a 150	0 <sup>m3</sup> ,442-0 <sup>m3</sup> ,592	1934
Precipitação chimica quiescente....	500	10 a 40	1 <sup>m3</sup> ,040	961,5
Precipitação chimica em agua corrente.....	600	30 a 60	0 <sup>m3</sup> ,891	1122
Passagem por fossa septica.....	800	100 a 150	0 <sup>m3</sup> ,442-0 <sup>m3</sup> ,592	1934

D'aqui se vê que a quantidade de material necessario para a construcção dos leitos é muito maior no caso de tratamento de effluentes de fossas septicas do que no de tratamento de effluentes de precipitação.

Ora o preço do tratamento nos leitos bacterianos é na-

turalmente mais elevado para os casos em que é necessario mais material. Veremos mais tarde que se pôde formar o seguinte quadro de despesas approximadas:

Processos preliminares	Custo total da filtração, incluindo amortização de empréstimos, vigilância, etc., em réis	
	por 1000 <sup>3</sup> , onda diaria de tempo secco	por anno
Sedimentação quiescente.....	2\$075	757\$375
Sedimentação em agua corrente.....	2\$605	950\$825
Precipitação chimica quiescente.....	1\$555	567\$575
Precipitação chimica em agua corrente....	1\$795	655\$175
Passagem por fossa septica.....	2\$605	950\$825

Formando agora um quadro unico com os preços do tratamento preparatorio e final, para obter o custo total do tratamento completo, teremos:

Processos preliminares	Despesa total do tratamento completo (fossas e leitos), em réis					
	Por 1000 <sup>3</sup> (onda diaria de tempo secco)			Por anno		
	custo total do tratamento preliminar	custo total do tratamento em leito bacteriano	custo total do tratamento completo	custo total do tratamento preliminar	custo total do tratamento em leito bacteriano	custo total do tratamento completo
Sedimentação quiescente.....	1\$975	2\$075	4\$050	721\$240	757\$375	1.478\$615
Sedimentação em onda corrente....	1\$530	2\$605	4\$135	559\$180	950\$825	1.510\$005
Precipitação chimica quiescente.....	3\$405	1\$555	4\$960	1.244\$285	567\$575	1.811\$860
Precipitação chimica em onda corrente..	3\$075	1\$795	4\$870	1.124\$200	655\$175	1.779\$375
Passagem por fossa septica.....	1\$705	2\$605	4\$310	622\$690	950\$825	1.573\$315

Dispondo os processos pela ordem do custo, temos:

Tratamento nos leitos não submersíveis de material grosseiro, precedido por	Custo total do tratamento completo, em réis	
	Por 1000 <sup>m</sup> ³ de agua de esgoto (onda diaria de tempo secco)	Annualmente
Sedimentação quiescente.....	4\$050	1.478\$615
Sedimentação em onda corrente.....	4\$135	1.510\$005
Passagem por fossa septica.....	4\$310	1.573\$515
Precipitação chimica em onda corrente	4\$870	1.779\$375
Precipitação chimica quiescente.....	4\$960	1.811\$860

\*

Do que fica dito, conclue-se que, se ha uma differença importante de custo entre alguns dos processos preliminares de depuração (o custo da passagem por fossa septica e o da precipitação chimica estão entre si como  $\frac{1}{2}$  pouco mais ou menos), a differença é muito menor quando se comparam as sommas dos preços dos processos preparatorios e finaes em cada caso.

Se os processos de sedimentação (quiescente ou em onda corrente) e o processo de passagem por fossa septica são empregados em conjuncção com o tratamento por leitos não submersíveis de material grosseiro, a differença maxima, com relação ao custo total do tratamento completo, é apenas de pouco mais de 6 %.

Quando, no processo de tratamento completo, o tratamento preliminar é o da precipitação (quiescente ou em onda corrente), o custo total é de 20 a 25 % mais elevado do que quando é adoptado, preparatoriamente, o mais barato dos processos de sedimentação (quiescente). É preciso, comtudo, fazer notar que a agua de esgoto que soffreu precipitação chimica, por isso que contém menos materia suspensa e colloidal

do que a que passou atravez de fossa septica ou da que foi simplesmente sujeitada á sedimentação, póde ser tratada em um leito de material muito mais fino, e que, n'essa hypothese, bastaria para a sua purificação um menor numero de m<sup>3</sup> de material do que o supposto para as comparações feitas.

Em resumo, póde dizer se que «na falta de circumstancias especiaes que favoreçam um determinado plano, notar-se-á que ha muito pequena differença de custo annual entre os varios methodos de tratamento em fossas (de sedimentação, de precipitação ou septicas) seguidos por passagem pelos leitos não submersiveis, desde que a grandeza dos elementos do leito adoptada em cada caso seja a mais adaptavel e conveniente ao tratamento preliminar» (*Royal Commission*).

Se os leitos são submersiveis, é frequente dar-se o caso de sahir mais economico o tratamento completo em que o processo preliminar é o da precipitação, e o de ser o mais dispendioso aquelle em que o processo preliminar é a passagem por fossa septica. Um exemplo d'isso será dado quando forem estudados os leitos de contacto.

6) **Indicações respectivas da passagem por fossa septica, da sedimentação e da precipitação chimica, como processos preparatorios, de empobrecimento dos liquidos residuaes em materias suspensas**

A escolha do processo preliminar a adoptar para as aguas de esgoto de um determinado local deve depender, em grande parte, dos meios a que se possa lançar mão para fazer desaparecer as lamas, da especie de solo ou leitos bacterianos em que se ha-de passar o subsequente tratamento, e da situação das installações de depuração.

Com effeito, se as circumstancias permitem que quantidades consideraveis de lamas possam ser facilmente transpor-

tadas para o mar, enterradas no solo, ou prensadas para adubos, será geralmente mais economicô adoptar um tratamento preliminar que dê uma grande eliminação das materias suspensas, isto é, a precipitação chimica; pelo contrario se é indispensavel obter o minimo possivel de lamas e só fazer raras dragagens, a passagem por fossas de sedimentação ou por fossas septicas é preferivel. Como quanto mais finos forem os elementos do material filtrante, tanto maior deve ser a redução prévia na quantidade de materias suspensas e coloidaes, a precipitação chimica convém para o material filtrante de elementos finos, em quanto que a sedimentação e a passagem por fossa septica só conveem para material de elementos grosseiros. Se as installações de depuração ficam muito proximas de logares habitados onde possam chegar facilmente os cheiros, convém, sob esse ponto de vista, um processo que dê menos cheiros (as fossas septicas produzem mais cheiros do que as fossas de sedimentação ou de precipitação chimica).

Mas é preciso attender ainda ás condições dos esgotos e á composição da agua residual.

Vêmos pois que não é tão simples quanto poderia parecer á primeira vista resolver ácerca do emprego d'este ou d'aquelle processo, porque isso de muitas cousas depende.

Mas, de um modo geral, para aguas de esgoto de caracter domestico, pôde-se dizer que:

1.º Nas cidades em que os esgotos, pela sua grande extensão e condições de mau arejamento, actuam notavelmente como fossa septica, esta deverá faltar ou, existindo, ser muito reduzida na sua capacidade. Com effeito, se o liquido é muito diluido, a desintegração terá attingido já a maior parte das substancias e a estada demorada em fossa septica apparece como inutil; e, por outro lado, a pequena riqueza do liquido em materias suspensas e colloides dispensa tambem n'este caso a precipitação chimica; uma simples fossa de deposição de detritos poderá bastar. Se, pelo contrario, a agua residual é muito concentrada, então, quando chega ás installações de

depuração ou *a*) vem já rica de mais em ammoniaco e outras substancias nocivas e a estada em fossa septica augmentaria um inconveniente já existente [e que tem de ser remediado pela neutralisação parcial (1) ou pela diluição], ou *b*) está perto de attingir a percentagem perigosa de substancias nocivas, e a fossa septica originaria aquelle inconveniente; tanto no caso *a*), como no caso *b*), se imporá a precipitação chimica não só porque, apesar da hydrolyse intensa nos esgotos, a riqueza em materias suspensas será ainda notavel, mas tambem porque as materias no estado colloidal devem ser então muito abundantes (principalmente se a povoação pratica o *tudo ao esgoto*).

2.º Nas cidades em cujos esgotos as acções hydrolyticas não chegam a realisar-se de modo notavel, usar-se-ão, para obter a diminuição da quantidade de materias suspensas, bacias de sedimentação ou fossas septicas (2) de tanto maiores dimensões quanto maior fôr a riqueza em materias suspensas das aguas de esgoto, mas isto emquanto a concentração d'estas não attingir certos limites; porque as aguas concentradas em excesso deixarão de ser tratadas em fossas septicas ou de sedi-

---

(1) Esta neutralisação parcial mais necessaria se tornará no caso de liquidos alcalinos industriaes virem juntar a sua acção á das substancias alcalinas nascidas da decomposição da materia dos liquidos residuaes domesticos.

Quando sejam lançados aos esgotos liquidos industriaes acidos em quantidade por tal fórma consideravel que não só neutralise a alcalinidade propria da agua residual de origem domestica, mas chegue a tornal-a acida, impõe-se tambem um tratamento chimico, mas, então, por uma substancia alcalina. Em Burnton-on-Trent, onde a agua de esgoto contém liquidos residuaes de cervejaria em abundancia, a neutralisação faz-se pela cal. Em Yeovil usa-se o ammoniaco para a neutralisação. Mas não são estes casos aquelles que nós aqui consideramos — os de effluentes urbanos de origem pronunciadamente domestica.

(2) A fossa septica está indicada quando haja terra para enterrar as lamas (que n'este caso são difficeis de prensar); a fossa de sedimentação quando, não havendo terrenos para enterramento de lamas, é preciso prensal-as.

mentação, para serem sujeitadas á precipitação chimica, não nos arriscando assim a obter um liquido *super-septicisado* e conseguindo um effluente muito mais pobre de substancias suspensas e no estado colloidal do que o que se conseguiria por aquelles processos.

Aqui, pois, repetiremos o que já foi dito no vol. 1 (pag. 226): A precipitação chimica não póde, como alguns autores pretendem, ser por completo posta de lado, nem a passagem por fossa septica deve ser considerada em todos os casos como o melhor processo de tratamento preliminar.

Cada processo tem as suas indicações. O que é necessario, em cada caso, é estudar as condições locais e entrar em linha de conta com todos os factores de que depende a maior conveniencia de um determinado processo em relação aos outros.

De resto notemos que os varios processos de tratamento preparatorio, com o fim de empobrecer o liquido em substancias suspensas, podem combinar-se, dando por vezes resultados lisongeiros.

É o que veremos mais adeante, quando estudarmos os tratamentos complementares não biologicos a que póde sujeitar-se o effluente septico antes de lançado ao solo ou aos leitos bacterianos.

### C) **Tratamentos não biologicos do effluente da fossa septica**

Quer deva vir a ser, quer não, sujeitado a um futuro tratamento biologico de oxydação, o effluente das fossas septicas soffre por vezes, antes de mais nada, a acção de agentes physico-chimicos, pelos quaes se procura obter ou um maior empobrecimento em materias suspensas, ou a desodorisação, ou ainda uma util redução da riqueza microbiana do liquido.

Os processos usados com este fim já foram descriptos na sua applicação á agua de esgoto bruta; por isso, serei muito breve apresentando os resultados que conseguem para o caso presente.

### 1) Reducção da quantidade de materias suspensas do effluente septico

Já fizemos notar que o effluente das fossas septicas, sempre mais rico em materias suspensas do que o effluente de precipitação chimica, póde por vezes conter estas materias em quantidade tal que depressa impermeabilise o solo ou os leitos bacterianos a que seja dirigido.

Para obstar a esse inconveniente, varios meios tem sido propostos.

Em Leeds experimentou-se fazer passar o liquido atravez de uma pequena espessura de material filtrante fino de um taboleiro suspenso no interior e junto á sahida da fossa septica. Mas a lama que subia do fundo da fossa á superficie, arrastada pelos gazes, depressa impermeabilisava a parte inferior do filtro, que, assim, se tornava pelo menos inutil.

Em Chester empregaram-se pequenos filtros semelhantes ao de Leeds. O resultado foi igualmente mau: Os espaços entre os elementos do material filtrante depressa se obstruiam com as substancias solidas levantadas do fundo da fossa; e o liquido forçava passagem para a superficie, abrindo pequenos canaes por entre o material e levando comsigo grande quantidade de substancias suspensas (1).

Em Ilford e Guildford experimentou-se collocar material

---

(1) Note-se que na fossa figurada a pag. 58, nos antecedentes da fossa septica, já se usava um taboleiro filtrante no interior e junto á sahida da fossa, como aquelles que aqui descrevemos.

filtrante grosseiro no interior do canal de escoamento de saída da fossa; os resultados não foram eficazes.

Filtros de materiaes grosseiros, construidos fóra das fossas, como aquelles a que já me referi a pag. 189 do vol. 1 (*Roughing Filters*) teem sido usados para libertar de materias em suspensão o effluente das fossas septicas. A redução na quantidade d'estas materias é geralmente, então, muito sensivel, mas os filtros impermeabilizam-se muito depressa.

Em Salford usam-se filtros de cascalho (elementos de 12 a 36<sup>mm</sup> de diametro) de uma altura de 1<sup>m</sup> pouco mais ou menos, e de uma superficie total de 1700<sup>m</sup><sup>2</sup>, para a filtração descendente diaria de 36:344<sup>m</sup><sup>3</sup> de effluente de precipitação chimica, o que dá, pouco mais ou menos, uma media de 21<sup>m</sup><sup>3</sup>,73 de liquido por m<sup>2</sup> (ou por m<sup>3</sup>) de material filtrante. O liquido, pela passagem pelo filtro, perde 75 % das suas materias suspensas, que descem a 29 mgr. por litro, em media. Mas ao fim de cinco dias de trabalho é necessario um de descanso, com uma lavagem por corrente de agua ascendente; e uma vez por anno o cascalho é retirado do tanque em que está contido e lavado cuidadosamente. Para effluentes septicos, geralmente mais ricos em materias suspensas do que os effluentes de precipitação (contudo o effluente de precipitação de Salford contém muitas materias em suspensão), as lavagens do filtro teriam naturalmente que ser mais frequentes, a não ser que se abaixasse a quantidade de liquido filtrado por m<sup>3</sup> de material.

O effluente da fossa septica póde fazer-se passar em sentido ascencional por tanques cheios de material filtrante.

Em Wimbledon este occupa uma altura de 1 metro, pouco mais ou menos, e assenta sobre um fundo falso, formado por uma grade que fica a alguma distancia acima do fundo do tanque. O liquido residual entra pela parte inferior e sobe lentamente atravez do material filtrante, sahindo, na parte superior, muito empobrecido em materias suspensas; estas,

em grande parte, cahem e accumulam-se no espaço subjacente á grade.

Estes tanques estudal os-emos adeante, sob o nome de *filtros anærobios ou fossas de cultura* de Scott Moncrieff; n'elles, as acções biologicas de hydrolyse associam-se ás acções de retenção mecanica, de um modo muito notavel; por isso, são usados não só como complemento da fossa septica, mas mesmo tambem para a substituir.

Na «fossa hydrolytica» de TRAVIS a parte do aparelho em que o liquido entra em ultimo logar foi, durante certo tempo, um d'estes filtros de filtração ascendente (hoje as pedras que formavam o material filtrante são substituidas por placas de vidro).

Em Birmingham, WATSON utiliza uma modificação da fossa DORTMUND para decantar o effluente da fossa septica, antes de o dirigir para os leitos bacterianos. A observação feita durante quasi um anno permite affirmar que ha, assim, uma redução de 75 % nas materias suspensas do liquido da fossa septica. Notemos, porém, que este liquido é, no caso em questão, muito rico em taes materias (195 mgr. por litro, em media, em 1904); se os tanques DORTMUND fossem utilizados para a decantação de liquidos mais pobres em materias suspensas, é possivel, e mesmo provavel, que não se conseguisse uma percentagem de redução tão elevada como a que fornece a passagem pelos filtros de Salford e semelhantes (vol. I, pag. 171 nota 1).

Sabemos que uma das maiores difficuldades da precipitação chimica das aguas de esgoto brutas se encontra na resolução do problema de ajuntar ao liquido o reagente em proporções convenientes; e isto não só porque o volume do liquido varia, mas tambem, e principalmente, porque a composição d'este póde egualmente variar a cada instante. Ora a passagem por

fossa septica tem a vantagem de dar ao liquido uma composição diaria media, mais ou menos constante, o que facilita muito a pratica do tratamento chimico ulterior. E isso é importante bastante para que, em certos casos, indique a associação dos dois processos septico e antiseptico, para a obtenção de uma boa redução na quantidade de materia suspensa da agua de esgoto.

A *Royal Commission*, apesar de ter limitada pratica sobre o assumpto, pensa poder afirmar que, frequentemente, a associação do tratamento pela fossa septica e da precipitação pela cal dá bons resultados. As experiencias de DORKING mostram-lhe que a passagem do effluente septico atravez de tanques de capacidade capaz de conter  $\frac{1}{4}$  da onda diaria, com a addição de 28<sup>gr.</sup>,52 a 42<sup>gr.</sup>,78 de cal por m<sup>3</sup>, reduz as materias suspensas de 80 a 50 mgr., por litro. A neutralisação de H<sub>2</sub>S e a ligeira alcalinidade suplementar que a cal traz ao liquido parecem concorrer para permitir que este possa ulteriormente ser tratado em muito maior quantidade por m<sup>3</sup> do leito oxydante; com effeito, o augmento de volume de liquido susceptivel de ser tratado por unidade de volume de material do leito é maior do que o que resultaria da simples baixa nas materias suspensas pelas acções precipitantes.

Durante alguns annos, em Blackburn, com o fim de obter uma mais facil nitrificação para o effluente da fossa, juntou-se a este uma pequena dose de cal (14<sup>gr.</sup>,26 por m<sup>3</sup>).

A precipitação pelos saes de ferro tambem tem sido proposta.

## 2) Desodorisação dos effluentes das fossas septicas

Os effluentes das fossas septicas são, em geral, muito mal cheirosos.

Os cheiros são notadamente intensos em caso de existencia,

na agua de esgoto, de certas substancias residuaes de industrias — de cervejaria, etc.; pelo contrario, outros residuos industriaes, taes como saes de ferro ou derivados de alcatrão, tornam o liquido menos mal cheiroso.

Para desodorisar o liquido septico teem-se proposto varios reagentes, tambem usados como precipitantes ou como desinfectantes e esterilisantes:

A cal, usada em Dorking ( $0^{\text{gr}},043$  por  $\text{m}^3$ );

Os saes de ferro, preconisados por DUNBAR;

O chloreto de cal;

Os solutos electrolyzados de compostos de chloro — como o soluto de hypochlorito alcalino (*oxychloreto*) fornecido pela companhia «*Oxychlorides, Limited*», usado em Stone (1) (Staffordshire).

DUNBAR propõe ainda que o liquido á sahida das fossas se faça passar atravez de limalha de ferro, que retém o  $\text{H}_2\text{S}$ .

D'um modo geral, os compostos capazes de fornecerem chloro são os agentes que dão melhores resultados na desodorisação do effluente septico. Notemos, porém, que se o chloreto de cal faz desaparecer o cheiro a  $\text{H}_2\text{S}$ , ha quem não ache o cheiro do reagente menos desagradavel.

### 3) Desinfecção e esterilisação dos effluentes das fossas septicas

Quando nos occupámos da applicação dos agentes antisepticos e oxydantes á agua de esgoto bruta, vimos a quasi im-

---

(1) Segundo a *Oxychloride Company*, o custo da desodorisação de mil  $\text{m}^3$  de agua de esgoto, pela addição de soluto concentrado de oxychloreto, nas doses de 0,6, 0,84 e 1,2 por 10  $\text{m}^3$  saí, respectivamente, a 460, 605 e 920 réis.

O capital necessario para as despezas de primeira installação é o mesmo em qualquer dos casos.

Os hypochloritos, na dose sufficiente para tirar todo o cheiro de  $\text{H}_2\text{S}$ , não prejudicam a nitrificação futura (CARTER).

possibilidade de conseguir a esterilisação d'esta, e mesmo a difficuldade pratica de obter, para um volume consideravel, uma desinfeccção sufficiente ou uma destruiçção notavel da sua materia organica. Os germens pathogenicos que se albergam no interior de massas solidas volumosas podem ahi não ser attingidos pelos agentes desinfectantes; e a morte de grande numero de saprophytas só traz em resultado, afinal, tórnar mais difficil a desaggregaçção d'aquellas massas.

Pelo contrario, se na fossa septica essa desaggregaçção se produziu, a açção dos agentes exterminadores sobre os germens desprotegidos é de muito maior efficacia, mesmo com doses muito mais reduzidas.

RIDEAL, em Guildford, usando o soluto de *oxychloreto* na dose capaz de fornecer 25 a 44 mgr. de chloro util por litro de liquido effluente da fossa septica, contendo por c. c. 2.500:000 a 4.500:000 germens dos quaes 100.000 a 1.000:000 *coli* e 10 a 1000 esporos de *b. enteritides sporogenes*, obtém, ao fim de contactos de uma a quatro horas, a desappareiçção do *coli* e dos esporos do *b. enteritides sporogenes* nas amostras de 1 e mesmo de 5 c. c. O numero total dos germens no liquido tratado não foi contado regularmente, por pouco importante; mas quatro analyses deram como resultados, respectivamente, 30, 110, 140 e 600 germens por c. c., e RIDEAL faz notar que este ultimo numero é mais baixo do que o dos germens que se encontram vulgarmente nas aguas dos rios. Os organismos anaerobios passavam, em media, de 2.500:000 a 200 e a 150 por c. c., respectivamente depois de contactos de 1 1/2 e de 3 horas. Uma porçção de effluente da fossa septica, diluida em tres partes de agua do rio e incubada em vaso fechado, dava cheiro que progressivamente augmentava, com total desappareiçção do oxygeneo dissolvido, ao fim de 49 horas; com a diluiçção, nas mesmas proporçções, do effluente septico tratado pelo *oxychloreto*, a quantidade de oxygeneo dissolvido não abaixava sensivelmente em 24 horas e não descia abaixo de 3 c. c. por litro em 3 ou 4 dias em vaso fechado. Com

exposição ao ar, via-se que a mistura do effluente da fossa com a agua do rio (1:3) perdia em 19 horas todo o seu oxygeno dissolvido, ao passo que na mistura do effluente tratado pelo *oxychloreto* com a agua do rio (1:3), depois de uma queda inicial, a quantidade de oxygeno dissolvido subia, sendo ao fim de 3 dias mais elevada do que primitivamente e quasi tão grande como a da agua do rio. Este resultado seria devido, segundo RIDEAL, á destruição dos organismos da putrefacção com conservação da vitalidade dos oxydantes. Fôsse como fôsse, o oxygeno existente n'esta ultima mistura era mais do que o necessario para permittir a vida dos peixes; ora a diluição nas aguas do rio é sempre maior do que a que n'esta experiencia se realisava.

Mas pôde utilizar-se antes o chloro fornecido chimicamente, pelo chloreto de cal, por exemplo.

Segundo KANTACK, 3<sup>mgr.</sup>,565 de chloro activo por litro de effluente da fossa septica fazem passar o numero das bacterias de muitos milhões para 10-50 por c. c., matando todos os pathogenicos.

Quanto maior fôr a quantidade de H<sub>2</sub>S que o effluente da fossa contenha, tanto maior deverá ser a quantidade de reagente a juntar; mas, em todo o caso, esta será sempre muito menor do que a que seria necessaria para a agua bruta.

Segundo DUNBAR, usando para o effluente da fossa septica  $\frac{1}{5}$  da quantidade de chloreto de cal que se use para a agua de esgoto bruta, a desinfecção é mais notavel para o primeiro liquido.  $\frac{1}{10000}$  de chloreto de cal destroe o *coli* em 100% de amostras de 100 c. c. de effluente septico examinadas por DUNBAR. O liquido chega mesmo a ser esteril. A lama que se vai depositando e se accumula durante algumas semanas na fossa onde a desinfecção se faz contém, porém, ainda o *coli*; mas  $\frac{1}{5000}$  de chloreto de cal lançado sobre esta lama extermina este germen em 2 horas de contacto.

Para effectuar a desinfecção do effluente septico, pôde uti-

lisar-se uma fossa (coberta se os cheiros são intensos), dividida em dois compartimentos. No primeiro, com capacidade correspondente ao debito dos esgotos de 24 horas, em tempo sêcco, dar-se-á a fermentação anærobia, no segundo, mais pequeno, com capacidade correspondente ao debito de 4 horas, ajuntar-se-á o reagente exterminador dos germens (RIDEAL).

Quando se olha mais á exterminação dos pathogenicos do que á destruição da matéria organica (que por vezes convém mesmo, para servir de alimento em parques de ostras, etc., onde o liquido seja lançado), o tratamento por fossa septica seguido de desinfecção pôde ser sufficiente. E a mesma associação de processos pôde concorrer notavelmente para garantir o bom estado sanitario das povoações da foz de rios e da beira-mar, impedindo que ás praias refluum materias volumosas, nocivas e desagradaveis de aspecto.

Mas é necessario obstar a que o reagente (chloro ou outro) vá em excesso no liquido tratado, o que prejudicaria os peixes. (O chloro desapparecerá depois de uma maior demora do liquido tratado nas installações de depuração ou pela addição de monosulfito de sodio).

Muitas vezes, mesmo quando se pratica a futura depuração nos leitos bacterianos, esterilisa-se ou desinfecta-se o effluente das fossas septicas para que os germens pathogenicos que elle contenha não venham a infectar aquelles leitos. O chloreto de cal é de bom emprego, porque não obsta de modo algum á boa depuração ærobia e o seu hypochlorito oxyda-se muito facilmente, como já dissemos (vol. I, pag. 264, nota 3), á superficie dos leitos. Geralmente, porém, não se receia tanto dos germens que sahem da fossa que se pense em d'elles garantir os leitos e, então, espera-se o effluxo d'estes se se quer a desinfecção do liquido residual.

## II

### Filtros anærobios de filtração ascendente

SCOTT MONCRIEFF, em 1890, dirigia a sua atenção para a rapida liquefação parcial que as materias organicas volumosas soffrem durante a sua passagem nos esgotos, por acção dos germens.

A resolução do problema das lamas era então, como hoje ainda é, um dos maiores cuidados dos que se dedicavam ao estudo da depuração das aguas de esgoto. E a SCOTT MONCRIEFF pareceu possivel obtel-a, pela sujeição do liquido residual a acções semelhantes ás que se realisam nos esgotos, mas em pequenas areas e em condições mais regulares que lhes permittissem maior intensidade, porque assim continuaria a liquefação a produzir-se para as materias suspensas mais finas, como no esgoto se tinha produzido já para as mais volumosas (1).

Ora, já de ha muito se sabia que, quando da filtração lenta da agua de esgoto, muito particularmente quando a filtração

---

(1) O leitor notará que as considerações que levaram SCOTT MONCRIEFF á criação do aparelho que vamos descrever foram, fundamentalmente, as mesmas que não só já tinham levado MOURAS á invenção da «*Vidangeuse automatique*», mas que tambem, pouco depois, haviam de orientar CAMERON para a apresentação do *Septic tank*. Todos os tres autores procuraram favotecer nos seus effeitos acções naturaes realisadas nos esgotos.

é ascendente de tal modo que pouco ou nenhum ar se mistura com o liquido, a materia organica soffre certas transformações muito differentes das que podem ser attribuidas a uma oxydação. Assim FRANKLAND, em 1870, fazendo passar agua de esgoto de Londres atravez de uma camada de areia, de baixo para cima, «de modo a excluir o arejamento», obtinha para as analyses do liquido bruto e do filtrado, respectivamente, os seguintes resultados em milligrammas por litro:

Materias solidas em solução.....	645 e 805
Carbono organico.....	439 e 323
Azote organico.....	25 e 14
Ammoniaco.....	55 e 46
Azote nitroso.....	0 e 3,28
Azote total combinado.....	70 e 55

Estes factos e outros semelhantes, cuja significação ao tempo não foi bem comprehendida, serviram mais tarde de base a SCOTT MONCRIEFF para estabelecer o plano da disposição material a empregar. Com effeito, vê-se dos numeros dados que no liquido filtrado, ao mesmo tempo que algum ammoniaco passa a nitritos e 116<sup>mgr.</sup> (25 %) do carbono e 11<sup>mgr.</sup> (44 %) do azote desaparecem como gazes não ammoniacaes (methana, azote, oxydos de azote e talvez tambem acido carbonico), ha passagem de 645 a 805 milligrammas nas materias solidas em solução, isto é, um augmento n'estas de 160<sup>mgr.</sup> por litro á custa da dissolução da lama.

SCOTT MONCRIEFF fazia construir em 1891, em Hashtead, em sua propria casa, um tanque filtrante bacteriano em que a areia era substituida por pedras assentes sobre uma grade (*fig. 14, E*); por baixo d'esta ficava um espaço de 0<sup>m3</sup>,140 de capacidade (*D*). A agua de esgoto, depois de passar por uma camara (*B*) onde se lhe retirava uma certa quantidade de gordura, penetrava pela parte inferior do filtro e subia lentamente; a lama abandonada accumulava se sob a grade, mas as acções liquefacientes não deixavam que o espaço subjacente a esta (*D*), apesar da sua pequena capacidade, se enchesse senão

muito lentamente. Os resultados foram tão lisongeiros, sob este ponto de vista, que ao fim de 7 annos a lama proveniente

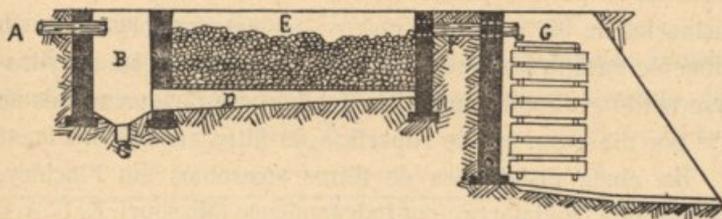


Fig. 14 — Filtro anaeróbico de filtração ascendente, de SCOTT MONCRIEFF

do tratamento de líquidos residuaes da casa habitada por dez pessoas pôde ser absorvida por um espaço de terreno de  $7^{\text{m}^2},525$ .

Reconhecidas as vantagens do *filtro anaeróbico* ou *fossa de cultura* de SCOTT MONCRIEFF, para a redução da quantidade das lamas, foi este filtro empregado em varios pontos, não só em pequenas installações caseiras, mas também em installações destinadas ao tratamento de effluxos residuaes de grandes aglomerações.

Em 1898, o *War Office* mandou applicar o systema de SCOTT MONCRIEFF nas casernas de Caterham ao tratamento de  $75^{\text{m}^3}$  diarios de aguas residuaes muito concentradas de uma agglomeração de 1.200 homens.

Em 1901, em Matham, a precipitação chimica e sedimentação que precediam até ahí a filtração descensional por coque e a final rejeição do liquido para o solo, fôram substituidas, após um inquerito feito pelo *Local Government Board*, pela passagem por tres fossas de detricos de  $13^{\text{m}}$  de comprimento  $\times 1^{\text{m}},67$  de largura  $\times 1^{\text{m}},2$  de altura (capazes de conter a onda de 4 horas) seguida de filtração ascensional por igual numero de fossas de cultura anaerobia de SCOTT MONCRIEFF. Cada uma d'estas, de  $13^{\text{m}}$  de comprimento  $\times 13^{\text{m}}$  de largura  $\times 1^{\text{m}},2$  de altura, continha pedras, escolhidas por passagem por fortes rêdes de malhas de 5 a  $12^{\text{mm}}$  de diametro, e dis-

postas sobre uma grade que formava o limite superior d'um espaço por onde a agua de esgoto penetrava. O liquido era recebido na parte superior em canos perfurados, dispostos a distancias de 90<sup>cm</sup>. uns dos outros; as materias organicas do effluente encontravam-se n'um estado de liquefação e hydrolyse muito avançada, apesar do debito corresponder a mais de 4<sup>m</sup>³ por dia e por m² de superficie do filtro anærobio.

Ha ainda installações de filtros anærobios em Finchley, Wimbledon (Inglaterra), em Independence (Missouri, E. U. A.), em varios pontos da Africa do Sul, etc.

WOODHEAD demonstrou que nas partes mais profundas dos filtros anærobios de coke predominam os germens anærobios formadores de ammoniaco, ao passo que á superficie apparecem ærobios que podem levar em certos casos á formação de alguns nitratos (1).

HOUSTON, WOODHEAD, RIDEAL e GLOVER, estudaram o funcionamento do filtro anærobio de SCOTT MONCRIEFF. Todos concordam em afirmar que o effluente retém o ammoniaco formado na hydrolyse e contém em solução uma grande quan-

---

(1) Julgou-se durante algum tempo que seria possivel no mesmo filtro em que se realisam as transformações hydrolyticas provocar as oxydações que constituem a phase mais importante da depuração biologica, forçando em certas occasiões uma corrente de ar atravez do liquido. Os resultados, porém, foram maus e concorreram para demonstrar que as duas especies de acções, hydrolysantes e oxydantes, devem ser realisadas, tanto quanto possivel, em areas separadas, as primeiras ao abrigo do ar, as segundas com boas condições de arejamento. Como mais tarde veremos, uma inferioridade grande dos leitos submersiveis, chamados *de contacto*, em relação aos leitos não submersiveis, reside em que nos primeiros as phases anærobias e ærobias se succedem mutuamente.

Em consequencia d'isto, SCOTT MONCRIEFF, n'um mesmo aparelho, faz seguir o seu filtro anærobio de uma série de taboleiros de cultura microbiana ærobia (*Fig. 14, G*), em que a oxydação final se faz em condições de arejamento muito intenso.

tidade de materia azotada organica muito facil de decompôr. Esta grande instabilidade dos compostos organicos do effluente da fossa de cultura é uma das principaes caracteristicas do processo, segundo RIDEAL.

Os resultados obtidos para as analyses do liquido bruto e do effluente, em Caterham, são dados no quadro seguinte, em mgr. por litro.

	Chloro	Oxygeneo consumido	N amoniacal	N nitroso	N nitrico	N organico	N total	Depuração	
								Baixa no 0 consumido	N organico desaparecido
Agua de esgoto bruta.....	151	149,7	132	vesti- gios	0	40	172	40 0/0	82,5 0/0
Effluente do filtro anærobio	148	92,5	149	»	0	27	176	»	»

Sob o ponto de vista da composição bacteriologica do effluente, os filtros anærobios dão tambem resultados bastante lisongeiros. O numero total dos germens não desce sensivelmente e por vezes sobe até; mas o augmento é devido á multiplicação de vulgares saprophytas não só inoffensivos, mas que vão mesmo, como sabemos, concorrer para a destruição dos pathogenicos.

A filtração parece dar logar a uma retenção mecanica de germens, principalmente electiva para os germens nocivos. PICKARD, em Exeter, lançava uma emulsão de bacillos typhicos na agua residual antes de a fazer ascender no filtro; no effluente d'este só encontrava 10 0/0 dos germens primitivos. A pouca demora do liquido no interior do filtro faz pensar que os 90 0/0 ficavam retidos por simples adherencia aos materiaes filtrantes; mas ahí não se multiplicavam nem accumulavam de modo a poderem infectar o liquido que ulteriormente passasse, antes parece que certos liquefacientes os des-

truíam rapidamente (ANDREWS e LAWES); com effeito, fazendo passar em seguida, pelo mesmo filtro, uma agua de esgoto livre de bacillos typhicos, á sahida só se encontrava n'ella 1 % dos germens que o filtro retivêra anteriormente.

\*

Tem-se discutido sobre quaes sejam de mais recommendavel emprego, se os filtros de SCOTT MONCRIEFF, se as fossas de CAMERON, que fundamentalmente actuam da mesma fórma.

Os filtros são preferidos por KENWOOD e BUTLER, não só por reterem muito bem as materias suspensas, mas tambem por fornecerem numerosas superficies onde os germens microbianas activos se podem estabelecer e fixar. Realmente parece bem estabelecido que a baixa na riqueza em materias suspensas é maior com a filtração do que com a utilização das fossas, e é natural tambem pensar que, por virtude do contacto com as superficies do material filtrante, o effluente do filtro será muito mais pobre em materias colloides do que o effluente da fossa septica. Além d'isso a filtração anærobia facilita, mais do que a passagem por fossa septica, a decomposição completa da gordura, em virtude da tendencia que esta tem para adherir á superficie das pedras ou do coke, onde fica soffrendo a acção do ammoniaco do liquido que vái passando e que pouco a pouco a dissolve (VENABLE). Sob o ponto de vista das qualidades bacteriologicas do liquido tratado, as experiencias de PICKARD parecem dar tambem notavel vantagem aos filtros sobre as fossas.

RIDEAL, pelo contrario, é de opinião que as bacterias, distribuindo-se mais por igual no interior da fossa de CAMERON, podem assim actuar em melhores condições; e, com razão, faz notar que, ficando nas fossas septicas toda a capacidade disponivel, as suas dimensões serão, para o tratamento de uma dada onda do liquido, muito menores do que as necessarias a um

filtro de filtração ascendente, cheio de pedras ou de coke, a não ser que n'este a velocidade do liquido seja muito maior e, portanto, muito mais reduzido o tempo durante o qual se effectuam as transformações hydrolyticas.

Estas ultimas considerações teem muita importancia e não terão concorrido, por certo, pouco para o grande incremento que tomou a utilização da fossa septica, com prejuizo do emprego dos filtros anærobios de MONCRIEFF.

A comparação das analyses dadas nos seguintes quadros é de certo interesse. A composição da agua de esgoto bruta tratada no filtro anærobio em 1901 era praticamente a mesma da da agua de esgoto tratada em 1898 na fossa septica. (VENABLE).

**Resultados, em mgr. por litro, das analyses da agua bruta e do effluente da fossa septica em Sowell, Mass., em 1898**

	affluente á fossa septica	effluente da fossa
Ammoniaco livre.....	44,4	48,6
Ammoniaco albuminoide.....	7,9	4,1
Chloro.....	92,1	101,1
Oxygeneo consumido.....	40	22,9
Bacterias por c. c. ....	2.000:000	324:500

**Resultados, em mgr. por litro, das analyses do effluente de um filtro anærobio (1) de Lawrence, Mass., em 1901**

	effluente do filtro
Ammoniaco livre.....	49,8
Ammoniaco albuminoide.....	2,28
Chloro.....	11,2
Nitratos.....	0,2
Nitritos.....	0
Oxygeneo consumido.....	19,8
Bacterias por c.c.....	270:300

(1) Este filtro ao fim de dois annos tinha perdido 69% da sua primitiva capacidade livre para o liquido.

\*

Note-se que as fossas septicas e os filtros anærobios podem ser associados. É o que até certo ponto acontecia na primitiva fossa hydrolytica de TRAVIS, e é o que por vezes se faz para conseguir que o effluente da fossa septica, por filtração ascendente, se empobreça em materias suspensas e coloides. Já me referi a estes pontos a pag. 171.

---

## SECÇÃO II

**Destruição da materia organica das aguas de esgoto por acções oxydantes de germens aerobios. Impurescibilisação e inoffensivação do liquido residual**

### SUB-SECÇÃO I

#### **Theoria da depuração no solo e nos leitos bacterianos**

Nos fins do seculo XVIII, o pharmaceutico BRUNNER notava que um liquido putrido se desódorisava e descórava pelo contacto com terra de jardim contida n'uma garrafa; mais tarde, fazendo atravessar ao liquido sujo uma camada de solo bastante espessa e permeavel, obtinha um filtrado limpido e de uma pureza comparavel á das melhores aguas dos rios.

Ha cerca de um seculo, HUMPHREY DAVY, e, um pouco depois (1819), GAZZERI obtinham resultados semelhantes; mas não poderam dar uma explicação satisfactoria dos phenomenos, nem pensaram em tirar partido d'elles, para applicações practicas.

Em 1849, HUXTABLE, filtrando tambem agua conspurcada e putrida por terra vegetal contida n'um funil, obtinha egualmente a descórção e a desodorisação do liquido. THOMSON e WAY conseguiam os mesmos effeitos agitando o liquido sujo com a terra. Mas, ao passo que a descórção e a desódorisación para HUXTABLE erão devidas a que a terra absorvia e retinha as materias, mesmo dissolvidas, que córavam o liquido, e os productos ammoniacaes, causa dos cheiros, para THOMSON e

WAY uma e outra erão motivadas por reacções chimicas: dar-se-ia, segundo estes autores, uma decomposição dos saes ammoniacaes; o ammoniaco combinar-se-ia ao acido carbonico e carbonatos do solo, e o acido do sal primitivo formaria com a cal do sólo um novo composto.

As experiencias de BRUSTLEIN, e mais tarde as de SCHLOESING, vieram dar razão a HUXTABLE: BRUSTLEIN mostrou que a desaparição do ammoniaco se dava quando á terra se substituiam outras substancias, entre ellas o negro animal lavado com acido e calcinado, em condições de não permittirem facilmente a producção de acções chimicas; SCHLOESING verificou tambem que o ammoniaco não é transformado nem insolubilizado, mas simplesmente fixado pelas particulas do corpo poroso, d'onde póde ser retirado por lavagem.

Na verdade, porém, demonstrou-se ulteriormente que não são estas acções de natureza physica as unicas a produzirem-se, e que se podem pôr tambem em evidencia não só acções chimicas, mas mesmo acções biologicas.

## I

### Acções physicas

#### A) Solo

Nas condições naturaes, as materias solidas relativamente volumosas não conseguem penetrar no solo, á superficie do qual são retidas mecanicamente; mas o mesmo não acontece ás substancias que na agua se encontram em solução verdadeira, em pseudo solução colloidal, ou mesmo suspensas quando notavelmente divididas e fraccionadas. Estas são levadas pela agua mais ou menos longe na profundidade do solo, até que as superficies dos elementos filtrantes as retenham, separando-as do seu vehiculo liquido, por phenomenos physicos especiaes que vamos descrever e que **Duclaux** comparava aos de tintura, em virtude dos quaes as materias córantes se fixam nas malhas dos tecidos (1).

A agua conspurcada, entrando nos intersticios do solo, irá, por um phenomeno de adhesão molecular, molhar os seus elementos, formando-lhes uma camada liquida em torno; se esses

---

(1) Uma gotta de vinho cahida sobre uma toalha dá dois circulos concentricos, notavelmente distinctos, cujos diametros estão sempre entre si na mesma relação quando apenas varia o volume da gotta. O circulo interior, o unico córado, testemunha de que a materia do corpo absorvente retém mais activamente a materia córante do que a agua.

elementos são de natureza humica ou colloidal, entumescerão mais ou menos notavelmente. A consequencia d'estes dois factos é que diminuirão os espaços livres para a passagem da porção de agua seguinte.

Os espaços deixados livres, por pequenos que sejam, serão geralmente bastante grandes para parecer que não deveriam obstar á progressão de finissimas particulas, bem mais reduzidas do que elles em dimensões, e muito menos á das substancias dissolvidas no liquido.

Acontece, porém, que a retenção d'estas materias depende principalmente de acções de simples contacto que não se produzem só quando se filtra a agua suja por uma certa quantidade de terra, mas tambem quando com esta, n'um recipiente, se agita o liquido conspurcado.

As substancias que se encontram em solução colloidal soffrem coagulação por virtude de acções de superficie de que TRAVIS mostrou a importancia (pag. 20, nota 2), adherindo aos elementos filtrantes a que formam um tenue revestimento, e levando consigo parte das materias primitivamente em solução verdadeira e em suspensão no liquido. A isto se resume, segundo a escola de HAMPTON, que pouco mais faz do que renovar a doutrina anteriormente defendida por BRETSCHNEIDER, o processo, exclusivamente physico, que, no caso encarado, liberta das materias conspurcantes um liquido conspurcado (pag. 145). Mas a verdade é que as materias suspensas e dissolvidas podem tambem, como a theoria mais antiga affirma, ser retidas independentemente da intervenção das substancias colloidales.

Com effeito, para as materias suspensas como mesmo para as substancias em solução verdadeira (JOHNSTON, SONST) o contacto com as superficies póde conseguir a sua separação do liquido.

E além d'isso as proprias materias colloidales podem tambem ser fixadas sem que previamente tenham soffrido coagulação, á semelhança das materias em solução verdadeira. (LÜBBERT e DUNBAR). Uma agua que contém materias em solução colloidal ou verdadeira, passando aavez do solo e achando-se em con-

tacto com a camada liquida que adhire e molha os elementos d'este, tende a estabelecer um equilibrio com essa porção de liquido, abandonando-lhe ou tomando-lhe determinadas substancias, segundo é mais rica ou mais pobre do que ella em taes materias. Isto explica porque, quando uma agua de esgoto atravessa um terreno, ao passo que se vê livre de grande parte da sua materia organica e de certos compostos, como acido phosphorico, potassa, ammoniaco, etc., pôde adquirir maior riqueza de outros corpos — chloretos, cal, magnesia, soda, etc. — variaveis segundo a natureza do terreno atravessado.

Este poder de fixação que o solo manifesta varia de intensidade, um pouco com a temperatura e humidade, e muito com a velocidade da passagem do liquido atravez do solo fixador, a espessura e os caracteres d'este e a natureza das substancias a fixar.

Quanto mais lenta fôr a progressão do liquido e mais espessa a camada de solo atravessada tanto maior será a fixação, porque mais prolongados serão, respectivamente no tempô e no espaço, os contactos do liquido com as superficies fixadoras.

E estas serão, para uma mesma espessura, tanto mais vastas quanto menores de dimensões fôrem os elementos do solo e os espaços que estes deixam entre si; portanto as substancias a fixar penetrarão tanto mais em profundidade n'um solo quanto mais largos póros este solo tiver e, em egualdade de circumstancias, uma dada camada de solo atravessada por liquido sujo conspurcar-se-á tanto mais quanto mais finos fôrem os seus póros.

Independentemente da grandeza dos elementos, a natureza d'estes tem grande importancia: O solo de natureza humica é o que parece ter uma mais energica acção fixadora; em seguida veem os marnes e depois, mas já em grau muito menor, o calcario, e finalmente a areia.

Com respeito á natureza das substancias, nota-se que estas são tanto mais facil e rapidamente fixadas quanto mais complexas e visinhas são das substancias que entram na composição dos tecidos vivos e, portanto, quanto mais difficilmente soluveis são e mais manifestas tendencias tem para o estado colloidal.

As peptonas resultantes das materias albuminoides e as gommas e dextrinas provenientes das substancias hydrocarbonadas deteem-se nas camadas superficiaes do solo, o ammoniaco só a maior profundidade, ao passo que os nitritos e nitratos, muito soluveis e muito difficeis de fixar, são arrastados pelo liquido e podem passar mesmo á agua das camadas subterraneas.

Comprehende-se pois bem que, caminhando da superficie para a profundidade, se verifique que o solo rapidamente se empobrece em materia organica; é o que mostram os seguintes resultados obtidos por SCHLOESING nas analyses do solo dos campos de irrigação de Genevilliers:

	carbono organico	azote organico
á superficie.....	22	2,8
a 0 <sup>m</sup> ,50 de profundidade.....	8,3	1,1
a 1 <sup>m</sup> de profundidade. ....	6,1	1

Identicamente, de um modo mecanico, os microbios existentes n'uma agua conspurcada ir-se-ão depondo nas particulas do solo á medida que o liquido penetra n'este. As attracções moleculares e acções de contacto que motivam a fixação da materia organica favorecem tambem a fixação dos germens, e de tal fórma que, se a espessura da terra atravessada attinge um certo grau, a agua ficará muito empobrecida em germens.

E esta fixação, pelo solo, dos germens habituaes das aguas conspurcadas fará com que esses germens vão escasseando,

como a materia organica, á medida que se analysam successivamente as camadas de terreno caminhando da superficie para a profundidade. A 3<sup>m</sup>,5-4<sup>m</sup> os germens poderiam faltar por completo, segundo FRAENKEL. DUCLAUX é antes de opinião de que, se faltam ahi os germens habituaes nos meios ricos em substancias organicas, outros deverão existir, capazes de viver em meios ammoniacaes e nitritados, porque nas varias camadas do solo não variam os germens só em quantidade, mas em qualidade tambem; e mais tarde veremos a importancia que este facto tem para a depuração.

### B) Materiaes diversos

Não é só o solo natural que consegue fixar as materias arrastadas, em suspensão, no estado colloidal ou dissolvidas n'um liquido conspurcado; elementos differentes d'aquelles que o solo geralmente contém manifestam propriedades semelhantes. É o que se verifica para o coke, as escorias, a turfa e outros materiaes usados na construcção dos leitos bacterianos.

É difficil estabelecer bem, nos varios casos, a importancia da fixação, porque esta é influenciada por muitas circumstancias, insignificantes na apparencia; comtudo varias experiencias de laboratorio teem sido feitas, com resultados que merecem ser conhecidos.

#### 1) Influencia da natureza das substancias a fixar e dos materiaes fixadores sobre a fixação

CALMETTE experimenta com escorias calcinadas esterilizadas e com soluções esterilizadas de materias azotadas a 1% — albumina, peptona, asparagina e ammoniaco — e verifica que a fixação é mais intensa para as materias mais complexas. Assim, depois de 2 horas de contacto entre as escorias e as

soluções, vê que o azote é fixado nas proporções de 17,68 % com a solução de albumina, de 13,38 % com a de peptona, de 2,26 com a de asparagina, e de 2,09 % com a de ammoniaco. O facto da calcinação das escorias augmenta o poder fixador no caso da albumina e da peptona e diminue-o no caso da asparagina e do ammoniaco; com effeito, com escorias esterilizadas não calcinadas a fixação do azote era de 4,26 % para a albumina, de 9,47 % para a peptona, de 2,59 % para a asparagina e de 2,59 % para o ammoniaco.

Para as materias hydrocarbonadas a fixação parece ser muito mais fraca; ao fim de 2 horas de contacto, para a glycose é apenas de 1 % com escorias calcinadas esterilizadas ou simplesmente esterilizadas; para o amido é muito reduzida, de 0,55 % no caso das escorias esterilizadas não calcinadas (a calcinação das escorias eleva a fixação a 4,2 %).

DZIERZGOWSKY, em 1907, estudou o poder fixador da terra de infusorios, do coke e das escorias sobre a albumina, peptona, leucina, glycose, massa de amido, urêa e ammoniaco; verificou que, a não ser a glycose, o amido e a urêa, todas as substancias apontadas são fixadas, e tanto mais notavelmente quanto mais complexa é a sua molecula.

Os saes ammoniacas, o chloreto de sodio, e as materias corantes não são em geral retidos por materiaes como escorias, areia, etc. A turfa parece porém reter uns e outros muito poderosamente (CALMETTE, GHYSEN) e decerto reterá, portanto, as materias organicas complexas tambem muito mais poderosamente do que os outros materiaes o fazem.

## 2) Influencia da concentração das soluções sobre a fixação das substancias dissolvidas

CALMETTE verifica que, por um contacto de 2 horas com escorias calcinadas esterilizadas, soluções esterilizadas de peptona deixam fixar uma percentagem de azote que vái de

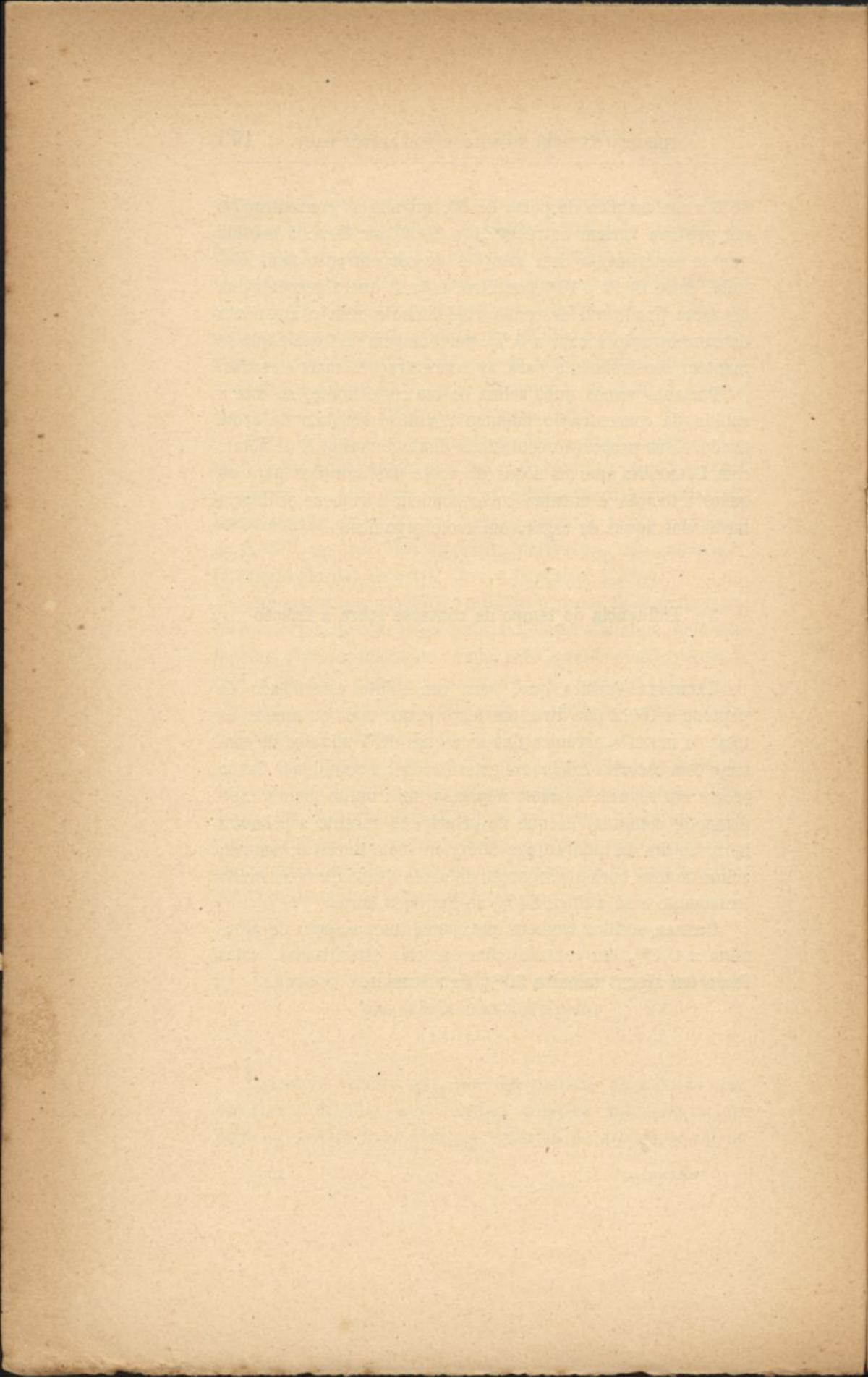
48,6 a um maximo de perto de 60, quando as concentrações em peptona variam entre 0<sup>gr.</sup>,1 e 0<sup>gr.</sup>,2 por litro; á medida que se experimenta com soluções de concentração mais elevada, entre 0<sup>gr.</sup>,2 e 10<sup>gr.</sup> por litro, nota-se que a percentagem de azote fixado vái descendo rapidamente com o augmento da concentração e cahe a 5 0/0, percentagem de fixação que se mantem sensivelmente para as concentrações mais elevadas.

Portanto vemos que, acima de um certo limite, se com a subida da concentração augmenta a dóse absoluta de azote fixado, a sua proporção centesimal diminue muito. É de notar, com CALMETTE, que as doses de azote das soluções para as quaes a fixação é maxima correspondem á riqueza ordinaria média das aguas de esgoto em azote organico.

### 3) Influencia do tempo de contacto sobre a fixação

CALMETTE verifica que, para um soluto esterilizado de peptona a 0<sup>gr.</sup>,2 por litro, um terço pouco mais ou menos do total da materia organica fixa-se ao fim de 5 minutos de contacto com escorias calcinadas esterilizadas; a quantidade fixada cresce em seguida bastante depressa (mas muito menos rapidamente, comtudo, do que no principio), durante a primeira hora, ao fim da qual attinge 60 0/0 do azote inicial do soluto; acima de uma hora a proporção do azote fixado eleva-se muito lentamente e só attinge 85 0/0 ao fim de 8 horas.

DUNBAR verifica tambem que, pondo uma solução de albumina a 0,1 0/0 em contacto com escorias esterilizadas, estas fixam em alguns minutos 50 0/0 da albumina.



## II

### Acções químicas

A retenção de algumas substancias contidas n'um liquido que entra em contacto com os elementos de um solo natural ou de um leito artificial depende até certo ponto de phenomenos chimicos.

Os saes de cal teem para a materia organica uma grande afinidade, formando com ella compostos insolueis que o solo fixa facilmente.

A fixação do acido phosphorico é devida, em parte, á formação de phosphato monocalcico que as materias humicas reteem.

Em 1907, DZIERZGOWSKY mostrou que os oxydos de ferro, de manganéz, de cobre, possuem um poder fixador energico para muitas substancias mineraes e organicas e que os materiaes privados de oxydo de ferro, pelo acido sulfurico, fixam muito menos do que antes de tratados pelo acido.

O ferro e o manganéz n'um solo calcinado conferem-lhe um poder excepcionalmente fixador para algumas substancias organicas, pela formação de certos compostos, e teem além d'isso um verdadeiro poder oxydante chimico (CALMETTE, RIDÉAL); FENTON e JONES affirmam tambem que a rapida oxydação dos acidos organicos em presença de vestigios de saes ferrosos, que sempre existem na agua de esgoto, não depende da intervenção das bacterias.

O ferro sempre mais ou menos abundante nas escorias com que se constroem muitos leitos de depuração exerce acções importantes sobre certos compostos, como o ammoniaco e o hydrogeneo sulfurado (DUNBAR).

Appendix

The first part of the appendix contains a list of the names of the persons who have been mentioned in the text of the book. The names are arranged in alphabetical order, and each name is followed by a reference to the page on which it occurs.

The second part of the appendix contains a list of the names of the persons who have been mentioned in the text of the book. The names are arranged in alphabetical order, and each name is followed by a reference to the page on which it occurs.

The third part of the appendix contains a list of the names of the persons who have been mentioned in the text of the book. The names are arranged in alphabetical order, and each name is followed by a reference to the page on which it occurs.

The fourth part of the appendix contains a list of the names of the persons who have been mentioned in the text of the book. The names are arranged in alphabetical order, and each name is followed by a reference to the page on which it occurs.

The fifth part of the appendix contains a list of the names of the persons who have been mentioned in the text of the book. The names are arranged in alphabetical order, and each name is followed by a reference to the page on which it occurs.

### III

#### Acções biológicas

Para alguns autores (BRETSCHNEIDER, TRAVIS) os phenomenos de depuração dos liquidos sujos no solo e leitões bacterianos são quasi exclusivamente dependentes de acções physicas de deposição de colloides. Mas para a maior parte as acções biológicas teem um papel importantissimo que vamos indicar.

\*

O poder fixador dos elementos do solo e dos varios materiaes não depende apenas de phenomenos physicos e chemicos, mas tambem até certo ponto de phenomenos biologicos.

O solo fixa habitualmente 75 % de glycose d'uma solução que com elle entre em contacto; mas, se é sujeitado previamente á acção esterilisante do calor elevado ou do chloroformio, a fixação da glycose deixa de produzir-se.

A uréa e o ammoniaco, que se fixam muito pouco em escorias esterilizadas, são bem fixadas pelas escorias povoadas de germens.

A albumina, que se fixa na proporção de 11 % em escorias sujeitadas á acção do chloroformio, fixa-se na proporção de 36 % em escorias sobre as quaes o chloroformio não intervem (DIZERGOWSKY).

Assim fica demonstrado que, nas condições naturaes, o

o poder fixador total dos elementos do solo e dos materiaes de construcção de leitos artificiaes é a resultante de acções physicas, chemicas e biologicas.

Comtudo onde as ultimas se tornam mais apparentes não é na fixação das substancias, mas sim, como vamos ver, na destruição d'estas depois de fixadas.

\*

Se as materias separadas de um liquido residual pelo contacto com superficies solidas n'estas ficassem indefinidamente, a saturação do solo ou dos materiaes artificiaes rapidamente viria a oppôr-se á continuação das acções de retenção.

Mas as materias fixadas de natureza organica, azotadas ou não, transformam-se e destroem-se, pelo menos em grande parte, produzindo gazes e corpos relativamente simples que ou se perdem na atmosphaera ou se dissolvem e são arrastados no liquido.

As transformações dos hydrocarbonados e das gorduras teem sido até hoje pouco estudadas.

É a materia azotada, a mais complexa, a que tem sido seguida mais cuidadosamente na sua marcha transformadora, principalmente nas phases finaes d'esta, em que, a par de residuos de caracter humico, se formam compostos ammoniacaes que, juntamente com compostos semelhantes já previamente existentes no liquido, veem a desaparecer, substituidos, quando haja condições de bom arejamento, por corpos novos completamente oxydados, como são a agua, o gaz carbonico e os nitratos, que os elementos solidos que retinham a materia organica já não conseguem reter.

Já em 1868, FRANKLAND verificava que uma agua de esgoto contendo por litro 24<sup>mgr.</sup>,8 de azote organico, 55<sup>mgr.</sup>,8 de ammoniaco e 0<sup>mgr.</sup> de azote nitrico apresentava depois de fil-

trada por areia 1<sup>mgr.</sup>,1 a 3<sup>mgr.</sup>,3 de azote organico, 4<sup>mgr.</sup>,1 a 6<sup>mgr.</sup>,2 de ammoniaco e 30<sup>mgr.</sup> a 40<sup>mgr.</sup> de azote nitrico.

A materia organica da agua conspurcada passa assim ao estado mineral. A esta mineralisação dá-se o nome de *nitri-ficação*, nome menos proprio, talvez, porque os nitratos não são os unicos productos finaes: além da combustão do azote ha a combustão do carbono e portanto caberia antes empregar, ainda aqui, o termo mais geral de *oxydação*.

Mas, além de transformações oxydantes, as materias organicas fixadas podem soffrer acções putrefactivas, em certas condições de mau arejamento. E acções de redução, de *des-nitri-ficação*, podem exercer-se tambem sobre os nitratos e nitritos, productos resultantes de uma previa oxydação, libertando oxygeneo capaz de produzir uma oxydação de substancias organicas.

Estas acções destruidoras são de natureza biologica e devidas não só ás bacterias, mas tambem a organismos vegetaes e animaes que se encontram á superficie dos elementos do material com que as substancias organicas entram em contacto.

O papel dos seres vivos relativamente elevados, como os infusorios e os vermes, foi recentemente posto em relevo por LORRAIN SMITH.

No cyclo dos seres vivos, diz LORRAIN SMITH, as bacterias teem o primeiro lugar, em virtude, decerto, da sua reproducção rapida, mas tambem são as primeiras a desaparecer, indo servir para a nutrição dos infusorios que, por seu turno, servirão de alimento aos vermes. Estes poderão ainda, sendo arrastados pelo liquido, ir nas correntes naturaes ser destruidos pelos peixes.

Portanto não é só a redução na quantidade dos elementos disponiveis para as bacterias, mas tambem as necessidades biologicas de seres mais elevados o que explica a grande exterminação das bacterias separadas do liquido pelo solo ou pelos materiaes filtrantes artificiaes, os quaes sem essa exterminação teriam uma crescente riqueza microbiana.

O estudo d'aquelles organismos relativamente elevados e do seu modo de acção está por ora pouco desenvolvido; além d'isso, são as bacterias que mais directa e primeiramente interveem sobre a maior parte da substancia fixada. Por isso será ás bacterias que principalmente me vou referir, procurando pôr em relevo o mecanismo da sua intervenção e os resultados d'esta na destruição de certas fórmãs de materia, no solo ou em meios artificiaes.

No que respeita aos hydrocarbonados, ás gorduras e ás materias azotadas complexas, reenvio o leitor ao que já ficou dito a pag. 24 e seguintes sobre as suas transformações em condições anærobias e ærobias no solo e meios artificiaes. Apesar d'isso ser pouco, não haveria aqui muito mais a accrescentar. Agora occupo-me simplesmente da formação do ammoniaco, da nitrificação e da desnitrificação, que se podem realizar no solo e nos leitos bacterianos.

#### A) A formação do ammoniaco

A producção do ammoniaco no solo á custa da materia organica azotada, da urêa, etc., realisa-se pela intervenção de varios organismos, bolores, micrococos e bacillos, alguns dos quaes já apontados como tambem intervindo nas condições das fossas septicas; entre estes destaca-se pela sua actividade o *bacillus mycoides* que, actuando sobre as substancias azotadas, transforma o carbono em acido carbonico e deixa como residuo o ammoniaco, a par de leucina, tyrosina, acidos gordos e agua. As condições que, segundo MARCHAL, mais favorecem a acção do *mycoides* são uma concentração fraca dos liquidos, uma temperatura visinha de 30° e um arejamento abundante.

Mas, mesmo sem este arejamento intenso, o ammoniaco se produzirá, por combinação entre o hydrogeneo e o azote, como

acontece em terrenos pouco arejados, como os das turfeiras, florestas, etc., á custa das materias vegetaes mais ou menos enterradas no solo, que podem mesmo transmittir a fermentação ammoniacal ás materias azotadas do humus, que do ar tira azote em abundancia, em virtude ainda de acções microbianas (BERTHELOT). Os cogumelos e vegetaes inferiores, que n'estas condições de mau arejamento se dão bem, levam á desappareição do ammoniaco, que absorvem para a formação dos seus tecidos proprios, creando assim de novo a materia organica.

DEHERAIN e DEMOUSSY affirmam a existencia de uma oxydção chimica pura, que a frio seria muito lenta e que a elevação da temperatura algum tanto favoreceria. O que parece porém certo na maioria dos casos é a preponderancia das acções de natureza microbiana na formação do ammoniaco (MUNTZ e COUDON). A oxydção do carbono não se produz nos solos esterilizados pelo calor; WOLNY n'estas circumstancias verificou que nenhum ou muito pouco  $\text{CO}_2$  era libertado mesmo com as melhores condições de arejamento.

Mas a verdade é que estas acções biologicas que levam á formação do ammoniaco são ainda hoje muito mal conhecidas na sua natureza intima. O mesmo não contece já para as transformações seguintes, de que, portanto, mais demoradamente me occuparei.

## B) A nitrificação

### 1) As antigas idéas sobre a nitrificação.

#### Experiencias de Bossingault e de Schloesing e Muntz

Durante muito tempo, julgou-se que o salitre dos murós das caves, dos estabulos, etc., era devido á condensação e oxydção do ammoniaco do ar, sob a influencia da porosidade dos corpos em que apparecia.

O solo para dar logar á formação de nitratos actuaria

identicamente, como corpo poroso, sobre o ammoniaco proveniente de decomposição das materias azotadas das aguas conspurcadas. Passar-se-ia o mesmo que na chamada experiencia de KUHLMANN se observa: quando sobre espuma de platina se recebe uma corrente de ammoniaco misturado com ar, a platina oxyda-se e formam-se substancias nitrosas. A terra e os corpos porosos em geral apresentariam, pois, esta propriedade da espuma de platina.

Mas BOSSINGAULT demonstrou que assim não era, visto que a rapida transformação de materias nitrificaveis deixava de realisar-se quando á terra aravel substituiu a areia ou a grêda. Não bastava, pois, a porosidade; alguma cousa mais intervinha, cousa que BOSSINGAULT não affirmava o que fôsse, mas que PASTEUR, aprioristicamente, lembrava já que poderia muito bem ser uma acção vital.

O facto porém de que não se conseguiam isolar germens nitrificantes deixou suppor a muitos, ainda durante longo tempo, que a acção depuradora do solo era devida apenas a acções mecanicas de filtração e a acções chimicas de oxydação. Comtudo, já em 1872, a Commissão de Berlim affirmava que a materia organica das aguas de esgoto passa ao estado de nitratos não por um processo simplesmente molecular, mas por um processo em que agentes vivos do solo e da propria agua de esgoto tomam grande parte. E, pouco depois, se não se conseguia ainda evidenciar esses agentes, isolando-os e cultivando-os, investigações cuidadosas, pondo em relevo as condições especiaes em que a nitrificação se realisa, não permittiam já duvidar da natureza biologica das acções que a originam.

Entre estas investigações teem as de SCHLOESING e MUNTZ (1877) logar preponderante:

Uma mistura de areia e grêda esterilizada e contida n'um vaso não produzia, nas melhores condições de arejamento, mesmo ao fim de varias semanas, qualquer destruição ou transformação em nitratos do ammoniaco de uma solução

diluida esteril que no vaso fôsse lançada. A uma terra capaz de produzir uma nitrificação activa da solução em questão, a acção do calor a 110° retirava essa propriedade. Mas estes meios assim improprios para a oxydação do ammoniaco podiam, pela adjuncção de uma porção de terra de jardim que não tivesse soffrido a acção do calor, ver apparecer ou recuperar o poder oxydante.

Em areia, mesmo calcinada ao rubro, notava-se a transformação do ammoniaco se, em vez de uma simples solução ammoniacal pura, se lhe lançava uma agua de esgoto; havia, n'este caso, apparecimento de nitratos, acompanhando a diminuição do ammoniaco e do azote organico. Se porém este liquido residual era esterilizado pelo calor antes de lançado sobre a areia calcinada, os phenomenos de transformação deixavam de dar-se.

E os citados autores verificaram ainda que não só a esterilisação mas tambem os antisepticos se oppõem á nitrificação. O chloroformio diminue-a muito, e acaba por detel-a por completo, mas, evaporando-se, permite de novo a sua producção.

Factos semelhantes se observam se a atmosphaera do meio se torna pobre em oxygeneo; em condições de mau arejamento a nitrificação diminue e a falta de oxygeneo torna a terra inactiva para esse fim. É o que acontece quando a affluencia da agua residual ao solo se faz de um modo continuo e em quantidade exaggerada; então, como no caso da esterilisação do solo e do liquido a filtrar, a transformação em nitratos não se dá, e o solo, carregado em excesso de materia que não soffre destruição, perde, a par do poder oxydante, o seu poder fixador (1)

---

(1) Lembremos que n'um solo esterilizado o poder fixador não diminue só pelo facto de que a materia fixada deixa de soffrer destruição; o facto da esterilisação faz, como vimos, que certas substancias sejam muito menos intensamente fixadas, ou por completo deixem de o ser, mesmo quando não haja ainda nenhuma porção de materia retida pelo material filtrante que explique essa diminuição, pela saturação d'este.

é a agua que o atravessa continua impura, rica em substancias organicas.

Em vista das experiencias expostas, podia afirmar-se que aquillo que dá ao solo normal o poder de desagregar e mineralisar as materias organicas, que para actuar necessita boas condições de arejamento, que o chloroformio inhibe e a esterilisação destroe é um agente de natureza biologica.

## 2) Os agentes da nitrificação do ammoniaco

Em 1890, WINOGRADWSKY vinha, com o bom exito das suas investigações, confirmar as conclusões tiradas das experiencias e observações dos seus antecessores; com effeito, o emprego de meios especiaes, muito differentes dos vulgarmente usados em bacteriologia, permittiu a este autor isolar e descrever não um, mas dois agentes de nitrificação ammoniacal, — o *nitrosomas* e o *nitrobacter* — que se encontram no solo e nas proprias aguas de esgoto.

Cada um d'estes germens tem acções distinctas; o primeiro, ou *fermento nitroso*, produz nitritos por oxydação dos saes ammoniacaes, mas não consegue levar a oxydação mais longe; pelo contrario, o segundo, ou *fermento nitrico*, incapaz de oxydar o ammoniaco, leva os nitritos a nitratos, n'uma segunda phase do processo oxydante.

### a) Morphologia dos germens nitrificadores

O *nitrosomas* apresenta-se sob a fórma de bacterias ovaes, ciliadas, notavelmente maiores do que as bacterias muito pequenas e mais agglomeradas no campo do microscopio, que WINOGRADWSKY descreve como sendo o *nitrobacter*.

É de notar que de cada um dos dois fermentos existem

variedades, que se podem por vezes distinguir por algumas ligeiras diferenças, segundo a sua proveniencia dos leitos bacterianos ou do solo dos varios pontos do globo. Em todo o caso, porém, os caracteres morphologicos não mudam essencialmente.

#### b) Cultura e isolamento dos germens nitrificadores

Para isolar os organismos nitroso e nitrico, WINOGRADWSKY serviu-se de meios mineraes carbonatados, pondo assim em relevo a propriedade que estes germens teem de, tirando aos carbonatos o carbono necessario á formação da sua substancia, viverem em meios pobres em materias organicas, as quaes não só lhe não são uteis, mas até, pela maior parte, os prejudicam. É esta, a par, para o fermento nitrico, da necessidade de grande quantidade de oxygeneo, uma das propriedades mais importantes e manifestas d'estes germens.

Eis como, sob as indicações fornecidas pelos estudos de WINOGRADWSKY, de OMELIANSKY e de BOULANGER e MASSOL, se póde fazer o isolamento do *nitrosomas* e do *nitrobacter*, partindo de meios em que se tem provocado uma nitrificação energica, pelo estabelecimento de condições apropriadas, evitando, assim, a lentidão com que o processo se declara nos meios naturaes:

#### b') Cultura e isolamento do nitrosomas

Para isolar este germen, provoquemos primeiramente a respectiva fermentação, lançando alguns pedaços de escorias de leitos bacterianos em actividade n'um vaso conico de 250 c.c. contendo até meio escorias em pequenos pedaços, esterilizadas, e parcialmente banhadas por cincoenta centi

metros cubicos do liquido cultural esterilizado preconizado por OMELIANSKY

Sulfato de ammoniaco.....	2gr.
Chloreto de sodio.....	2gr.
Phosphato de potassio.....	1gr.
Sulfato de magnesia.....	0gr.,50
Sulfato ferroso.....	0gr.,40
Agua distillada.....	1 litro

e por 0,50 de carbonato de magnesia sob a fórma de um leite esteril. Agita-se o vaso duas ou tres vezes por dia para molhar as escorias não submersas.

N'estas condições, a fermentação desenvolve-se rapidamente; o liquido cultural, pela sua pobreza em materia organica, não se presta ao desenvolvimento dos germens vulgares que serão, por passagens successivas para eguaes meios, eliminados o mais possível. Das culturas resultantes, isolaremos então o fermento nitroso, pela utilização da silica gelatinosa.

Para preparar a silica gelatinosa, lançam-se lentamente 125c. c. d'uma solução a 8° BAUMÉ de silicato de potassio ou de sodio puro e transparente em egual volume de acido chlorhydrico a 13° BAUMÉ. Colloca-se a mistura n'um dialysador munido de pergaminho em bom estado e dialysa-se na agua. E em seguida esterilisa-se a 120°.

Estas operações teem que ser feitas em certas condições, com cuidado e precauções que evitem a coagulação da silica de gelatina, a qual não só se póde produzir no momento da esterilisação, mas mesmo já durante a estada no dialysador.

BOULLANGER e MASSOL apontam como factores de que depende a producção d'este phenomeno — a qualidade do pergaminho, a qualidade da agua usada na dialyse, a rapidez maior ou menor com que esta dialyse se faz, e finalmente o momento escolhido para a esterilisação. O pergaminho deverá ser bem continuo e sem rupturas; quando de origem animal, depois de collocado no dialysador será mergulhado em acido chlorhydrico diluido e lavado muitas vezes em agua distillada, de modo

a ser expurgado dos saes de cal, que n'um pergaminho d'esta natureza podem existir e dar logar á coagulação intempestiva. Por egual razão, se a agua ordinaria tem saes calcareos, utilizar-se-á para a dialyse agua distillada. O acido chlorhydrico em excesso impede no principio a acção nociva da grande quantidade de chloreto de potassio existente no liquido; mas o acido tem tendencia para dialysar mais rapidamente do que o chloreto e por isso é necessario retardar-lhe a dialyse, submettendo o dialysador durante as primeiras vinte horas a uma corrente de agua muito fraca; depois, quando já a quantidade de chloreto está muito reduzida, augmentar-se-á a velocidade da corrente para não deixar que a operação se prolongue excessivamente, o que, além de fazer perder tempo, apresenta outro inconveniente: com effeito, se uma pequena quantidade de saes ainda presentes provocam, quando da esterilisação, a coagulação da gelatina, uma dialyse excessivamente demorada leva á obtenção de um producto bastante prejudicado.

Para determinar praticamente qual o momento em que se deve fazer cessar a dialyse e praticar a esterilisação, BOULANGER e MASSOL aconselham que se proceda da seguinte fórmula: Depois de 48 horas de dialyse, começar de 3 em 3 horas a esterilisar amostras de 5<sup>cc.</sup> durante 10<sup>m</sup> a 120°. As primeiras amostras não supportam geralmente a esterilisação e coagulam-se; depois de 52-56 horas a coagulação deixa porém de produzir-se. Obtida que seja uma amostra n'estas condições, todo o liquido é repartido em tubos e esterilizado então pela mesma fórmula.

N'um tubo contendo 10c. c. d'esta solução perfeitamente limpida e esteril, lança-se uma gotta da cultura purificada de fermento nitroso e, seguidamente, por meio de pipetas graduadas e esterilizadas, as seguintes soluções salinas esterilizadas: 0<sup>cc.</sup>,5 de sulfato de ammonio a 4 %; 0<sup>cc.</sup>,5 d'um soluto contendo 4 gr. de chloreto de sodio, 2 gr. de phosphato de potassio e 1 gr. de sulfato de magnesio por 100<sup>cc.</sup> de agua distillada; 0<sup>cc.</sup>,5 de sulfato ferroso a 8 %; e, finalmente, 4<sup>cc.</sup>

d'um leite a 10% de carbonato de magnesia muito bem tamizado.

Depois de agitação energica do tubo, lança-se o seu conteúdo em placas de Petri esterilizadas, nas quaes após 30<sup>m</sup> se vê produzir-se a coagulação em virtude dos saes ajuntados.

As placas, de aspecto leitoso, collocam-se sobre um banco de vidro n'um crystallizador contendo um pouco de agua esterilizada, para obstar á dessiccação da silica, e o todo deixa-se na estufa a 30°. A reacção nitrosa manifesta-se ao fim de 3-5 dias, e ao fim de 8-10 dias o ammoniaco tem desaparecido. O acido nitroso formado, decompondo o carbonato de magnesia, dá origem á transparencia da placa que este composto tornára leitosa; as colonias apparecem, pois, como pontos incolores.

Estes pontos são por vezes bastante volumosos para que se possa mergulhar n'elles um fio de vidro esterilizado, cuja ponta depois se parte dentro d'um recipiente contendo o meio mineral de cultura já descripto.

Caso as colonias sejam muito pequenas, é preciso recorrer ao microscopio para fazer a reinoculação.

O microscopio será além d'isso utilizado desde que appareça a reacção nitrosa no meio semeado com a colonia, para verificar a homogeneidade da cultura; far-se-á tambem desde logo a sementeira em caldos de carne esterilizados, que collocados na estufa devem permanecer estereis, caso apenas exista o fermento nitroso, incapaz de se desenvolver n'esse meio. Apesar de todos os cuidados, póde acontecer que, antes de obter culturas puras, seja necessario fazer um grande numero de reinoculações.

#### b'') Cultura e isolamento do nitrobacter

Para a sementeira do fermento nitrico procede-se exactamente como para a do fermento nitroso, apenas com a diffe-

rença de que o liquido de cultura empregado é o soluto nitrificado de OMELIANSKY :

Nitrito de sodio.....	1 gr.
Carbonato de sodio calcinado (1) ....	1 gr.
Phosphato de potassio.....	0gr.,50
Chloreto de sodio.....	0gr.,50
Sulfato ferroso.....	0gr.,40
Sulfato de magnésio.....	0gr.,30
Agua distillada ....	1000 gr.

Este soluto e as escorias são, tambem n'este caso, esterilizados, antes da adjuncção dos fragmentos de escorias de leitos bacterianos em actividade. O frasco é agitado 2 a 3 vezes por dia, para que o liquido possa molhar as escorias que não ficam submersas, e depois de o liquido estar em plena nitrificação fazem-se sementeiras e passagens successivas para meios semelhantes, de modo a eliminar, na medida do possivel, os germens vulgares.

Para isolar o germen nitrico, partindo das culturas assim formadas e mais ou menos puras, emprega-se a gelose nitrificada :

Nitrito de sodio.....	2 gr.
Phosphato de potassio.....	vestigios
Carbonato de sodio calcinado.....	1 gr.
Gelose.....	15 gr.
Agua commum.....	1000 gr.

Depois da liquefacção d'este meio, por aquecimento a 45°, semeia-se n'elle uma gotta de cultura purificada de fermento nitrico e, depois de agitação, lança-se o liquido em placas de Petri, onde se dá a coagulação. Ao fim de alguns dias, nas placas, a reacção nitrica substitue a reacção nitrosa.

Como as colonias são sempre muito pequenas, o microscopio será necessario para mergulhar n'ellas um delgado fio de vidro

(1) A presença de carbonato de sodio é, segundo OMELIANSKY e WINOGRADWSKY, uma condição necessaria para o desenvolvimento do fermento nitrico.

esterilizado cuja ponta se parte depois no interior de um balão contendo o meio nitritado já indicado. Ao microscopio verificar-se-á também a homogeneidade da cultura, logo que no meio semeado a reacção nitrosa desapareça.

Fazem-se, finalmente, sementeiras em caldos de carne, que deverão ficar estereis se as culturas forem puras.

### 3) Os phenomenos de nitrificação no laboratorio

Os germens nitrificadores são bastante sensiveis, e isso tórna o estudo das suas propriedades physiologicas bastante difficil.

Quando se semeia nos meios mineraes respectivos o fermento nitroso ou o fermento nitrico, ha um periodo, que WINOGRADWSKY chamou—*de incubação*—, durante o qual nenhuma oxydação se torna apparente.

A duração d'este periodo e o tempo que a oxydação depois de começada leva a completar-se no meio variam para o fermento nitroso e para o nitrico conforme as variedades de fermento usado e conforme também a sua origem; com effeito, se a proveniencia dos germens não influe essencialmente nas suas propriedades vitaes, influe comtudo na intensidade dos effeitos d'estas. Para a rapidez das oxydações tem ainda notavel importancia o haver ou não certos supportes solidos nos meios em que os phenomenos se realisam.

Os fermentos nitrificadores soffrem, como todos os germens vivos, modificações na sua actividade, quando se fazem variar as condições do meio, a sua composição e a quantidade, n'elle existente, de substancias transformaveis (ammoniacaes e nitritos, n'este caso) pelos germens ou resultantes da actividade d'estes (n'este caso nitritos e nitratos).

Estudemos successivamente a fermentação nitrosa e a fermentação nitrica realisadas em meios em que só se semeia o respectivo germen, e em seguida estudaremos os phenomenos que se passam n'um meio cultural em que se introduzem os os dois fermentos nitroso e nitrico.

## a) Fermentação nitrosa

## α) Marcha da oxydação no liquido ammoniacal.

## Importancia da base carbonatada e dos saes ammoniacaes usados

Semeando um fermento de Java em 1000<sup>cc</sup>. de meio mineral contendo 2<sup>gr</sup>. de sulfato de ammonio por litro, com o carbonato de calcio como base carbonatada, BOULLANGER e MASSOL verificam que ha um periodo de seis dias durante o qual se não notam signaes de actividade do fermento. Os nitritos apparecem depois bruscamente e a oxydação continúa-se d'um modo regular, sem variações de intensidade, levando á desaparicação do ammoniaco, por tal fórma completa que o reagente NESSLER não descobre vestigios d'este composto 25 dias depois da sementeira. A velocidade da oxydação do ammoniaco corresponde á formação de perto de 90 mgr. de nitritos por dia e por litro.

A base carbonatada usada na experiencia acima descripta é o carbonato de calcio, que póde, pois, substituir sem inconveniente o carbonato de magnesio vulgarmente usado no meio cultural para a saturação do acido nitroso formado pelo *nitrosomonas*. BOULLANGER e MASSOL usaram tambem, além d'estas bases carbonatadas, outras—os carbonatos de baryo, stroncio, zinco, chumbo, nickel, manganez, cobre, ferro, bismutho, etc.—e notaram que, em presença de qualquer d'ellas, se dá perfeitamente a oxydação do sulfato de ammonio do meio e a formação do nitrito correspondente á base carbonatada.

Sendo certo que o ammoniaco nas condições naturaes póde estar combinado com um grande numero de acidos, mineraes e organicos, além do sulfurico, é conveniente averiguar se alguns dos saes correspondentes serão refractarios á oxydação nitrosa ou, pelo contrario, a poderão soffrer, como o sulfato.

BOULLANGER e MASSOL experimentaram com 20 saes de ammoniaco (arseniato, azotato, azotito, borato, brometo, carbonato,

chloreto, fluoreto, hyposulfito, phosphato, sulfato, sulfito, sulfureto, acetato, formiato, lactato, malato, succinato, tartarato, urato) na proporção correspondente a 0<sup>gr.</sup>257 de ammoniaco por litro, equivalendo a 1<sup>gr.</sup> de sulfato de ammonio por litro; verificaram que em todos os casos se formavam nitritos que, por seu turno, soffriam sem difficuldade a acção futura do fermento nitrico, passando a nitratos.

Certos saes de ammoniaco, antisepticos para outros microbios, como são o borato e fluorhydrato a 2<sup>gr.</sup> por litro, soffrem rapidamente a acção do fermento. A transformação completa e facil do malato, lactato e succinato na dóse elevada de 10<sup>gr.</sup> por litro, e do tartarato, acetato, formiato e urato na dóse de 6<sup>gr.</sup> por litro mostra que estes saes de acidos organicos são inoffensivos para o fermento nitroso, que os oxyda sem que elles sejam previamente decompostos por outros germens.

O arseniato, o iodeto, o citrato e o oxalato, porém, só soffrem a acção do fermento nitroso quando se encontram em doses relativamente baixas — 0<sup>gr.</sup>5 a 1<sup>gr.</sup> por litro.

### β) Influencia da temperatura sobre a fermentação nitrosa

A temperatura de 45° oppõe-se á actividade do fermento nitroso (este germen morre quando sujeitado durante 5 minutos á acção do calor a 45°); 37° é a temperatura que mais favorece a oxydação do sal ammoniacal; a 20° a nitrificação é muito mais demorada: BOULLANGER e MASSOL, fazendo experiencias de laboratorio com germens de um leite bacteriano, verificaram que o fermento nitroso produzia a nitrosificação completa de 20<sup>cc.</sup> de solução ammoniacal em 24 dias com a temperatura de 37°, e em 40 dias com a temperatura de 20°.

### γ) Influencia de varios supportes sobre a oxydação nitrosa

Se, em vez de fazermos que os germens actuem no seio do liquido cultural, utilisarmos certos supportes parcialmente ba-

nhados por esse liquido (como ficou descripto quando se tratou do isolamento dos fermentos) para que elles se possam fixar e desenvolver e o liquido esteja em contacto com o ar sob uma maior superficie, verificaremos que, frequentemente, as acções oxydantes são muito mais rapidas.

BOULLANGER e MASSOL verificaram que um fermento nitroso que n'um meio liquido demorava 47 dias para realizar a nitrosificação de todo o ammoniaco do meio apenas gastava 37 dias para uma quantidade egual de ammoniaco, se se utilisavam escorias parcialmente banhadas pelo liquido cultural, n'um frasco agitado varias vezes por dia.

As escorias, quando usadas em competencia com porcelana porosa, pedra pomes, tijolo e areia, parecem ser o melhor suporte para o fermento nitroso, principalmente quando contidas em pequenos toneis de vidro girantes, percorridos por uma corrente de ar esteril.

A porcelana e a pedra pomes são ainda bastante uteis; o tijolo parece inutil; a areia é prejudicial para a rapidez da operação.

δ) **Influencia da materia organica do meio  
sobre a fermentação nitrosa**

Desde os trabalhos de WINOGRADWSKY e OMELIANSKY, affirmou-se que para que o fermento nitroso possa intervir é preciso que outros germens tenham feito passar ao estado de ammoniaco as substancias azotadas organicas mais complexas. Uma dóse, mesmo pequena, de peptona, urêa, glicerina ou asparagina perturba e diminue muito a actividade do fermento nitroso.

Precisamente o desconhecimento d'esta sensibilidade do fermento nitroso para a materia organica complexa, que existe tão abundantemente nos meios habituaes de cultura, foi um dos factos que mais concorreu para que só muito depois de começadas as investigações se conseguisse o isolamento dos germens nitrificadores.

Notemos contudo que ha um certo numero de substancias organicas que pouco incommodam o fermento nitroso. Taes são os saes de acidos organicos que soffrem rapidamente a nitrosificação sem intervenção previa de outros germens (pag. 212).

Além disso, as recentes experiencias de BOULLANGER e MASSOL parecem levar á conclusão de que as materias organicas actuam impedindo a multiplicação do fermento nitroso, mas pouco se oppõem á acção oxydante do fermento já desenvolvido: Com effeito, se se faz a adjuncção de materia organica a um meio em que as acções de nitrosificação se veem realizando com actividade, com utilização de supportes de escórias e magnifico arejamento, os phenomenos de oxydação de novas dóses de ammoniaco ajuntadas continuam-se regularmente, a não ser que a quantidade de materia organica seja muito elevada.

ε) **Influencia da concentração do meio em ammoniaco  
sobre a fermentação nitrosa**

Como vimos, no meio cultural do fermento nitroso entra o sulfato de ammonio que fornece o ammoniaco sem o qual o fermento não começa a exercer a sua acção oxydante. Mas é de notar que, se se augmenta a quantidade de sulfato de ammonio além de um certo limite, o fermento nitroso soffre, e é prejudicado na sua actividade, que póde mesmo ser detida. Para as variedades estudadas por BOULLANGER e MASSOL, a quantidade de sulfato de ammonio inhibitora variava entre 30 e 50<sup>gr</sup>. por litro. (Notemos que nas suas experiencias os autores citados ajuntavam sempre uma quantidade de carbonato de magnesio correspondente á quantidade de ammoniaco existente no meio).

2) **Influencia da concentração em nitritos formados sobre a fermentação nitrosa**

BOULLANGER e MASSOL cultivam o fermento nitroso no meio normal contendo 2<sup>o</sup>/<sub>100</sub> de sulfato de ammonio e, á medida que a formação de nitritos se vai dando, ajuntam uma quantidade de ammoniaco igual áquella que tem desaparecido, assim como uma dóse correspondente de base carbonatada. D'esta fórma, conseguem accumular nitritos em doses consideraveis, mantendo a concentração ammoniacal baixa e quasi constante, e evitando assim a causa de inibição que, como sabemos já, poderia resultar da elevação da quantidade de ammoniaco acima de certos limites.

N'estas condições, verificam que o nitrito de magnesio formado (a base carbonatada era o carbonato de magnesio) quando passa de 8-10<sup>gr.</sup> por litro incommoda o fermento nitroso na sua acção, e paralysa esta quando attinge 13-15<sup>gr.</sup> por litro, sem comtudo destruir o fermento, visto que pela diluição do meio com parte igual de agua a nitrosificação recomeça, progride e realisa-se completamente.

A accumulacção do nitrito de calcio (quando se use o carbonato de calcio em vez do carbonato de magnesio na constituicção do meio) parece ser ainda mais rapidamente prejudicial do que a do nitrito de magnesio.

η) **Influencia da addicção prévia de nitritos (de sodio, de potassio, de calcio, de magnesio) sobre a fermentação nitrosa**

Se se procura determinar agora a influencia que podem ter sobre a marcha da fermentação nitrosa os nitritos já existentes no meio antes d'este ser sujeitado á acção do fermento, verifica-se que uma quantidade mesmo muito fraca (2<sup>gr.</sup> por litro) de nitrato de sodio ou potassio incommoda muito o desenvolvimento do germen, e a tal ponto que BOULLANGER e MASSOL, com a variedade menos sensivel — fermento de Java —,

viam a duração da nitrosificação de uma certa dose de ammoniaco passar de 7 dias para 2 mezes. Os nitritos de calcio e de magnesio são menos nocivos; apenas produzem respectivamente atrasos de 14 e 9 dias.

Os nitritos empregados eram preparados por BOULLANGER e MASSOL no estado puro e soffriam perfeitamente a oxydação, quando sujeitados á acção do fermento nitrico; eram pois destituídos completamente de qualquer impureza antiseptica a que aquelles resultados podessem ser attribuidos.

9) **Influencia da addição prévia de nitratos ao meio ammoniacal, sobre a fermentação nitrosa**

BOULLANGER e MASSOL procuram determinar se a addição de nitratos (de potassio, de sodio, de magnesio e de calcio) ao meio ammoniacal terá consequencias semelhantes ás da addição de nitritos. Verificam que o nitrato de sodio ajuntado, antes da sementeira, na dose de 1<sup>gr.</sup> por litro, atraza de 11 dias a acção do fermento de Java (o menos sensivel) e na dose de 5<sup>gr.</sup> por litro a annula; a dose de 1<sup>gr.</sup> por litro impede a multiplicação do fermento de leite bacteriano tambem estudado por estes autores.

O nitrato de potassio é menos nocivo; e muito menos o são os nitratos de calcio e de magnesio que só acima de 10<sup>gr.</sup> por litro incommodam o funcionamento do fermento de Java; n'esta dose, estes nitratos demoram a oxydação 20 dias, para o fermento do leite bacteriano.

b) **Fermentação nitrica**

α) **Marcha da oxydação no liquido nitritado.**

**Importancia dos nitritos usados na constituição do meio**

Utilizando um litro de meio mineral contendo 1<sup>gr.</sup> de nitrito de sódio, BOULLANGER e MASSOL verificam que o periodo de

incubação, durante o qual a actividade do fermento nítrico (BRUYÉRE) não é apparente, é muito menor do que para o fermento nítrico: após 48 horas, o nítrato apparece. Ao fim de 12 dias, depois da sementeira, a oxydação é completa, não se encontram já nítritos no liquido.

Ao contrario do que acontece com o producto da oxydação ammoniacal pelo fermento nítrico, a formação do nítrato pelo fermento nítrico não é regular e constante em quantidade: aos 70 mgr. por litro e dia formados durante os primeiros cinco ou seis dias de oxydação, succede-se uma média de 90 mgr. nos tres dias seguintes e uma média de 175 mgr. nos ultimos dias em que a oxydação se completa.

Esta velocidade de nítrificação é muito superior á apontada por WINOGRADWSKY: este autor com um fermento de excepcional energia apenas consegue a oxydação de 10 mgr. de azote nítrico por dia; o fermento de BOULLANGER e MASSOL oxyda uma média de 16 mgr. por dia e chegou um dia a oxydar 30 mgr. de azote nítrico.

Empregando, em vez de nítrito de sódio, nítritos de potássio, calcio, magnesio, baryo, chumbo, manganez, cobre, etc., na dóse de 0,5 a 1 gr. por litro, BOULLANGER e MASSOL verificam que ha uma transformação completa em nítrato, como no caso do emprego do primeiro nítrito.

Apenas com os nítritos alcalinos e alcalinos terrosos, a acção parece ser um pouco mais rapida do que com os outros, sobretudo quando as doses são elevadas.

D'esta fórma póde dizer-se que as bases que se acham combinadas com o acido nítrico teem uma importancia minima para a nítrificação.

β) **Influencia da temperatura sobre a fermentação nítrica**

A temperatura de 45° oppõe-se á actividade do fermento nítrico, como se oppõe á do nítrico (o fermento nítrico morre pela acção do calor a 55° durante 5 minutos). A temperatura que mais favorece a nitrificação do liquido nítrico é a de 37°; a 20° a nitrificação é muito mais lenta: MASSOL e BOULLANGER verificaram que o fermento nítrico oxydava completamente 20<sup>cc</sup> de solução nítrica em 8 dias com a temperatura de 37° e em 27 dias com a temperatura de 20°.

γ) **Influencia dos supportes solidos sobre a fermentação nítrica**

Para o fermento nítrico, a não se usarem escorias, cujo effeito util parece indiscutivel, todos os outros supportes dos citados para o fermento nítrico são inúteis e parecem mesmo ser prejudiciaes.

δ) **Influencia da materia organica do meio sobre a fermentação nítrica**

O fermento nítrico é muito menos sensível do que o nítrico á presença de materia organica no seu meio. ADENEY affirma mesmo que a presença de materias humicas ou terrosas fortalece o germen nítrico e o protege contra a acção toxica que, como veremos, as substancias ammoniacaes exercem sobre elle.

BADDIES confirma este modo de ver: utilizando para cultura nutritiva uma solução contendo 1 % de uma forte solução humica e 0,25 % de silicato de sodio, obteve organismos mais estaveis do que os que WINOGRADWSKY obtivera com ausencia de materia organica.

A asparagina e a peptona são nocivas; não se oppõem á acção oxydante dos germens, mas quando em certa quantidade destroem estes.

## e) Influencia do ammoniaco sobre a fermentação nitrica

WARINGTON foi o primeiro autor que afirmou que o fermento nitrico é, ao contrario do fermento nitroso, incommo-  
dado na sua vitalidade pela presença de doses reduzidas de ammoniaco no seu meio cultural. Bastariam 5 mgr. de ammoniaco por litro, sob a fórma de sulfato, para, segundo WINOGRADWSKY e OMELIANSKY, perturbar o funcionamento do fermento nitrico e 164 mgr. por litro para o deter.

BOULLANGER e MASSOL fazem notar que é preciso distinguir dois casos: aquelle em que o ammoniaco já existe no liquido antes de se começar a manifestar a acção do fermento, e aquelle em que o ammoniaco é ajuntado a um liquido já em plena nitrificação.

Semeando o fermento nitrico em meios mineraes contendo 1 gr. de nitrito de sodio, em presença de doses crescentes de sulfato de ammonio adicionadas antes da sementeira, BOULLANGER e MASSOL notam que com doses superiores a 5 mgr. de ammoniaco por litro alonga-se cada vez mais a duração da nitrificação; com 82 mgr. de ammoniaco por litro o atrazo torna-se de 45 dias; junto de 160-180 mgr. de ammoniaco por litro a transformação dos nitritos é quasi nulla. Estes resultados concordam com os obtidos por WINOGRADWSKY e OMELIANSKY.

Mas se, em vez do sulfato de ammonio ser adicionado ao meio antes da sementeira, o é depois, quando no liquido cultural contendo 2‰ de nitrito a nitrificação se tem terminado, ajuntando-se então, com uma dose nova de nitrito, doses crescentes de sulfato de ammonio, os resultados já são muito diversos. N'estas condições, com effeito, só acima de 110 mgr. por litro é que o ammoniaco produz um atrazo na nitrificação, atrazo que comtudo é muito pouco sensivel entre esta dose e a de 2 gr. de ammoniaco por litro. É de notar, porém, que n'este caso a oxydação do nitrito não é absolutamente com-

pleta; a quantidade de nitrito que escapa á oxydação é sómente doseavel a partir de 1,37 a 1,84 ‰ de ammoniaco ajuntado, attingindo então pouco mais ou menos 150-180 mgr. de nitrito por litro por 1<sup>er</sup>,080 de nitritos ajuntados.

Estas experiencias parecem levar á conclusão de que o ammoniaco actua sobre o fermento nitrico sobretudo impedindo a sua multiplicação; mas que é preciso doses elevadas para retardar, ligeiramente mesmo, a acção oxydante do germen já desenvolvido.

O meio mineral adoptado por OMELIANSKY e WINOGRADWSKY contém 1 ‰ de carbonato de sodio sêcco, util para o desenvolvimento do fermento nitrico; este carbonato pela addição do sulfato de ammonio dá carbonato de ammonio que por seu turno, decompondo-se, dá ammoniaco livre. É interessante saber se a acção nociva exercida sobre o fermento nitrico é devida ao ammoniaco livre, ao carbonato de ammonio formado ou ao sal (sulfato) de ammoniaco adicionado.

Variando as proporções do carbonato de sodio usado no meio que ha de soffrer a adjuncção de sulfato de ammonio, é evidente que as quantidades de carbonato de ammonio formado e de ammoniaco libertado variarão com a quantidade d'aquelle primeiro composto. Orientando-se n'esse sentido, BOULLANGER e MASSOL concluem das suas experiencias que a dose de 1 ‰ de carbonato de sodio pôde descer, sem inconveniente para o fermento, a 0,2 ‰ no meio OMELIANSKY-WINOGRADWSKY e que emquanto não excede 0,25 ‰ a duração da nitrificação é independente da presença ou ausencia do sulfato de ammonio. Portanto a acção nociva no meio ordinario contendo 1 ‰ de carbonato provém do ammoniaco livre formado n'estas circumstancias e não do sal ammoniacal, inoffensivo quando não haja no meio substancias que o decomponham libertando-lhe o seu ammoniaco.

5) Influencia da concentração em nitrito de sodio  
sobre a fermentação nítrica

Sabemos que pela acção do fermento nítrico o nitrito de sodio do meio cultural de OMELIANSKY é levado a nitrato; verifica-se que, á semelhança do que acontece com o ammoniaco para o fermento nítrico, se bem que mais facilmente ainda, quando se eleva a concentração em nitrito este pôde exercer uma acção nociva sobre o seu fermento oxydante. Com effeito, a passagem a nitratos torna-se muito mais lenta com uma proporção de nitrito de sodio de 10 gr. por litro e deixa de produzir-se quando a dose de nitrito attinge 20 gr. por litro.

7) Influencia da accumulção dos nitratos formados  
sobre a fermentação nítrica

BOULLANGER e MASSOL deixam accumular no meio os nitratos formados pela acção do fermento nítrico, obstando a que se dê accumulção de nitritos que venham falsear os resultados, como anteriormente, no caso do fermento nítrico obstavam á accumulção do ammoniaco, quando procuravam determinar a acção dos nitritos formados sobre o seu agente producto.

Para isso semeiam o fermento nítrico em meios mineraes contendo apenas 1 gr. de nitrito de sodio por litro e juntam pouco a pouco novas doses equivalentes de nitrito, logo que se dá a passagem da primitiva dóse para nitratos. N'estas condições verificam que os nitratos formados obstem á acção do fermento nítrico quando accumulados na proporção de 25 gr. por litro.

Dá-se pois para o fermento nítrico o caso curioso e raro de ser uma especie microbiana mais sensível á accumulção dos productos que ataca (nitritos) do que á dos productos resultantes da sua actividade (nitratos).

θ) **Influencia da addição previa de nitratos  
sobre a fermentação nitrica**

Se se procura agora determinar a influencia que podem ter sobre a marcha da fermentação nitrica os nitratos já existentes no meio antes de este ser sujeitado á acção do fermento, verifica-se que o nitrato de sodio só se torna nocivo acima de 10 gr. por litro; 20 gr. por litro não impedem ainda a nitrificação total, se bem que a tornem muito demorada (dois mezes). O nitrato de potassio é ainda mais inoffensivo: uma dose de 20‰ apenas produz na nitrificação um atrazo d'alguns dias. O nitrato de magnesio só acima de 20‰ tem acção nociva sensivel. O nitrato de calcio é o mais nocivo: detem a acção do fermento quando na dose de 10‰.

Vêmos pois que a grande sensibilidade do fermento nitroso para os nitritos de sodio e de potassio adicionados ao meio antes da sementeira não é de modo algum parallela á acção que o fermento nitrico soffre dos nitratos correspondentes em condições semelhantes. É de notar ainda que no caso do fermento nitrico o nitrato de calcio é o mais nocivo, ao passo que no caso do fermento nitroso o nitrito de calcio tinha acção relativamente insignificante.

c) **Fermentação nitrosa e fermentação nitrica  
no mesmo meio cultural**

α) **Acção successiva e acção symbiotica dos germens**

A maior parte dos experimentadores verificam que, quando nas condições habituaes do laboratorio n'um meio cultural esteril contendo 2 gr. de sulfato de ammonio por litro se semeiam simultaneamente os dois germens nitroso e nitrico, ha primeiramente a formação de nitritos e só depois de quasi

terminada a nitrosificação do ammoniaco começa a formação de nitratos.

Quer dizer: ha acção successiva, não ha acção simultanea dos dois fermentos.

A primeira explicação d'este facto, dada em 1891 por WINOGRADWSKY, foi a de que o fermento nitroso, muito mais activo do que o fermento nítrico, impedia a multiplicação d'este, que só era possível quando a fermentação nitrosa se terminava.

Mas, mais tarde, WARINGTON explicava o phenomeno pela acção paralyzante do ammoniaco ainda não transformado sobre o fermento nítrico; esta explicação fundada como sabemos (pag. 219) foi accete logo por OMELIANSKY e pelo proprio WINOGRADWSKY.

Comtudo, WINOGRADWSKY, nas suas primeiras experiencias, procurando as causas da formação dos nitritos nas culturas em via de nitrificação, verificára uma vez que, n'um liquido cultural em que se dera successivamente a formação de nitritos e nitratos, a adjução de uma dose fraca de sulfato de ammonio renovada á medida que desaparecia levava á producção de nitratos sem o apparecimento intermedio de nitritos (que comtudo se dava logo que as doses de sulfato de ammonio ajuntadas se tornavam fortes). N'este caso, pois, havia acção simultanea dos dois germens, em symbiose; o fermento nítrico não era incommodado pelo ammoniaco, e oxydava os nitritos á medida da sua formação. Para este facto não se encontrou á data explicação plausivel. Mas hoje sabemos que se o fermento nítrico soffre muito quando semeado n'um meio em que previamente existia o ammoniaco, essa acção nociva deixa de produzir-se quando o ammoniaco é ajuntado ao liquido em que uma previa formação de nitratos se deu já pela influencia do fermento.

Comprehende-se pois que n'estas condições — as da observação WINOGRADWSKY — a acção symbiotica dos germens se produza. É o que é confirmado pelas recentes experiencias de BOULLANGER e MASSOL. Estes autores, com effeito, verificam que, quer utilizando escorias quer não, n'um liquido ammo-

niacal em que uma primeira nitrificação por phases successivas se tenha produzido, a addição de doses de 2 gr. de sulfato de ammonio, sob a forma de solução esteril, renovadas quando o ammoniaco desaparece, faz seguir áquella nitrificação uma outra, mas agora symbiotica, sem formação intermedia de nitritos.

Os mesmos autores affirmam ainda que a symbiose do fermento nitroso e do fermento nitrico se produz desde o principio n'um meio mineral contendo 2 gr. de sulfato de ammonio por litro, se em vez de semear uma pequena quantidade de germens (uma gôtta de cultura) se semeiam grandes quantidades (100 c. c. de cultura por litro) e se se estabelecem para a acção d'elles condições altamente favoraveis: por exemplo, utilizando pequenos toneis de vidro girantes cheios de escorias parcialmente banhadas pelo liquido cultural e atravessadas por uma corrente de ar esteril. N'estas condições, com effeito, a formação intermedia de nitritos é quasi insensivel.

D'estes factos parece poder concluir-se, como dissemos, que o ammoniaco ataca energicamente o fermento nitrico na sua multiplicação, mas não impede a acção oxydante do fermento desenvolvido.

β) Influencia dos supportes sobre a nitrificação em meios ammoniacaes semeados de fermentos nitrosos e nitricos

Em 1906, MUNTZ e LAINÉ usaram a turfa, residuo da decomposição dos vegetaes na agua, como suporte para os germens nitrificadores; experimentaram varias especies de turfa mais ou menos compacta, dividida em fragmentos e misturada com pedaços de calcareo; obtiveram uma intensissima nitrificação do ammoniaco. Aos mesmos resultados chegaram CALMETTE e GYSSEN.

A turfa sem calcareo dá resultados menos lisongeiros, mas ainda superiores aos colhidos com o emprego das escorias como

supporte; porém se ás escorias se associa calcareo, a nitrificação é superior á obtida só com a turfa e por vezes mesmo á obtida com a mistura turfa e calcareo.

γ) **Materia organica e nitrificação n'um meio impuro**

Ulteriores experiencias de BOULLANGER e MASSOL mostram ainda que n'um meio impuro, em que a par dos germens nitrificadores existem outros muito variados (1), os saes ammoniacas neutros ou alcalinos são completamente transformados (2), dando nitratos sem formação intermedia importante de nitritos, e a presença da materia organica tem um effeito muito menos nocivo sobre a marcha da oxydação do ammoniaco do que o que se observa no caso das culturas puras do fermento nitroso em meio esterilizado.

A *urêa* decompõe-se muito facilmente, dando logar á producção de nitratos. Mas nem todo o azote d'aquelle composto é encontrado depois como azote nitrico; uma parte perde-se como gases. Com effeito, para ser nitrificada, a urêa é transformada em carbonato de ammonio (pelo *micrococcus ureæ*, etc.), que perde facilmente ammoniaco ao contacto do ar, para se transformar em sesquicarbonato e mesmo em carbonato volatil; além d'isso o acido nitroso reagindo sobre a urêa dá



(1) N'estas experiencias, para se obter a nitrificação rega-se uma porção de escorias contidas n'um tubo de vidro com uma delição aquosa de boa terra aravel. Enche-se e mantém-se cheio durante duas horas o tubo com um soluto ammoniacal, renovando os contactos duas vezes por dia até ao desaparecimento do ammoniaco.

(2) O ammoniaco dos saes ammoniacas nitrifica-se de uma maneira intensiva, mesmo na dose de 2 gr. por litro (para o bicarbonato e sesquicarbonato de ammonio). O ammoniaco livre, porém, já na dóse de 100 mgr. por litro é manifestamente nocivo para uma boa nitrificação.

O *acido urico* dá tambem nitratos por transformações faceis.

As amidas, como a *asparagina*, são mais resistentes á nitrificação, e necessitam que a solução esteja muito povoada de germens.

A *peptona* decompõe-se e dá ammoniaco que é oxydado e levado a nitritos; as duas acções de decomposição da peptona e nitrificação do ammoniaco podem produzir-se lado a lado, ao contrario do que acontece nos meios culturaes de WINOGRADWSKY. Mas só uma parte do azote da peptona se encontra ulteriormente como azote nitrico; a outra perde-se quasi toda como gaz, por certo devido á intervenção de germens desnitrificadores que encontram nas soluções de peptona um meio favoravel.

A *glycose* tem sobre a nitrificação uma acção nociva, que se manifesta mais claramente n'estas experiencias com meios contendo uma flora microbiana variada do que nas de WINOGRADWSKY e OMELIANSKY com meios esterilizados sementeados apenas de fermentos nitrosos ou nitricos. Com effeito, BULLANGER e MASSOL verificam que 0<sup>gr.</sup>05 de glycose por litro já prejudica a nitrificação do ammoniaco; com 0<sup>gr.</sup>5 deixa de haver nitrificação; com 1 gr. ha desnitrificação. A glycose parece actuar como um antiseptico sobre os germens nitrificadores, mas sem os exterminar, visto que a acção d'elles se manifesta logo que se suprime a causa perturbadora.

#### 2) Influencia da reacção do meio

A *acidez* do meio, mesmo fraca, é nociva para as acções nitrificantes. Segundo ERVEL e WILEY, a nitrificação detem-se quando a acidez corresponde a 3-4 c. c. de soluto normal de soda.

Uma ligeira *alcalinidade* é favoravel para a nitrificação. A alcalinidade pôde elevar-se muito sem se tornar prejudicial; comtudo acima de certo limite torna-se nociva. A melhor alcalinidade, segundo CALMETTE, seria a correspondente a 900 mgr. de carbonato de calcio por litro; a correspondente a 1.800-2.000 mgr. de carbonato de calcio por litro impede por completo as acções oxydantes. Segundo WARINGTON, a alcalinidade correspondente a 446 mgr. de ammoniaco por litro é a maxima que não tem acção inhibidora.

e) **Influencia dos sulfuretos, dos sulfocyanetos e dos antisepticos sobre a nitrificação, n'um meio impuro**

Os *sulfuretos* até 200 mgr. por litro não teem acção sensível; 500 mgr. deteem a nitrificação; estes compostos são em parte oxydados e transformados em sulfatos.

Os *sulfocyanetos* são bastante nocivos para a nitrificação, que por elles é detida; estes corpos não são decompostos aerobicamente.

Os *chloretos* atrazam ligeiramente a nitrificação; estes compostos podem ser oxydados e dar chloratos.

A *cal* e os *saes de ferro* favorecem a nitrificação.

O *acido phenico* só começa a oppôr-se á nitrificação quando em doses superiores a 2 gr. por litro.

O *lysol*, solução alcalina de phenoes, não tem influencia até á dose de 0<sup>gr.</sup>,50 por litro. Na dose de 0<sup>gr.</sup>,76 torna mais lenta e acaba por deter a nitrificação.

Os *fluoretos* em pequenas doses (0<sup>gr.</sup>,150 por litro) são fa-

voráveis, mas acima de 0<sup>gr</sup>.480 por litro são nocivos. Com 0<sup>gr</sup>.600 por litro é manifesta a acção antiseptica sobre os germens nitrificadores.

#### 4) Os phenomenos de nitrificação no solo e nos leitos bacterianos

##### a) Marcha do processo nitrificador

Das suas experiencias laboratorias, WINOGRADWSKY concluia que a marcha dos phenomenos de nitrificação na natureza deveria ser a seguinte:

Emquanto no meio existem as materias organicas complexas, o fermento nitroso, incommodado por ellas, não se desenvolve e permanece inactivo; só depois de estas substancias attingirem um grau avançado de decomposição, por acção de outros germens que á custa d'ellas originam ammoniaco, é que o fermento nitroso actua sobre este, oxydando-o e formando nitritos; durante este tempo e enquanto não se tem dado a transformação de todo o ammoniaco existente no meio, o fermento nitrico permanece inactivo, inhibido na sua multiplicação pela presença do fermento nitroso em actividade (WARINGTON affirmou depois que a acção inhibidora do fermento nitrico resulta da presença do ammoniaco; WINOGRADWSKY foi levado a aceitar este modo de vêr, pelas suas experiencias ultteriores); só depois do desaparecimento do ammoniaco começa o fermento nitrico a atacar os nitritos, oxydando-os e dando nitratos.

Mas a observação dos factos veio a mostrar que, se esta marcha de phenomenos se produz nas condições habituaes do laboratorio, está longe de ser a que se dá nas condições naturaes no solo e nos leitos. Com effeito n'estes, quando se lhes lança agua residual, ha uma nitrificação intensa, mesmo em presença de grandes quantidades de materia organica, sem

que em nenhum periodo da oxydação se note a presença de mais do que doses insignificantes de nitritos, que podem faltar mesmo por completo; pelo contrario, os nitratos apparecem em proporções muito elevadas, não obstante a grande quantidade de ammoniaco que por vezes existe na agua residual tratada (210 mgr. de ammoniaco livre ou salino por litro de agua de esgoto de Madeleine).

Portanto, no solo e nos leitos bacterianos não só o fermento nitrico não é facilmente incommodado pelo ammoniaco, mas ainda a sua acção dá-se sempre simultaneamente com a do fermento nitroso; com effeito só por um funcionamento symbiotico dos dois germens se póde explicar a falta do apparecimento do producto intermedio da oxydação — os nitritos.

WINOGRADWSKY em quanto pensava que, no laboratorio, o fermento nitroso tem pela sua presença uma acção inhibidora sobre o nitrico procurava achar a explicação da producção da symbiose no solo e nos leitos bacterianos no facto da porosidade do meio, que obstaria a que aquella acção nociva do fermento nitroso sobre o nitrico se fizesse sentir. Mas verificado mais tarde que a acção inhibidora sobre o fermento nitrico, nas condições laboratorias, provém do ammoniaco, era para o facto de saber porque deixára de existir nas condições naturaes essa acção prejudicial d'este composto sobre aquelle fermento que deveriam ser dirigidas as investigações.

ADENEY affirma, e BEDDIES com elle, que as materias turfosas ou humicas preservam a vitalidade do germen nitrico durante a fermentação do ammoniaco e estabelecem condições que permitem aos dois fermentos nitroso e nitrico uma vida activa simultanea sem inconveniente mutuo.

Mas são BOULLANGER e MASSOL quem veem esclarecer a questão, com as suas experiencias, mostrando que a symbiose que se dá nas condições naturaes tambem póde dar-se em certas condições no laboratorio.

No laboratorio os dois fermentos são semeados geralmente em pequena quantidade n'um meio muito rico em ammoniaco; o fermento nitrico, então, só se póde multiplicar e actuar

apreciavelmente depois de nitrosificado o ammoniaco; mas se grandes quantidades de germens são sementeas em condições que favoreçam a utilização do poder oxydante, que o ammoniaco pouco attinge, já a acção do fermento nitrico abundante no meio será apreciavel, e realisar-se-á a symbiose. A symbiose produz-se tambem quando juntamos ammoniaco, mesmo relativamente em grande quantidade, ao liquido depois d'elle ter soffrido uma nitrificação completa, porque esta nitrificação previa tem desenvolvido em quantidade não só os germens nitrosos, mas tambem os nitricos.

As condições excepcionaes no laboratorio tornam-se fóra d'elle as habituaes; com effeito, nó solo e nos leitos bacterianos ha uma grande abundancia de germens bem desenvolvidos n'um meio em via de nitrificação continua. N'estas condições o ammoniaco não virá a ter, senão quando em doses muito elevadas, uma acção sensível sobre os resultados do fermento nitrico, que impeça a acção symbiotica de se produzir; ora, na terra e nos leitos bacterianos, o ammoniaco livre, que como vimos é o unico nocivo, ou as substancias que como o carbonato de ammoniaco o libertam não existem em quantidade apreciavel e a dose que as aguas de esgoto e industriaes conteem nunca alcançará na pratica a quantidade necessaria para obstar á acção oxydante dos germens desenvolvidos e só muito raro alcançará os 200 mgr. de ammoniaco livre por litro necessarios para que o fermento nitrico seja detido na sua multiplicação (tal facto pôde dar-se em todo o caso — como para as aguas sujas dos matadouros, para os effluentes das fossas septicas, etc.), se bem que esta seja tanto mais activa quanto menor fôr a quantidade de ammoniaco.

As experiencias de BOULLANGER e MASSOL mostram tambem que o facto da presença de materias organicas quando em limitada quantidade, como acontece com as aguas de esgoto, não perturbarem, nas condições naturaes, a marcha da nitrificação é devido a que estas materias não tem grande poder sobre o fermento nitroso bem desenvolvido e abundante nos supportes.

Finalmente as mais recentes observações mostram que o ammoniaco não é o unico composto nitrificavel. A propria materia organica azotada, póde soffrer directamente a oxydação e ser levada a nitratos sem passar pelo ammoniaco, pela intervenção de outros germens que não os descriptos por WINOGRADWSKY. A oxydação seria, segundo DUNBAR, n'estes casos, mais rapida do que a do ammoniaco. Estes germens não teem, porém, sido estudados isoladamente.

São estas, com toda a probabilidade, as razões porque na natureza se produz uma acção symbiotica que só raras vezes é observada nos laboratorios.

b) Condições que favorecem ou prejudicam a nitrificação  
no solo e nos leitos bacterianos

Do que tem sido dito póde partir-se para concluir quaes devem ser as principaes condições a realizar para obter na pratica uma nitrificação intensa.

A temperatura do meio onde a oxydação do liquido se realisa será tanto mais favoravel quanto mais perto estiver de 37°.

Um liquido residual acido (1) não poderá soffrer uma boa nitrificação. Os effluentes acidos de industrias quando não em grande quantidade são neutralizados pela massa da agua de esgoto domestica, habitualmente alcalina em virtude da grande porção de alcalis fixos derivados da soda das lavagens (2) e

---

(1) CHUARD observou que a nitrificação póde occorrer n'um meio acido, mas que é então extremamente lenta.

(2) Admittindo, com OMELIANSKY e WINOGRADWSKY, que o carbonato de sodio é essencial para o desenvolvimento do fermento nitrico, comprehende-se que a abundancia de agua de sabão e de outras substancias que lhe possam dar origem seja de utilidade. De resto a acção do carbonato de ammonio sobre o chloreto de sodio de urina garantirá quasi sempre no liquido uma quantidade sufficiente d'aquelle composto.

ammoniacal livre que contem; mas, se, pelo contrario, esta alcalinidade é vencida por grandes quantidades de liquidos acidos, torna-se necessario que, antes de se procurar obter a oxydção do liquido total, elle seja tratado pela cal que o neutralise ou antes o alcalinise apreciavelmente, porque o facto da nitrificação leva á producção de acidos que devem encontrar no meio uma base fixa com que se combinem; pela mesma razão poderá ser conveniente o lançamento de cal ao solo quando este não contenha esse composto.

Mas é preciso tambem que a alcalinidade do liquido não seja muito elevada, para que não se torne prejudicial para a nitrificação. O grau inhibitor de alcalinidade correspondente a 446 mgr. de ammoniacal por litro que WARINGTON aponta não se encontrará vulgarmente na agua de esgoto. Quando, pelo facto de rejeição de liquidos alcalinos industriaes, a alcalinidade se torna exaggerada, é necessaria a neutralisação parcial por acidos ou a diluição da agua residual.

A nitrificação será tanto mais facil e rápida quanto menos rico fôr o liquido em materia organica, a qual quando muito abundante incommodará os germens. A passagem por fossas de sedimentação, de precipitação chimica ou septicas, baixando a riqueza do liquido em materia organica (principalmente suspensa) torna-lo-á, sob esse ponto de vista quantitativo, mais facilmente oxydavel.

Se não houvesse germens que directamente oxydam a materia organica azotada e apenas existissem como nitrificadores os germens de WINOGRADWSKY que só actuam sobre o ammoniacal, é claro que a passagem por fossa septica seria altamente conveniente, ainda, por fazer com que as substancias organicas complexas fossem decompostas n'uma phase hydrolytica, demorada bastante para levar essa decomposição além das peptonas, asparagina e outros productos que não só deixam de soffrer a acção do fermento nitroso, mas mesmo o atacam na sua vitalidade. Desde que ha, porém, outras fórmulas de azote além do ammoniacal que são nitrificaveis e mesmo até, segundo DUNBAR, mais rapidamente, pela intervenção de

outros germens que não os de WINOGRADWSKY, a conveniencia das fossas septicas desce muito em importancia sob o ponto de vista da facilitação da nitrificação do liquido, tanto mais que a formação de grandes quantidades de hydrogeneo sulfurado e mesmo o grande augmento na quantidade de ammoniaco, que é a consequencia da demora na fossa, são prejudiciaes aos proprios germens nitrificadores d'este ultimo composto. D'ahi a necessidade, pois, de, a usar-se a fossa septica, não super-septicisar o liquido, e o preceito de não usar a fossa septica quando o meio ammoniacal que o liquido representa seja muito concentrado.

O meio correspondente a uma solução de urina a 12% representaria, segundo WARINGTON, a concentração mais forte que póde soffrer a nitrificação; uma tal concentração é rara na massa total da onda urbana das aguas residuaes domesticas, mas é frequente nos liquidos effluentes de urinoes, estabulos, etc. Quando se haja de tratar um liquido n'estas condições é preciso diluil-o, não esquecendo que 2% de urina atrazam cinco vezes a nitrificação (RIDEAL).

Visto que os saes de ferro são uteis ao fermento nitrico, parece que não haverá inconveniente na existencia de ferro em certos liquidos residuaes previamente precipitados por aquelles compostos.

Um certo grau de humidade do solo é favoravel á oxydação; o melhor grau seria, segundo DEHERAIN, 10 a 15%. Um solo ensopado em agua é prejudicial e oppõe-se á nitrificação, pela difficuldade de arejamento.

As condições de arejamento tem com effeito excepcional importancia para o funcionamento dos germens nitrificadores. Evidentemente a quantidade de oxygeneo necessaria para a oxydação d'uma substancia dependerá não só da qualidade d'esta, mas tambem do grau a que essa oxydação haverá de ser levada. A pag. 256 do vol. 1 já indicámos quão grande é a quantidade de oxygeneo requerida para que se produza a nitrificação da materia azotada. No solo natural a nitrificação torna-se menos intensa com a profundidade, á medida que escas-

seiam o ar e os germens de nitrificação; segundo WARINGTON, abaixo de 0<sup>m</sup>,91 a nitrificação diminue rapidamente e a 1<sup>m</sup>,8 é nulla; segundo RIEGLER, a acção dos germens nitrificadores já não se faz sentir abaixo de 0<sup>m</sup>,50; na argilla a acção nitrificadora desce até 0<sup>m</sup>,45, na areia mais abaixo. Nos solos preparados e nos leitos artificiaes torna-se possivel a nitrificação até maior profundidade.

É preciso que o solo ou leitos utilizados sejam permeaveis, munidos de conveniente drenagem, para que o CO<sub>2</sub> resultante da destruição da materia organica pela acção de varias bacterias e nocivo para a nitrificação encontre facil sabida (1), os liquidos carregados de productos da actividade biologica não estacionem por muito tempo e o arejamento se mantenha.

A cultura do solo, se não tem acção depuradora directa, é contudo até certo ponto conveniente absorvendo os nitratos, que assim se não accumularão, e impedindo a compacidade do solo e favorecendo-lhe a oxygenação.

Na pratica as varias circumstancias nem sempre se auxiliam e as condições favoraveis são por vezes difficeis de ver reunidas n'um mesmo terreno.

A areia pela sua permeabilidade e pelo seu facil aquecimento auxilia a oxydação, mas difficulta-a pela sua secura; a adjuncção de agua a um solo d'esta natureza será uma vantagem, que é naturalmente alcançada nos casos que nos interessam em que grandes massas de liquido são o vehiculo da materia a oxydar. Por isso nos solos de areia as oxydações são muito intensas, ao passo que são insignificantes nos solos de

---

(1) Passando liquidos residuaes atravez de turfa e calcareo ou de escorias e calcareo (carbonato de calcio), nota-se que a nitrificação é mais intensa do que quando o material filtrante é apenas turfa ou escorias. Isso seria devido a que a riqueza em gaz carbonico no material filtrante é menor no primeiro caso, por virtude da formação de bicarbonato de calcio soluvel que sai com o liquido effluente (GYSSEN).

argilla onde faltam o calor e o ar, principalmente quando tenha havido chuvas abundantes ou um affluxo muito consideravel de um liquido residual. O calcareo, segundo o tamanho dos seus grãos e a agua que armazena, porta-se como a areia ou como a argilla. O humus tem maior ou menor poder oxydante, conforme a agua que contém.

No laboratorio as condições são mais faceis de regular do que na natureza e por isso no solo natural nunca se conseguirá a nitrificação que SCHLÖESING obtém nas suas experiencias com as melhores condições de arejamento, humidade e temperatura; n'estas experiencias, 200 gr. de terra nitrificavam 4 a 8 mgr. de azote por dia.

Nos supportes artificiaes dos leitos bacterianos é mais facil produzir um arejamento intenso do que no solo, porque se podem escolher as dimensões dos elementos materiaes a empregar e dispol-os convenientemente.

Mas quando, quer n'um quer n'outros, o arejamento não seja sufficiente para a vida do fermento nitrico pôde acontecer que o fermento nitroso, que necessita menos oxygeneo, possa viver e actuar. É o que acontece nas camadas superiores do solo ou dos leitos mais ou menos impermeabilisados e em toda a espessura d'estes quando em relativamente más condições. Então produzem-se nitritos ao mesmo tempo que compostos amidados, acidos gordos e residuos, dissolvidos durante a phase hydrolytica prévia na fossa septica ou nos esgotos, se continuam resolvendo.

A formação de nitritos pôde em circumstancias de mau arejamento dar-se por outro processo, não já por oxydação, mas por redução dos nitratos; é o que veremos nas paginas seguintes.

### C) A desnitrificação

No solo e nos leitos bacterianos, quando o arejamento é mau, pôde haver uma decomposição da materia organica azotada que dê logar á formação de acido carbonico e gases mal cheirosos — hydrogeneo carbonado ou sulfurado — e a acidos amidados (leucina, tyrosina), indol, escatol, ptomainas varias. O resultado d'estas transformações putrefactoras das materias organicas leva á accumulção de azote organico, sob essas fórmãs bastante complexas, estaveis e resistentes á degradação, a par de um pouco de ammoniaco e de acidos da série gorda. Estas acções de natureza biologica já foram estudadas a proposito das transformações que se realisam nas condições do tratamento na fossa septica.

Aqui estudaremos as acções de reduccção que no solo e nos leitos bacterianos podem soffrer os nitratos e nitritos de um liquido residual previamente oxydado.

\*

JENSEN restringe o emprego do termo *desnitrificação* para a reacção da passagem de nitratos a N ou N<sub>2</sub>O em presença de certos compostos organicos.

Mas ha outra fórmula de desnitrificação: é a reduccção dos nitratos a nitritos. Foi MENSEL o primeiro que, em 1875, observou que n'uma agua em que existem nitratos estes por vezes se transformam em nitritos e que esta transformação é impedida pela esterilisação do liquido ou pela adjuncção de certos antisepticos. WAGNER chamou a attenção para a importancia d'estes ultimos factos que provam a natureza biologica da desnitrificação.

Os chamados germens desnitrificadores são bastante numerosos; além d'aquelles que atacam os nitratos, ha outros que só atacam os nitritos; em certos casos pôde haver uma

acção symbiotica de germens das duas especies, que faz com que quando da decomposição dos nitratos se chegue á libertação completa do azote sem apparecimento dos nitritos intermedios.

RIDEAL classifica em tres grupos os germens desnitrificadores:

1.º Os que destroem os nitritos sem terem acção sobre os nitratos; ex.: *Bacterium desnitrificans I* de BURRI e STUTZER.

2.º Os que destroem nitratos e não actuam sobre os nitritos; ex.: *Bacterium desnitrificans V*; *B. racemosus*, *violaceus*, *vermicularis*, *liquidus*, *cereus*, *pestifer*, *plicatus*, *prodigosus*, *chlorinus*, *citreus*, *nubilis*, *aurescens*, *fluorescens*, *aureus*, *profusus*; *Micrococcus carnicolor*, *rosaceus*.

3.º Os que destroem os nitratos e os nitritos; são raros: RIDEAL aponta — *B. fluorescens liquefaciens*, *B. pyoceanus*, *Vibrio desnitrificans* e por vezes *Proteus mirabilis* e *vulgaris*, *B. megaterium*, *mycoides* e *acidi lactici*; JENSEN aponta mais seis.

Attribuem-se em geral as acções desnitrificadoras a germens anærobios. Mas é preciso notar que estes não são pela maior parte dos obrigatoriamente anærobios (1). Ha alguns microbios que, segundo as circumstancias, são ærobios e oxydantes ou anærobios e reductores; é o que acontece com o *B. mycoides*, já descripto como agente oxydante productor do ammoniaco, mas que pôde tambem viver no solo como anæ-

---

(1) Segundo W. MAIR as bacterias desnitrificadoras são essencialmente ærobias; comtudo podem viver em condições anærobias em presença de nitratos de que aproveitam o oxygeneo. Com um bom arejamento vivem sem atacar os nitratos.

Partindo do principio de que um numeroso grupo de bacterias pôde oxydar a materia organica servindo-se do oxygeneo dos nitratos tão facilmente como outros utilizam para esse fim o oxygeneo do ar, PAKES e JOLLYMAN modificaram a definição de germens anærobios; estes seriam os que não se desenvolvem nem em presença de oxygeneo livre, nem em presença do oxygeneo dos nitratos; os outros seriam os ærobios. Portanto os germens desnitrificadores actuariam sempre como ærobios.

robio e produzir o ammoniaco por redução dos nitratos e nitritos (MARCHAL). Ha além d'isso alguns germens que actuam na mesma occasião, com arejamento moderado, ao mesmo tempo como oxydantes e como reductores: RICHTER aponta na urina fresca um cocco de tamanho medio que em vinte minutos fórma n'ella muitos nitritos por oxydação, e por redução egualmente os produz decompondo os nitratos.

Finalmente, ha certos germens reductores que actuam como taes, mesmo em presença de um arejamento abundante: tal é o *B. desnitrificans I* (BURRI e STUTZER) que decompõe os nitritos que tenham resultado da acção previa do *B. acidi lactici* sobre os nitratos.

BREAL descreve ainda um organismo ærobio, existindo nos restos de vegetaes, que destroe os nitratos e faz entrar parte do azote nitrico em combinação organica, deixando perder a parte restante sob a fórma gazosa. ARNOULD pensa que se póde attribuir a este germen existente nas folhas mortas, que são dotadas de um real poder desnitrificador, a pequena quantidade de nitratos que se encontra no solo das florestas apesar do arejamento sufficiente d'este.

Onde ha mau arejamento, como acontece nos sitios muito humidos, a quantidade de nitratos formada é naturalmente pequena e é consumida rapidamente pelos fungos e bolores abundantes em taes logares.

Do azote dos nitratos decompostos, em geral apenas uma pequena parte se organisa: O *Bacterium denitrificans II* de BURRI e STUTZER liberta como N gazoso, segundo RIDEAL 90 %, segundo GILTAY 80 % e segundo STUTZER 98,9 a 99,6 % do azote nitrico; uma insignificante parcella é convertida em azote organico.

Quando assim aconteça, a desnitrificação, dando logar a que o oxygeneo correspondente ao azote libertado como gaz sirva para a destruição de uma parte da materia organica do meio, póde ser de utilidade para a realisação de uma boa depuração.

GAYON e PETIT definem a *desnitrificação* como sendo uma fermentação que consiste na oxydação do carbono organico á custa do oxygeneo de um nitrato, e isolaram dois organismos que, como anærobios, em presença de materia organica, decompõem os nitratos, levando á formação de azote e oxydo nitroso, mas não de azote organico; todo o azote nitrico se perderia como gaz e o oxygeneo, combinando-se com o carbono da materia organica, daria  $\text{CO}_2$ , que se libertaria como gaz ou se combinaria com a base do meio dando carbonato acido. N'uma solução nitrata a decomposição póde attingir 9 gr. por litro; mas a presença de materia organica que sirva de alimento aos germens é necessaria para que a desnitrificação se complete. Segundo RIDEAL, a desnitrificação de 1 gr. de  $\text{KNO}_3$  exige a presença de 0<sup>gr.</sup>,148 de carbono ou 0<sup>gr.</sup>,273 de materia albuminoide. Não existindo nitratos e fóra do contacto do ar, a materia organica não soffre a acção d'estas duas bacterias.

ULPIANI e AMPOLLA demonstraram a possibilidade da transformação em  $\text{CO}_2$  e N das materias organicas [amido acidos, gorduras, assucares (1)] e dos nitratos sem passagem d'estes por nitritos. Isolaram duas bacterias que mostraram ter esta acção que leva ao aproveitamento de todos os atomos de O de  $\text{N}_2\text{O}_5$  para a oxydação do carbono, o que não aconteceria se se formassem nitritos.

Comtudo mais frequentemente a decomposição dos nitratos dá, como já dissemos, logar ao apparecimento de nitritos. Mas estes vão ainda actuar sobre a materia organica: GUIMBERT, demonstrou que o *B. coli communis* e o *typhosus* que em solução de peptona a 1 % contendo 1 % de nitrato de potassio não libertam gaz, o produzem quando a peptona é substituida por extracto de carne que contém compostos amidados mais simples (2); o facto de que o gaz libertado é duplo em volume

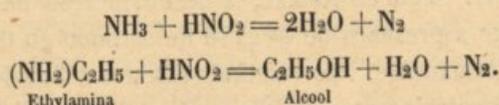
(1) Como vimos a glycose favorece muito as acções desnitrificadoras.

(2) Segundo GUIMBERT as bacterias desnitrificadoras dividem-se em dois grupos — as *desnitrificadoras verdadeiras*, que atacam directamente

do que a destruição dos nitratos poderia motivar, leva a pensar que o acido nitroso produzido pela desnitrificação actua secundariamente sobre os compostos amidados, originando gazes. Na verdade, se ao meio contendo 1 % de nitrato se substitue um outro contendo 1 % de nitrito, o gaz desenvolve-se pelo menos tão bem.

Portanto os nitritos, quer nascidos por oxydação do ammoniaco, quer por redução de nitratos, podem ser agentes de purificação actuando sobre os productos de transição — ammoniaco, acidos amidados e amidas — dando agua ou compostos hydroxydados, mais tarde decompostos, e azote gazoso (1).

Exemplo:



Em 1890, o *Massachussets Report* concluia que n'um effluente de tratamento biologico em que a nitrificação foi levada o mais longe possivel e que só contém 2 % da materia organica da agua bruta a depuração pelos agentes biologicos não pôde ir mais além porque aos germens falta o alimento de então em deante.

os nitratos dando gaz; as *desnitrificadoras indirectas* (*b. hypnitrosus*) que só atacam os nitratos por intermedio das substancias amidadas, com o concurso de acidos provavelmente.

O *b. hypnitrosus* não daria azote gazoso, mas ammoniaco.

(1) Os compostos nitrosos podem ainda servir de portadores do oxygeneo do ar para as materias organicas, podendo haver então oxydação por intermedio de compostos azotados oxydados, mas sem perda de azote: Müntz demonstrou que o nitrito de calcio, que no solo esterilizado dá rapidamente acido nitroso quando sobre elle se faz passar rapidamente uma corrente de CO<sub>2</sub>, oxyda-se facilmente e dá nitrito, quando exposto ao ar ou ao acido carbonico largamente misturado com ar. Ora o composto nitrico pôde passar a nitroso dando oxygeneo que será aproveitado na oxydação das materias carbonadas; o composto nitroso novamente se oxyda ao contacto do ar e assim successivamente.

Ora se isto é verdade para os germens nitrificadores não o é para os desnitrificadores que acabamos de mencionar, os quaes podem, decompondo os nitratos do liquido, dar oxygeneo que vái destruir o ultimo resto de substancia organica do effluente. Estas acções só cessarão quando a materia organica falte.

Sendo, nas correntes naturaes, o oxygeneo dissolvido na proporção de 10 mgr. por litro, a oxydabilidade do liquido residual pelo permanganato pôde indicar-nos qual o numero de volumes de agua da corrente que se deve misturar com um volume d'aquelle para a oxydação da materia organica se fazer á custa apenas do oxygeneo dissolvido; para a agua residual bruta pôde ser de vinte volumes. Mas os nitratos podem fornecer uma grande quantidade de oxygeneo utilisavel; por isso ADENEY propunha que ás aguas residuaes se juntasse nitrato de sodio, para que pela desnitrificação se tivesse uma fonte de oxygeneo; porém, este processo é dispendioso e inutil, porque nas condições de uma boa nitrificação natural pôde obter-se uma grande dose de nitratos á custa das substancias azotadas do liquido, e d'esta fórma pôde um effluente contendo ainda materia organica levar em si, sob a fórma de nitritos e nitratos, o oxygeneo sufficiente para a sua depuração total sem que tenha de utilizar-se do oxygeneo dissolvido na corrente a que fôr lançado, e mesmo melhorando esta. (Veja-se o que foi dito a este respeito a pag. 163 do vol. 1).

D'aqui se conclue tambem a necessidade de analyses o mais immediatas possivel dos effluentes nitratados, para que os resultados favoraveis obtidos no desaparecimento da materia organica se não attribuam apenas ás acções nitrificadoras.

\*

Vimos pois que em todas estas transformações a destruição da materia organica se faz com libertação de acido carbonico e azote; é o que acontece na phase de plenitude dos leitos

bacterianos submersiveis e o que explica, segundo GUIMBERT, a perda do azote no solo. Mas por virtude de esta perda de azote, consequencia das acções de desnitrificação, o liquido terá um valor muito menor sob o ponto de vista agricultural, o que tem importancia no caso em que é praticada a irrigação cultural.

Assim póde haver interesse em impedir as acções de desnitrificação. Ora, a desnitrificação não se dá, segundo PFEIFFER, quando faltam no meio particulas de palhas, fezes ou tecidos vegetaes que servem de alimento aos germens desnitrificadores. Mas a principal substancia utilizada por estes como alimento é a xylana, isomero da cellulose, soluvel nos alcalis; portanto se, antes da entrada nos leitos ou passagem á terra, o liquido soffrer uma fermentação alcalina isso poderá impedir, até certo ponto, as futuras acções desnitrificadoras.

A presença de assucares, citratos e malatos e uma temperatura elevada favorecem a acção dos germens desnitrificadores.

\*

\* \*

#### RESUMINDO:

A passagem de um liquido residual atravez do solo natural ou composto artificialmente de escorias, coke, etc., dá lugar a acções depuradoras de varia natureza:

1.º Acções physicas — consistindo na retenção de materias suspensas e fixação de algumas das dissolvidas (principalmente das mais complexas).

2.º Acções chimicas — consistindo em combinações com oxydos de ferro, de cobre, de manganez do material filtrante, e na oxydação chimica de certas substancias.

3.º Acções biologicas — que concorrem para a fixação e absorpção das materias organicas e provocam a sua decomposição e mineralisação final, por intervenção dos microbios (e

de outros seres mais elevados) que povoam os elementos do solo natural ou artificial.

As acções biológicas teem um papel preponderante e foi por isso que, com as reservas feitas a pag. 184, classifiquei como biológicos os processos de depuração pelo solo e pelos leitos bacterianos. Vejamos como na pratica se realiza esta depuração.

---

Received of the Treasurer of the  
Board of Education the sum of  
Five Dollars for the year ending  
June 30, 1872.

Witness my hand and seal this  
10th day of July, 1872.

Superintendent of Schools

City of New York

1872

1872

1872

1872

1872

1872

1872

1872

1872

1872

## SUB-SECÇÃO II

### Aplicações praticas

#### I

### Depuração pelo solo

De um modo geral, podem considerar-se dois processos de applicação dos principios estabelecidos para a depuração por *irrigação*, comprehendendo sob este nome o tratamento das aguas de esgoto pelo solo.

Um d'elles:

A) A *irrigação cultural* consiste na distribuição da agua de esgoto sobre extensas superficies de terreno, drenado ou não, tendo em vista favorecer o crescimento de certos vegetaes, tanto quanto seja compativel com a depuração do liquido residual.

O outro processo:

B) A *filtração intermittente*, que melhor será chamada *filtração intensiva* (1), consiste no lançamento do liquido residual,

---

(1) A intermittencia do lançamento do liquido a uma dada porção de solo é essencial tanto no caso da irrigação cultural como no caso da vulgarmente chamada filtração intermittente; portanto o termo—intermittente—deve ser excluido do nome d'este ultimo processo a que não serve de caracteristica distinctiva. O nome de *filtração* só por si não fica rigoroso, porque na *irrigação cultural*, mesmo quando não haja drenagem do solo, este nunca será por tal fórma impermeavel que não permitta uma maior ou menor penetração do liquido e, portanto, uma certa filtração; n'este caso a filtração nunca será, porém, tão notavel e rapida como no do outro processo, em que a drenagem tem um particular

com curtos intervallos de tempo, sobre uma area relativamente pequena de terreno especialmente escolhido em vista de uma porosidade conveniente e quasi sempre cuidadosamente e amplamente drenado. A vegetação não é systematicamente excluida, poderá existir em certos casos, mas ao seu interesse não se subordinarão de modo algum os interesses da depuração.

### A) Irrigação cultural

#### 1) Valor agricultural dos excreta e das aguas de esgoto

As aguas de esgoto conteem substancias, como o azote e os phosphatos, que quando lançados a um solo cultivado poderão concorrer poderosamente para a prosperidade das plantas.

Essas substancias proveem em grande parte dos excreta animaes. Servindo-me de elementos dados por Tivy, construo o seguinte quadro, para mostrar o valor agricultural da urina e das fezes e o dos seus componentes:

	Ammoniac valendo 290 réis o kilo	Acido phosphorico		Potassa, valendo 125 réis o kilo	Valor por tonelada, em réis
		solavel a 165 réis o kilo	insolavel a 85 réis o kilo		
	kilos	kilos	kilos	kilos	
1 tonelada de urina no estado natural	10,688	1,312	—	1,491	3,505
1 tonelada de fezes no estado natural	15,801	—	11,884	4,223	6,5095
1 tonelada de ex- creta mixtos de uma população..	10,336	1,245	0,862	1,709	3,480

desenvolvimento e o solo é escolhido com grande porosidade. Por isso á expressão de filtração intermittente se poderá substituir com mais rigor a de filtração *propriamente dita* ou *intensiva*.

RIDEAL, com outros autores, calcula que os excreta annuaes de um homem adulto valem de 1\$465 a 4\$500 réis. Estes excreta annuaes valeriam, segundo WELCKER, 34<sup>kilos</sup>,020 de guano peruviano.

Segundo DUCLAUX, o emprego como adubo dos dejectos de vinte pessoas n'um hectare de terreno convenientemente cultivado faria produzir a este o sufficiente em alimentos para a vida d'essas pessoas, as quaes, assim, sem sahir do terreno em questão, poderiam manter-se obtendo as substancias alimentares «á custa de uma rotação continua da materia, por uma symbiose entre si mesmos e os microbios do solo».

Um kilo de excreta humanos vale 15 kilos de dejectos de cavallo ou 6 kilos de dejectos de boi (MACAIRE e MARCET). Os excrementos de um carneiro tem o mesmo valor que os excreta totaes de um homem adulto (MECH).

Dada a variabilidade de composição e de diluição das substancias rejeitadas de uma para outra povoação, comprehende-se que as respectivas aguas de esgoto differirão muito entre si com respeito á sua abundancia em principios utilisaveis, e de tal fórma que será difficil estabelecer de um modo geral, em numeros, o seu valor agricultural.

Segundo TROY, 1000 toneladas de agua de esgoto bruta de Londres, contendo 97<sup>kilos</sup>,937 de ammoniaco (valendo 290 réis por kilo), 12<sup>kilos</sup>,326 de acido phosphorico dissolvido (valendo 465 réis por kilo), 10<sup>kilos</sup>,804 de acido phosphorico não dissolvido (valendo 85 réis por kilo) e 22<sup>kilos</sup>,611 de potassa (valendo 125 réis por kilo), tem um valor de 34\$180 réis.

## 2) Aproveitamento, na agricultura, das substancias rejeitadas. Origem da pratica scientifica da irrigação

De ha muito que, em quasi todos os paizes, se utilisam os dejectos e residuos da vida animal, mais ou menos diluidos em agua, para a fertilisação dos terrenos.

A China é o paiz onde os dejectos humanos são mais completamente aproveitados como adubo (ROUCHY). N'este paiz, os cultivadores vão procurar as fezes ás cidades e, ainda no estado fresco, desfazem-as mais ou menos em agua com a qual regam os pés das plantas. «Os chinezes, diz DEHERAIN, teem sabido manter pelo emprego dos dejectos humanos a sua população tão numerosa e animada de um movimento de expansão contínua» (original explicação da vitalidade chinesa!).

Em alguns pontos da Europa a venda das substancias retiradas das fossas constitue um commercio verdadeiramente importante.

Na Belgica, por exemplo, as materias fecaes colhidas em varias cidades são levadas pelos canaes, em barcos especiaes cobertos, até Louvain, onde são armazenadas em grandes cisternas, á espera de compradores. Anvers tira da venda das suas substancias sujas um proveito annual de mais de 18.000\$000 réis.

É tambem muito antiga a pratica de beneficiar os solos cultivados regando-os com liquidos residuaes retirados dos collectores dos esgotos.

Ha alguns seculos já que as Marcitas de Milão são irrigadas pelas aguas da Vettabia, que recebe as aguas de esgoto da cidade.

O rio Rusafa, o grande collector dos esgotos de Valencia (Hespanha), irriga a chamada Huerta e dá-lhe tão grande fertilidade que BARRAL affirma ter noticia de um campo de luzerna que n'um anno permittira 22 córtes.

Em Edimburgo, em 1760, os cultivadores de terrenos situados na visinhança da passagem das aguas de esgoto para o mar desviaram parte do liquido para as suas propriedades; os resultados foram excellentes, e a vegetação attingiu mesmo grande parte do terreno arenoso da praia. Varias cidades da Escossia e da Inglaterra seguiram depois o exemplo de Edimburgo; assim tomaram origem as chamadas *sewage-farmes*.

No Japão utilisam-se, de ha muito, os liquidos sujos para

a cultura do arroz, com resultados lisongeiros. As aguas residuaes accumulam-se em grandes tanques cobertos de palha, e ahi se deixam até que, por fermentação, a uréa se tenha transformado em ammoniaco; depois são lançadas sobre o terreno argilloso, onde o arroz se desenvolve em planos formando terraços successivamente mais baixos, sobre os quaes o liquido passa até ir, depois de um longo trajecto, cahir na corrente mais proxima n'um estado de depuração razoavel (DIVERS e KELLNER).

D'um modo geral, pôde-se dizer que tão remota no tempo é a origem como espalhada no espaço é a pratica da utilização agricultural dos residuos humanos e animaes, isolados ou associados a outros residuos na agua de esgoto.

Mas, sendo desconhecidas até época relativamente recente as vantagens hygienicas que se podem obter pela regularisação d'esta pratica no caso de aguas de esgoto, apenas se olhava aos interesses da cultura. É certo que a depuração da agua residual, mesmo assim, poderia já ser inconscientemente obtida, até um certo ponto. Sendo, porém, as aguas de esgoto lançadas directamente nas correntes naturaes sempre que as necessidades agriculturaes não exijam a sua passagem pelos campos, é facil de vêr que essa depuração havia de ser muito irregular e modesta e que na realidade os rios haviam de continuar a ser mais ou menos abundantemente conspurcados.

A hygiene pouco tinha portanto a ganhar, n'esses casos, e antes mesmo muito tinha a perder por vezes, como, por exemplo, quando a má qualidade do terreno irrigado e a falta de um certo numero de precauções permittiam a infecção das aguas do sub-solo e, com ella, o advento e a propagação de epidemias. Só depois dos trabalhos de varios sabios que puzeram em evidencia o poder depurador que o solo naturalmente possui é que a irrigação com aguas de esgoto começou a ser feita de modo a poderem ser obtidos resultados uteis e mais ou menos constantes, sob o ponto de vista hygienico.

Assente então já em bases racionais e scientificas, a depuração pelo solo cultivado foi applicada em varias partes.

Na Inglaterra, seu paiz de origem, praticavam-a em 1895 42 cidades de mais de 10.000 habitantes; entre as mais importantes d'ellas — Birmingham, Nothingham, Leicester, Edimburgo.

Em França, Paris começava em 1869 a utilização de alguns hectares do terreno arenoso de Genevilliers, e progressivamente foi praticando a irrigação em outros terrenos de Achères, Triel, Pierrelaye. Em resultado do augmento do poder productivo do solo, pelo facto da irrigação, o valor do aluguer do hectare em Genevilliers passou de 16\$200—18\$000 réis para 72\$000—90\$000 réis. Em Achères, antes da irrigação pelas aguas de esgoto, os terrenos bons alugavam-se a 16\$200—18\$000 réis, os medios a 12\$600 réis e os maus a 3\$600 réis por hectare; hoje todos se alugam indifferentemente a 23\$400—27\$000 réis; estes mesmos terrenos vendiam-se respectivamente a 720\$000—900\$000 réis, 450\$000—540\$000 réis e 360\$000 réis; hoje todos se vendem a 720\$000—1.080\$000 réis por hectare. Em Triel o aluguer e venda do terreno eram respectivamente 6\$300 e 270\$000 réis por hectare, antes de utilizados para a depuração das aguas de esgoto; hoje aluga-se o hectare por 27\$000 réis e vende-se por 900\$000 réis.

REIMS, recentemente, seguiu o exemplo de Paris.

Na Allemanha, Berlim, desde 1875, depura as suas aguas de esgoto em campos cultivados; a irrigação transformou a planicie desolada, arenosa e improductiva que cercava a cidade em arredores dos mais apraziveis.

BRESLAU, FRIBURGO, MAGDBURGO, BRUNSWIK, DANTZIG seguiram mais tarde o exemplo de Berlim. Os terrenos arenosos junto ao mar, aos quaes Dantzig lança o seu effluxo, alugavam-se antes da irrigação á razão de 210 réis por hectare; depois d'ella foram alugados por 30 annos á razão de 17\$510 réis por hectare.

Na Russia, Odessa, desde 1887, e nos Estados Unidos da America do Norte muitas cidades, principalmente do Oeste,

adoptaram processos semelhantes para a purificação dos seus effluxos. Na India e na Australia encontra-se tambem muito desenvolvido o uso das *sewage-farms*.

3) **Importancia hygienica, esthetica e economica da cultura do solo irrigado com aguas de esgoto. Culturas apropriadas. Utilisação dos productos obtidos**

Quando pela irrigação se começou a procurar obter a depuração das aguas sujas, a cultura do solo continuou geralmente a ser feita não só porque se esperava, com certo fundamento, tirar d'ella uma compensação economica para a supressão do commercio de estrumes e das industrias de preparação de adubos artificiaes e para as despezas occasionadas pela pratica da remoção e depuração das aguas residuaes, mas tambem porque durante muito tempo a vegetação foi encarada como um factor importante na purificação do liquido conspurcado.

Hoje, porém, depois dos estudos de SCHLÖESING e de outros, está demonstrado que as plantas, pelo menos na immensa maioria dos casos, apenas se utilizam de substancias muito simples, mineralisadas — acido carbonico, agua, acido nitrico, phosphatos — e não de substancias organicas mais ou menos complexas que podem existir no liquido com que se irriga o solo. Com effeito, se alguns autores, como RIDEAL, admittem ainda que um certo numero de especies vegetaes, utilizando ou não a acção dissolvente das suas enzymas, pôde absorver e aproveitar para alimento alguns constituintes ammoniacaes e organicos das aguas de esgoto, esses mesmos autores são concordes em affirmar que as plantas extrahem do ar a maior parte do seu carbono e procuram quasi totalmente o seu azote nos nitratos que as acções microbianas originaram pela oxydção das materias azotadas mais complexas.

Quanto a estas não só são inuteis, mas até mesmo prejudi-

ciaes para as plantas, quando em certa quantidade. Assim, por exemplo, 100 mgr. de ammoniaco por litro (proporção em que é possível encontrar este composto nas aguas residuaes) actuam muito desfavoravelmente sobre os vegetaes (CLOETZ), e um solo que tenha recebido uma dose «um tanto forte» de saes ammoniacaes permanece esteril durante muitos annos (DEHERAIN).

Comtudo, se, em vista d'isto, pôde ficar praticamente estabelecido que a vegetação não exerce acções depuradoras por decomposição activa ou absorpção de substancias organicas, e apenas liberta o solo de corpos mineralizados, simples e inoffensivos, a verdade é que, indirectamente, a cultura pôde ter um effeito util, quer facilitando o arejamento do solo, que as raizes mantem menos compacto, quer favorecendo a sua drenagem pela evaporação que se produz nas folhas (1).

Além d'isso, é incontestavel que a vegetação favorece os terrenos irrigaveis sob o ponto de vista esthetico e limita em certos casos a propagação dos cheiros.

É razoavel o desejo de tirar o maior interesse economico possível da cultura do solo irrigado; mas acima de tudo é necessario attender aos interesses da hygiene.

Para que as exigencias da hygiene não venham a tornar-se incompativeis com as exigencias da cultura, é preciso que esta seja feita por tal fôrma que em todas as estações do anno haja maneira de tratar o total das aguas residuaes, lançando-as ao solo nas doses legalmente prescriptas por unidade de superficie, sem que as plantas soffram pelo facto de um affluxo de

---

(1) Segundo DEHERAIN, uma folha nova de cereal pôde n'uma hora evaporar o seu peso de agua. Segundo HELLNEGEL e WOLLNY, o liquido evaporado varia de 233 a 912 partes em peso por cada 1 parte de tecido de planta formada; a evaporação é maxima no trevo e nas hervas e minima nas batatas e plantas raizes. LOWES calcula que uma planta evapora 250 a 300 partes de agua, por cada 1 parte de solidos seccos que elabora.

liquido para ellas exaggerado. Com effeito as plantas, segundo a sua natureza, o seu estado de desenvolvimento e a estação do anno, toleram maior ou menor quantidade de liquido e uma irrigação mais ou menos repetida; assim, por exemplo, ao passo que os espargos só podem ser irrigados tres vezes por anno, os prados podem sel-o dia sim, dia não (1).

Sob o ponto de vista da tolerancia a grandes quantidades de liquido, são os prados a cultura mais conveniente; supportam 100:000<sup>m3</sup>, e mais, de agua de esgoto por hectare, no anno. Segundo RAWLINSON e RIDEAL, é o solo plantado de *rye grass italiano* o que pôde absorver maior volume de liquido; o producto da cultura apparece cêdo no mercado e dá annualmente cinco a sete cortes e setenta e cinco a cem toneladas de boa herva, por hectare; ao fim de 3 annos é preciso deixar repousar o solo, lavrando-o e plantando-o de couves ou raizes, geralmente beterrabas; depois volta-se ao *rye grass*. Em Berlim cultiva-se o *rye grass* e o *timothy*; obteem-se seis cortes annuaes de herva de excellente qualidade; mas a sua venda é difficil; secca-se em apparatus especiaes.

Os cereaes são pouco recommendaveis; não supportam bem mais de 10:950<sup>m3</sup> por hectare-anno; além d'isso a palha é sempre muito mais do que o grão obtido e este é de má qualidade e de conservação difficil. Em Berlim, por hectare, o trigo de inverno rende 34\$470 réis, o da primavera 29\$255 réis, o centeio de inverno 32\$235 réis, a cevada 24\$605 réis, a aveia 8\$160 réis.

Na visinhança das cidades, a cultura dos legumes é a mais remuneradora; apesar dos productos serem depreciados no mercado, nos campos de Berlim alugam-se facilmente os terrenos para essa cultura á razão de 53\$520 réis o hectare. Mas os legumes supportam pouca agua; em Genevilliers, onde

---

(1) É esta a opinião geralmente seguida; mas ha tambem quem affirme que os prados não devem ser irrigados no inverno, porque isso prejudica as raizes.

a cultura d'elles está desenvolvida, são lançados ao solo apenas 10:000<sup>m3</sup> a 12:000<sup>m3</sup>.

As couves e as alcachofras nos campos de Genevilliers toleram 25:000<sup>m3</sup> por hectare-anno.

A beterraba e a batata podem dar bons productos, mas a batata não supporta a irrigação na primavera e no verão. Em Berlim a beterraba rende 18\$000 réis e a batata 15\$460 réis por hectare.

O cuminho, a colza e o nabo dão bons productos, mas o seu baixo preço não compensa a cultura.

A beterraba de assucar, o lupulo e o tabaco, experimentados em Berlim, dão productos inferiores.

O aipo e os girasoes teem sido cultivados com bom resultado. Os bosques consomem pouca agua.

Ao longo dos fossos e caminhos são uteis as arvores de fruto (macieiras, etc.) e nos fossos os vimeiros.

Em Berlim a cultura é feita de um modo racional; a cidade tem os seus dominios irrigaveis divididos em oito administrações e é ella propria que os explora, cultivando-os do modo mais apropriado para a realisação da depuração que se tem em vista.

Mas nem sempre se olha como em Berlim em primeiro logar ao interesse da depuração, e em certos casos são os interesses agriculturaes postos em primeiro plano.

Assim, por exemplo, dos 5:505 hectares destinados á depuração das aguas de esgoto de Paris, apenas 1:765 (1:145 em Achères, 520 em Mery e 100 em Carrières) são dependentes directamente da municipalidade; os 3:740 restantes (905 em Genevilliers, 1:630 em Mery, 850 em Carrières e 355 em Achères) são alugados ou pertencem a particulares que, tendo á sua disposição as boccas de distribuição do liquido, fazem esta segundo as necessidades da cultura que lhes aprouve escolher. D'esta fórma, em 1903, metade dos terrenos de cultura livre estavam plantados de espargos e bosques que quasi não absorvem agua de esgoto. Os proprios terrenos municipaes não

estão tão bem regulados na sua cultura como deveriam estar; na primavera a cultura não tolera uma irrigação que permita o tratamento da quantidade de liquido que legalmente ali deveria ser depurada.

A existencia de terrenos de cultura livre e a má disposição dos terrenos municipaes, dependentes da falta de agronomos competentes a par dos engenheiros na direcção da irrigação, levam á necessidade de fazer o lançamento intensivo e abusivo do liquido residual a superficies mais ou menos vastas, que se tornam assim grandes pantanos maus de cultivar e com cujo auxilio não se consegue assegurar a depuração da onda total do liquido de esgoto, da qual grandes porções, que na primavera attingem 35 % do total, passam ao Sena sem serem tratadas.

D'aqui resulta que a depuração conseguida para as aguas de esgoto de Paris, que segundo VINCEY é de 99,9 % se se considera o liquido tratado, deve ser estabelecida apenas em 65 % se, referindo-nos á onda total rejeitada no rio, levarmos em conta os 35 % de liquido não depurado.

VINCEY propõe para remediar isto que se façam plantações de natureza tal que em todas as estações se possa obter uma média constante do liquido tratado. Nos terrenos livres, a supressão dos cereaes, a diminuição dos espargos e batatas e a elevação da superficie dos prados a 32 % da superficie total, deixaria absorver ao solo, sem inconveniente para a cultura e sem prejuizo para a depuração, doses de liquido residual superiores á legalmente prescripta (40:000 m<sup>3</sup> por hectare-anno). No dominio municipal de Mery-Pierrelaye, pondo-se 54 % da superficie a prado, poder-se-iam utilizar as materias nutritivas do liquido residual e assegurar a depuração d'este; na primavera seriam os prados que supportariam a quasi totalidade das aguas de esgoto.

Notemos que geralmente, quando se faz a irrigação cultural empregando as doses de liquido legalmente prescriptas, nem todas as materias utilisaveis pelas plantas são absorvidas por

estas. Aos dominios da administração de Osdorf (Berlim), os 12:378<sup>m3</sup> por hectare-anno ahí lançados trazem 859 k. de azote, 161 k. de acido phosphorico e 711 k. de potassa; fazendo a analyse do liquido effluente depurado vê-se que das substancias apontadas só ficam retidos 454 k. de azote, 154 k. de acido phosphorico e 637 k. de potassa.

Para que fossem aproveitados o mais completamente possível os elementos de valor agricultural da agua de esgoto seriam necessarias extensões de terreno muito mais vastas, o que tornaria tambem muito maior o desembolso do capital. Na pratica, com qualquer processo de adubagem as chuvas arrastam para as aguas subterraneas uma certa quantidade de elementos utilisaveis.

O proveito retirado dos productos obtidos por uma exploração agricola judiciosa e a melhoria das qualidades productivas de solos primitivamente ordinarios podem compensar as despesas annuaes do tratamento do liquido residual, mas não contrabalançam o capital dispendido n'uma primeira installação.

Por isso o que sob o ponto de vista economico convém é lançar a uma dada extensão de terreno a maior quantidade de liquido residual que seja compativel com o seu poder depurador. Em breve veremos como essa quantidade pôde ser determinada.

Nos campos de irrigação a evaporação muito intensa arrefece o solo, fazendo geralmente com que os productos da cultura se desenvolvam tardiamente e só appareçam nos mercados quando n'estes já abundam productos da mesma especie. Este facto e o de serem em geralmente muito ricos em agua concorre muito para que a venda d'aquelles productos seja feita por preços relativamente baixos.

Quando os terrenos irrigados estão situados na immediata vizinhança das cidades, os productos de cultura, principalmente legumes, teem uma sahida relativamente facil; mas o mesmo não

acontece já quando os terrenos cultivados ficam a grande distancia e não teem communições rapidas com a cidade, porque então pôde ser extremamente difficil encontrar compradores.

A baixa do preço do pasto e das beterrabas fez com que se tenha pensado em utilizar estes vegetaes, na *sewage-farme*, para a engorda de gado e para a producção de leite.

As forragens dos campos de irrigação são mais ricas em agua do que as dos campos ordinarios, mas a sua materia secca é muito mais rica em azote. Segundo LAWES, aquellas forragens conveem perfeitamente para a alimentação dos animaes, que se desenvolvem nas mesmas condições dos animaes nutridos com pasto vulgar. A engorda de gado é, portanto, recommendavel para aproveitar os productos de cultura que se não podem vender; além d'isso, o estrume animal encontra uma collocação proveitosa e facil nas terras não irrigadas.

Mas é talvez preferivel a alimentação de cabras e vaccas productoras de leite, que encontra sahida facil para os asylos e hospitaes. Os hospitaes de Berlim consomem diariamente 5:000 litros de leite, que pagam a 35-40 réis por litro quando puro, a 25 réis por litro quando desnatado.

Segundo LAWES, o leite produzido pelos animaes alimentados com forragens dos campos de irrigação seria tão abundante e de tão boa qualidade como o dos animaes alimentados com as forragens dos campos ordinarios. Mas, mais recentemente, SMEET chega á conclusão de que o leite dos animaes alimentados nas primeiras condições é muito mais alteravel do que o dos outros e rapidamente se torna azedo e putrido; a manteiga obtida d'elle tomaria tambem mau gosto e rançaria depressa.

Portanto parece recommendavel que o leite produzido pelos animaes sustentados nas *sewage-farmes* seja consumido o mais rapidamente possivel.

Finalmente a distillação das batatas, para extracção de alcohol, tem sido feita com bons resultados nas administrações de

Buch e Schmeistsdorf (Berlim). Os residuos servem para engordar gado.

Ha quem não veja isento de perigos o consumo dos productos de cultura dos campos irrigados pela agua de esgoto.

WURTZ e BOURGES em 1901 fizeram experiencias que os levaram a concluir que os germens pathogenicos, como a bacteridia do carbunculo, o bacillo tuberculoso e o vibrião cholericico, postos accidentalmente á superficie da terra ou enterrados mesmo a certa profundidade são arrastados pelas plantas que se desenvolvem e n'ellas se mantem vivos nas folhas ou nas hastes; cultivando rabanetes e alface em terra banhada por liquidos contendo germens pathogenicos, notaram que estes appareciam na haste da planta, por vezes á altura de 0<sup>m</sup>,30 acima do solo; plantando batatas infectadas pelo germen do anthrax verificaram que estas se desenvolviam e que, ao fim de 101 dias, na sua haste existia ainda o germen infectante. CLAUDITZ chegou a conclusões semelhantes. A ser assim, poderiam originar-se no homem doenças varias, pelo facto de se utilisarem para alimento os vegetaes cultivados nos campos de irrigação; e o pasto d'estes proveniente poderia igualmente favorecer a disseminação do carbunculo, do tetano e de varias epizootias nos animaes a que fosse fornecido.

Mas é de notar que nas experiencias d'aquelles autores não se realisam as condições que na pratica e nos campos irrigaveis concorrem para a destruição dos germens: acção da dessecação alternando com os periodos de humidade, lavagem mecanica pelas chuvas, luz solar intensa, concorrência vital de outros germens muito abundantes, etc.

DIATROPTOFF, nos campos de irrigação de Odessa, verificou que germens de cholera por elle lançados sobre os legumes plantados morriam em tres a quatro horas. Este autor e ARNOULD affirmam, com a maioria dos autores inglezes, que não está provada a realidade da transmissão das doenças infecciosas pelos legumes e que, em todo o caso, essa transmissão

é pouco provavel. Comtudo deve dizer-se que BRAUDIS aponta a persistencia do bacillo tuberculoso e do typhico em legumes regados directamente com liquidos fecaloides e GESELWIND admitte que cinco casos de febre typhoide por elle observados se originaram no consumo d'esses productos.

Seja como fôr, comprehende-se que o perigo da transmissão das doenças pelos vegetaes dós campos de irrigação será minimo quando esta seja feita pelo processo de infiltração, em que a agua de esgoto não attinge a haste nem as folhas das plantas, mas só as suas raizes, e ainda indirectamente depois de atravessar maior ou menor espessura de terreno.

Prudentemente, a Junta Consultiva de Hygiene de Paris recommendou, comtudo, que se não cultivem legumes ou saladas destinados a serem comidos crus; a acção da cosedura será sempre sufficiente para exterminar os germens nocivos, tanto mais que estes, como FERNBACH o demonstrou, não penetram nos tecidos vegetaes. Para os casos em que, contra este preceito, se faça a cultura de vegetaes que hajam de ser consumidos no estado crú, RIDEAL recommenda a lavagem d'elles por uma solução antiseptica; ao acido sulfurico ou a outros antisepticos, prefere RIDEAL, para este fim, o trisulfato de sodio, manejavel, inoffensivo e effcaz na dose de 4<sup>gr.</sup>,71 por litro.

#### 4) Situação dos campos de irrigação

Raras vezes os campos de irrigação ficam na visinhança immediata das cidades, onde o terreno escasseia, e por vezes estão mesmo situados a consideraveis distancias. O liquido dos collectores urbanos é levado até lá por canalisações especiaes, auxiliado, geralmente, na sua marcha pela acção poderosa de bombas e machinas de installações appropriadas.

As canalisações destinadas á passagem da agua de esgoto de Paris, desde a officina de Clichy até Triel, teem um comprimento de 28 kilometros.

A distancia a que os terrenos a irrigar ficarão da cidade depende usualmente de muitas considerações praticas.

Eis, segundo a *Royal Commission*, as vantagens e desvantagens que pôde haver em que essa distancia seja algum tanto consideravel:

#### Vantagens

O total da agua residual pôde chegar ao solo depurador com as suas substancias já desintegradas e parcialmente decompostas, dispensando qualquer tratamento preliminar.

Ha considerações sentimentaes, se não hygiénicas, para que o tratamento da agua de esgoto seja feito em regiões pouco densamente povoadas.

A distancia, o terreno é mais barato do que na visinhança immediata das cidades.

Ha mais facilidade em augmentar a area do terreno depurador parallelamente ao crescimento da população urbana.

Quanto maior é o caminho percorrido pelo liquido tanto mais uniforme será a composição e menos variavel o volume da onda a tratar.

#### Desvantagens

As materias fecaes solidas, que teem um valor definido como adubo facil de applicar, e as materias cellulósicas, que teem uma tendencia para impermeabilisar o solo, passam a este com a parte liquida que as dissolve, ao passo que na agua de esgoto fresca não é difficil separar as materias fecaes solidas e uma certa quantidade de papeis, utilisaveis depois no proprio terreno.

Quando ha processos preliminares de tratamento por fossas de sedimentação ou de precipitação, a lama tem pouco valor agricultural e é de difficil emprego.

A maior extensão da canalisação implica uma maior despeza na sua construcção (1), um gasto maior nas reparações e permite que a agua do sub-solo afflua ás canalisações em maior quantidade, augmentando assim muito o volume do liquido a tratar.

Quanto maior é a distancia a que os campos de irrigação ficam da cidade tanto mais difficil será o transporte e a venda dos productos da cultura.

---

(1) WILMENS DORF, nos arredores de Berlim, dispendeu mais de 720 contos de réis para construir uma canalisação de 18 kilometros, capaz de levar-lhe as aguas sujas aos seus terrenos irrigaveis.

Tudo bem considerado, na generalidade dos casos, parece haver, segundo a *Royal Commission*, uma certa conveniencia em que os terrenos depuradores fiquem a grande distancia da cidade.

##### 5) Constituição do solo e determinação do seu poder depurador

Quando se pretenda praticar a depuração das aguas de esgoto pelo solo é necessario attender á constituição d'este e verificar se ella permittirá a realisação da depuração em condições praticas.

D'um modo geral, pôde dizer-se que é preciso um solo bastante poroso até pelo menos um metro de profundidade.

Os terrenos argillosos compactos não convirão, porque a agua correrá á sua superficie sem os penetrar; se esta simples *irrigação superficial* pôde dar uma depuração razoavel quando, como no caso citado da cultura do arroz no Japão, seja praticada em superficies muito vastas, na maioria dos casos os resultados por ella fornecidos são illusorios ou muito incompletos, porque se não poderá dispôr de uma sufficiente extensão de terreno. Em Inglaterra, comtudo, a *irrigação superficial* em solos compactos argillosos é praticada por muitas cidades das quaes adeante vão citadas algumas (Leicester, South-Norwood, etc.); a extensão officialmente recommendada é então de 1 hectare por 61 pessoas, mas na pratica usam-se extensões menores e por isso os resultados são mans. Na Allemanha evita-se usar solos d'esta ordem e pratica-se a depuração apenas n'aquelles em que uma certa filtração seja possivel.

Notemos ainda que o calor, seccando os terrenos argillosos, pôde abrir-lhes fendas, que são tão inconvenientes como as fissuras tão frequentes nos terrenos calcareos, por permittirem uma passagem directa e rapida á agua de esgoto que, assim, sem soffrer depuração, pôde ir, mesmo muito longe, infeccionar

poços ou cisternas de que se retire agua alimentar. A *Royal Commission* cita um caso em que, n'uma *sewage-farme* em que só havia uma pequena espessura de terra vegetal cobrindo argilla fissurada, passavam aos tubos de drenagem pedaços de palha de mais de 12 millimetros de comprimento.

Um terreno compacto não ficará mais utilisavel quando se procure obter artificialmente em certos pontos a sua permeabilidade, pela abertura de fossos que se encham de materiaes grosseiros, como pedras partidas, etc.: os espaços excessivamente largos assim formados serão tão pouco appropriados para a depuração como a parte restante do solo que se deixe permanecer com a sua densidade excessiva.

As cinzas revolvidas com as camadas superficiaes de um solo argiloso, podem melhorar algum tanto as condições d'este (RIDEAL).

Um terreno lamacento e um terreno turfoso são egualmente inconvenientes. Mas um solo excessivamente permeavel, de saibro ou de areia grossa, que se deixe atravessar muito rapidamente sem dar tempo a que se produza a fixação das materias organicas, é tambem pouco appropriado. O solo de areia fina não é ainda o mais conveniente.

O melhor será um solo medio, de areia argillosa, ou ainda arenoso com um pouco de calcareo ou humus.

A existencia de bases alcalinas no solo (carbonato de cal) será vantajosa, principalmente se o liquido residual as não traz consigo. FRANKLAND, em 1870, comparando a composição chimica de dois solos em um dos quaes a nitrificação era quasi nulla ao passo que no outro se conseguia realizar diariamente a depuração de 112 litros de agua de esgoto por m<sup>2</sup>, achava que o primeiro continha menos de 2% de carbonato de cal ao passo que na composição do segundo este composto attingia 8,1%. Nos terrenos arenosos de irrigação de Berlim o lançamento de 2 1/2 a 6 toneladas de cal por hectare deu resultados lisongeiros.

\*

Desde que haja o proposito de fazer a irrigação n'um dado terreno, torna-se necessario determinar o poder depurador d'este. Para isso, preconizou FRANKLAND o processo seguinte (1): Enche-se com a terra a estudar um tubo vertical de 2 metros de altura e 25-30 cm. de diametro, assente dentro de uma tina; lança-se-lhe diariamente, durante algumas semanas, um certo volume da agua a depurar e nota se o grau de depuração obtida pelo liquido filtrado; depois, durante um novo periodo de tempo, tambem bastante longo, faz-se o lançamento de uma maior dose de liquido, da qual se verifica egualmente o grau de purificação; e, assim, ir-se-ão empregando successivamente doses crescentes de agua residual, durante periodos sufficientemente importantes, até que a analyse do filtrado indique ter sido attingida a dose maxima para além da qual a depuração do liquido se apresenta imperfeita.

Sendo conhecido o volume de terra usado na experiencia e a espessura utilisavel do solo depurador, facilmente se calcula a quantidade de agua de esgoto que poderá ser depurada por  $m^3$  e qual será a maxima tolerada por  $m^2$ .

Este modo de determinação não pôde, evidentemente, ser de resultados rigorosos, quando applicado na pratica; é preciso, com effeito, contar com a falta de homogeneidade e com as variações de espessura da camada de solo depuradora, e tambem com as variações de composição que sempre se produzem nas aguas de esgoto. Em todo o caso, o processo de FRANKLAND não deixa de ter utilidade para estabelecer de um modo approximado quaes as condições em que se deve praticar a irrigação, qual o volume de agua de esgoto que poderá ser tratado por unidade de superficie e portanto qual a extensão de terreno necessaria para obter a depuração do effluxo residual de uma dada cidade.

---

(1) FRANKLAND preconizou este processo mais especialmente para o caso da filtração intensiva.

### 6) Superfícies necessarias

Com as varias condições locais, variarão muito as superficies de solo necessarias para criação de uma *sewage-farme* onde a depuração das aguas residuaes de uma cidade se possa fazer por irrigação cultural.

É necessario fazer a distincção entre a *superficie total* da *sewage-farme* e a sua *area irrigavel total*. A *area irrigavel total* é a porção da superficie que está preparada para a irrigação e que é irrigada n'uma ou n'outra occasião no decurso do anno.

A differença entre a *superficie total* e a *area irrigavel total* tem o nome de *area superflua*; esta *area superflua*, de umas para outras *sewage-farmes*, não se mantem como uma constante percentagem da superficie total, como vemos no quadro de pag. 270-271 para varias cidades inglezas; é por exemplo de 37 % em Croydon e apenas de cerca de 13 % em Aldershot e de 12 % em Rugby.

Não deve suppôr-se que a extensão da area superflua seja cousa que não mereça attenção; pôde, pelo contrario, ter muita. Os cereaes são, como vimos, praticamente inadmissiveis na area irrigavel; ahi, a cultura deve ser de plantas, como *ray grass*, que podem tolerar grandes quantidades de agua residual, mas para as quaes é preciso achar depois da colheita uma sabida facil; por isso, ha vantagem economica, frequentemente, em empregar a *area superflua* para *leitarias* ou criação de gado alimentado com os productos da area irrigavel. Além d'isso, geralmente quando antes da irrigação a agua de esgoto soffre um tratamento preliminar que a liberta da maior parte das materias suspensas, as lamas obtidas poderão ser enterradas na area superflua. Finalmente, se esta area é susceptivel de

ser preparada para a irrigação sem muita despesa (isso depende de muitos factores — contorno superficial do solo, etc.), temos n'ella uma superficie de reserva para quando mais tarde se torne necessaria uma maior area irrigavel, sem ter que ir a outros pontos adquirir terrenos; estes podem mesmo faltar por completo e então a areã superflua será utilizada, ainda que seja necessario recorrer a elevação dispendiosa do liquido por bombas quando o contorno superficial o exija.

Sem que seja possivel dar uma relação constante recommendavel da area superflua para a superficie total, porque em cada caso deve attender-se ás condições locaes, pôde dizer-se, de um modo geral, que é desejavel que se possa dispôr de uma grande area superflua. Isto, partindo, naturalmente, de que a *area irrigavel total* é de conveniente extensão para o tratamento do volume de liquido residual; com effeito, é claro que uma *sewage farme* com uma area irrigavel demasiadamente pequena em relação ao liquido a tratar será condemnavel, por grande que seja a sua area superflua.

Com respeito á extensão da area irrigavel total, pôde dizer-se que, sendo as acções de nitrificação no solo relativamente superficiaes (pag. 233), torna-se necessario dispôr de terrenos muito vastos, tanto mais que em geral se attende ás necessidades da cultura, que pôde ser prejudicada por grandes doses de liquido.

Não ha accordo entre todos os autores ácerca de qual seja a base mais recommendavel para fazer o calculo das superficies irrigaveis totaes necessarias. SCUDDER e SANTO CRIMP entendem que essa base deve ser o volume diario do liquido a tratar; BALDWIN LATHAM é de opinião que a area de terra deve ser determinada de preferencia em relação com a população da cidade drenada.

Mas é necessario naturalmente attender á qualidade do solo depurador; e ainda não se deve esquecer que a existencia ou a falta de processos preliminares de tratamento do liquido lançado á terra pôde influir muito sobre a extensão d'esta que

seja a utilizar. Assim, por exemplo, o *Local Government Board*, na Inglaterra, pede 1 hectare de solo argiloso compacto por cada 61 pessoas e 1 hectare de areia grossa barrenta por cada 247 pessoas para agua de esgoto não precipitada e apenas exige 1 hectare de solo argiloso compacto por 494 pessoas e 1 hectare de solo de areia grossa barrenta por 988 pessoas quando a irrigação seja feita com agua de esgoto que tenha soffrido a precipitação chimica.

D'um modo geral, segundo a *Royal Commission*, com um solo da melhor qualidade e com um bom tratamento preliminar da agua de esgoto pôde bastar 1 hectare por cada  $336^{m^3},767$  de liquido ou por cada 2470 pessoas; alguns autores admittem mesmo que um hectare de terreno de muito boa qualidade poderá bastar para uma dose dupla de liquido ( $673^{m^3},534$ ) ou para um numero duplo de pessoas (4940 pessoas) quando previamente tenha havido uma precipitação chimica seguida de filtração por filtros especialmente construidos (RIDEAL). Com um solo inconveniente, tal como argilla, um hectare não bastará para mais de  $33^{m^3},667$ , mesmo quando a agua residual tenha soffrido uma previa sedimentação.

TATTON dá o seguinte quadro em que se mostram quaes as areas approximadamente requeridas nos differentes casos:

Solos de	Disposição do solo para distribuição do liquido a depurar, favorecendo	Sem tratamento preliminar		Com previa precipitação chimica ou sedimentação		Com previa filtração por leitões biologicos	
		Pessoas por hectare	Hectares por 1:000 pessoas	Pessoas por hectare	Hectares por 1:000 pessoas	Pessoas por hectare	Hectares por 1:000 pessoas
Areia grossa	escorrimento (irrigação superficial)	247	4,047	1:235	0,8194	2:470	0,4047
	infiltração...	370	2,695				
Barro leve..	escorrimento	247	4,047	1:235	0,8194	1:860	0,5382
	infiltração...	370	2,695				
Barro denso..	escorrimento	186	5,3946	494	2,0235	988	1,011
	infiltração...			741	1,3476	1:235	0,8094
Turfa (1) ...	infiltração...	186	5,3946	494	2,0235	988	1,011
Argilla (2) ..	escorrimento	123	8,094	247	4,047	741	1,3476

Na pratica, havendo que attender não só á composição do solo, mas tambem á composição das agnas residuaes e a varias circumstancias de local e economicas, as superficies utilizadas para a irrigação não se mantem entre si proporcionaes ás populações das respectivas cidades ou aos volumes dos seus liquidos residuaes.

Façamos notar, já aqui, uma distinção fundamental que deve ser feita entre a *area irrigavel total* de uma *sewage-farme* e a sua *area média irrigada de cada vez* ou *area activa*; esta ultima é a porção da area disposta para a irrigação que, em media, n'uma dada occasião está servindo para a purificação

(1) Os terrenos turfosos não podem ser dispostos para a irrigação por escorrimento ou superficial, por virtude do seu poder absorvente intenso, que faz com que o solo actue como esponja.

(2) A grande impermeabilidade da argilla não permite que se pratique a irrigação com infiltração.

do liquido residual. A differença entre a primeira e a segunda toma o nome de *area irrigavel superflua* ou *em repouso* e deverá ser consideravel não só para permittir ao solo o recuperar plenamente o seu poder purificador, mas tambem para facilitar o tratamento de subitos augmentos de volume da onda residual.

Esta questão da extensão da *area irrigavel em repouso* é muitas vezes dominada por considerações economicas de interesses agriculturaes, antepostos infelizmente aos interesses hygienicos. Póde acontecer que, para poupar uma dada cultura, o solo correspondente fique em repouso muito tempo e uma outra porção da area irrigavel total seja, indevidamente, continuamente irrigada, com grande prejuizo do proprio solo e da qualidade do effluente obtido. É conveniente (principalmente no caso de esgotos do systema combinador) existir uma grande *superficie irrigavel superflua* que deverá ser olhada antes de mais nada como um meio de permittir o descanso do solo recentemente irrigado e só secundariamente como um solo conveniente para a obtenção de colheitas remuneradoras. Deve comtudo dizer-se que, com uma orientação e direcção judiciosas, quanto maior é a area irrigavel superflua tanto melhor é não só a purificação do liquido, mas tambem, dentro de certos limites, o proveito economico, isto, naturalmente, suppondo que a area irrigavel irrigada em cada occasião é sufficiente para o liquido a tratar. A percentagem da area total irrigavel irrigada de cada vez varia de caso para caso, como se vê no quadro de pag. 270-271: de 16 em Beddington, é de 46 em Nottingham.

Geralmente, quando se dá a nota do volume de agua residual tratada por dia e por unidade de superficie, faz-se, por commodidade, a supposição de que em cada dia toda a superficie irrigavel soffre a irrigação uniformemente e, portanto, os numeros obtidos são medias e muito menores do que os que indicam o volume de liquido realmente tratado em cada dia por unidade de superficie irrigavel em actividade.

\*

O quadro das paginas seguintes, formado com elementos colhidos no quinto relatorio da Real Commissão Inglesa, indica, para 6 cidades, a natureza e extensão do solo depurador, o volume de liquido tratado por unidade de superficie, a população por hectare de solo sujeito a irrigação, etc. N'esse quadro vê-se bem que quando o solo é poroso e permite a filtração de liquido a área exigida é muito menor do que quando as superficies irrigadas, de permeabilidade difficil, não permitem praticamente mais do que uma simples irrigação superficial; isto, bem entendido, quando em ambos os casos se queiram obter resultados satisfactorios.

Paris utiliza um total de 5:505 hectares (1 hectare por 494 habitantes) de terreno com um sub-solo de areia argillosa uniformemente permeavel, repartidos da seguinte fórma: 905 hect. do dominio de Genevilliers, 1:500 hect. do parque agricola de Achères, 2:150 hect. em Mery-Pierrelaye e 950 hect. em Carrières-Triel, onde a agua de esgoto chega depois de um percurso de 28 kil. Com a dose legal de 40:000<sup>m3</sup> por hectare e por anno (10 a 11 litros por m<sup>2</sup> e por dia)(1), os terrenos existentes, quando estejam concluidos os trabalhos da sua regularisação, conseguirão depurar 220.200.000<sup>m3</sup> annuaes de agua de esgoto. Mas se se considera o debito total dos collectores alimentados não só pelos esgotos de Paris, mas tambem pelos das communes dos arrabaldes, verifica-se que uma parte das aguas residuaes tem que continuar sendo lançada

---

(1) MILLIE e DURAND CLAY em 1869, servindo-se do processo de FRANKLAND, calcularam que o solo de Genevilliers permite a depuração de uma dose diaria de 15,6 por cada m<sup>2</sup> de superficie, correspondendo a 2<sup>m</sup> de espessura (7,8 por m<sup>3</sup>). O que quer dizer que annualmente por cada hectare podem ser depurados 56.940<sup>m3</sup> da agua de esgoto de Paris. Foi n'estes calculos que se baseou o relatorio da lei de 1894 para estabelecer as quantidades de liquido residual que devem ser tratadas por unidade de superficie.

Nome da povoação	Aldershot (a)
Situação da <i>sewage-farme</i> .....	em Ashvale, perto de Aldershot
Superfície total da <i>sewage-farme</i> .....	56hect.,0509
Área superflua.....	7hect.,2846
Relação entre a area superflua e a superfície total.....	cêrca de 13 %
Área irrigavel total.....	48hect.,7663
Percentagem da superfície total que constitue a área irrigavel total.....	cêrca de 87 %
Área media irrigada de cada vez.....	cêrca de 1hect.,6190
Percentagem da área total irrigavel actualmente irrigada de cada vez.....	cêrca de 33 %
Solo.....	areia
Sub-solo.....	areia
População em relação com a <i>sewage-farme</i> .....	20.000 hab.
População correspondendo a cada hectare da área irrigavel total	410 hab.
Natureza da agua de esgoto.....	domestica
Litros de agua de esgoto por habitante e dia.....	2271,175
Onda de tempo sêcco de 24 horas.....	4543 <sup>m</sup> ,5
Quantidade de liquido residual de tempo sêcco tratado por hectare da área irrigavel irrigada em 24 horas.....	280 <sup>m</sup> ,770
Quantidade de agua residual tratada por hectare em 24 horas horas, suppondo que cada hectare da área irrigavel total está permanentemente soffrendo irrigação (1).....	93 <sup>m</sup> ,126
Methodo de tratamento.....	Passagem por grades, sedimentação e irrigação com infiltração.

**Observações:** — (a) O volume tratado por hectare é grande de mais para que-se A agua residual é muito concentrada. — (b) O volume tratado por hectare é exaggerado para favorecer a infiltração, os resultados seriam melhores. — (c) O — (e) Os effluentes são, uniformemente, de excepcional pureza. O volume de liquido o affluente se tornasse mau. — (f) O volume tratado por hectare é exaggerado; os

(1) Isto, é claro, nunca acontece na pratica; o fim d esta supposição é apenas facilitar a comparação das

Croydon (Beddington) (b)	Leicester (c)	South Norwood (d)	Nottingham (e)	Rugby (f)
a 4.800 <sup>m</sup> de Croydon	a 3.200 <sup>m</sup> de Leicester	perto de South Norwood	em Stoke-Bar-dolph, a 8.000 <sup>m</sup> de Nottingham	em New Bilton, a 1.600 <sup>m</sup> de Rugby
272hect.,5654	687hect.,9495	77hect.,2977	367hect.,0629	16hect.,188
102hect.,5914	141hect.,6045	15hect.,7833	103hect.,6032	2hect.,0235
cêrca de 37 %	cêrca de 20 %	cêrca de 20 %	cêrca de 28 %	cêrca de 12 %
169hect.,974	546hect.,345	61hect.,5144	263hect.,4597	14hect.,1645
cêrca de 62 %	cêrca de 79 %	cêrca de 79 %	cêrca de 71 %	cêrca de 87 %
28hect.,3290	136hect.,3839	20hect.,235	121hect.,41	2hect.,8329
cêrca de 16 % barro arenoso grosso	cêrca de 25 % argilla	cêrca de 33 % argilla	cêrca de 46 % barro arenoso pouco denso e saibro	cêrca de 20 % barro denso
areia e saibro	argilla densa	argilla	areia e saibro	argilla densa
100.000 hab.	197.000 hab.	21.000 hab.	258.584 hab.	6.000 hab.
588 hab. domestica	360 hab. $\frac{3}{4}$ domestica	340 hab. domestica	980 hab. $\frac{4}{7}$ domestica	422 hab. principalmente domestica
	$\frac{1}{4}$ residual de industrias		$\frac{3}{7}$ residual de industrias	
1811,740	1661,930	1291,4897	1221,674	2271,175
181 <sup>m3</sup> ,74	32.940 <sup>m3</sup> ,375	2726 <sup>m3</sup> ,1	31.804 <sup>m3</sup> ,5	1.363 <sup>m3</sup> ,05
641 <sup>m3</sup> ,05	241 <sup>m3</sup> ,37	134 <sup>m3</sup> ,72	261 <sup>m3</sup> ,583	480 <sup>m3</sup> ,065
106 <sup>m3</sup> ,590	60 <sup>m3</sup> ,251	44 <sup>m3</sup> ,88	120 <sup>m3</sup> ,615	95 <sup>m3</sup> ,37
Passagem por grades e irrigação, em parte superficial, em parte com infiltração.	Passagem por grades, sedimentação e irrigação, em parte superficial, em parte com infiltração.	Passagem por grades, sedimentação e irrigação superficial.	Passagem por grades e irrigação com infiltração.	Passagem por grades, precipitação chimica, sedimentação e irrigação, em parte superficial, em parte com infiltração.

obtenha uma boa purificação. Em todo o caso, a percentagem de depuração é elevada. rado, para que se possam ter resultados dos mais lisonjeiros; se toda a superficie volume tratado é exaggerado; os resultados não são dos melhores. — (d) Como atraz. tratado diariamente por unidade de superficie poderia aumentar bastante sem que resultados não são lisonjeiros.

diferentes *sewage-farms*, com respeito ás quantidades de agua residual tratada.

ao Sena sem depuração, como até agora acontece. Em 1904, os collectores deram passagem a 268.397:561<sup>m³</sup>, dos quaes 215.967:218<sup>m³</sup> foram lançados aos campos, na dose media de 39:231<sup>m³</sup> por hectare-anno e 51.509:828<sup>m³</sup> (isto é, 141.670<sup>m³</sup> por dia) foram lançados ao rio sem depuração (1).

REIMS trata, a 6 kil. a N. O. da cidade, em 600 hectares de mau terreno (delgada camada de humus rico em calcareo repousando sobre calcareo fissurado) em parte pantanoso, os seus 40.000<sup>m³</sup> diarios de aguas residuaes, na sua quasi totalidade de industria e pouco ricas em materia organica (as materias fecaes são excluidas dos esgotos por falta de agua para as remover por fluctuação); esta pobreza de substancia organica concorre para que um solo de tão fraca qualidade não se torne insufficiente na depuração.

Na Allemanha, Berlim (1.600.000 habitantes) envia, por 7 collectores, os seus liquidos sujos para dois grupos de dominios, um situado a 6 kilometros a N. E. da cidade, outro a 12 kilometros a S. O., com um total de 15.722 hectares de terreno de alluviões, ora marnoso, ora argilloso e arenoso, ora arenoso, e por vezes turfoso. Os campos de irrigação de Berlim teem uma area correspondente a 1 1/2 vezes a área da cidade (RIDEAL). D'aquella superficie, 7.720 hect. estão por ora de reserva, cultivados como prados, bosques, jardins, parques, etc., e só 8.000 hectares (1 hect. por 200 habitantes) são utilizados para depurar os 240.000<sup>m³</sup> (CALMETTE) diarios do effluxo urbano, o que dá um tratamento de 10.800<sup>m³</sup> por hectare-anno, de 30<sup>m³</sup> por dia e hectare ou de 3 litros por m<sup>2</sup> e dia. A dose legal é de 12.000<sup>m³</sup> por hectare e anno ou 3<sup>l</sup>,29 por m<sup>2</sup> e dia) (2).

(1) Note-se que, na realidade, nem todo o liquido enviado pelas bombas para os terrenos de irrigação é aproveitado n'esta; uma grande parte d'elle é deixada escoar para o rio, indepurada, pelos arrendatarios das terras que praticam a cultura livre e não utilizam senão a dose de agua de esgoto que á vegetação convém, sem se preocuparem com os interesses da hygiene.

(2) Vê-se portanto que a superficie dos campos de irrigação de

BRESLAU, para tratar as aguas residuaes dos seus 360.000 habitantes, tem 1:742 hectares de terreno formado por uma camada argilosa, mas bastante permeavel, de 0<sup>m</sup>,50 de espessura, assente em areia perfeitamente permeavel.

O quadro de GEISSLER apresentado adeante mostra as superficies usadas na Allemanha para a irrigação depuradora dos liquidos residuaes de varias cidades.

Na India, onde a agua de esgoto é mais concentrada do que na Europa (segundo SILK, em Calcuttá a agua de diluição das fezes e urina corresponde a 13<sup>l</sup>,600 por cabeça e dia) e onde a temperatura favorece as acções nitrificadoras, são exigidas extensões menores para a irrigação. Segundo JONES, poderia bastar 1 hectare de bom solo por cada 1:235 pessoas, com um consumo diario de 68 litros por cabeça.

Mádras, em 1901, lançava diariamente parte (18.172<sup>m</sup><sup>3</sup>) da sua agua de esgoto nos terrenos de varias quintas e por vezes o total (68.151<sup>m</sup><sup>3</sup>) em uma quinta de solo arenoso situada junto ao mar, n'uma enorme extensão.

Em Melbourne, Sydney e outros pontos da Australia, ha tambem grandes superficies arenosas que se utilizam para a depuração das aguas de esgoto.

---

Berlim é muito maior do que a dos de Paris, apesar d'esta cidade ter um effluxo muito mais consideravel. Mas as aguas de Berlin são de concentração dupla das de Paris e as areias da bacia do Sena são muito mais convenientes do que as areias dos arredores de Berlin, em que a camada permeavel é apenas de 1-1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> metro ao passo que attinge 3 a 6 metros nos dominios de Paris.

Se suppozermos o caso de uma cidade da Europa de 20.000 habitantes drenada pelo systema separador e com um effluxo correspondendo a 100 litros diarios por pessoa, é facil de vêr que quando se disponha de terrenos de grande poder depurador, permittindo o tratamento de 40.000<sup>m</sup><sup>3</sup> por hectare e anno (como os campos de irrigação de Paris), bastarão 18 hectares para a depuração dos seus 2.000<sup>m</sup><sup>3</sup> diarios de liquidos residuaes, ao passo que 60 hectares, pelo menos, seriam necessarios se o solo, como o dos arredores de Berlin, não tolerasse mais do que 12.000<sup>m</sup><sup>3</sup> por hectare e anno.

7) Distribuição do liquido segundo a natureza do solo.  
Configuração e preparo da superficie d'este

O liquido residual quando chegado aos campos de irrigação sai das canalisações, que até ahí lhe deram passagem, para canaes secundarios que o levam a cada um dos lotes em que a superficie do solo se acha dividida. Estes canaes sub-dividem-se, mais ou menos, estabelecendo a communicação com outros mais pequenos, dos quaes o liquido passa directamente ás superficies depuradoras. Fôrma-se, assim, em cada lote de terreno uma rede ou um circuito de canaes distribuidores.

A agua residual não deve affluir a uma dada porção de solo de um modo continuo, mas sim com intervallos de tempo sufficientemente grandes para que a terra não fique ensopada e o seu arejamento seja possivel.

Aqui levanta-se a questão da intermittencia, muito mais complexa do que á primeira vista pôde parecer.

Quanto mais poroso é o solo tanto mais agua de esgoto é usualmente tratada por hectare; mas, se convém mais irrigar intensamente uma área limitada com longos intervallos de repouso, ou irrigar parcimoniosamente uma grande área com intervallos pequenos, é um ponto a esclarecer.

Sendo dada a relação entre a *area em actividade* e a *area irrigavel total*, tambem não sabemos se é melhor ter periodos longos, se periodos curtos de actividade e repouso: por exemplo, suppondo que a *area activa* está para a *area irrigavel total* como um para dois, deve irrigar-se a primeira em dias alternados, em semanas alternadas ou em mezes alternados? Na pratica occorrem grandes variações nas diferentes *sewage-farmes*, mas para cada uma d'estas as variações não são consideraveis, excepto quando grandes volumes de aguas residuaes acodem aos campos de irrigação (*Royal Commission*).

Em Paris, por exemplo, todo o debito diario é lançado n'uma grande parte da extensão total dos dominios; no dia seguinte, n'outra e assim successivamente, para só passados tres ou quatro dias voltar á primeira, que durante esse tempo tem ficado em descanso.

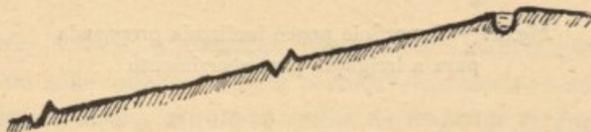
\*

A boa repartição do liquido no solo é um problema difficil de resolver.

Para que a irrigação possa ser feita com regularidade e nas melhores condições é preciso preparar o solo por fôrma que variará com a configuração superficial e com a natureza d'este.

O processo de escorrimento do liquido sobre superficies inclinadas deve ser o preferido para nos solos argillosos compactos, pouco permeaveis, fazer a *irrigação superficial*, a unica ahi realisavel praticamente.

Se o solo é naturalmente em rampa accentuada (*fig. 15*) abre-se na parte mais elevada da superficie a irrigar um canal



*Fig. 15* — Superficie inclinada preparada para a irrigação por escorrimento

de 40 a 70 cm. de largura por 15 a 25 cm. de fundo; a agua de esgoto lançada n'este canal sai d'elle por trasbordamento e escorre pelo declive, molhando os pés das plantas ahi existentes; a parte não absorvida accumula-se, mais abaixo, em um pequeno fosso ou por detraz do obstaculo formado por um pequeno dique, um ou outro dispostos parallelamente ao canal superior

\*

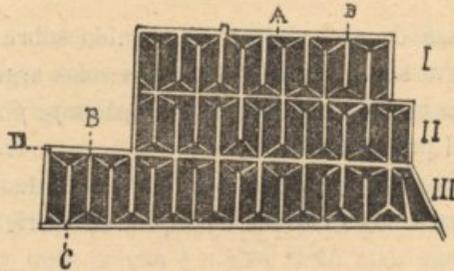
de affluencia. Logo que o liquido attinge ahi uma certa altura, de novo trasborda e escorre pelo plano inclinado que se segue, até encontrar outro fosso ou dique que momentaneamente o detenha; e assim successivamente.

Se o solo compacto é pouco inclinado (*fig.<sup>s</sup> 16 e 17*), então é preciso obter artificialmente as rampas para o escorrimento



*Fig. 16* — Superfície pouco inclinada preparada para a irrigação por escorrimento. (Secção transversal)

do liquido. Cava-se o terreno com gotteiras paralelas, de 50 metros de comprimento pouco mais ou menos, formadas por planos rectangulares convergentes de 6 a 7 metros de largura,



*Fig. 17* — Superfície pouco inclinada preparada para a irrigação por escorrimento

inclinados de  $\frac{1}{50}$  a  $\frac{1}{150}$  e onde a vegetação se desenvolve (*I*). Os planos de gotteiras visinhas unem-se dois a dois pelos seus bordos superiores, formando cristas paralelas, distanciadas de 12 a 14 metros. Estas cristas são cavadas em toda a sua extensão de uma regueira (*B*), onde a agua de esgoto afflue de um canal de distribuição (*A*) disposto á mesma altura e perpendicularmente á direcção das cristas. O liquido caminha nas regueiras graças a uma ligeira inclinação (de  $\frac{1}{600}$  a  $\frac{1}{300}$ ) d'estas e, tendo-as enchido em toda a extensão, trasborda, escorrendo pelos planos inclinados, banhando os pés das plantas ahi dispostas; a parte não absorvida pelo solo, chegando aos

espaços angulares (*C*) das gotteiras, caminhará n'estas em virtude de uma inclinação egualmente muito ligeira, dirigindo-se para um novo canal de distribuição a uma segunda série (*II*) de regueiras, das quaes, por fôrma semelhante, escorrerá para gotteiras constituídas por planos inclinados. Geralmente, este tratamento por escorrimento do liquido repete-se, uma vez ainda, n'um terceiro leito (*III*) de cristas e gotteiras, antes que se dê por realisada a depuração. A inclinação aqui exigida para assegurar o deslocamento do liquido é muito pequena; comtudo nem sempre é facil obte-la; e vê-se frequentemente a applicação d'este processo dar logar á estagnação de uma maior ou menor porção de liquido, que se accumula, «dormente», em espaços que deveriam servir-lhe apenas de passagem.

A irrigação por escorrimento necessita sempre de muita vigilancia e é difficil de regular. Por isso, ainda que seja possível empregar-a tambem para os solos porosos, prefere-se em geral para estes, principalmente quando pouco inclinados, a irrigação por outros processos que permittam aproveitar melhor a acção absorvente das superficies, a não ser nos casos em que as terras sejam muito baixas e só muito difficilmente possam deixar escoar a agua que tenham absorvido.

Para praticar a irrigação permittindo a penetração do liquido no solo sufficientemente permeavel procede-se em geral da seguinte fôrma: abrem-se sulcos de 0<sup>m</sup>,50 de largura e 20 a 60 metros de comprimento, deixando entre elles elevações de terreno, em fôrma de fitas de pouco mais ou menos um metro de largura. A vegetação é disposta na parte alta e plana d'estas (*fig. 18*) ou ainda nas suas partes lateraes ligeiramente obliquas,

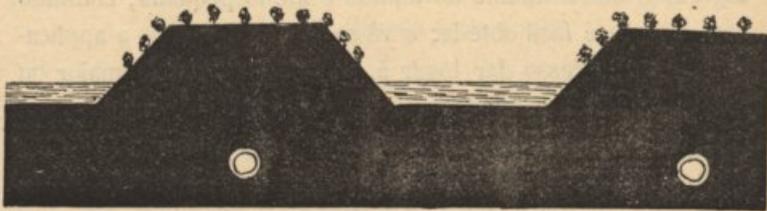


*Fig. 18* — Superficie preparada para a irrigação por infiltração

mas só até ponto que não seja alcançada pelo liquido (*fig. 19*), que é lançado nos sulcos por um canal perpendicular á direcção

d'elles. Se o solo absorve bem a agua, esta, infiltrando-se n'elle, irá molhar as raizes das plantas.

Este processo de irrigação cultural, *por infiltração* do liquido nos sulcos intermediarios a leitos cultivados, é o seguido em quasi todos os dominios da cidade de Paris; em Genevilliers e Achères, notadamente, o solo de areia argilosa é preparado d'esta fôrma e plantado de arvores de fruto, flores e alguns prados. Na Allemanha, é esta pratica tambem muito seguida.



*Fig. 19* — Superfície preparada para a irrigação por infiltração

Sob o ponto de vista da cultura, com esta fôrma de irrigação ha a vantagem de as folhas e as hastes das plantas destinadas ao consumo não serem conspurcadas pela agua de esgoto; mas ha o inconveniente de se perder muito terreno cultivavel com os numerosos canaes de distribuição e sulcos de irrigação e com os caminhos de passagem para chegar aos leitos cultivados.

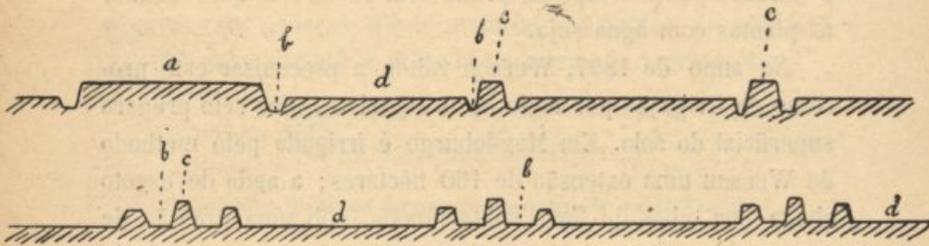
Só n'uma superficie muito pouco inclinada ou horizontal é que este processo de irrigação pôde ser posto em pratica; conveem, portanto, para elle os solos permeaveis que naturalmente tenham já uma superficie assim. Os solos permeaveis muito inclinados terão que ser previamente dispostos em successivos terraços horizontaes (*fig. 20*) ou quasi, a não ser que



*Fig. 20* — Superfície inclinada, preparada em terraços para a irrigação por infiltração

se prefira irrigal-os por escorrimento, como acima ficou indicado para os solos compactos; n'este caso, a inclinação de terreno pôde ser favoravel até certo ponto, permitindo que a agua penetrada no solo caminhe obliquamente nas camadas superficiaes d'este, onde a nitrificação é mais intensa.

Nos terrenos planos e de superficie bem horizontal (*fig.<sup>s</sup> 21 e 22*) ainda se pratica, se bem que menos vezes e principal-



*Fig.<sup>s</sup> 21 e 22* — Superficies horisontaes preparadas para a irrigação por submersão

mente no inverno, a irrigação chamada por *submersão*. Para isso formam-se bacias mais ou menos extensas (1-10 hectares) (*d*) rodeadas por um canal (*b*) d'onde a agua sai, espalhando-se na superficie plana n'uma altura de 25-50 cm.; do lado exterior o canal tem um bordelete elevado (*c*) formando dique que impede a sahida do liquido para fóra da bacia inundada. Nos solos compactos a evaporação, nos solos permeaveis a evaporação e a infiltração vão fazendo desaparecer o liquido. Os solos divididos em leitos para cultura com sulcos de irrigação intermedios são por vezes submergidos, quando ainda não esteja feita a plantação.

GERSON recommendou em 1882 um systema de irrigação que já tinha sido proposto alguns dez annos antes em Inglaterra (Fulham): Regularisam-se o mais possivel superficies quadradas de 2-3 hectares que se rodeiam com sulcos de  $\frac{1}{2}$  metro de fundo, pouco mais ou menos, feitos com uma charrua especial; a terra tirada fôrma muros de  $\frac{1}{2}$  metro de alto. A

agua de esgoto é trazida ao campo de irrigação por uma rede de canaes subterraneos providos, de 200 em 200 metros pouco mais ou menos, com pequenos ramos a que se ligam, por uma articulação movel, tubos que duas pessoas levam á posição conveniente. A agua corre de orificios lateraes abertos n'estes tubos ou é espalhada pela utilização de uma mangueira com agulheta. Em Inglaterra deixou de usar-se este processo, principalmente porque o seu emprego só pôde ser feito no inverno e durante pouco tempo na primavera, se se não quer molhar as plantas com agua suja.

No anno de 1897, WULSCH voltou a preconisar este processo de irrigação por meio de mangueiras, mas sem preparo superficial do solo. Em Magdeburgo é irrigada pelo methodo de WULSCH uma extensão de 160 hectares; a agua de esgoto chega por tubos de ferro subterraneos, sob uma pressão de quatro atmospheras, e é espalhada por meio de tres tubos de ferro, de 70 a 80<sup>mm</sup> de secção e 400-600 metros de comprido, collocados á superficie do solo, e por meio de uma mangueira de 20 metros de comprido e 60<sup>mm</sup> de diametro com um orificio dando um jacto de 30<sup>mm</sup> de diametro; a agua é, de cada vez, lançada até corresponder no solo a uma altura de 5 a 10<sup>mm</sup>. Com o methodo de WULSCH dispendem-se em Magdeburgo apenas 35\$680 réis para a preparação de cada hectare de terreno, ao passo que para preparo da superficie para a irrigação com sulcos e taboleiros de cultura se gastariam 245\$300 réis, segundo DUNBAR. A irrigação pelo methodo de WULSCH, além de exigir apenas  $\frac{1}{7}$  do que exige a irrigação pelos methodos usuaes, nas despezas de installação e preparo do solo, parece que dá um rendimento agricultural duas ou tres vezes superior aos d'estes, porque a herva regada com mangueira tem em Magdeburgo uma maior procura.

É preciso apontar a *irrigação subterranea*, praticada em primeiro lugar por CHARPENTIER junto a Bordeus, depois por HENRI HOULE em Inglaterra, e finalmente em 1875 na America do Norte por WARING, que estabeleceu os principios technicos

do processo; este tem sido applicado principalmente a pequenas agglomerações, como casas particulares, prisões, hotéis, e, n'um caso, a uma aldeia.

A agua de esgoto, depois de libertada o mais completamente possivel das suas materias suspensas, passa a tubos distribuidores subterraneos, de 5-10 cm. de diametro, collocados no solo arenoso a uma profundidade de 0<sup>m</sup>,30, e tendo á distancia de 1-2 metros, de cada lado, tubos de drenagem, de grés, collocados extremo a extremo e mal unidos, assentes sobre telhas e cobertos com pedaços d'este material nos pontos de contacto (*fig. 23*) para impedir a entrada da terra, de vermes, etc.



*Fig. 23* — Tubo de drenagem na irrigação subterranea

Este modo de fazer irrigação é recommendavel quando se queira, por preocupação esthetica, evitar na medida do possivel a vista desagradavel dos liquidos sujos á superficie dos terrenos.

*A priori*, o maior inconveniente d'este systema está na difficuldade de, quando haja entupimento dos tubos de distribuição, verificar o ponto em que esse entupimento se produziu. Parece comtudo que, praticamente, este receio não encontra fundamento em nenhuma das 70 installações citadas por WARING, que funcionam satisfactoriamente; o custo maximo de uma installação para casa particular seria, na America, de 892,5000 réis.

Este processo de irrigação não terá occasião de ser generalisado na pratica para a depuração das aguas residuaes das grandes agglomerações.

Quando a configuração geologica permitta que, em virtude da existencia de differenças de nivel, a agua entrada no solo volte á superficie, formando fontes, é possivel que esta segunda parte do trajecto complete a nitrificação que na primeira parte se tenha realisado incompletamente.

De um modo geral, pôde dizer-se que o solo de superficie melhor configurada é aquelle em que esta se dirige, em rampa regular e pouco accentuada, para um curso de agua, terminando em altura que, quando das cheias, fique de 1<sup>m</sup>,2 a 1<sup>m</sup>,5 acima do nivel do liquido.

N'um solo completamente horizontal e n'um solo muito inclinado ou accidentado é egualmente muito difficil regular a distribuição e o escoamento do liquido.

Notemos que todos os processos de irrigação cultural que ficam descriptos podem ser usados n'um mesmo dominio, segundo a configuração local do solo e segundo tambem as qualidades da cultura.

O preparo superficial do terreno a irrigar exige por vezes que se faça a regularisação de niveis tirando terra dos pontos elevados e enchendo as depressões; d'aquelles pôde, assim, desaparecer a terra cultivavel e estas ultimas podem ser cheias com terra de má qualidade, de caminhos ou fossos. D'estes factoe resulta no principio, geralmente, uma má influencia sobre a prosperidade da cultura (em Malchow, Berlim, ainda passados 25 annos se faz sentir essa influencia).

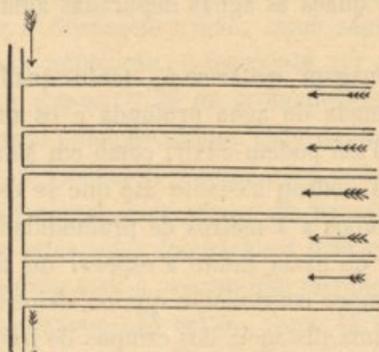
É necessario tambem notar que nos fossos e divisorias entre varios lotes de terreno se perde muito espaço e que haveria por isso vantagem em que esses lotes fossem bastante extensos. Mas além de 50 metros a agua não se destribue regularmente e a irrigação torna-se defeituosa. Por isso usam-se lotes medios, em geral de 50 ares, com 50 metros de largura por 100 metros de comprimento.

### 8) Drenagem

Não deve esquecer-se que é preciso manter o solo n'um estado de humidade que não impeça a nitrificação, que cessa quando o solo se ensôpa. Por isso, em geral, pratica-se uma

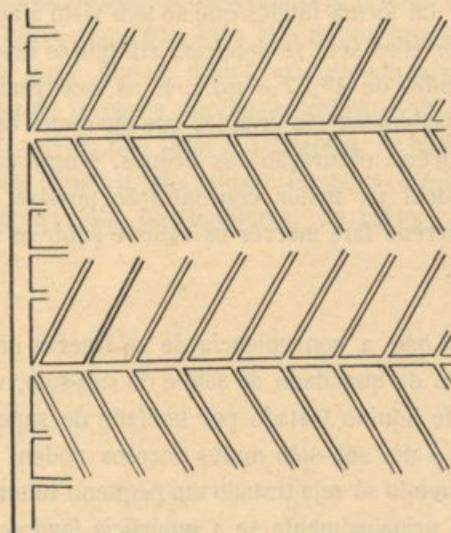
drenagem d'este por um systema de tubos, perfurados ou não, de betão, grés ou barro, collocados a maior ou menor profundidade, uns em seguida aos outros, mal unidos, permittindo a entrada do liquido.

Estes tubos são umas vezes dispostos em linhas paralelas, affluindo a um canal perpendicular (*fig. 24*); outras vezes



*Fig. 24* — Drenagem por tubos paralelos

affluem obliquamente a um e outro lado de um canal, formando com este uma especie de espinha (*fig. 25*). A primeira dispo-



*Fig. 25* — Drenagem em espinha

sição é preferivel, segundo o relatorio da *Streford Sewage Farm*.

Por vezes, a agua effluente d'estes tubos reune-se em canaes descobertos, em pequenos regatos que contribuem para formar lagos, pequenas ilhas, etc., que servem de embellezamento ao dominio. Descobertos são quasi sempre os canaes terminaes pelos quaes as aguas depuradas affluem ao rio mais proximo.

Com a drenagem evitar-se-á, tanto quanto possivel, a elevação da camada de agua profunda e os maus resultados sanitarios que d'ahi podem advir, como em Mery e Triel, em que a população soffreu bastante até que se estabeleceu uma drenagem por tubos a 4 metros de profundidade.

Mas, apesar de haver muito a esperar de uma drenagem bem feita, é sempre conveniente que na vizinhança immediata e mesmo a alguma distancia dos campos de irrigação não haja poços ou cisternas de que se retire agua para alimento.

Com effeito a infecção do liquido d'estes reservatorios pôde dar-se mesmo quando a qualidade dos terrenos, não excessivamente porosos e aparentemente isentos de brechas ou fissuras, o não deixe suppôr. Os ratos e os vermes cavam tócas e buracos por tal fôrma fundos que se tem visto a agua residual, passando por elles sem se depurar, attingir os drenos situados a profundidades de 4<sup>m</sup>,37 e mais. E os inconvenientes d'aqui resultantes podem ser tão grandes que em certos casos convém, depois de previa obturação dos drenos, lançar aos campos o liquido residual na maior concentração possivel; o embebiamento do terreno fará morrer os ratos e subir os vermes para a superficie.

Notemos que a conveniencia de se fazer a drenagem depende não só da qualidade do solo e do sub-solo, mas tambem do volume de liquido tratado por unidade de superficie.

Um solo e um sub-solo muito porosos podem dispensar a drenagem quando só seja tratado um pequeno volume de liquido por hectare, principalmente se a superficie favorece o escorrimto do liquido, porque então este terá tempo de se escoar

das camadas filtrantes. Mas em geral a dose de liquido é muito grande e sem a drenagem o solo ficaria embebido durante tempo excessivo. N'estes solos a *Royal Commission* recommenda que os drenos sejam collocados a uma profundidade de 1<sup>m</sup>,8 e a uma distancia de 20 metros uns dos outros.

Um solo compacto, em que o processo de escorrimento será sempre o seguido na irrigação, poderá tambem em certos casos dispensar a drenagem; mas, como sempre se dá na pratica uma certa infiltração, é frequente vêr collocar drenos a pouco mais ou menos 0<sup>m</sup>,75 de profundidade, dispostos de modo que o liquido effluente d'elles volte de novo á superficie do solo (graças á inclinação d'este) para poder soffrer mais ampla depuração n'uma nova phase de irrigação superficial. Mas, para que n'estes solos compactos a drenagem não venha a tornar-se antes um mal, é preciso que as vallas abertas para a collocação dos drenos não sejam, como ás vezes acontece, cheias de materiaes mais ou menos grosseiros e que os canaes de distribuição do liquido á superficie não fiquem na vertical dos drenos. Pois que de contrario o liquido não atravessaria o terreno compacto, mas sim os materiaes de enchimento excessivamente permeaveis que separassem dos canaes de distribuição á superficie os drenos enterrados; o liquido que a estes chegaria não seria depurado, mas sim muito impuro.

É forçoso dizer que é difficil evitar completamente este perigo no caso de terrenos argillosos densos. Seria mesmo recommendavel, talvez, não fazer a drenagem, se não fosse mais recommendavel ainda o não utilizar terrenos d'esta natureza para a irrigação; fóra de Inglaterra, de resto, ninguem os utiliza.

### 9) Tratamento preliminar das aguas de esgoto destinadas á irrigação

O lançamento, aos campos de irrigação, do liquido residual tal como existe nos collectores dá geralmente maus resultados.

As aguas de esgoto conteem gorduras(1) e materias suspensas, muitas das quaes de natureza cellulosa, que teem um poder impermeabilizante muito notavel. Todas estas substancias formam uma camada de revestimento ao solo, camada que, se no principio é delgada bastante para se fender durante o intervallo que deve medear entre duas irrigações, acaba, em resultado de sobre-posições successivas, por adquirir uma espessura sufficiente para impedir a infiltração da agua de esgoto no solo e o arejamento d'este. Torna-se então necessario o revolvimento por charrua ou a raspagem das superficies feita por qualquer fórma; as substancias do revestimento impermeabilizante são incorporadas no solo e, pela sua decomposição rapida, concorrem para enriquecel-o, sob o ponto de vista agricultural.

Mas para evitar a necessidade de revolvimentos superficiaes repetidos, sempre incommodos e demorados, reconheceu-se a conveniencia de só irrigar o solo com agua de esgoto previamente libertada da gordura e das materias não dissolvidas mais grosseiras.

\*

Em alguns casos, faz-se passar em primeiro logar a agua residual atravez de plantações de vimes, que actuum como grades.

---

(1) Segundo SCHREIBER póde calcular-se que a agua de esgoto arrasta 20 gr. de gordura por habitante e por dia.

As gorduras e os sabões prejudicam o desenvolvimento das plantas.

Em Paris e Columbus as materias fluctuantes são retiradas por grades limpas automaticamente (vol. 1, pag. 188).

Algumas vezes, utilizam-se filtros de materias grosseiros que afinal actuam não só mecanicamente, mas tambem biologicamente (vol. 1, pag. 189).

Em Osdorf (Berlim), as aguas passam nas bacias de sedimentação descriptas no vol. 1 a pag. 199.

Instalações d'esta ordem teem os inconvenientes de serem bastante dispendiosas na construcção e pessoal e o de roubarem muito espaço não só para a decantação das aguas, mas tambem para a seccagem das lamas, mal cheirosas e dificeis de utilizar. As lamas, apesar de ricas em phosphoro e azote, são prejudiciaes para as plantas quando contenham grandes quantidades de gordura e de cellulose; procurar-se-á, então, conseguir a destruição d'estas substancias, pela exposição das lamas ao ar e á acção dos fungos e bolóres durante 6 mezes, revolvendo-as frequentemente; seguidamente serão deixadas um anno em repouso para serem depois utilizadas, mas ainda então deverão ser enterradas a 15-18 cm. de profundidade, para que não sejam atingidas senão pelas raizes das plantas já desenvolvidas. Lamas d'esta natureza podem tambem ser queimadas; a gordura e a cellulose auxiliam a combustão e as cinzas servem para adubo.

Mas nos casos de aguas ricas em gordura o mais conveniente é ainda, talvez, adoptar os apparelhos KREMER (vol. 1, pag. 201), como se faz em Osdorf, ou outros apparelhos que, occupando relativamente pouco logar, permitam a separação da gordura, dando lamas faceis de prensar e seccar, utilisaveis como adubo, ou como combustivel quando contenham muita cellulose.

Mas ao tratamento preliminar mecânico ou physico prefer-se por vezes o da precipitação chimica. É preciso empregar, então, compostos que não impeçam ou prejudiquem a nitrificação que se deve produzir no solo. Os melhores precipitantes parecem ser os compostos de ferro e aluminio (mistura alu-

mino-ferrica) e a cal, os quaes até certo ponto parecem favorecer as acções oxydantes.

Além d'estes processos physicos e chimicos pôde empregar-se, para tratamento preliminar das aguas de esgoto destinadas à irrigação, o processo biologico das fossas septicas, como tambem se faz em Berlim; as lamas obtidas são relativamente pouco putresciveis, sem cheiro fecaloide, não fermentam, e seccam-se mais facilmente do que as da sedimentação e da precipitação chimica.

Em certos casos a agua de esgoto é lançada ao solo só depois de ter sido tratada em leitos biologicos de oxydção. N'estes casos, a irrigação com liquido já relativamente depurado é ou um processo complementar de depuração, ou simplesmente um meio de aproveitamento do valor agricultural do effluente dos leitos bacterianos, rico em nitratos. A este assumpto voltaremos mais tarde, no sitio proprio.

O uso de tratamentos preliminares diminue muito o perigo da impermeabilisação do solo e permite que os terrenos destinados a tratar uma dada quantidade de liquido residual tenham uma extensão muito mais reduzida do que se se lhes lançasse a agua residual bruta.

#### 10) Resultados obtidos pela irrigação cultural para a depuração do liquido residual

##### a) Sob o ponto de vista chimico

Se é de boa qualidade e bem preparado o solo em que se faz a irrigação e se esta é praticada segundo as regras que

ficaram indicadas, obtém-se, em geral, uma depuração muito lisongeira do liquido sujo. Esta depuração, n'um terreno em começo de funcionamento, só se manifesta depois de algumas semanas, quando as proprias aguas de esgoto tenham trazido ao solo um numero sufficiente de germens. Mas desde então mantem-se os bons resultados, de inverno como de verão, a não ser que a temperatura desça tanto que obste a que a irrigação se faça (a congelação da agua no solo diminue a permeabilidade d'este de modo notavel) ou a nitrificação se produza.

O tempo de chuva não é favoravel, mas não prejudica excessivamente a depuração, quando o systema seja o separador; a altura de aguas pluvias annualmente cahida sobre uma dada superficie de solo depurador é insignificante em comparação com a agua residual que a esta superficie é lançada no mesmo tempo; além d'isso, a diluição do liquido effluente compensa um pouco a imperfeição da depuração que tenha soffrido. Com o systema combinador, havendo grandes affluencias de liquido em tempo de chuva, a depuração soffrerá, quando não haja superficies especiaes para tratar o excesso de onda.

O effluente é, em geral, claro, muito limpido, praticamente liberto de materia suspensa, e a analyse chimica mostra-o muito empobrecido em materia organica e ammoniaco e com certa quantidade de nitratos. Estes, comprehende-se bem, não correspondem a todo o azote primitivo, do qual 60 % em media (40 % a 75 %) desaparecem durante o processo de depuração, quer no ar sob a fórma de azote gazoso, quer assimilado pelas plantas (geralmente como nitratos), vermes, etc. A quantidade de nitratos do effluente depurado será maior no inverno do que no verão, porque no tempo frio as plantas absorvem os nitratos muito mais lentamente.

Os estudos da *Royal Commission* em Inglaterra mostram que nas 6 *sewage-farms* escolhidas para observação systematica a depuração chimica do liquido, calculada pelo oxygeneo atmosferico consumido além do oxygeneo contido no effluente sob

a fôrma de nitrato, é de 98 %, em media. Eis a composição das aguas residuaes e dos effluentes depurados nos varios casos:

Composição chimica media (1), em mgr. por litro, das aguas de esgoto (2) e effluentes depurados pelo solo, em varias cidades inglesas

Nome da cidade.....	Aldershot		Croydon (Beddington)		Leicester		Nottingham		Rugby		South- Norwood	
	agua de esgoto	effluente depurado	agua de esgoto	effluente depurado	agua de esgoto	effluente depurado	agua de esgoto	effluente depurado	agua de esgoto	effluente depurado	agua de esgoto	effluente depurado
Azote total.....	133	60	71,8	22	81,2	25,3	76,9	22,7	96,5	23,1	52,0	23
Azote ammoniacal.....	78,7	18,5	45	14,8	81,2	16,5	39,8	1,3	61,1	16,2	35,4	8,7
Azote organico total....	50,6	—	20,7	2,6	23,4	4,5	31,5	—	32,9	—	14,9	—
Azote albuminoide.....	16,2	2,6	9,1	1,4	11,9	2	14,5	0,3	17,3	1,8	6,7	1
Azote nitroso + azote nitrico.....	—	32,1	—	3,7	—	5,1	—	20,6	—	5,2	—	3,9
Oxygeneo consumido á custa do permanganato em 4 horas a 26°,7 C.	207,9	27,2	124,8	14,1	223,5	25	231,2	1,9	84,4	14,1	77,1	14,4
Chloro.....	149,8	—	83,4	—	133,8	—	136,8	—	99,9	—	74,5	—
Solidos suspensos.....	366	—	345	—	341	—	519	—	473	—	219	—
Prova da incubação (per- centagem das amos- tras que não adquirem cheiro).....	—	89%	—	73%	—	92%	—	100%	—	75%	—	75%
Depuração chimica ex- pressa pela redução na quantidade:												
do azote albuminoide...	—	84%	—	89%	—	85%	—	99%	—	89%	—	85%
do oxygeneo consumido á custa do permanganato em 4 horas a 26°,7 C.	—	87%	—	89%	—	88%	—	99%	—	92%	—	81%

(1) Os numeros apresentados correspondem ás medias de séries de analyses feitas para amostras colhidas em cada uma das 24 horas, em tempo secco e proporcionalmente ao debito de occasião (3 séries de analyses para todas as installações menos para as de Croydon e South-Norwood, onde se praticaram 7 séries de analyses).

(2) Vêr no quadro de pags. 270-271 o tratamento preparatorio que soffrem as aguas de esgoto antes de lançadas ao solo.

Este quadro mostra-nos que variam muito, de uma para outra cidade, a composição das aguas de esgoto e a composição media dos efluentes depurados e que, para uma dada *sewage-farme*, a composição do liquido tratado effluente não se mantem, de modo nenhum, constante e uniforme. Nottingham é a unica cidade das estudadas cujo effluente depurado se revelou constantemente imputrescivel pela prova da incubação; n'este caso, a qualidade do solo é satisfactoria e as doses de liquido tratadas por unidade de superficie não são exaggeradas (12 litros por m<sup>2</sup> e dia ou 43.800 m<sup>3</sup> por hectare e anno), ao contrario do que acontece em alguns casos dos citados e de outras cidades inglesas que praticam a depuração pela irrigação n'um solo pouco proprio e em condições pouco racionais.

Segundo os *Annaes* do observatorio de Montsouris (4 de agosto de 1903), as aguas de esgoto de Paris, que nas bacias de Clichy conteem, em mgr. por litro: materia organica 43,3, azote nitrico, ammoniacal e organico respectivamente 0,3, 22 e 2,4, apparecem nos drenos dos campos irrigados com a composição seguinte, em mgr. por litro:

Drenos de	Materia organica	Azote		
		nitrico	ammoniacal	organico
Genevilliers.....	1,025	31,1	0	0
Achères.....	1,750	17,9	0,475	0
Mery-Pierrelaye.....	0,817	14,23	0	0
Carrières-Triel.....	1,240	26,24	0	0

Outras analyses publicadas nos mesmos annaes mostram que, ao passo que a agua de esgoto do collector de Asnières tem, em mgr. por litro, 34,9 de materia organica, 0 de azote nitroso, 2,2 de azote nitrico e 16,7 de azote ammoniacal, a agua depurada tem a composição seguinte, em mgr. por litro:

Drenos de	Materia organica	Azote		
		nitroso	nitrico	ammoniacal
Gresillon.....	1,2	0	27,3	0
Noyers .....	0,9	0	15,3	0
Garenne .....	1,8	0	15	0

Comparando estes resultados de analyses recentes com a media dos resultados das analyses feitas de 1887 a 1896 por LEVY, que dá em mgr. por litro para a agua bruta do collecter e para a agua depurada dos drenos de Genevilliers, respectivamente: 47,8 e 1,4 de materia organica, 6,4 e 0 de azote organico, 21,9 e 0 de azote ammoniacal, 3,7 e 22,1 de azote nitrico, e 76 e 72 de chloro, vê-se que o poder depurador das terras de Genevilliers não diminuiu de então para cá.

As analyses das aguas effluentes dos campos de irrigação de Berlim estão longe de dar resultados tão lisongeiros, mas ainda mostram uma depuração apreciavel, como se vê no quadro da pagina seguinte.

Vê-se que a composição das aguas de drenagem de terrenos depuradores de uma dada agua de esgoto varia bastante nos campos de Berlim, o que se explica pelas differenças na natureza do solo de uns para outros pontos. Em Grossbeeren os numeros referentes á dosagem pelo permanganato e ao acido nitroso (e aos germens) são pouco satisfactorios, provavelmente em virtude da pouca densidade e excessiva permeabilidade do solo. O solo das outras administrações, mais denso e de areia mais argillosa, dá uma depuração melhor.

#### b) Sob o ponto de vista bacteriologico

Na agua de esgoto tratada pela irrigação o numero dos germens desce de muitos milhões para alguns milhares, se o solo é de natureza conveniente.



Das analyses do Observatorio de Montsouris vê-se que o numero de bacterias, que na agua residual do collector de Asnières é de 41.750:000 por c. c., desce para 4175, 188 e 2.350 respectivamente nos drenos de Gresillon, Noyers e Garenne.

Segundo KOENIG as aguas de Berlim depois de tratadas pelo solo contém, em media geral, 16.000 bacterias por c. c. (vêr quadro da pagina anterior).

A eliminação das bacterias varia muito, como é natural, segundo a qualidade dos terrenos: é o que se vê se se comparam os numeros dados acima com o de 400.000 bacterias por c. c. que se encontram nas aguas de certos drenos de Carrières, ou melhor com os numeros, muito mais elevados ainda, que representam a riqueza bacteriologica total dos effluentes de algumas cidades inglesas tratados em solos e em condições pouco recommendaveis (vêr quadro da pagina seguinte).

Nottingham é das poucas terras inglesas em que o tratamento pelo solo dá um effluente que bacteriologicamente se approxima muitas vezes da agua potavel; comtudo a riqueza bacteriologica dos liquidos tratados soffre variações aqui, como nos casos das outras cidades providas de campos de irrigação de menor poder depurador.

Com effeito, n'um dado terreno é facil verificar que o numero de germens da agua depurada varia com os drenos: Os annaes de Montsouris mostram que na região de Mery Pierrelaye, em que o liquido effluente contém em media 3.690 bacterias por c. c., ha a seguinte quantidade de bacterias no liquido de varios drenos:

Dreno Mery.....	1.355	} por c. c.
» Bonneville.....	16.970	
» Epluches.....	595	
» Courcelles.....	2.430	
» Chaussée Jules César.....	230	
» Ruelle Darras.....	500	

Além d'isso o liquido effluente de um dado dreno poderá

Riqueza bacteriológica por c. c. de effluentes tratados pelo solo em algumas cidades inglesas  
(os numeros entre parenthesis indicam a percentagem de redução com relação á agua de esgoto bruta)

Logares	Altrincham	Aldershot	Croydon (Beddington)	Cambridge	Leicester	Nottingham	Rugby	South Norwood
Numero total de bacterias (gelatina a 20° C.)	263.400 (99 %)	183.266 (99 %)	1.413.200 (95 %)	711.476 (94 %)	532.777 (95 %)	frequentemente menos de 1.000	637.133 (97 %)	778.322 (98 %)
Numero total de bacterias (gelose a 37° C.)	7.275 (99 %)	37.308 (99 %)	112.200 (97 %)	78.327 (94 %)	70.500 (95 %)	Resultados varia- veis, mas quasi sempre muito sa- tisfactorios rela- tivamente	81.526 (97 %)	35.157 (99 %)
B. coli. ....	100 a 1.000	1 000 a 10.000	1.000 a 10.000	1.000 a 10.000	1.000 a 10.000		1.000 a 10.000	1.000 a 10.000
B. enteritidis sporogenes..	1 a 10	10 a 100	10 a 100	10 a 100	10 a 100		10 a 100	10 a 100

ter, segundo as ocasiões, uma pequena quantidade ou uma grande riqueza de bacterias, sem que por vezes haja razões apparentes para essas variações. MIQUEL, em 10 de janeiro de 1902, encontrava 200 bacterias por c. c. na agua do dreno de Bonneville (Mery-Pierrelaye) e até 31 do mesmo mez contava n'ella uma media diaria de 216 germens por c. c.; a 7 de fevereiro, porém, repentinamente, apparecem no liquido do dreno em questão 39.785 bacterias por c. c., numero que desce para 145 no dia 14, restabelecendo-se o regimen normal até 7 de março; mas, então, a analyse accusa 161.780 germens por c. c.!

Em presença do que fica dito, comprehende-se bem que os numeros apresentados como correspondendo á riqueza bacteriologica do liquido depurado apenas podem servir como medias muito geraes e pouco elucidativas.

Segundo Houston, as altas percentagens de redução do numero de germens pouco significam, porque as especies perigosas ou suspeitas podem ser relativamente em grande numero no effluente do solo.

Para observar os effeitos do lançamento, ao Sena, das aguas de esgoto não depuradas e dos effluentes do tratamento pelo solo (no 3.º trimestre de 1904), MIQUEL analysa as aguas do rio em varios pontos, obtendo os seguintes numeros de bacterias por c. c.:

Choisy le Roi .....	150.000
Pont-Royal.....	119.460
Point du Jour.....	293.200
Ponte de Saint-Ouen (depois de rejeição, no rio, das aguas de esgoto de Clichy).....	900.000
Argenteuil (depois da affluencia dos liquidos de Genevilliers).....	10.145.000
Ponte de Conflans (depois da affluencia dos li- quidos de Achères).....	61.560.000

Em Mantes a auto-depuração torna o rio tão pobre em germens como elle era a montante de Paris.

Estes numeros, que mostram o grau de poluição do Sena, não nos dão a nota da depuração biologica soffrida pelas aguas de esgoto pelo facto da irrigação cultural. Com effeito, mesmo em Genevilliers e Achères são lançadas ao rio grandes quantidades de liquidos não tratados, como já foi dito.

\*

Com respeito á sobrevivencia dos germens pathogenicos no liquido effluente dos campos irrigados nada se pôde dizer de seguro, por agora. Poucos estudos ha sobre este assumpto.

Se bem que o tratamento pelo solo em boas condições pareça ser o que, de entre os tratamentos biologicos, dá melhores resultados quanto á exterminação dos germens, não ha a certeza de que os seus effluentes possam ser inoffensivos quando lançados a rios cujas aguas sejam utilizadas para alimentação. O modo de tornarmos seguramente inoffensivos os liquidos drenados dos campos de irrigação será indicado mais tarde a proposito da esterilisação e desinfeccção dos effluentes dos leitos bacterianos, que geralmente dão resultados menos perfeitos do que um solo conveniente bem preparado.

#### 11) Custo da depuração pela irrigação cultural

Para se fazer irrigação cultural com fins depuradores da agua de esgoto é necessario não só obter terrenos de natureza e extensão convenientes, mas tambem preparal-os, regularizando niveis, pelo enchimento de depressões e atenuações de alturas, e cortando a superficie por canaes entre leitos de cultura convenientemente dispostos. Tudo isto, e a drenagem do sub-solo quasi sempre necessaria, além de outras obras secundarias, não se faz sem grande dispendio de capital.

Os terrenos destinados á irrigação, e mesmo, por vezes, aquelles por onde tem de passar as canalisações que levam a agua de esgoto até aos primeiros, podem ter que ser comprados á razão de 150,000–350,000 réis, e mais, por hectare, mesmo quando sejam de má qualidade, porque os seus proprietarios, conhecendo o fim a que são destinados, contam já com o augmento do valor agricultural do solo e intendem frequentemente que devem participar dos beneficios (BECHMAN).

A despeza feita por Berlim com a *sewage-farm* de 14.184 hectares que possuia em 1903 foi de 12.083.048,725 ou seja 851,860 réis por hectare. D'estes 851,860 réis, 414,334 réis (48,76 %) correspondem á compra do terreno, 294,806 réis (34,50 %) á drenagem e ao arranjo superficial do solo e 142,720 réis (16,74 %) á construcção de edificios, á acquisição de material e de animaes e ao capital corrente.

Mas aqui não se contam senão as despezas feitas nos campos de irrigação ou de reserva. É preciso ajuntar o custo das canalisações que dão passagem ás aguas residuaes desde a cidade até lá, além de outras despezas.

LAUNAY, considerando as despezas totaes feitas com os dominios cultivaveis e com as canalisações de passagem, calcula que o capital da installação para a depuração das aguas de esgoto de Berlim foi de 19.800:000,000 réis. O augmento notavel para as canalisações não deve admirar, quando recordemos que só um dos bairros dos arredores de Berlim, Wilmensdorf, gastou mais de 720 contos de réis para a construcção de um emissario de 18 kilometros que o liga aos campos de depuração e que, em Inglaterra, WIGAN dispendeu 225 contos de réis com uma canalisação de ferro fundido, de 0<sup>m</sup>,685 de diametro, com 3 syphões e percorrendo uma extensão de um pouco mais de 11,5 kilometros.

A despeza feita annualmente (exploração, juros, amortização do capital) é em Berlim de 1.800:000,000 réis dos quaes 1.080:000,000 réis são compensados pelo rendimento dos productos de cultura dos 8.000 hectares de campos irrigados com

aguas de esgoto e dos 7.720 hectares de reserva. Os primeiros, considerados isoladamente, consomem annualmente (exploração e encargos da divida) 792.000\$000 réis e rendem 417.600\$000 réis, isto é, dão uma despeza liquida annual de 374.400\$000 réis.

Segundo os numeros dados para os campos de irrigação de Berlim, pôde calcular-se a mão d'obra em 44\$600 réis por hectare e por anno.

O quadro das pag. 300-301, de GEISSLER, é muito elucidoativo; permite vêr as despezas feitas por varias cidades allemãs com a depuração por irrigação cultural.

N'esse quadro, para preços da compra de terreno, tomaram-se os preços medios das varias parcelas de cada dominio. As despezas com as canalisações de adducção não estão comprehendidas no calculo do custo das obras; differem muito segundo as condições locaes. As despezas de conservação e exploração referem-se apenas ás feitas com o pessoal occupado nos campos irrigaveis e não ao da administração central. O juro annual é calculado a 4% para as despezas de compra e disposição. A amortização calcula-se a 1%, unicamente para as despezas de preparação; não se contou com a amortização do preço da compra porque os terrenos não perdem de valor pelo facto da irrigação. Vê-se que a installação de Charlottenburgo, apesar das despezas muito elevadas da compra do terreno (561\$960 réis por hectare) dá bons resultados economicos, pois que as despezas geraes attingem apenas 2,007 réis por m<sup>3</sup>. Isto resulta sobretudo do tratamento preliminar das aguas residuaes, que, supprimindo uma grande parte das materias suspensas, evita a impermeabilisação e permite uma irrigação com muito maior quantidade de liquido; assim, ao passo que em Berlim cada hectare recebe 32-42 m<sup>3</sup> por 24 horas, em Charlottenburgo cada hectare recebe 122 m<sup>3</sup>.

O quadro da pag. 302 dá o custo da depuração por 1.000 m<sup>3</sup> de liquido residual e o custo annual por habitante, para seis *sewage-farms* inglesas, systematicamente observadas pela *Royal*

Logar.....	BERLIM		Braunschweig	
	Falkenberg	Sputendorf		
Anno.....	1906	1906	1904	
Numero de habitantes em relação com a instalação..	375:000	379:700	136:300	
Superficie, em hectares	Total .....	2:020	2:076	476
	Utilisada na irrigação .....	1:540	1:131	401
Quantidade de agua por cabeça	Por dia, em litros..	132	132	105
	Por anno, em m <sup>3</sup> ...	48	48	38
Quantidade de liquido empregado na irrigação, por anno em milhares de m <sup>3</sup> .....	18:000	18:300	5:250	
Quantidade de liquido por hectare, em m <sup>3</sup> .....	Por anno....	11:688	15:256	13:100
	Em 24 horas	32	42	38
Numero de habitantes, por hectare.....	243	336	294	
Tratamento preliminar.....	nullo	nullo	nullo	
Preço da compra da superficie preparada, em réis...	906.236\$100	331.287\$685	291.461\$000	
Preço da compra por hectare, em réis .....	588\$275	293\$020	727\$755	
Preço da preparação do solo, em réis .....	798.917\$345	376.554\$010	210.289\$000	
Despezas com a compra, adaptação e drenagem do solo, em réis .....	Totaes.....	1.693.969\$995	707.841\$695	561.750\$000
	Por habitante	4\$518	1\$865	3\$680
Despezas annuaes de juros e amortisação, em réis.....	Totaes.....	75.635\$355	32.078\$995	22.172\$890
	Por habitante	200	85	163
Despezas de conservação e exploração, em réis..	Por anno.....	17.731\$175	11.300\$970	—
	Por habitante.....	47	31	—
	Por m <sup>3</sup> de liquido tratado	0,892	0,669	—
Despezas correntes totaes, em réis .....	Por anno.....	93.366\$530 (a)	43.379\$970 (b)	— (c)
	Por habitante.....	248	116	—
	Por m <sup>3</sup> de liquido tratado	5,129	2,453	—
Producto do aluguer dos terrenos cultivados, em réis	—	—	—	

Observações: — O excedente, isto é, a diferença entre as receitas correntes e as despesas  
 b) 4.042\$765 réis — c) 3.434\$200 réis — d) 10.431\$280 réis — e) a drenagem está disposta com

Breslau	Charlotten- burgo	Dortmund	Magdeburgo	RIXDORF		Schöneberg
				Wasmannsdorf	Boddliensfeld	
1907	1907	1905	1905	1907	1907	1908
480:000	210:000	175:000	240:700	205:000	73:000	141:000
1:742	883	825	1:074	456	552	623
985	267	516	534	264	125	377
153	136	240	115	81,8	82,2	156
56	50	88	42	30	31	57
26:890	11:170	15:400	10:600	5:600	2:200	8:090
26:696	44:500	27:800	19:800	21:200	17:600	21:400
73	122	76	54	58	48	58
488	824	340	450	776	580	374
nullo	decantação	nullo	nullo	nullo	decantação	decantação
373.324\$300	153.977\$040	246.188\$655	133.371\$840	66.643\$105	68.015\$000	108.451\$590
383\$560	561\$960	477\$443	249\$760	252\$436	544\$120	287\$670
399.638\$300	187.743\$700	324.381\$600	245.325\$870	151.640\$000	66.900\$000	278.750\$000
405\$860	341\$190	—	—	372\$410 (e)	446\$000 (e)	—
772.962\$600	341.720\$740	577.260\$253	378.697\$710	218.305\$405	134.915\$000	387.201\$590
1\$610	1\$625	3\$256	1\$581	1\$066	1\$846	2\$745
34.914\$887	15.546\$220	26.066\$470	17.600\$945	10.247\$295	6.065\$600	18.275\$295
71	74	147	71	49	82,5	127
4.560\$575	7.615\$450	14.374\$580	5.463\$500	3.857\$900	—	—
9	36	80	22	18	—	—
0,223	0,669	0,89	0,446	0,669	—	—
39.475\$460	23.161\$670	40.441\$050	23.064\$445 (d)	14.105\$195	—	—
80	109	227	96	69	—	—
1,561	2,007	2,453	2,23	2,453	—	—
16.412\$800	8.697\$000	10.927\$000	11.105\$400	8.920\$000	—	—

correntes para toda a superficie, sem juro nem amortisação, attinge: — a) 31.574\$125 réis — cinco metros de afastamento entre as linhas de drenos.

*Commission*, durante dois annos. O calculo da despeza é baseado na onda de tempo secco; comtudo, ha frequentemente grandes quantidades de aguas meteoricas que augmentam o volume da onda tratada.

Nome da povoação	Numero de habitantes cujos liquidos residuaes são levados aos campos depuradores	Onda de tempo secco em m <sup>3</sup> por 24 horas	Despeza liquida do tratamento da agua de esgoto por 1.000 m <sup>3</sup> , incluindo encargos de emprestimos, baseada na onda do tempo secco (em réis)	Despeza liquida annual do tratamento por habitante, incluindo encargos do emprestimo (em réis)
South Norwood..	21.000	2.726 <sup>m3</sup> ,100	15\$330 (1)	721,875 (1)
Leicester.....	197.000	32.940 <sup>m3</sup> ,375	5\$581	337,5
Croydon (Beddington).....	100.000	18.174 <sup>m3</sup>	5\$322	351,56
Aldershot Camp	20.000	4.543 <sup>m3</sup> ,5	1\$898 (2)	154,6875 (2)
Rugby.....	6.000	1.363 <sup>m3</sup> ,05	1\$471	117,1875
Nottingham.....	258.000	31.804 <sup>m3</sup> ,5	Para Nottingham não se pôde apresentar a nota das despezas.	

A despeza annual feita com a depuração por irrigação cultural (comprehendendo a amortização do capital) é de 385 réis por habitante, segundo a media dos resultados colhidos por CALMETTE para 15 cidades inglesas.

As despezas dependem em cada caso das circumstancias locais; por isso varia muito de terra para terra o preço da depuração dos liquidos residuaes.

\*

Com o fim de tornar possivel a comparação entre o custo da depuração pela irrigação cultural e o custo da depuração

(1) Estas quantias incluem a despeza feita com a elevação do liquido por bombas da parte mais baixa para a mais alta dos terrenos.

(2) Não estão aqui incluidos os encargos do emprestimo.

por outros processos, vejamos qual poderá ser aquelle em certas condições hypotheticas. Para isso servir-nos emos de elementos fornecidos pelo 5.<sup>o</sup> relatorio da *Royal Commission*, e suppremos que:

1.<sup>o</sup> O custo do terreno é de 4.411\$935 réis por hectare;

2.<sup>o</sup> O systema de esgotos é o combinador;

3.<sup>o</sup> A onda diaria de tempo secco é de 1.000<sup>m3</sup>(1);

4.<sup>o</sup> A agua de esgoto é de um caracter domestico normal, de concentração media correspondendo a 1.000 (isto é, que exige 1.000 mgr. de oxygeneo dissolvido para a oxydação completa da materia organica de cada litro;

5.<sup>o</sup> A agua de esgoto é previamente passada por tanques de sedimentação;

6.<sup>o</sup> No caso em que se faz a irrigação por escorrimento, ha uma inclinação e differenças de nivel sufficientes; no caso em que se pratica a irrigação pelos processos de infiltração, o terreno é sufficientemente plano. Em qualquer dos casos, não ha necessidade de grandes despezas com nivelamentos.

Podemos dividir os solos, segundo a sua natureza, em tres classes:

Classe I—Todas as especies de solos e sub-solos de boa qualidade (exemplo: barro arenoso cobrindo areia grossa e fina, como em Nottingham e Beddington).

Classe II—Solo denso com sub-solo argilloso, como em Rugby.

Classe III—Solo argilloso denso sobre argilla compacta, como em Leicester e South Norwood.

Os solos da primeira classe podem ter a superficie disposta de modo a favorecer o escorrimento do liquido ou a sua infiltração. Nos solos das outras classes, menos porosos, a parte

---

(1) Os calculos feitos pela *Royal Commission* são para uma onda diaria de tempo secco igual a 1.000.000 gallões (4.543<sup>m3</sup>,5). Aqui eu calculo proporcionalmente para 1.000<sup>m3</sup>; a esse respeito o leitor poderá ler a nota 2 de pag. 153.

mais importante da purificação é realizada á superficie, ainda que até certo ponto a infiltração se possa realizar (como em Leicester); por isso supponemos que os solos da segunda e terceira classes estão preparados de modo a favorecer o escorrimento superficial do liquido.

O quadro seguinte indica quaes as quantidades da agua de esgoto da hypothese que poderão ser tratadas em 24 horas por unidade de superficie de cada classe de solo, e qual a área total requerida para o tratamento de uma onda diaria de tempo secco de  $1.000\text{m}^3$ .

Classes de solo e sub solo e processo de distribuição	Volume de agua de esgoto, depois de sedimentada, que póde ser tratada por hectare em 24 horas	Área total de terra requerida para o tratamento da onda de tempo secco de $1.000\text{m}^3$ ; em hectares (1)	Volume de agua de esgoto susceptível de ser praticamente depurado por hectare e por anno
Classe I {	processo de infiltração . . . . .	133 <sup>m</sup> 3,65	48.782 <sup>m</sup> 3
	processo de escorrimento . . . . .	77 <sup>m</sup> 3,429	28.261 <sup>m</sup> 3
Classe II - processo de escorrimento . . . . .	56 <sup>m</sup> 3,135	17,814	20.489 <sup>m</sup> 3
Classe III - processo de escorrimento . . . . .	33 <sup>m</sup> 3,613	29,75	12.268 <sup>m</sup> 3

Supponemos que ha um tratamento preliminar por sedimentação; o seguinte quadro indica a capacidade que os tanques devem ter e qual o preço de construcção d'estes, nos varios casos:

(1) Estas áreas são sufficientes para tratar em tempo de chuvas um volume triplo do volume do tempo secco.

Classes de solo e sub-solo e processo de distribuição	Estada media do liquido nos tanques de sedimentação, em horas (1)	Capacidade total dos tanques, em m <sup>3</sup>	Custo de construção dos tanques, em reis	
Classe I {	processo de infiltração.....	4 1/2	250	2.208\$650
	processo de escorrimento.....	4 1/2	250	2.208\$650
Classe II - processo de escorrimento.....	15	833,333	5.063\$055	
Classe III - processo de escorrimento.....	15	833,333	5.063\$055	

Levando em conta a qualidade dos solos, mais ou menos permeáveis, em que se enterra a lama humida com 90 % de agua, pôde calcular-se que as áreas necessarias para esse fim serão de 0<sup>hect.</sup>,4453 no caso de solos da classe I, de 1<sup>hect.</sup>,0687 no caso de solos da classe II e de 1<sup>hect.</sup>,7812 no caso de solos da classe III.

Fazendo um calculo para as despesas de preparo da superficie e drenagem do solo, e attendendo ao que fica dito, podem vêr-se no quadro seguinte as áreas totaes de terra requeridas para a irrigação e para o enterramento das lamas e o custo total da primeira instalação.

(1) Nos casos em que os solos são de má qualidade é conveniente que a eliminação dos solidos suspensos seja mais cuidadosa do que no caso de solos de boa qualidade. Por isso se suppõe que para os solos da classe I a estada na fossa é de 4 1/2 horas e para os das classes II e III de 15 horas. Em qualquer dos casos suppõe-se que a sedimentação se faz com agua corrente.

Classes de solo e sub-solo e processo de distribuição	Área requerida para tratar a onda diária de tempo secco (1.000 <sup>m3</sup> ), em hectares	Área requerida para a disposição das lamas, em hectares	Área total, em hectares	Costo total da terra, a réis 4.411\$935 cada hectare	Costo do preparo da superfície, da drenagem, etc., em réis	Costo das fossas de sedimentação, em réis	Costo total da instalação, em réis
Classe I { com infiltração... com escorrimento..	7,482	0,4453	7,9275	8.814\$865	6.273\$355	2.208\$650	17.296\$870
	12,915	0,4453	13,3603	14.855\$785	4.450\$975	2.208\$650	21.515\$410
Classe II - com escorrimento..	17,814	1,0687	18,8827	20.996\$335	5.714\$755	5.063\$055	31.774\$145
Classe III - com escorrimento..	29,75	1,7812	31,5312	35.060\$645	7.526\$245	5.063\$055	47.649\$945

O seguinte quadro dá os encargos do empréstimo necessário para a compra do terreno, construção das fossas, etc., suppondo que o empréstimo é levantado por 30 annos, ao juro de 3 1/3 % annualmente, e pago em annuidades eguaes.

Classe de solo e sub-solo e processo de distribuição do liquido	Encargos do empréstimo necessário para a compra do terreno, construção das fossas, arranjo da superfície e drenagem do solo, etc., em réis	
	Por anno	Por 1.000 <sup>m3</sup>
Classe I { processo de infiltração... processo de escorrimento..	940\$510	2\$575
	1.169\$930	3\$205
Classe II - processo de escorrimento..	1.727\$755	4\$735
Classe III - processo de escorrimento..	2.590\$985	7\$100

Calculando as despesas feitas com os salarios dos empregados no enterramento das lamas e no regulamento do func-

cionamento das fossas e com um vigilante da instalação, obteremos o seguinte quadro:

Classe de solo e sub-solo e processo de distribuição	Custo da mão d'obra e vigilância em relação com as fossas e a disposição das lamas, em réis (1)	
	Por anno	Por 1.000 m <sup>3</sup>
Classe I { processo de infiltração... { processo de escurrimto..	150\$380	410
	150\$380	410
Classe II - processo de escurrimto..	206\$225	565
Classe III - processo de escurrimto..	206\$225	565

Calculando que para fazer a distribuição do liquido no solo irrigavel é necessario 1 homem por cada 16 hectares approximadamente, pôde suppôr-se que a despeza de salarios feita com o trabalho de distribuição da agua residual e com a vigilancia d'elle é dada pelo seguinte quadro:

Classe de solo e sub-solo e processo seguido na irrigação	Custo do trabalho e vigilancia com respeito á distribuição do liquido, em réis (1)	
	Por anno	Por 1.000 m <sup>3</sup>
Classe I { processo de infiltração... { processo de escurrimto..	139\$600	380
	194\$125	530
Classe II - processo de escurrimto..	247\$605	680
Classe III - processo de escurrimto..	302\$080	825

(1) Cada operario ganha 4\$725 réis por semana e o vigilante 585\$000 réis por anno na hypothese da *Royal Commission*, n'uma instalação destinada a depurar 4.543m<sup>3</sup>,5 (1.000.000 gallões) de onda de tempo secco. Para calcularmos a despeza proporcional para os 1.000m<sup>3</sup> do nosso caso supposto, podemos sem erro muito consideravel deixar os 4\$725 réis por operario, se reduzirmos o numero de operarios. Mas o

Resumindo n'um só quadro a despesa annual total feita com o tratamento pelo solo (encargos do emprestimo, mão d'obra e vigilancia tanto do tratamento preliminar como do tratamento pelo solo propriamente dito), temos :

Classe de solo e sub-solo e processo seguido na irrigação	Despesa total bruta do tratamento completo	
	Por anno	Por 4.000 m <sup>3</sup> , onda do tempo secco
Classe I { processo de infiltração... { processo de escorrimento..	1.230\$490	3\$365
	1.513\$835	4\$145
Classe II - processo de escorrimento..	2.181\$185	5\$980
Classe III - processo de escorrimento..	3.099\$290	8\$490

Mas no caso de tratamento por irrigação cultural tira-se, naturalmente, um certo proveito da venda dos productos da cultura, da lama, etc. O rendimento assim obtido, que vem

vigilante vem a ser sempre necessario e portanto, para o calculo proporcional se conservar, temos que reduzir o ordenado annual d'elle; feita essa redução, o ordenado fica em 128\$755 réis, importancia evidentemente muito baixa e inaceitavel na pratica, pois que quasi tanto deverá ganhar na realidade um vigilante de uma grande como o de uma pequena installação. O erro aqui commettido pelo calculo proporcional attenua-se se fizermos as contas para um caso de 5.000<sup>m3</sup> ou melhor 4.500<sup>m3</sup> diarios de agua de esgoto.

Suppõe-se ainda que o vigilante gasta  $\frac{2}{3}$  do seu tempo na vigilancia da depuração pelo solo e o outro terço na vigilancia da installação de tratamento preliminar; por isso no primeiro d'estes quadros leva-se em conta  $\frac{1}{3}$  e no segundo  $\frac{2}{3}$  do ordenado.

Admitte-se que os mesmos operarios que fazem a distribuição do liquido no solo são encarregados tambem da limpeza dos tanques e enterro das lamas; as quantias dadas em cada um d'estes dois quadros attendem á parte do salario que os operarios ganham em cada uma d'estas especies de serviço.

diminuir o desembolso que o tratamento do liquido exige, varia de uma para outras *sewage-farmes*. Comtudo a *Royal Commission* calcula que a importancia liquida da venda dos productos de cultura, feita a dedução do que se gasta no trabalho propriamente agricultural, é, em media, de 16\$680 réis por hectare da area total do terreno irrigavel. Partindo d'aqui teremos o seguinte quadro :

Classe de solo e sub-solo e processo de irrigação	Venda dos productos da cultura, em réis	
	Por anno	Por 1,000 m <sup>3</sup> de agua de esgoto
Classe I { processo da infiltração... { processo de escorrimento..	124\$795	340
	215\$425	590
Classe II - processo de escorrimento..	297\$140	815
Classe III - processo de escorrimento..	496\$230	1\$360

Deduzindo do custo bruto do tratamento das aguas residuaes a importancia produzida pela venda dos vegetaes cultivados, teremos finalmente o custo liquido da irrigação cultural nas condições da nossa hypothese :

Classe de solo e sub-solo e processo de irrigação	Custo liquido da depuração por irrigação cultural, em réis		
	Total por anno	Por 1,000 m <sup>3</sup>	Por habitante, annualmente, suppondo que a população é de 6:666 hab. (1)
Classe I { processo de infiltração... { processo de escorrimento	1.105\$695	3\$025	166
	1.298\$410	3\$555	195
Classe II - processo de escorrimento	1.884\$045	5\$165	283
Classe III - processo de escorrimento	2.603\$060	7\$130	391

(1) Baseado n'uma onda de 150 litros de agua de esgoto por cabeça e dia.

Para estabelecer qual o capital necessario para aquisição de uma *sewage-farm* capaz de tratar as aguas residuaes de uma cidade com uma onda diaria de 50.000<sup>m</sup><sup>3</sup>, CALMETTE faz o seguinte calculo:

Terreno: — 500.000 <sup>m</sup> <sup>2</sup> para a irrigação á razão de 40.000 <sup>m</sup> <sup>3</sup> por hectare-anno + 50.000 <sup>m</sup> <sup>2</sup> para prados de reserva + 50.200 <sup>m</sup> <sup>2</sup> para caminhos, edificios, etc. = 600.200 <sup>m</sup> <sup>2</sup> a pouco mais ou menos 540\$000 réis o hectare.....	32.400\$000
Preparação do solo para culturas, nivellamento e deslocamento de terras, a 180\$000 réis por hectare dos 55 hectares irrigados e de reserva	9.900\$000
Drenagem.....	12.859\$200
Caminhos e calcetamentos.....	17.901\$000
Canaes e apparatus de irrigação.....	17.857\$800
	<hr/> 90.918\$000

Portanto por cada m<sup>3</sup> de agua de esgoto a depurar diariamente gastar-se-ia 18\$185 réis na primeira installação dos campos de depuração. N'este calculo não entram, bem entendido, as despezas a fazer com as canalisações desde a cidade aos campos e d'estes para os rios onde os effluentes se lancem.

#### B) Filtração intensiva (Filtração intermitente de FRANKLAND)

Já vimos que a vegetação não tem uma acção util directa na depuração das aguas de esgoto lançadas ao solo e que a cultura d'este pôde mesmo ter um papel inconveniente quando, com o fim de a não prejudicar, se seja levado a não aproveitar tanto quanto seria possivel o poder depurador do terreno.

Comprehende-se pois que se pensasse em eliminar esse elemento perturbador e em fazer a depuração n'um espaço re-

lativamente limitado de solo nú de boa natureza, bem poroso, em que, por filtração intensiva, fossem tratadas doses consideráveis de aguas de esgoto.

Inspirado nas experiencias de FRANKLAND no Laboratorio da *Royal Commission*, BAILEY DENTON (1871) em Merthyr Tydvil (Inglaterra) applicava a filtração por solo nú á depuração de liquidos residuaes; para isso, dispunha de 4 séries de leitos, occupando 8<sup>hect.</sup>,0940 de solo poroso drenado a uma profundidade de 1<sup>m</sup>,52-2<sup>m</sup>,13, a cada um dos quaes successivamente lançava as aguas rejeitadas por mais de  $\frac{1}{3}$  da população da cidade (50.000 habitantes) que era relacionada com os esgotos. A superficie dos leitos estava preparada em cristas e regueiras; estas eram fossos, de 1<sup>m</sup>,37 de largura na parte superior e de 0<sup>m</sup>,50 de fundo, que soffriam durante 6 horas o affluxo do liquido, previamente precipitado pela cal, que as enchia n'uma altura de 6<sup>m</sup>,15; seguiam-se 18 horas para arejamento e repouso. Por hectare, eram tratados 400-570<sup>m</sup>3 no tempo sêcco e o duplo em tempo de chuvas. DENTON, se bem que se não preoccupasse com as necessidades da vegetação, plantou couves nas cristas intermedias e obteve colheitas abundantes e de boa qualidade que em 1872 renderam de 466,830 réis a 500,975 réis por hectare.

RIDEAL, a par dos padrões de pureza propostos por FRANKLAND, apresenta as seguintes medias, em mgr. por litro, das analyses dos effluentes, feitas em 1871-1872 por este autor.

	Solidos dissolvidos	C organico	N organico	NH <sub>3</sub>	N nitroso e nítrico	N total combinado	Cl	Solidos suspensos	
								mineraes	organicos
Padrões de pureza propostos.....	—	20	3	—	—	—	—	30	10
Agua de esgoto tratada pela cal....	520	24,4	9	27	0,17	31,8	59,8	118	216
Effluente da filtração pelo solo.....	332	1,4	0,3	0,63	2,73	3,48	27,4	vestigios	vestigios
Agua do sub-solo...	194	1,06	0,11	0,04	0,61	0,75	9	—	—

FRANKLAND chamava a attenção para a diluição que o liquido tratado por qualquer systema de irrigação pôde soffrer pelas aguas da chuva cahidas sobre o solo ou pelas aguas subterranneas. Quando essa diluição se dê, pôde attribuir-se ao solo um poder depurador mais intenso do que o que elle realmente possui. Fundando-se no facto de que o chloro varia pouco n'um dado liquido antes e depois da filtração pelo solo, visto que este retém mal os chloretos, FRANKLAND, designando por  $a$ ,  $b$ ,  $c$  as quantidades do chloro existentes na agua de esgoto, na agua do sub-solo, e no effluente do solo filtrante, respectivamente, propõe que, na fórmula abaixo,  $x$  dê o valôr do volume da agua de sub-solo que se combinou n'um dado caso com um dado volume de agua depurada

$$x = \frac{a + c}{c + b}$$

No caso do tratamento do liquido de cujas analyses acima se apresentam as medias, FRANKLAND calcula que cada volume da agua residual se mistura com 1,9 a 2,3 volumes de agua do sub-solo, e provavelmente tambem com alguma chuva, visto como a media das quantidades de solidos dissolvidos na agua de esgoto e na agua do sub-solo é a correspondente pouco mais ou menos á quantidade de solidos dissolvidos no effluente ao passo que o chloro do effluente é menos de metade do da agua de esgoto. Mas, mesmo feita esta correccão, os resultados obtidos pela passagem da agua residual atravez do solo justificam as affirmações de FRANKLAND de que «a agua effluente em todas as occasiões era purificada muito além do exigido pelos padrões de pureza apresentados por nós como aquelles abaixo dos quaes não deve ser permittida a rejeição dos liquidos residuaes nos rios».

RIDEAL faz notar que as analyses apresentadas acima mostram que ha uma reduccão de 75 %, pouco mais ou menos, na quantidade de N existente sob as varias fórmãs na agua de esgoto, reduccão que está muito longe de ser compensada

pelo ligeiro augmento de nitratos e nitritos no effluente. Ora não é possível que esta perda de azote dependesse em grande parte da volatilisação do ammoniaco, visto que a agua de esgoto entrava no solo á medida que sobre elle era lançada, ou da simples fixação mecanica do azote organico pelo solo, visto que as analyses são feitas durante um anno e meio; a razão d'esta desappareição de azote deve antes attribuir-se ás acções bacterianas de que FRANKLAND ignorava a existencia, acções de desnitrificação, e outras, que no solo por vezes originam, á custa de nitratos e nitritos, do ammoniaco e da materia organica, azote livre e oxydos inferiores de azote que se perdem como gaz.

Os estudos de FRANKLAND e de BAILEY DENTON de 1880 a 1890, e, em Lawrence (Mass.), os de HIRAM MILLS (vêr pag. 332) que conseguia em certas condições bem determinadas depurar grandes massas de agua residual por filtração em pequenas áreas de solo arenoso ou bacias cheias de areia de varias dimensões, estabeleceram o processo em bases scientificas.

Para que a filtração intensiva dê resultado, é preciso dispôr de um solo perfeitamente permeavel, pelo menos até uma profundidade de 1 metro; a permeabilidade não deve ser, porém, exaggerada nem o poder absorvente muito fraco, para que a agua não venha a escoar-se muito rapidamente e sem que a fixação das substancias a oxydar se tenha produzido.

Os terrenos arenosos, e mesmo a areia quasi pura de elementos de grandeza media, conveem bem, como demonstraram em 1877 SCHLOESING e WURTZ, obtendo a oxydação das aguas de esgoto pela filtração por areia quartzosa.

Durante o funcionamento, o material filtrante deve occupar  $\frac{2}{3}$  e o liquido  $\frac{1}{3}$  do espaço total.

A intermittencia na filtração impõe-se para que o arejamento se faça e que, assim, o oxygeneo chegando até aos germens lhes permitta realizar a oxydação das substancias com elles fixadas nas paredes dos alveolos.

A drenagem n'este processo toma um grande desenvolvi-

mento; os drenos, espaçosos e bem dispostos, podem actuar como arejadores importantes, ao mesmo tempo que impedem o estagnamento do liquido e o embebimento do solo, tornando assim a nitrificação mais activa e intensa até uma grande profundidade.

Para manter o solo arejavel e permeavel, é preciso tambem não deixar de revolver de quando em quando as camadas superficiaes, em que tem ido ficando retidas as materias suspensas do liquido affluente; este revolvimento superficial é sufficiente porque as materias impermeabilisantes nunca chegam a penetrar fundo no corpo do solo filtrante.

A impermeabilisação da superficie é naturalmente, aqui como no caso da irrigação cultural, menos rapida se se usa um tratamento preliminar para retirar a maior parte das materias suspensas do liquido residual; esta pratica permittirá tambem que as areas de terreno a usar sejam menores do que as necessarias para o tratamento do liquido bruto.

FRANKLAND affirmava que um hectare de terreno por cada 2.470 pessoas permite uma boa depuração do liquido residual e é compativel com a cultura, e que se se abandona por completo a cultura ainda menor superficie seria necessaria. A verdade porém é que a agua de esgoto que serviu para as experiencias de FRANKLAND era pouco concentrada e já previamente tratada pela cal; deve reputar-se um pouco exaggerada a efficiencia attribuida por este autor ao processo, se se tem em vista o tratamento de agua de esgoto bruta no solo que se pôde encontrar em Inglaterra. Assim é que o *Local Government Board* n'este paiz exige um hectare de solo de areia grossa por cada 247 a 741 pessoas, quando o liquido não tenha sido previamente precipitado; e havendo uma precipitação preliminar consente que a mesma superficie de terreno de igual natureza corresponda a 1.235-1.482 pessoas.

Varias cidades inglesas praticam a filtração intensiva:— Merthyr-Tydwil (136 hect. para 100.000 hab.), Withington (19<sup>hect.</sup>,8 para 33.000 hab. e 4,544<sup>m<sup>3</sup></sup> diarios de agua de es-

goto), Hitchin (8<sup>hect.</sup>,09 para 8.000-9.000 hab. e 1.818<sup>m</sup><sup>3</sup> de agua de esgoto diariamente).

Comtudo a *Royal Commission* nos seus estudos não faz distincção entre a filtração de FRANKLAND e a vulgarmente chamada irrigação cultural, pelo facto de que n'esta ha quasi sempre filtração e n'aquella se faz tambem geralmente cultura, se bem que com menos desenvolvimento. Podemos suppor equivalentes á filtração de FRANKLAND os casos descriptos pela *Royal Commission* como sendo de *sewage-farms* de terreno de primeira classe, quanto á permeabilidade e retenção, e nas quaes se faz a distribuição do liquido de modo a favorecer a sua infiltração e a cultura toma um pequeno desenvolvimento; é o caso de Altrincham e de Cambridge (1).

(1) Vem a proposito apresentar os calculos da *Royal Commission* para a depuração de uma agua de esgoto de concentração media por esta fórmula de tratamento pelo solo. Supporemos que se dão as condições estabelecidas a pag. 303 (1<sup>o</sup> a 6<sup>o</sup>) para custo do terreno, systema de esgotos, volume da onda, caracteres do liquido residual, seu tratamento preliminar e configuração do solo.

O volume da agua residual sedimentada que póde ser tratada por hectare em 24 horas é de 278<sup>m</sup><sup>3</sup>,44 e n'um anno de 101.630<sup>m</sup><sup>3</sup>. A área total requerida para o tratamento de 1.000<sup>m</sup><sup>3</sup> diarios (onda de tempo secco) é de 3<sup>h</sup>,563. A estada media do liquido nas fossas de sedimentação é de 4 1/2 horas; a capacidade total d'estas é de 250<sup>m</sup><sup>3</sup> e o custo da sua construção de 2.208\$650 réis.

Para enterrar as lamas será necessario uma superficie de 0<sup>hect.</sup>,4453; portanto a área total requerida será 3,563 + 0,4453 = 4<sup>hect.</sup>,0083 e o seu custo será de 4.456\$970 réis. O custo do preparo superficial e da drenagem do solo será 4.545\$065 réis. Se accrescentarmos a estas verbas os 2.208\$650 réis de construção de tanques, teremos que a despeza de primeira installação será de 11.210\$695 réis.

Os encargos do emprestimo necessario para as despezas de primeira installação, levantado por 30 annos a juro de 3 1/2 % e a pagar em annuidades eguaes, serão de 609\$580 réis por anno ou 1\$670 réis por cada 1.000<sup>m</sup><sup>3</sup> de agua tratada (onda diaria de tempo secco).

As despezas com os salarios dos empregados no enterramento das lamas e com a vigilancia da installação das fossas serão de 150\$380 réis por anno ou 410 réis por 1.000<sup>m</sup><sup>3</sup> (veja nota de pag. 307).

A despeza de salarios correspondendo a distribuição do liquido no

Na America, especialmente no Massachussets onde ha sufficiente extensão de solo arenoso muito mais appropriado do que o de Inglaterra, a filtração pelo systema de FRANKLAND faz-se nas doses de  $561^{m^3}$  a  $1.122^{m^3}$  por hectare-dia ou  $204.765^{m^3}$  a  $409.530^{m^3}$  por hectare-anno.

BROCKTON (E. U. A.), com 40.000 habitantes, combina a irrigação cultural com a filtração intensiva para depuração dos seus  $5.600^{m^3}$  diarios; para isso dispõe de 23 bacias filtrantes (*fig. 26*) de solo arenoso (grãos de  $0^{mm},04$  a  $0^{mm},75$  de diametro, n'uma profundidade de  $2^m,30$ , assente sobre uma camada de argilla impermeavel e occupando uma extensão total de 8 hectares e 7 ares. O lançamento da agua, liberta previamente de um modo mecanico dos seus materiaes grosseiros, faz-se em cada bacia em 30 minutos. A superficie de algumas bacias é semeada com milho que parece dar a melhor cultura. Mesmo durante os maiores frios a temperatura da agua não desce abaixo de  $7$  a  $8^{\circ}$  (a habitual é de  $10-12^{\circ}$ ); no outomno as bacias são cavadas de sulcos com cristas intermedias que no inverno supportam o gelo formado ao passo que a absorpção

---

solo e á vigilancia da irrigação será de  $139\$,600$  réis por anno ou  $380$  por  $1.000^{m^3}$ .

Juntando n'uma só verba a despeza feita com o tratamento pelo solo (encargos do emprestimo, mão d'obra e vigilancia tanto do tratamento preliminar como do de irrigação propriamente dito) temos que se gastarão  $899\$,560$  réis por anno ou  $2\$,460$  réis por  $1.000^{m^3}$  (onda diaria de tempo secco).

Suppõe-se que o proveito liquido tirado da venda dos productos da cultura, da lama, etc., depois de descontado o que se gasta no trabalho propriamente agricultural, é de  $59\$,430$  réis por anno ou  $160$  réis por cada  $1.000^{m^3}$  de agua tratada.

Deduzindo do custo bruto do tratamento das aguas residuaes esta importancia, teremos finalmente o custo da irrigação com filtração e pouca cultura nas condições da nossa hypothese —  $840\$,130$  réis por anno ou  $2\$,300$  réis por  $1.000^{m^3}$  (onda diaria de tempo secco); a despeza annual por habitante será de  $124$  réis, suppondo a população de  $6:666$  hab. e a onda suja de  $150$  litros por cabeça.

da agua se faz perfeitamente nas partes mais fundas do sulco.

A quantidade de agua depurada não vai além de 30 litros por dia e  $m^3$ ,  $300m^3$  por hectare-dia ou  $109.500m^3$  por hectare

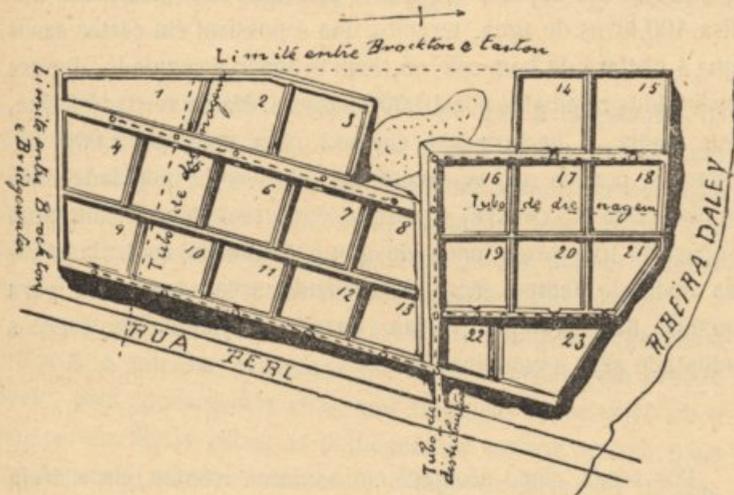


Fig. 26 — Plano da instalação de depuração de Brockton.

anno. A depuração chimica é de 98%. O ammoniaco desce de 70 a  $2^{mgr}$  por litro. A despesa de primeira instalação foi de 191.160\$000 réis; a despesa annualmente feita é de 3.420\$000 réis.

Na Europa Continental a filtração intermitente de FRANKLAND é pouco usada, porque não abundam os terrenos de natureza conveniente. Em Asnières, França, no Jardim modelo da cidade de Paris, ROUCHY observava que em 4-8 horas se fazia a depuração do liquido residual na dose de 100 litros diarios por  $m^2$  ou de  $360.000m^3$  por hectare-ano pela filtração atravez de terra, enchendo até meio bacias de 12 metros de comprimento por 5 metros de largo e por  $2^{m,5}$  de fundo; o enchimento d'estas bacias pelo liquido fazia-se de uma só vez em 20 minutos. Ao fim de algumas semanas era necessario revolver as camadas superficiaes, para que não baixasse a nitrificação e não

augmentasse a materia organica no effluente. Processos semelhantes, seguidos em Genevilliers e Achères, tornaram egualmente possivel a depuração de doses de liquido (400.000<sup>m</sup>3 por hectare-anno, e mais) 10 a 12 vezes superiores ás que a irrigação cultural depura. Suppondo pois que cada habitante utiliza 100 litros de agua, teremos que é possivel em certos casos que 1 hectare de bom solo nú, bem drenado e regulado, depure os liquidos rejeitados por 10.950 pessoas. Mas a verdade é que, em media, 1 hectare não chegará para mais de 2.000 habitantes, porque não se encontram terrenos da qualidade mais appropriada (CALMETTE) e porque é preciso contar com uma superficie tres vezes maior do que a destinada ao tratamento da onda de tempo secco, reservando areas especiaes para quando haja grandes chuvas, quando o systema de esgotos adoptado seja o combinador.

Por vezes, como acontece em Asnières, vêmos que a areia é transportada para logares appropriados e ahi accumulada, formando filtros em bacias especiaes onde se pratica a filtração intermitente de FRANKLAND; estabelece-se, assim, uma insensível transição para os leitos bacterianos de depuração biologica artificial; na filtração intermitente, n'estas condições, a depuração é feita ainda com elementos de solo natural, mas dispostos artificialmente como os dos leitos bacterianos. Em breve voltaremos a este assumpto, para mostrar como estes se originaram n'aquella.

### C) Vantagens e inconvenientes dos processos de depuração pelo solo. Indicações do seu emprego

Não pôde haver duvida de que, quando o solo é conveniente e de área sufficiente, a materia organica da agua de esgoto

a elle lançado pôde soffrer uma oxydação quasi completa; mas a depuração pelo solo, tal qual é realisada na pratica, tem varios inconvenientes hygienicos e economicos que na maior parte dos casos, não sendo compensados por vantagens sufficientes, contra indicam o seu emprego.

Desde ha muito, occorren a idéa de que o lançamento de grandes quantidades de aguas sujas ao solo não se poderá fazer sem que traga, como consequencia, uma grande accumulção de bacterias, algumas d'ellas pathogenicas, transformando o terreno depurador n'um foco terrivel, d'onde podem irradiar infecções propagadas pelos insectos e poeiras levantadas.

Segundo DUCLAUX, porém, a grande quantidade de germens nitrosos e nitricos existentes na terra impedem em grande parte, pela concorrencia vital, que as outras especies vivam e prosperem. Entre estas, as pathogenicas seriam mesmo mais rapidamente exterminadas n'um campo de irrigação do que n'um terreno onde não fossem lançadas aguas sujas; é o que parece deprehender-se das experiencias de STUTZER, que verificou que os bacillos de cholera lançados em agua a porções de terra dos campos de irrigação de Berlim morrem em 48 horas, se sobre a terra se deita uma pequena porção de urina, ao passo que lançados nas mesmas condições a solo vulgar resistem por muito mais tempo.

Mas a verdade é que experiencias de resultados contrarios teem levado outros autores a conclusões menos optimistas.

As analyses de HOUSTON, feitas para 21 especies de solos, mostram que o numero total de germens e esporos por c. c. augmenta consideravelmente nos solos conspurcados por substancias residuaes, como se vê d'alguns numeros que seguem:

1	Solo arenoso junto, ao mar.....	8.000
2	Solo de jardim sub-urbano, não estrumado recentemente.....	518.000
3	Solo escuro de jardim, estrumado seis mezes antes.....	795.000

4 Solo escuro, barrento, estrumado occasionalmente.....	1.084.000
5 Argilla compacta periodicamente estrumada.....	2.531.000
6 Solo n.º 3, depois de estrumagem recente	3.308.000
7 Solo de jardim tratado com fezes humanas e urina, seis mezes antes .....	26.780.000
8 Campo de irrigação; terra de um fosso ao longo do qual agua de esgoto correrá algum tempo antes.....	115.000.000

SIDNEY MARTIN notou que o bacillo typhico pouco resiste e depressa morre nos solos virgens, ao passo que nos terrenos ricos em materia organica, e principalmente nos campos de irrigação, póde multiplicar-se e persistir 450 dias, quando só, e 50 dias, quando em concorrência com outras bacterias; isto apesar de variações de temperatura de 3º a 37º e de alternativas de humidade e secura.

Por isso, ainda que o estado sanitario das povoações visinhas dos campos de irrigação pareça ser relativamente satisfactorio, e satisfactoria pareça ser tambem a saude dos operarios n'elles empregados (inquerito de BERTILLON), não se deve negar a possibilidade da propagação das doenças infecciosas pelo transporte das bacterias e de larvas e ovos de parasitas, por meio das moscas e insectos, por exemplo. Para a tuberculose e febre typhoide essa possibilidade está demonstrada (Musehold, citado por CALMETTE). CHANTEMESSE e BOREL, recentemente, puzeram em relevo o papel das moscas na transmissão da cholera e GRASSI, ha mais de 20 annos, demonstrou a possibilidade d'estes animaes transportarem nas patas ovos de tricócephalos, tenias e oxyuros. Ora as moscas são muito abundantes nos campos de irrigação, nos canaes e nos fossos, principalmente no verão.

Os resultados do tratamento são por vezes lisongeiros; mas praticamente é muito difficil que elles se mantenham em toda a extensão dos campos e não haja fissuras ou frestas que pos-

sam deixar passar aos drenos liquido indepurado ou permittir mesmo a infecção de poços e reservatorios de agua. Hoje ainda, Paris é obrigada a fornecer a muitas communas visinhas a agua potavel que o mau funcionamento dos seus terrenos de irrigação lhes tira.

Por factos semelhantes é que PERCY FRANKLAND, grande entusiasta, durante muito tempo, da depuração pelo solo, affirmava, já em 1884, que esse processo depurador não offerece seguras garantias, e citava casos de contaminação das aguas subterraneas com propagação de febre typhoide.

N'estas condições, no caso de sobrevir uma invasão de cholera, por exemplo, é natural que a pratica da irrigação pelo solo se tornasse bastante perigosa (CALMETTE).

A infecção da agua alimentar e a possivel elevação da camada de agua subterranea, como aconteceu em Mery-Pierrelaye e Carrières-Triel, onde as caves das casas chegaram a ser inundadas, fazem que se encontre por vezes obstaculos serios, da parte das povoações visinhas, ao estabelecimento dos campos de irrigação.

Será difficil que o terreno de que se pôde dispôr seja em todos os pontos de qualidade conveniente e appropriada.

Se o solo é muito poroso e bem drenado, no tempo secco o liquido pôde atravessal-o rapidamente de mais e o effluente carecer de depuração. Se o solo tem a densidade bastante para em tempo secco demorar sufficientemente o liquido, acontecerá no tempo chuvoso e com o systema unitario que o solo se ensoará, perdendo a sua permeabilidade.

Portanto é prudente calcular a superficie como a necessaria a tratar doses superiores a tres vezes a da onda de tempo secco e reservar ainda zonas especiaes para os casos de muito grandes affluxos. Os processos de depuração pelo solo exigem pois terrenos muito vastos, cuja cultura, como vimos, não só está longe de compensar as despezas feitas com a irrigação, mas é por vezes mesmo um factor hygienicamente perturbador.

É certo que o espaço exigido se torna menor quando se pratica a irrigação com filtração intensiva, dispensando-se a cultura quando esta possa perturbar a realização das acções depuradoras; mas ainda então tem que ser feito um grande dispendio de capital.

As superficies serão menores quando haja tratamentos preliminares, mas o que com estes se gasta pôde ser ainda importante.

O solo é mais barato longe das cidades, mas as despesas feitas n'esse caso com a canalisação são consideraveis.

O crescente desenvolvimento das cidades implica a necessidade de um correspondente augmento nos seus terrenos irrigaveis, o que por vezes é extremamente difficil.

Por terem reconhecido na prática estes inconvenientes da irrigação é que das 134 cidades que em Inglaterra em 1881 praticavam a depuração pelo solo quasi todas hoje a teem substituido pouco a pouco pela depuração por processos biologicos artificiaes.

Isto não quer dizer, bem entendido, que devam abandonar-se os processos de irrigação em todos os pontos em que são praticados. Algumas cidades ha em que esses processos, estabelecidos em boas condições á custa de enormes despesas, dão effluentes excellentes como se não obteem praticamente por outro processo biologico; convém então conserval-os.

Mas quanto a ser recommendavel actualmente a criação de campos de irrigação isso só poderá acontecer para os casos excepçionaes de cidades tendo na sua proximidade terrenos baratos, de boas qualidades depuradoras e de extensão sufficiente para permittir a depuração do liquido residual e o alargamento futuro das superficies irrigaveis. N'estes casos poderá acontecer mesmo, como já dissemos, que a fertilisação de terrenos agriculturalmente ordinarios se torne uma vantagem importante. É o caso de Reims, Triburgo, Dantzig, Odessa, etc.

Em todos os outros casos, porém, será bom procurar processos depuradores de mais facil realisação e de menor despeza, com sufficiente efficacia.

Os processos biologicos dos leitos bacterianos oxydantes satisfazem a estas condições. N'estes processos póde fazer-se, como veremos, o aproveitamento das substancias da agua de esgoto, fazendo a irrigação com effluentes depurados, ricos em phosphatos e azote, sob uma fórma que não prejudica já a hygiene; e assim desapparece o argumento, em parte sentimental, de que, sendo um dever social o aproveitamento das substancias da agua residual uteis para a vida das plantas, se deve praticar a depuração pela irrigação do solo com a agua bruta, de preferencia a qualquer outro processo.

The first of these is the fact that the  
country is a very fertile one and  
the soil is very rich. The climate is  
very mild and the weather is very  
pleasant. The people are very  
friendly and the food is very  
good. The country is very beautiful  
and the scenery is very attractive.

The second of these is the fact that  
the country is a very healthy one and  
the people are very long-lived. The  
climate is very mild and the weather  
is very pleasant. The people are  
very friendly and the food is very  
good. The country is very beautiful  
and the scenery is very attractive.

## II

### Depuração das aguas de esgoto pelos leitos bacterianos de oxydação

No caso de uma installação completa de depuração biologica por disposições artificiaes, a agua de esgoto, depois de passada pelas bacias de decantação de detricos, onde abandona as suas materias mineraes, pesadas e imputresciveis, e pelas fossas septicas, onde as materias organicas solidas precipitam e se dissolvem, é lançada sobre conjunctos de determinados materiaes, nos quaes se favorece voluntariamente o desenvolvimento de germens oxydantes. N'estes supportes microbianos, solos artificiaes, realisam-se phenomenos semelhantes aos que se passam no solo natural. A materia organica do liquido é fixada nos corpos solidos com que este entra em contacto, por virtude de acções physicas, physico-chimicas, e mesmo por acções biologicas ás quaes cabe, principalmente, a destruição da substancia organica fixada e a consequente regeneração do poder fixador do material.

As disposições materiaes que permitem a realisação d'estas acções de depuração biologica são os chamados *leitos bacterianos*, a que já temos feito referencias.

\*

Nos leitos bacterianos podemos considerar duas grandes

classes, differindo uma da outra nas relações de contacto estabelecidas entre o liquido e o material do leito.

N'uma d'estas classes, as substancias que entram na construcção do leito, contidas em espaços limitados por paredes geralmente impermeaveis, são, durante tempo bastante longo (horas), completamente submersas pela agua de esgoto que lhes é lançada; assim se constitue um *periodo de submersão ou de plenitude* que se contrapõe e alterna com um outro — o periodo de *arejamento ou de vasio* — durante o qual o leito esvasiado fica exposto á acção do ar por tempo ainda mais consideravel, geralmente, do que aquelle que corresponde ao primeiro periodo.

Nos leitos da outra classe, pelo contrario, a agua nunca se accumula a ponto de poder submergir os materiaes; apenas passa por entre estes, molhando-os, acompanhada ou immediatamente seguida de uma quantidade de ar mais ou menos importante.

D'esta fôrma, a contrapôr aos primeiros — *leitos submersiveis* (de submersão intermittente) — temos os segundos — *leitos não submersiveis* (em que não ha submersão seja qual fôr o periodo em que se considerem).

A existencia ou a falta de uma phase de submersão parece-me ser o character mais recommendavel, como exactidão e generalidade, para a primeira divisão a estabelecer na classificação dos leitos bacterianos. Mas não é esta a opinião geralmente seguida; os varios nomes que se dão ordinariamente a cada classe de leitos mostram que, para a classificação, se utilisam caracteres de menor valor e de exactidão e constancia mais ou menos discutiveis, como vamos vêr.

Pelo facto de que nos leitos submersiveis a agua de esgoto só existe durante o periodo de submersão, faltando no periodo

seguinte, de arejamento, e, portanto, durante um tempo muito longo, ao contrario do que acontece geralmente nos leitos não submersiveis, aos primeiros chamou-se *leitos de funcionamento intermittente* e aos segundos *leitos de funcionamento continuo*, ou, mais abreviadamente e respectivamente — *leitos intermittentes* e *leitos continuos*.

Por mais de uma razão, taes designações são más. Com effeito confunde-se n'este caso o funcionamento do leito com o facto da existencia da agua de esgoto no seu interior; nos leitos da primeira classe, o periodo de submersão, designado por *periodo de actividade*, é contraposto ao de arejamento, que toma o nome de *periodo de repouso*, designação paradoxal tratando-se de um leito biologico, porque, se é durante o periodo de plenitude que a materia organica é fixada, é durante o periodo de vasio que a destruição d'ella, por oxydação, principalmente se faz pela intervenção dos agentes vivos; este ultimo periodo merece, pois, o titulo de *activo*, se não mais, pelo menos tanto como o primeiro.

Portanto nos leitos com phases de submersão o funcionamento é continuo, como nos outros; simplesmente, ao passo que nos primeiros as acções de fixação e as oxydantes se fazem em periodos nitidamente alternantes, distinctos e afastados, nos segundos, em que a passagem do ar acompanha ou muito rapidamente segue a da agua, as duas especies de acções realisam-se *simultaneamente* ou quasi. Notemos que este *simultaneamente* não quer dizer que ao mesmo tempo se dê a fixação e a oxydação de uma dada substancia organica; nos leitos insubmersiveis, para uma dada porção de materia, as acções de fixação e as de oxydação são ainda na sua maior parte successivas, se bem que muito approximadas no tempo; mas, ao passo que uma dada quantidade de materia organica se fixa, outra quantidade já fixada póde estar *na mesma occasião* soffrendo a oxydação, ao contrario do que acontece nos leitos submersiveis, nos quaes as materias que são fixadas durante o periodo de submersão permanecem pela maior parte sem ser oxydadas até que começa o periodo de arejamento.

Pelo que fica dito quer-me parecer que, a querer-se fundar a divisão dos leitos no seu modo de funcionamento, em vez de fallar de leitos de funcionamento intermittente e leitos de funcionamento contínuo, seria mais justo fallar de *leitos funcionando por acções (de fixação e oxydação) alternantes* e *leitos funcionando por acções (de fixação e oxydação) simultaneas*.

Tem-se tambem referido estas designações de «intermittente» e «contínuo» ao modo porque se faz o affluxo da agua de esgoto aos leitos.

*Leitos intermittentes* seriam então ainda os submersiveis, porque só intermittentemente é lançada n'elles a agua de esgoto; os leitos não submersiveis; aos quaes a agua de esgoto afflue mais constantemente, teriam por isso o nome de *leitos continuos*.

Ora esta designação é impropria. Com effeito veremos que nos leitos não submersiveis nem sempre toda a superficie recebe continuamente o liquido; este, se bem que affluindo continuamente, em geral, é dirigido apenas para uma limitada área em cada momento; outras vezes ha mesmo verdadeiras intermittencias no lançamento do liquido ao leito, e em dadas occasiões pôde não estar nenhum ponto da sua superficie recebendo agua de esgoto (comtudo é de notar que a alternação das phases de lançamento e não lançamento é muito mais frequente e rapida e a duração dos respectivos periodos muito mais reduzida do que no caso dos leitos submersiveis).

É verdade que em logar de se referir a continuidade ou intermittencia ao affluxo ao leito, como é costume, pôde fazer-se a referencia ao effluxo d'elle. O escoamento do liquido effluente dos leitos insubmersiveis pôde com effeito ser praticamente considerado como contínuo, mesmo quando a affluencia seja intermittente.

Ainda, as designações de «intermittente» e «contínuo» poderiam, com relativa justeza, ser referidas ao arejamento; com effeito nos leitos submersiveis o arejamento só se faz intermit-

tentemente, nos periodos de vasio, ao passo que nos leitos não submersiveis pôde ser praticamente olhado como continuo (ainda que nos casos de affluencia por descargas intermittentes de quantidades de liquido relativamente grandes estas, ao passarem atravez do leito, possam occupar momentaneamente, mas de um modo completo, os espaços existentes entre o material, sem deixarem espaço livre para ar que as acompanhe).

Em todo o caso — afiguram-se-me mais rigorosos os caracteres de submersibilidade e de não submersibilidade do que os de contimidade e de intermittenca, que, de resto, decorrem já d'aquelles, secundariamente. Mas na sequencia, feitas que ficam as reservas acima, servir-me-ei indifferentemente de qualquer dos modos de designação.

1) *Os leitos submersiveis (de funccionamento por acções alternantes, de effluxo intermittente, ou de arejamento intermittente)* podem ser de duas especies, differindo uma da outra no periodo de submersão ou plenitude. Os leitos submersiveis de uma das especies, a primeira em data, mas hoje quasi por completo abandonada, soffrem durante todo o periodo da submersão o affluxo continuo do liquido residual, deixando escoar para o exterior uma porção correspondente á que, a cada momento, afflue depois do leito completamente cheio; quando termina o tempo que o periodo de plenitude deve durar, o affluxo cessa e o leito é esvasiado completamente. Nos leitos submersiveis da outra especie, a sahida do liquido é completamente vedada emquanto dura o periodo de submersão, mas, em compensação, e como natural consequencia, todo o affluxo cessa logo que o leito está cheio; assim que termina o periodo de plenitude, faculta-se a sahida ao liquido tratado.

Os leitos submersiveis d'este ultimo systema são hoje os unicos adoptados. Por isso que, n'elles, uma dada porção de

agua permanece, toda ella retida e sem ser substituida durante todo o periodo de submersão, em *contacto* com os materiaes, deu-se a estes leitos submersiveis o nome de *leitos de contacto* ou *do holding up system* ingles.

Os leitos da primeira especie são por vezes designados sob o nome de *filtros bacterianos intermittentes* (dando-se então aos leitos não submersiveis o nome de *filtros bacterianos continuos*); poderiam tambem ser chamados *leitos submersiveis de carga corrente*, por isso que uma dada porção de liquido está sendo a cada momento substituida por outra, sabindo para o exterior; considerados sob este aspecto, estes leitos podem ser reputados como pertencendo ao *streaming system* ingles; mas, por outro lado, podem até certo ponto ser considerados como pertencendo ao *holding up system* visto que cada porção de liquido se demora no leito o tempo sufficiente para que este se mantenha cheio. Seja como fôr, na pratica, este motivo de confusão desaparece, porque, como já dissemos acima, dos *leitos submersiveis* só são hoje utilizados os que chamamos de *contacto*.

Por isso emprega-se quasi sempre a expressão de *leitos de contacto* ou *leitos do holding up system* como synonymo das expressões de *leitos submersiveis*, *leitos de funcionamento por acções alternantes*, *leitos de effluxo intermittente* ou *leitos de arejamento intermittente*, sem que haja necessidade de fazer preceder aquella designação por qualquer d'estas ultimas.

2) Os *leitos* ou *filtros não submersiveis* pertencem sem contestação ao *streaming system*, visto que o liquido não se accumula n'elles e se dirige directamente da superficie para a profundidade e d'esta para o exterior; praticamente, mesmo, em resultado de se não usarem os leitos submersiveis de carga corrente, são os leitos não submersiveis os unicos do *streaming system*.

Nos leitos não submersiveis ha um grupo especialmente caracterisado por disposições appropriadas, mais ou menos complicadas, destinadas a produzirem artificialmente um arejamento intensivo ou uma temperatura favoravel aos germens; ao con-

trario, nos leitos não submersíveis de outro grupo o arejamento é realizado naturalmente e a temperatura é a ordinaria.

Os leitos que compõem o primeiro grupo são os de Lowcock, WARINGS, DUCAT, WHITAKER e BRYANT, etc. Os do segundo são os mais vulgarmente conhecidos, quasi os unicos usados de entre os leitos não submersíveis.

\*

Em harmonia com o que fica dito estudaremos os leitos bacterianos de oxydação seguindo a ordem indicada na seguinte classificação:

Leitos bacterianos de oxydação	}	<p><i>submersíveis</i> (de funcionamento por acções alternantes, de effluxo intermitente ou de arejamento intermitente).</p>	<p><i>de carga corrente</i> (ou filtros bacterianos intermitentes), pouco usados.</p>
		<p>(ou filtros bacterianos) <i>não submersíveis</i> (de funcionamento por acções simultaneas, de effluxo contínuo, ou de arejamento contínuo); (praticamente, os unicos do <i>streaming system</i>).</p>	<p><i>de contacto</i> (praticamente os unicos do <i>holding up system</i> e dos <i>submersíveis</i>).</p>

<p>(ou filtros bacterianos) <i>não submersíveis</i> (de funcionamento por acções simultaneas, de effluxo contínuo, ou de arejamento contínuo); (praticamente, os unicos do <i>streaming system</i>).</p>	}	<p><i>com arejamento ou com arejamento e aquecimento artificiaes, de</i></p>	<p>LOWCOCK WARINGS DUCAT WHYTAKER e BRYANT</p>
			<p><i>com arejamento e temperatura naturaes</i> (os mais usados dos não submersíveis).</p>

## A) Leitos submersíveis

### 1) Historia e descripção dos leitos bacterianos

#### a) Leitos submersíveis de carga corrente ou filtros bacterianos intermitentes, e sua origem na filtração intermitente pelo solo

Em presença da difficuldade da pratica da irrigação cultural e da inconstancia dos seus bons resultados, difficuldade e inconstancia que já em 1882, pela *Royal Commission*, eram apontadas ao mesmo tempo que a insufficiencia dos processos physicos e chimicos da depuração, vimos como a filtração intensiva pelo solo nú foi tentada com maior ou menor resultado, depois que se verificou que a cultura é, na pratica, antes um elemento de perturbação do que de verdadeira utilidade.

As suas experiencias e observações em 1887 em Lawrence (Mass.) convenceram HIRAM MILLS de que a depuração das aguas de esgoto pelo solo consiste mais n'uma oxydação do que n'uma simples filtração com retenção mecanica, e que essa oxydação, em terreno favoravel de boa permeabilidade, pôde realizar-se mesmo até em pontos situados muito abaixo da superficie, desde que periodos de arejamento sigam os da passagem do liquido residual. E o mesmo autor affirmava ainda que a areia convinha não só tão bem, mas mesmo melhor do que o humus e que até escorias e outros materiaes poderiam ser vantajosamente utilizados para a depuração, se bem que ficando inferiores á areia.

Estabelecido que os elementos do material filtrante actuam principalmente como supportes microbianos e tendo-se em vista os varios inconvenientes da depuração pelo solo, procurou-se pouco a pouco regularisar a acção microbiana, facilitando a depuração de maiores quantidades de liquido, e proteger ao mesmo tempo as aguas do sub-solo contra a infecção. Para isso, começaram-se a construir grandes bacias bem drenadas,

de fundo e paredes impermeabilizadas, que depois de cheias de areia convenientemente escolhida eram utilizadas para a filtração intensiva. Assim, portanto, se ainda se usavam elementos naturais do solo, já a disposição que se lhes dava era artificial.

A construção de leitos filtrantes artificiaes de areia nas regiões americanas ricas em terrenos arenosos era apenas de conveniencia, permitindo dispôr de um material filtrante de uma altura determinada, de elementos de certas dimensões e de uma homogeneidade mais perfeita do que a encontrada naturalmente no solo, e garantindo a protecção do sub-solo; mas este modo de proceder tornava-se uma necessidade em paizes que, como a Inglaterra, não possuem terrenos arenosos appropriados de extensão conveniente.

Em novembro de 1887, o *Massachussets State Board of Health* começava a procurar quaes as condições a realizar para a obtenção dos melhores resultados. De 4.000 analyses feitas até 1890 concluia-se que o melhor effluente era o obtido pela drenagem de um filtro de areia de 1<sup>m</sup>,2 a 1<sup>m</sup>,5 de altura no qual a agua de esgoto era lançada sómente durante 6 horas das 24. Comtudo affirmava-se tambem, nos dois primeiros relatorios que o essencial para que a destruição da substancia organica se dê é o dispôr de materiaes nos quaes os organismos possam ser retidos e desenvolver-se, e que deixem entre si espaços onde o ar possa circular nos periodos de não affluencia de liquido.

Sujeitando-se aos preceitos estabelecidos, em Worcester (Massachussets) foram construidos 16 leitos filtrantes de areia grossa, excluindo-se a areia fina e a argilla; cada leito, com uma superficie 0<sup>h</sup>,4047, separado dos visinhos por fossos cheios de argilla, era drenado a 1<sup>m</sup>,8 de profundidade por meio de series de tubos mal unidos de 0<sup>m</sup>,254 de diametro, collocadas a 15<sup>m</sup> umas das outras. N'estes leitos conseguia-se a depuração diaria de 4:122<sup>m</sup>3 por hectare (454<sup>m</sup>3,35 por cada leito), sufficiente para obter um liquido imputrescivel. Reduzindo a quantidade de liquido tratado diariamente por hectare a 224<sup>m</sup>3,4-336<sup>m</sup>3,6 (90<sup>m</sup>3,87-136<sup>m</sup>3,305 por cada leito) a depuração do

liquido obtido tornava-se excepcionalmente lisongeira. Mas os filtros, em virtude da accumulção, á sua superficie, de certas materias que o liquido traz suspensas — restos de lã, papel e outras variedades de cellulose, etc. — sobre as quaes as bacterias actuam difficilmente, tornavam-se rapidamente impermeaveis ao ar, e no seu seio realisavam-se então acções de putrefacção mais ou menos intensas.

De 11 installações de filtração intermittente por leitos de areia existentes em 1903 no estado de Ohio, a melhor seria, segundo R. W. PLATT, a de Mausfield Reformatory que depurava diariamente  $318^{m^3},045$  (correspondendo apenas a 700 pessoas) de agua de esgoto bruta, n'uma área total de  $0^{hect.},4452$  dividida por 7 leitos de pedra arenosa esmagada. Os resultados comtudo eram bastante maus no inverno, por virtude da formação de gelo que difficultava a filtração, mesmo quando a superficie era cortada em regueiras e cristas. E verificou-se que em quasi toda a grande região de Ohio o simples tratamento pela filtração por areia não basta e se torna mister usar dos processos preliminares preparatorios.

Em certas regiões americanas ha grande extensão de solos arenosos que podem economicamente fornecer material para os filtros de areia; mas já em outros pontos, mesmo na America, a areia escasseia e a despeza de construcção dos filtros torna-se mais importante. No Middle West os filtros custariam por hectare de superficie e  $0^{m},30$  de fundo  $4.446\$,000-5.557\$,500$  réis. Das experiencias de 10 annos feitas em Massachussets conhece-se que a despeza que occasionam é de 400 réis, por habitante, divididos por igual entre os encargos do capital a 5 % e as despesas de conservacção.

Ha finalmente, como dissemos já, paizes, como a Inglaterra, em que os terrenos arenosos não abundam. Sendo fóra da America a agua de esgoto em geral mais concentrada, a superficie de leitos filtrantes a utilizar tem de ser maior para um dado volume de liquido; mas mesmo quando se consiga attingir o maximo que em Massachussets se attinge —  $1.122^{m^3}$  por hectare dia — será muito difficil construir filtros de areia

sufficientes, no caso de grandes cidades em cujas proximidades a areia escasseia.

Por isso tratou-se em Inglaterra de investigar se, variando a natureza do material, não se conseguiria obter também bons efeitos ou mesmo ainda melhores, trazendo não só a vantagem da substituição da areia por outra substância mais abundante no país, mas também talvez até a diminuição da superfície occupada pelos filtros, de modo a dar a estes uma extensão praticamente aceitável na vizinhança de cidades populosas em países mais densamente povoados e possuindo menos espaços disponíveis do que a America.

E o esclarecer este facto era para a Inglaterra uma questão importante e urgente. Precisamente por esse tempo, luctava-se com grandes difficuldades para encontrar o modo pratico de dispôr das aguas residuaes de Londres. A precipitação pelo sulfato ferroso e pela cal (nas doses de, respectivamente, 0<sup>gr.</sup>,014 e 0<sup>gr.</sup>,057 por litro) com o transporte das lamas para o mar dava um liquido que não só continha ainda 0<sup>gr.</sup>,010 de materias suspensas por litro, mas era mal cheiroso e tão nocivo que os *Royal Commissioners* de 1884 declaravam que elle necessitava de maior depuração pelo lançamento ao solo.

Mas já em 1866, em Barking, a *Metropolis Sewage Company* fizera uma tentativa de depuração do effluxo da parte norte de Londres (2.298<sup>m3</sup> cada 9 ou 10 horas) pela irrigação em 2 ou 2 1/2 hectares de solo cultivado de herva. O resultado fôra tão mau sob o ponto de vista agricultural, como sob o ponto de vista hygienico, da pureza do effluente. De resto era facil de vêr que não seria possivel praticamente encontrar terrenos apropriados em extensão sufficiente para tratar os 908.700<sup>m3</sup> diarios da immensa cidade. Voltou-se por isso ao emprego de agentes chimicos em mais alta dose; mas, á parte o augmento de despeza, nenhum resultado novo digno de menção se obteve.

Foi então, em 1891, em Barking, que, já conhecidos os resultados das experiencias de Massachussets, sob a impulsão do *Main Drainage Committee of the County Council*, se procu-

rou, seguindo a orientação geral dos trabalhos americanos, estabelecer quaes os materiaes capazes de competirem com a areia na construcção de filtros bacterianos, e de darem com uma dada superficie a maior redução possível na impureza das aguas residuaes.

DIBDIN, estudando tão importante assumpto, comparou os efeitos obtidos com o emprego de pequenos filtros de areia, de areia grossa, de coke miudo e de argilla cosida e partida. A agua de esgoto affluia a estes filtros durante 8 horas, passando atravez d'elles e sabindo para o exterior, mas de modo a mantel-os sempre cheios; ao fim d'esse tempo acabava o affluxo, os filtros eram esgotados e assim ficavam durante 16 horas. Por esta fórma, lançava-se nas 24 horas aos filtros uma quantidade de liquido correspondente a  $4.611^{m^3}$  por hectare.

DIBDIN verificava que se a clarificação era realmente maior com a areia e com a areia grossa do que com o coke (2,25 para 1) ou com a argilla cosida e partida, esta e principalmente o coke eram muito efficazes, sob o ponto de vista da baixa na materia organica dissolvida, apreciada pelo oxygeneo consumido. Além d'isso, os filtros de areia, de elementos de menores dimensões, davam, em virtude da falta de um bom arejamento, um effluente que rapidamente tendia a tornar-se putrido, e necessitavam muito mais frequentemente a renovação do material e raspagens superficiaes para lhes restaurar a capacidade ou a permeabilidade perdidas. Em conformidade com estes resultados, foi construido um filtro de  $0^{hect.},4047$  com uma altura de  $0^m,914$  de coke miudo sob  $0^m,076$  de areia grossa, no qual se chegou a tratar  $4.543^{m^3},5$  diarios ( $11.220^{m^3}$  por hectare-dia) de agua de esgoto de Barking, previamente sujeitada á acção do sulfato ferroso e da cal, obtendo-se assim uma redução na materia organica que chegou a ser de 83 %. Verificou-se porém que o affluxo continuo do liquido ao leito, atravessando-o e dando um escoamento correspondente durante toda a duração do periodo de submersão, depressa impermeabilisava a superficie, como acontecia nos filtros de Massachusetts. Por isso se procurou outro modo de funcionamento, de que agora nos vamos occupar.

b) Leitos de contacto e sua origem nos filtros bacterianos  
intermittentes

α) Processo de DIBDIN

Depois de varias experiencias sobre o modo de fazer o enchimento, a duração do periodo de submersão e o modo de esvaziamento do leito de Barking a que acabo de me referir, assentou-se em que o processo que melhor resultado dava consistia em fazer o enchimento em duas horas, deixar o liquido no interior do leito durante uma hora, e só depois d'este tempo permittir o escoamento, que levasse á evacuação mantida durante 5 horas; ao fim d'esse tempo de arejamento, recommençar um novo cyclo de 8 horas e depois ainda outro, nas 24 horas, e assim nos dias seguintes, apenas com uma interrupção semanal de 32 horas no funcionamento (das 10 horas da noute de sabbado até ás 6 horas da manhã de segunda feira (1).

D'esta fôrma, se transformou um filtro intermittente no primeiro leito de contacto. O *streaming system* era substituido pelo *holding up system* nos leitos submersiveis. Este leito de Barking funciona ainda e, como com elle começou a ser applicado praticamente o tratamento pelos leitos de contacto, unicos dos submersiveis hoje usados, a DIBDIN e ás suas experiencias, e não mais longe, se faz em geral remontar a origem do processo.

Em 1894, em Sutton (Surrey), DIBDIN dirigia experiencias orientadas nas de Barking, feitas com leitos construidos de varios materiaes. E, em 1895, o effluente das bacias de precipitação chimica, onde se tratavam diariamente 2.271<sup>m</sup>3,750 de agua de esgoto por sulfato ferroso (0<sup>gr</sup>,028 por litro) e cal

(1) Interrupções, como esta, no funcionamento são inconvenientes, porque exigem tanques de accumulção da agua de esgoto que durante esse tempo afflue á installação e que ulteriormente deve soffrer tratamento.

(0<sup>gr</sup>,128 por litro), effluente até então lançado ao solo com resultados pouco satisfactorios, começava a ser dirigido sobre dois leitos bacterianos construidos segundo as indicações de DIBDIN. Em novembro de 1896, em resultado da grande quantidade de lamas produzidas, a precipitação chimica era substituida por rédes sem fim e disposições mecanicas destinadas a retirarem do liquido as materias mais volumosas; em 1898 o tratamento preliminar não biologico era o de simples passagem por fossas de sedimentação (1).

A este tempo, o effluente das fossas de sedimentação passava a «*bacteria-tanks*», que não eram outra cousa que as antigas fossas de precipitação cheias de fragmentos de argilla cosida, n'uma altura de pouco mais de um metro (1<sup>m</sup>,066), e drenadas no fundo por um dreño central de 0<sup>m</sup>,152 de diametro, munido de valvula de sahida e a que affluíam drenos lateraes de 0<sup>m</sup>,127 de diametro, parallellos e afastados de 1<sup>m</sup>,828 uns dos outros. Estas «fossas bacterianas» eram analogas aos filtros grosseiros de la muito já usados com o fim de retirar do liquido as materias solidas; apenas differiam d'estes na intenção com que eram usados, visto que com elles se visava tambem a realização das acções bacterianas. O liquido era lançado n'estas «fossas bacterianas» tres vezes por dia, enchendo-as até 0<sup>m</sup>,152 acima da superficie dos materiaes, e evacuado depois de um contacto de 2 horas, abrindo-se a valvula do dreño principal. O effluente obtido, se bem que muito melhorado, era ainda apto a soffrer putrefacção; por isso o liquido era dirigido para outros leitos bacterianos, estes cheios de coke miudo, d'onde sahia descórado e praticamente destituído de qualidades nocivas. De 6 em 6 semanas, os leitos eram deixados uma semana em repouso.

Assente nas bases estabelecidas por DIBDIN em Barking e Sutton, Oswestry e Leeds praticavam já em 1898 a depuração biologica artificial, que depois se generalizou a um grande numero de cidades.

Foi em Manchester que se deu o nome de *processo de duplo*

---

(1) Que mais tarde haviam de ser transformadas em fossas septicas.

*contacto* á passagem successiva do liquido por dois leitos, como em Sutton fôra iniciado; em Manchester, ainda, em resultado de um inquerito feito em 1899, tendo-se verificado que a passagem por dois leitos não era sufficiente, usou-se pela primeira vez um *terceiro contacto*, pelo emprego de um terceiro leito.

Em Lincoln e outras cidades inglesas applicou-se desde então o *processo de triplo contacto*; mas mais geralmente dois contactos são julgados sufficientes.

### β) Processo de CAMERON

Um dos maiores inconvenientes que, desde logo, se apontou ao processo de DIBDIN foi a facil e rapida perda da capacidade e a inutilização dos leitos pelas materias suspensas do liquido affluente, quando este não fosse d'ellas libertado por processos physicos ou chimicos, sempre dispendiosos e productores de quantidades de lamas difficeis de fazer desaparecer.

Ora, já desde 1895, em Exeter, CAMERON estabelecia o sistema chamado do «*septic-tank*», no qual o liquido só depois de reduzida sensivelmente a sua riqueza em materias solidas, por passagem em certas condições em fossas especiaes — fossas septicas já descriptas (pag. 55 e seguintes) — era lançado sobre quatro leitos, dos quaes se regulavam automatica e alternadamente as phases de funcionamento, de modo tal que, quando um leito se enchia, esvaziava-se outro, o terceiro mantinha-se vazio e o quarto cheio de liquido.

O tratamento, primeiro applicado apenas ás aguas residuaes de um bairro — S.<sup>1</sup> Leonards —, era em 1897 applicado para a depuração do effluxo total (4.837<sup>m3</sup> diarios em tempo secco) da cidade (46.000 habitantes), utilizando 6 fossas septicas de uma capacidade total de 7.430<sup>m3</sup> e 8 leitos trabalhando automatica e alternadamente; estes leitos, formados por uma altura de 1<sup>m</sup>,066 de escorias esmagadas e uma camada de 0<sup>m</sup>,152 de areia grossa, occupavam uma superficie total de

4<sup>hect.</sup>,0117 e tinham uma capacidade total sufficiente para tratar 11.358<sup>m<sup>3</sup></sup>,75 diarios.

O processo de CAMERON distingue-se, pois, do processo de DIBDIN em estabelecer um tratamento preliminar biologico que substitue os tratamentos preliminares physicos ou chimicos nos casos em que estes existiam.

Os processos de acções anaerobias e os de acções aerobias, durante algum tempo olhados como antagonicos, foram depois geralmente olhados como podendo associar-se utilmente, tornando menos frequente a impermeabilização das camadas superficiaes dos leitos bacterianos. Assim nas proprias installações de Sutton a fossa septica acabou por substituir a simples sedimentação, que por sua vez, como dissemos,ahi succedera já á precipitação chimica.

A maior parte das installações ultimamente feitas, não só em Inglaterra onde são muito numerosas, como na Allemanha e em França, utilizam tambem as fossas septicas segundo os preceitos estabelecidos em Exeter.

Deve mesmo dizer-se que, infelizmente, se tem exaggerado o emprego das fossas septicas, utilizando-as como meio de tratamento preliminar em casos em que antes se deveria recorrer á precipitação chimica ou mesmo á simples sedimentação para obter a baixa nas materias suspensas. A questão das indicações respectivas dos processos de tratamento preliminar já foi atraz debatida (pag. 165); escuso aqui de me occupar d'ella novamente.

\*

\* \*

D'um modo geral, vemos pois que o processo chamado dos *leitos de contacto* (*fig. 27*) (unicos leitos de entre os submersiveis que continuarão a occupar-nos) consiste em manter durante certo tempo (2 horas geralmente) um solo artificial (*L*) submerso pela agua de esgoto, que póde previamente ter sido

libertada da maior parte das suas materias suspensas, por sedimentação, precipitação chimica ou passagem por fossa septica (*F*). Ao fim d'este tempo de contacto, o liquido effluente do leito exigirá, quasi sempre, maior depuração, que se realizará n'um segundo leito (*L*) e que pôde ainda ser completada n'um terceiro leito, identico aos primeiros. Cada leito depois de esvaziado fica sujeito ao arejamento natural por um tempo maior ou menor (4 horas pelo menos).

Vamos agora estudar quaes as melhores condições a realizar para obter leitos susceptiveis de dar os melhores resultados e apontar quaes estes podem ser.

2) Estudo dos materiaes de enchimento dos leitos

a) Natureza physica e chimica dos materiaes appropriados

Para a depuração das aguas de esgoto pela utilização de supportes microbianos artificiaes, semelhante ao que acontece com o solo natural, a natureza physico-chimica dos elementos materiaes com que o liquido residual entra em contacto tem uma grande importancia, influindo no arejamento, permeabilidade e poder de fixação do leito para

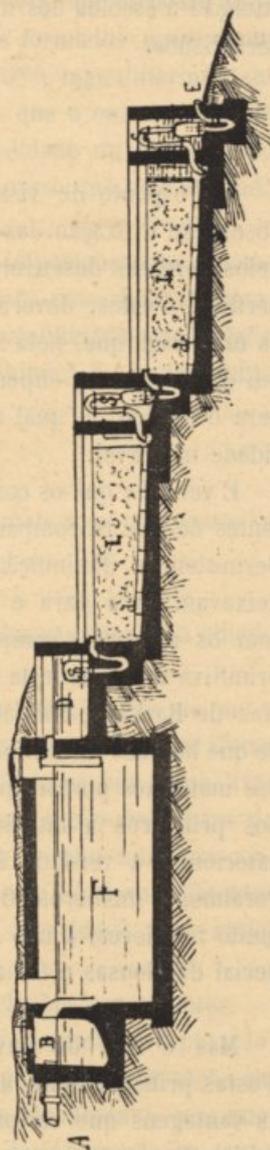


Fig. 27 — Leitos de duplo contacto precedidos por fossa septica.

as substancias organicas que os germens oxydantes ulteriormente devem destruir. É portanto natural que se dê a maior attenção á escolha dos materiaes que hão de constituir os leitos bacterianos.

Sob o ponto de vista das propriedades physicas, sendo a absorpção e fixação das substancias e a sua oxydação ulterior pelos germens desenvolvidos nos supportes funcções das superficies d'estes, deverão ser preferidos, de um modo geral, os materiaes que, pela sua porosidade maior, apresentem, sob um dado volume, superficies mais consideraveis de contacto para o liquido, ao qual deixem livre tambem uma maior capacidade utilizavel.

É verdade que os corpos porosos são em geral menos resistentes do que os compactos e, pelo facto da sua desintegração, permitem a diminuição da capacidade que primitivamente deixavam livre para o liquido, ao contrario do que acontece com os materiaes compactos, que dão uma capacidade livre primitiva mais modesta mas mais constante. Mas as experiencias de Barking, Massachussets e Berlim levam á conclusão de que ha mais inconvenientes do que vantagens na substituição dos materiaes porosos pelos compactos. Seja ou não certo que nos primeiros a nitrificação apenas se realiza nas camadas exteriores, a verdade é que os effluentes que produzem são geralmente melhores. Os materiaes compactos dão resultados muito inferiores, a não ser, como veremos, no caso muito especial das lousas e telhas preconizadas por DIBDIN.

Mas é fóra de duvida que as propriedades physicas, e d'estas principalmente a porosidade, não bastam para justificar as vantagens que certos materiaes apresentam sobre outros. Assim, DUNBAR, comparando as escorias com a pedra pomes, corpo muito poroso como é sabido, verifica que ao fim de alguns dias o poder depurador das primeiras é muito mais

notavel de que o d'esta ultima substancia. É que, além da porosidade, é preciso attender á composição chimica, á riqueza das escorias em ferro. DUNBAR põe em relevo a influencia do ferro comparando os effluentes de dois leitos formados egualmente de elementos de areia grossa de 5 a 10<sup>mm</sup>, mas differindo em que um contém  $\frac{1}{100}$  de ferro ao passo que o outro é privado d'este metal. A diminuição da oxydabilidade do effluente do primeiro leito attinge 57,9 a 73,1 % ao passo que a do segundo não vai além de 55 a 65,3 %.

Este exemplo serve para mostrar a importancia que a composição chimica dos materiaes pôde ter; mas digamos contudo que, na pratica, em resultado da insolubilidade e densidade das substancias usadas, a influencia chimica é sempre muito secundaria.

Teem sido muito numerosos os materiaes propostos e usados:

O *coke* parece ser o que mais geralmente tem sido olhado como superior.

Já nas experiencias de Barking, em 1891, DIBDIN via que a redução na quantidade de materia organica, que com os filtros de pedaços de argilla cosida e com os de areia era respectivamente de 43,3 e de 46,6 %, subia com o uso dos filtros de *coke* a 62,2 %. Em 1894, em Sutton, o mesmo autor via confirmada a superioridade do *coke*, que não só dava effluentes melhores, mas deixava ao liquido uma capacidade livre muito maior do que a areia.

CALMETTE e DUNBAR chegam a conclusões semelhantes.

Por isso o *coke* continúa gosando da melhor reputação, tanto mais que se tem verificado a sua perfeita conservação em leitos ao fim de 9 annos, e mais, de funcionamento, sem que, ao contrario do que se temia, a sua desintegração se tenha dado.

Mas o preço do *coke*, relativamente elevado (o filtro de Bar-

king, de 0<sup>hect.</sup>4047, custou 9.000\$000 réis), impede que este material seja tão geralmente usado nas grandes installações como seria para desejar, attendendo ás suas qualidades vantajosas. Nas pequenas installações, porém, o coke deve ser sempre o material preferido.

O *carvão vegetal* era usado em 1897 em Wolverhampton, Lichfield, e outros logares. Segundo BOSTOCK HILL, o effluente obtido seria especialmente caracterizado pela grande reduccão na quantidade do carbono organico, relativamente á do azote. Segundo DUNBAR, a capacidade utilizavel para o liquido é ainda bastante maior do que a que o coke deixa.

O *carvão animal*, usado quasi exclusivamente em experiencias de laboratorio, parece dar uma depuração razoavel.

A *cinza* foi estudada no *Massachussets Report* de 1898-1899, comparadamente com a areia; dá um effluente melhor do que esta sob o ponto de vista chimico, mas inferior sob o ponto de vista bacteriologico.

As *escorias dos altos fornos*, as *escorias das forjas* e mesmo (em Inglaterra) as *escorias dos «destructors» de lixo*, pela sua resistencia, pela sua efficacia na depuração e pelo seu preço relativamente baixo, teem sido muito preconizadas. São usadas em muitas cidades inglesas com resultados lisongeiros. Em França, CALMETTE usa-as na installação experimental de Madeleine e recommenda-as para as installações de certas proporções, para as quaes os leitos de coke sahiriam dispendiosos em excesso.

A *Royal Commission*, concordando em que, na realidade, o coke dá effluentes ligeiramente melhores do que as escorias, prefere comtudo estas porque, além de serem mais baratas, são menos leves do que o coke, deslocam-se mais difficilmente quando do enchimento e do esvaziamento dos leitos, e são assim menos expostas á desintegração.

Segundo DUNBAR, a capacidade livre nos leitos de escorias e nos leitos de coke é praticamente a mesma depois de uns 50 enchimentos. Mas verifica-se que a capacidade que as escorias deixam para a agua é muito variavel segundo a proveniencia d'ellas; a quantidade de agua correspondente a 1 kilo de escorias varia de 45 a 215 gr. Devem preferir-se as escorias que reteem melhor o liquido e mais duras. Escorias assim podem manter-se 8 annos, e mais tempo, sem soffrer uma desintegração sensivel.

A *areia ferrea carbonada*, que, juntamente com cinza, pó de coke, escorias, fragmentos de tijolo, se encontra nos grandes montões residuaes junto ás minas e officinas de carvão e ferro, foi recommendada como efficaç e economica por WAKE, HOLLIS e DARLINGTON. As analyses de STOCK mostram que a composição d'este material é a seguinte: 6,75 de agua, 30,41 de FeO, 40,33 de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 7,53 de carvão, 16,70 de areia grossa. Esperou-se que a riqueza em oxydos de ferro e vestigios de manganéz podesse favorecer consideravelmente a oxydação da materia organica (pag. 195); mas a verdade é que com a areia ferrea carbonada, como com materias especialmente preparadas e registradas (*polarite*, etc.), as acções chimicas são sempre accessorias. Isto não impede que a areia ferrea carbonada seja um magnifico suporte microbiano, com o qual, segundo DIBBIN e THUDICUM, a intensidade de nitrificação se mostra por vezes superior á que se obtem com o coke.

A *argilla cosida e fragmentada* é muito usada em Inglaterra, sob o nome de «*burnt ballast*». N'este país, em que, como já foi dito, a areia não abunda, a argilla parcialmente cosida suppre-a até certo ponto em algumas construcções.

Para obter «*burnt ballast*», dispõem-se, em camadas sobrepostas e alternadamente, argilla e carvão miudo ou quaesquer residuos combustiveis; depois pega-se o fogo em varios pontos e deixa-se o todo arder lentamente até que a argilla atinja a côr vermelha do tijolo usual.

É preciso que a combustão se faça regularmente e sufficientemente, para que os materiaes obtidos não venham, mais tarde, quando molhados, a amolecer e a desintegrar-se facilmente. Com effeito este material está longe de ter a duração que tem a argilla quando sob a fôrma de tijolo totalmente queimado.

DIBBIN empregára, já em 1891, *burnt ballast* como material de leitos bacterianos, nas suas experiencias em Barking.

Em 1894, em Sutton, a argilla retirada d'uma cova feita no solo com uma profundidade de 0<sup>m</sup>,914 era queimada pela fôrma indicada acima e de novo lançada na cavidade, de modo a constituir assim o leito.

Em resultado das despesas pouco consideraveis que occorreria, foi este material empregado em muitas outras installações, geralmente na construcção dos leitos de primeiro contacto, mais grosseiros, ao passo que para o segundo se reservava coke fino.

Na America o uso da argilla assim preparada é quasi desconhecido. RUDOLPH HERRING, em 1900, reputava-a um mau material, facil de desfazer-se e de occasionar, assim, perda de capacidade utilizavel do leito. A opinião de HERRING foi praticamente confirmada. Com effeito, se é verdade que o exame de um leito construido em Harrow com fragmentos de argilla cosida apresentava depois de 2 1/2 annos de funcionamento os seus elementos tão vermelhos e consistentes como primitivamente eram, demonstrando assim a possibilidade de grande duração quando o material tenha sido bem preparado, é verdade tambem que o mau funcionamento e a rapida perda de capacidade dos leitos de Sutton, Barking e outros pontos mostrou que uma boa preparação raras vezes é conseguida na pratica.

Os *tijólos partidos*, apresentando a argilla sob uma fôrma muito mais resistente, começaram a ser substituidos ao material precedente nos leitos de primeiro contacto de Belfast e de muitas outras installações inglesas. CALMETTE preconiza-os na falta de coke e de escorias.

Na falta de coke, de escorias e de pedaços de tijolo, CALMETTE aconselha recorrer a *pedras porosas* taes como a *pozzolana* ou mesmo a *pedras calcarias* e a *lava*.

Mas este autor e outros recommendam que se não utilizem os *seixos*, *silex*, *pedras compactas* ou *cascalho*.

A *areia*, a que já por mais d'uma vez me referi, é a rejeitar pela difficuldade que ha em fazer o seu arejamento. Além d'isso, a capacidade livre para o liquido é muito pequena, sem que a purificação do liquido compense esse inconveniente. THUDICUM e DIBDIN affirmam que nos leitos de areia a capacidade deixada livre para o liquido é de 10 %, ao passo que em leitos construidos com carvão animal, «*burnt ballast*», coke ou areia ferrea carbonada, de elementos escolhidos por passagem por redes de malhas de 3<sup>mm</sup> a 0<sup>mm</sup>,8, as percentagens de capacidade deixada para o liquido seriam, respectivamente, de 25,2, 33,3, 38,7 e 28,2.

O *vidro* moído, em experiencias de laboratorio, deu a THUDICUM resultados relativamente lisongeiros.

*Cácos quebrados* de fornos das olarias foram por HANLEY, em 1903, usados com successo.

*Pedaços velhos de ferro e de estanho* teem sido usados com mais ou menos resultados.

A *lousa*, que de ha bastante tempo no Norte da Inglaterra era usada em fragmentos, foi recentemente, em 1904, utilizada por DIBDIN, em placas de 30 a 90 centimetros quadrados e de 0<sup>m</sup>,08 de espessura, collocadas umas sobre as outras em camadas successivas separadas por supportes, deixando entre si espaços vastos de 0<sup>m</sup>,05 a 0<sup>m</sup>,40 de altura por onde o liquido se espalha (*fig.* 28). Com semelhantes materiaes ou com *telhas*

rectangulares (fig. 29), que DIBBIN tambem preconiza, obteem-se leitos de capacidade util muito maior do que a dos construi-

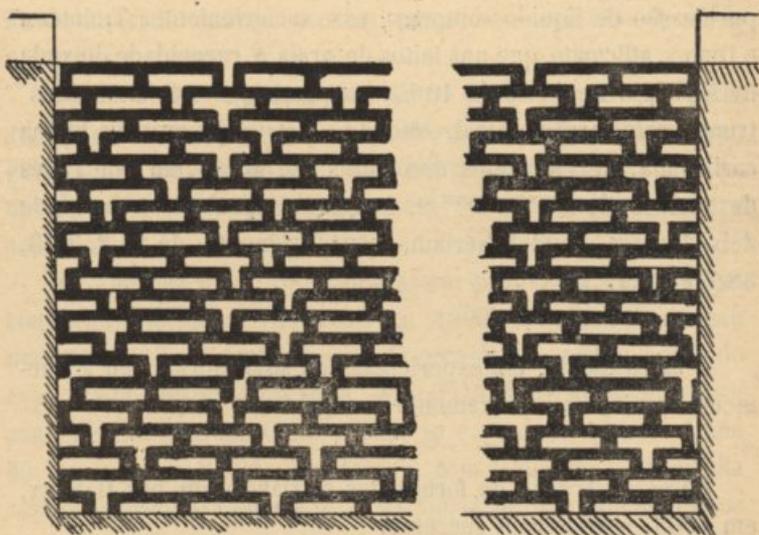
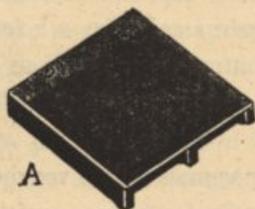


Fig. 28 — Leito de ardosias de DIBBIN e ardosia (A) vista isoladamente

dos com os materiaes vulgarmente usados, proximamente dupla.

A fig. 30 mostra como DIBBIN foi levado a adoptar estas placas. Com effeito é facil de vêr que nos pedaços de coke representados em I o liquido só pôde entrar em contacto com a superficie exterior, a que deixa um revestimento de materias fixadas representado pelos traços obliquos. Todo o espaço occupado pelo centro dos pedaços de coke é um es-

paço perdido e inutil. Se, porém, se empregam materiaes em que esse espaço central é deixado livre para o liquido, como

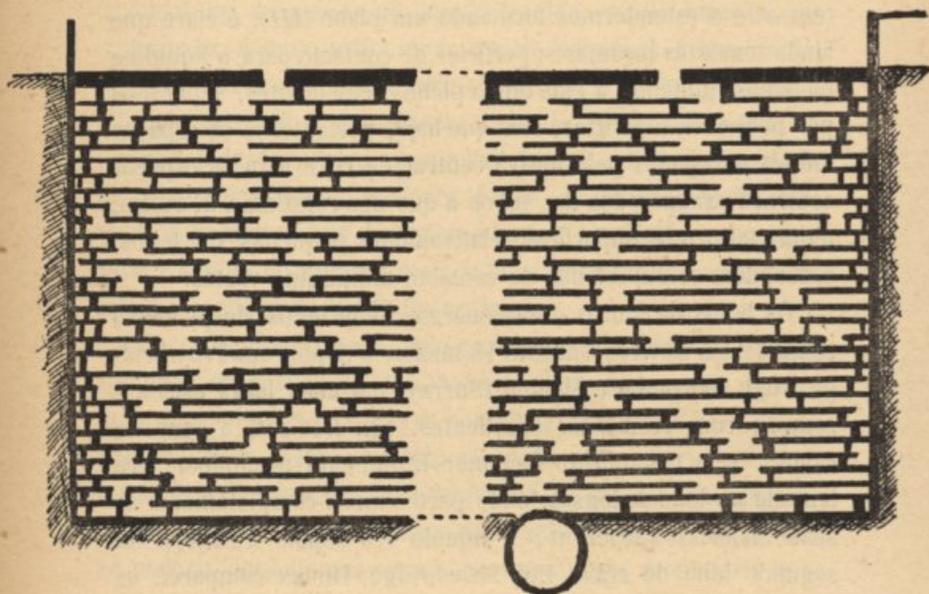


Fig. 29 — Leito de telhas de DIBDIX

no tubo representado em II, é claro que já a superficie de contacto para o liquido se torna maior, de toda a extensão da

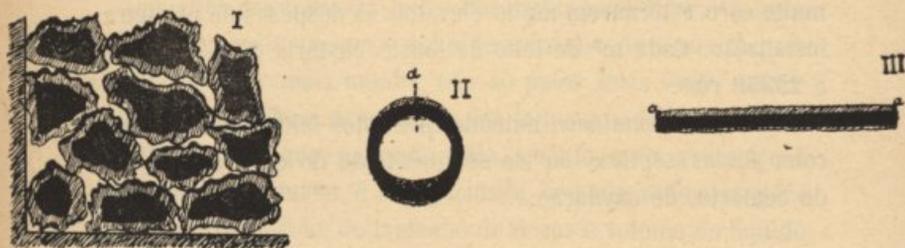


Fig. 30 — Revestimento de materias depositadas em: I) pedaços de coke, II) tubo, III) superficie plana

parede interna do material ôco. A capacidade utilizavel augmenta muito, mas ainda se vê que ha grande espaço perdido

representado pelo interior do tubo, no qual fica contido muito liquido sem tocar as paredes; se, porém, cortarmos o tubo (em *a*) e o estendermos formando um plano (*III*), é claro que ainda temos as mesmas superficies de contacto para o liquido e podemos, juntando a este outro planos semelhantes, separál-os por pequenos supportes, sem que haja, portanto, já os espaços inúteis occupados pela massa central de coke nem os espaços centraes exaggerados dos tubos a que nos referimos. E assim, n'uma altura e superficie relativamente pequenas de leitos, conseguem-se superficies de contacto muitissimo vastas.

Os leitos de lousas funcionáram como leitos de primeiro contacto em Devizes durante 18 mezes, e depois em Trowbridge, High Wicombe e Malden (Surrey) em mais larga escala e sempre com resultados excellentes. Em Devizes, a agua de esgoto, sem ter soffrido qualquer tratamento preliminar, era lançada ao leito de lousas, onde perdia quasi completamente as suas materias suspensas; o liquido era depois tratado n'um segundo leito de coke. Em Trowbridge, DIBDIN comparou os resultados do tratamento de um effluente de fossa septica em leitos de ardosias, de calcario partido, de pedaços de tijolos e de escorias, encontrando as seguintes percentagens de depuração: ardosia 52, calcario 47, tijolo 35 e escorias 45.

As lousas teem, porém, um inconveniente: é o de custarem muito caro e tornarem muito elevadas as despesas de primeira installação. Cada m<sup>2</sup> de leito de lousas custaria de 1\$400 réis a 2\$350 réis.

A *Royal Commission* entende que estes leitos actuam mais como fossas septicas ou de sedimentação do que como leitos de contacto, de oxydação.

#### b) Dimensões dos materiaes

Não é só a natureza das substancias que formam o enchimento dos leitos o que tem importancia; é necessario attender tambem ás dimensões dos seus elementos.

N'um leito bacteriano, o poder fixador e absorvente do material para as substancias impuras dissolvidas, no estado colloidal ou suspensas no liquido tratado, sendo funcção das superficies, é tanto maior quanto mais pequenas forem as dimensões dos elementos d'esse material. Mas, por outro lado, a efficacia dos leitos de contacto depende em grande parte da possibilidade de um arejamento satisfactorio, durante o periodo de vazio; ora quanto maiores forem as dimensões dos elementos do material de enchimento tanto mais rapida e completa será a sahida do liquido, mais facil a admissão do ar e mais intenso o poder de oxydação no leito.

Se o liquido tratado não contivesse materias no estado colloidal ou suspensas, um material fino, como areia de elementos medios, seria talvez o melhor. Mas com os liquidos habitualmente tratados a superficie de um material tão fino tornar-se-ia depressa impermeabilizada; e, mesmo com frequentes raspagens, revolvimentos e renovação d'esta superficie, não se poderia impedir que uma certa quantidade de materia suspensa penetrasse no corpo do leito, como aconteceu em Hampton e Devizes (*Royal Commission*), unindo os elementos de enchimento entre si, n'um todo compacto; e então o leito tornar-se-ia incapaz de se evacuar e arejar, as putrefacções nasceriam, e os effluentes seriam maus.

Das suas experiencias feitas em Barking em 1898, CLOWES e HOUSTON concluem que o coke do tamanho de nozes é preferivel ao coke mais miudo, não só pelos mais faceis enchimentos, evacuação e arejamento dos leitos que d'ahi resultam, mas tambem porque, segundo elles, quanto mais grosseiro é o material tanto maior é a capacidade deixada utilizavel para o liquido: com o coke de tamanho de nozes o volume do liquido é igual ao do coke quando o leito está no periodo de submersão, ao passo que se o coke tem dimensões mais reduzidas o liquido não vem a occupar mais de que um volume correspondente a 20-30% do volume do coke.

As recentes experiencias (1905) de DUNBAR levam-no tambem a affirmar que, para uma dada substancia filtrante, a capa-

cidade livre deixada para o liquido augmenta com as dimensões dos seus elementos.

Mas as experiencias de DIBDIN e THUDICUM fazem vêr que na realidade as differenças de dimensões não acarretam na capacidade util para o liquido uma variação tão notavel como geralmente se diz; e mostram tambem que, segundo os materiaes usados, as variações podem ser n'um ou n'outro sentido. Empregam varios materiaes de cada um dos quaes escolhem elementos de duas grandezas differentes, formando com elles duas classes de leitos de contacto: uns cujos elementos materiaes passam por rêdes de malhas de  $12^{\text{mm}},7$ , mas não já por rêdes de malhas de  $6^{\text{mm}},35$ ; outros cujos elementos materiaes passam por rêdes de malhas de  $3^{\text{mm}},17$ , mas não já por rêdes de malhas de  $0^{\text{mm}},79$ . Quando o material escolhido n'estas condições é a areia ferrea carbonada, a capacidade util para o liquido é, relativamente á capacidade geometrica, de  $34,6\%$  e de  $28,2\%$ , respectivamente para os leitos da primeira e da segunda classe; com o coque, as relações são  $44,5\%$  e  $38,7\%$ ; com o carvão animal,  $36,6\%$  e  $25,2\%$ . Mas com a argilla cosida e fragmentada nota-se que, ao contrario do que acontece com os outros materiaes, os leitos da primeira classe (de elementos maiores) teem uma capacidade util para o liquido menor de que os da segunda; com effeito os numeros achados são  $28,7\%$  e  $33\%$ , respectivamente.

A verdade é que praticamente, pelo menos dentro de certos limites, pôde afirmar-se que a capacidade disponivel inicial de um leito bacteriano constituido por material poroso não é influenciada pelas dimensões d'estes (*Manchester Report, 1899*).

DIBDIN foi levado a utilizar os seus leitos de lousas e telhas pelo desejo de obter uma capacidade util maior do que a que vulgarmente se obtem com leitos de outros materiaes. Vimos já a fôrma e dimensões das placas e os resultados obtidos. A capacidade util dos leitos attinge inicialmente  $82\%$  da total. Para estes leitos, como para todos os outros, a capacidade util diminue com o tempo; esse assumpto será estudado n'outro parographo.

O relatório de Manchester propõe que se usem escórias que, podendo passar por rédes de malhas de 38<sup>mm</sup> de diametro, não passem já por rédes de malhas de 3<sup>mm</sup>,47 de diametro.

CALMETTE aconselha, para os materiaes de construcção dos leitos, tres dimensões diferentes; por exemplo com as escórias; junto á drenagem no fundo do leito, escórias de 50 a 100<sup>mm</sup> de diametro, depois uma camada media de escórias de 20 a 50<sup>mm</sup> e finalmente uma camada superficial de escórias de 2 a 5<sup>mm</sup> de diametro.

Mas na verdade não é razoavel propôr as mesmas dimensões para todos os casos; deve pelo contrario attender-se á proporção de materia suspensa no liquido a tratar, aceitando como regra geral que quanto mais materia em suspensão existir no liquido tanto maiores deverão ser os elementos do material do leito. Para agua de esgoto bruta contendo 400 mgr. de materia suspensa por litro, os elementos terão mais de 76<sup>mm</sup> de diametro; para um effluente de fossa septica, contendo 80 a 100 mgr. de materia suspensa por litro, convirão geralmente dimensões de 9<sup>mm</sup>,5 a 16<sup>mm</sup> para diametros dos elementos do material; quando se queira tratar um effluente de uma cuidadosa precipitação chimica, contendo apenas 10 a 30 mgr. de materias suspensas por litro, o material mais conveniente será provavelmente o de elementos de cerca de 6<sup>mm</sup>,3 de diametro (*Royal Commission*). Para os leitos secundarios usam-se materiaes mais finos de que para os primarios, que recebem liquidos mais ricos em materia suspensa.

Em alguns casos é preciso attender a circunstancias especiaes, como o caracter da materia suspensa, o aspecto polido ou accidentado dos elementos do enchimento, etc., que podem influir sobre as dimensões do material a escolher.

Mas em todos os casos, como CALMETTE aconselha, é conveniente que a camada de material que assenta sobre os drenos seja de elementos de dimensões maiores do que os restantes, para favorecer a drenagem, e que á superficie do leito seja disposta uma camada de cerca de 15<sup>cm</sup>. de altura de material

mais fino, para impedir que a lama penetre no interior do leito.

Todos estes elementos devem ser libertados, por lavagem, das poeiras e partes desintegradas que não convém que entrem no leito. A passagem por grades ou rêdes é sempre mais ou menos necessaria para separar o material mais grosseiro do mais fino; mas não é preciso fazer esta operação com o cuidado e paciencia que muitas vezes se lhe dedica, com grande perda de trabalho e de tempo.

### c) Quantidade de material a empregar

O problema de saber qual será a quantidade de material de enchimento dos leitos para uma dada installação prende-se com as questões do numero de enchimentos diarios e do volume de liquido tratado por unidade de volume de material. Essas questões serão adeante estudadas. Aqui, comtudo, apresento dois graphicos de IMHOFF que indicam, segundo o consumo diario de agua, a quantidade de materiaes necessarios para a construcção dos leitos:

- 1) por habitante;
- 2) por m<sup>3</sup> de liquido a depurar.

Os resultados colhidos do exame dos graphicos podem ser, segundo os calculos feitos por CALMETTE, considerados como medias geralmente accitaveis (1).

---

(1) Só como medias devem ser tomados os resultados fornecidos pelos graphicos de Imhoff, que, de resto, só terão interesse quando não se tenha ainda assentado, em presença da composição e caracter do liquido residual, em quaes devam ser o numero de contactos, o numero de enchimentos diarios dos leitos de cada contacto e, portanto, a capacidade a dar a estes.

Com effeito, desde que esteja estabelecida a capacidade total dos leitos, está achado qual o volume do material a empregar: esse volume será o sufficiente para encher os leitos, isto é, o correspondente á capacidade total d'estes, visto como na medição do volume de material, praticamente, se contam os intervallos dos elementos do material como

1) Segundo IMHOFF, nunca deveriam corresponder a cada habitante menos de 130 litros de material. Mas é natural que, com as variações na quantidade de agua utilizada, haja de variar a quantidade de materiaes a exigir.

fazendo parte d'este. Na realidade ficarão, porém, esses intervallos, destinados ao liquido, formando o que se chama a capacidade util dos leitos.

Mais adiante veremos que a capacidade util, durante o periodo de pleno funcionamento em boas condições, se bem que variando com varios factores, póde ser estabelecida em cêrca de 33 0/0 e 40 0/0 da capacidade geometrica, respectivamente para os leitos de primeiro e de segundo contacto.

Se supozermos uma agua de esgoto que nos permita realizar tres enchimentos diarios de cada contacto, teremos que os leitos de cada contacto deverão receber de cada vez  $\frac{1}{3}$  da onda que diariamente terão que tratar. Portanto, desde que a capacidade util dos leitos de primeiro contacto é cêrca de  $\frac{1}{3}$  (33 0/0) da geometrica, é claro que está terá que ser pelo menos igual a  $\frac{1}{3} \times 3$  do volume da onda diaria a tratar, isto é, pelo menos igual ao volume d'essa onda. E como, praticamente, na medição do material se consideram os intervallos como fazendo parte d'este, que ha de encher o leito até á parte superior, vemos que o volume de material necessario, correspondendo á capacidade total do leito, será igual ao volume da onda a tratar. Isto é, para cada  $1^{m^3}$  de liquido diario haverá  $1^{m^3}$  de material em cada leito de primeiro contacto.

Se este contacto é seguido por outro, em leitos secundarios com 40 0/0 de capacidade util, far-se-á um calculo semelhante. Com tres enchimentos o leito de segundo contacto terá que receber  $\frac{1}{3}$  da onda que diariamente ha de tratar; portanto a sua capacidade geometrica, igual a  $2,5 \left( \frac{400}{40} \right)$  vezes a capacidade util, será pelo menos de  $\frac{1}{3} \times 2,5$  do volume da onda diaria a tratar n'elle, ou 0,83 do volume d'essa onda; pelas razões dadas, cada  $1^{m^3}$  de agua residual lançada n'esse leito de segundo contacto exigirá, pois, pelo menos,  $0^{m^3},83$  do material.

Isto é os dois contactos exigirão, pelo menos,  $1^{m^3} + 0^{m^3},83$  de mate-

Na *fig. 31* as linhas obliquas indicam, para as varias especies de leitos, os litros de material necessario por habitante, segundo as variações da quantidade de agua que cada um gasta diariamente.

Este graphico para os leitos de um só contacto, por exemplo, indica 130 litros de material por habitante quando o consumo diario de agua seja de 75 litros por cabeça; se o consumo diario de agua desce a 30 litros, já o graphico indica 50 litros de material por habitante; se, pelo contrario, a agua gasta sobe a 150 litros, o graphico pede 225 litros de material, por cabeça. Como porém IMHOFF é de opinião que a quantidade de material

---

rial por cada  $1^m^3$  de liquido residual, quando se façam tres enchimentos diarios.

Se, em vez de tres, se fazem menos enchimentos, é claro que a quantidade de material terá que ser maior.

Supponhamos, por exemplo, o caso de dois enchimentos.

Cada leito receberá de cada vez metade da onda que tem a tratar diariamente. Portanto, a capacidade geometrica do leito do primeiro contacto será igual, pelo menos, a  $\frac{1}{2} \times 3$  do volume da onda diaria a tratar ou a 1,5 do volume d'essa onda; cada  $1^m^3$  de liquido da onda diaria exigirá  $1^m^3,5$  de material para os leitos de primeiro contacto. Para os leitos de segundo contacto é facil de vêr que o material exigido por  $1^m^3$  de liquido será, pelo menos, de  $\frac{1}{2} \times 2,5 = 1^m^3,25$ . Os dois contactos pedirão, pois, pelo menos,  $1,5 + 1,25 = 2^m^3,75$  de material por  $1^m^3$  de agua residual.

Identicamente se pôde vêr que quando se adoptam quatro ou mais enchimentos o material necessario será em menor quantidade.

Note-se, porém, que os numeros aqui calculados serão na pratica reputados baixos; é necessario attender á perda de capacidade util que sempre se vai accentuando, em virtude de varias causas, e ás bruscas variações do volume da onda, principalmente em tempo de chuva quando o systema dos esgotos é o unitario. Por isso calcular-se-á sempre mais pelo largo. Os numeros dados pelos graphicos de IMHOFF, attendendo a estes factos, são mais generosos.

não deve em caso algum ser menos de 130 litros por habitante, a linha horizontal mais carregada, que no graphico fica

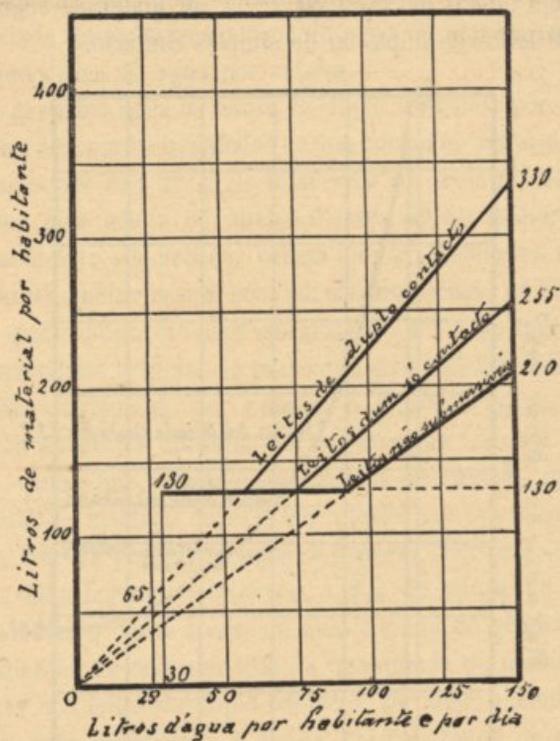


Fig. 31 — Graphico indicando a quantidade de materiaes, por cada habitante, segundo o consumo diario por cabeça e dia (ИМНОФ).

situada a 130 de altura da escala vertical, corta as linhas obliquas em pontos que dão os limites para baixo dos quaes as indicações do graphico não serão julgadas aproveitaveis. Assim só com um consumo diario de agua por habitante superior a 60 litros, para os leitos de duplo contacto, ou a 75 litros, para os leitos de simple contacto, nos serviremos d'este graphico. Quando o gasto de agua seja menor utilizaremos o graphico seguinte (fig. 32).

2) ИМНОФ, calculando a quantidade de materiaes necessarios

para a depuração de conhecidos volumes de liquido residual, é de opinião que nunca se deverá usar por cada  $m^3$  diario de agua suja menos de  $2^{m^3},2$  ou  $1^{m^3},7$  de material, segundo se trata de leitos de duplo ou de simples contacto.

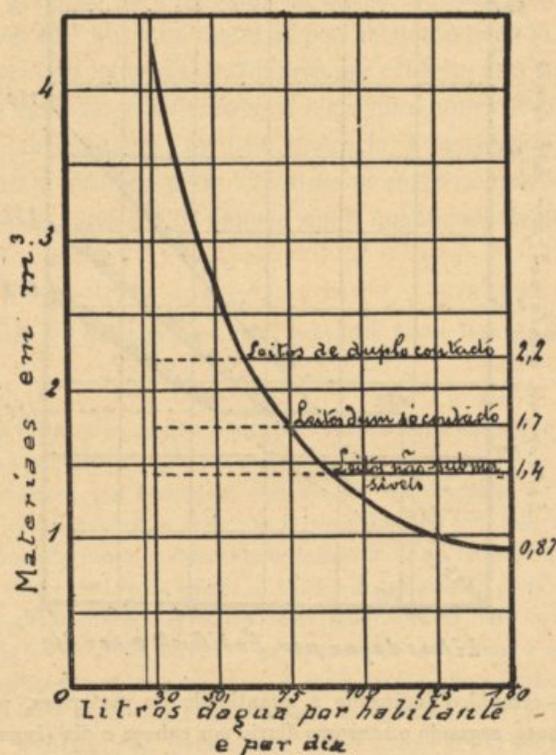


Fig. 32 — Graphico indicando a quantidade de materiaes por  $m^3$  de agua de esgoto a tratar diariamente, segundo o consumo diario de agua por habitante e dia (IMHOFF).

É claro que, segundo o numero de habitantes que fornecem essa quantidade de liquido residual, varia este na sua qualidade e concentração: quantos mais forem os habitantes tanto menor será, n'um dado volume de liquido sujo, a diluição das materias, em resultado da menor quantidade de agua que a cada um é distribuida. Portanto não se olhará só ao volume

de liquido a tratar, mas ainda tambem ao consumo diario de agua por pessoa.

É o que indica o graphico da figura 32, no qual a curva dá a quantidade de materiaes por  $m^3$  de agua de esgoto, segundo o consumo diario de agua por cabeça.

Este graphico para os leitos de duplo contacto, por exemplo, indica-nos para a hypothese de um consumo diario de agua de 60 litros por dia,  $2^{m^3},2$  de materiaes por cada  $m^3$  de agua de esgoto. Mas acima ou abaixo d'esses 60 litros diarios de agua distribuida por cabeça, vemos que os resultados se vão afastando d'aquelle; assim, com um consumo diario de 30 litros de agua por cabeça, obtemos no graphico  $4^{m^3},3$  de materiaes, como quantidade exigida, ao passo que com 150 litros de agua consumida diariamente por pessoa, o graphico apenas exige  $0^{m^3},87$  de materiaes filtrantes por  $m^3$  de agua residual.

Ora vimos que, segundo os calculos de IMHOFF, nunca a quantidade de material deveria ser inferior nos leitos de duplo contacto a  $2^{m^3},2$  por  $m^3$  de agua a depurar. Por isso, no graphico, a linha horizontal collocada a 2,2 da altura da escala vertical indica o limite abaixo do qual a curva do graphico não dará indicação na determinação da quantidade de materiaes a empregar nos leitos de duplo contacto. De modo semelhante a segunda linha estabelece o limite para os leitos de simples contacto.

Portanto só até aos consumos diarios de agua por habitante eguaes a 60 e 75 litros, respectivamente para os leitos de duplo e para os de simples contacto, deverá ser utilizado este segundo graphico.

Em caso de mais abundante consumo, recorrer-se-á ao graphico precedente.

### 3) Importancia da configuração superficial do solo destinado á installação de depuração por leitos de contacto

Sendo, em geral, preciso mais de um contacto para que se obtenha uma depuração acceitavel, comprehende-se que é desejavel que o terreno em que se faz a installação tenha uma configuração tal que permitta construir os dois ou mais leitos necessarios em pontos que tenham entre si differença de nivel bastante para que a simples gravidade, fazendo sahir o liquido da parte inferior do primeiro leito, o faça affluir á parte superior do segundo, e assim successivamente, até á sahida para campos irrigaveis ou ao lançamento a cursos d'agua naturaes.

Sempre que a differença de nivel entre o ponto de affluencia ao primeiro leito e o ponto de sahida do ultimo fôr menor do que a somma das alturas dos leitos, haverá necessidade de recorrer á utilização de disposições mecanicas elevatorias — bombas, ejectores, siphões, etc. — o que torna o funcionamento sempre mais dispendioso, e em geral menos regular.

### 4) Preceitos a seguir na construcção dos leitos submersiveis

#### a) Construcção das bacias continentis e sua drenagem

Quando se empregam os leitos bacterianos deve procurar-se não só obter uma depuração sufficiente de grandes quantidades de um liquido sujo n'um espaço superficial relativamente pequeno, mas tambem garantir o solo vizinho contra a invasão pelo liquido residual.

Ora, se no caso de leitos do *streaming system* a agua de esgoto, atravessando mais ou menos rapidamente os materiaes filtrantes e dirigindo-se para os drenos que a retiram do leito,

não dá tempo a que o liquido se infiltre nas superficies limitantes, no caso de leitos do *holding up system* já não acontece o mesmo. Com effeito, n'estes leitos a demora prolongada de liquido em repouso infallivelmente levará a uma infiltração nas superficies limitantes, desde que estas não sejam naturalmente ou artificialmente impermeaveis.

Por isso, a pratica simples e economica que consiste em abrir grandes covas no solo e enchel-as com os materiaes escolhidos, dispondo os mais volumosos na parte inferior, assentes sobre uma drenagem conveniente, e ajuntando ou não tubos ventiladores, que partindo da parte inferior e caminhando lateralmente vêem até á superficie, pôde ser realizada em qualquer solo quando os leitos sejam do *streaming system*; mas para os leitos de contacto, essa pratica só poderá ser permitida nos solos que se não deixam embeber, quer por serem muito compactos, como alguns dos argillosos, quer por serem naturalmente muito humidos e não manifestarem tendencia a absorver mais liquido do que aquelle que já possuem.

De entre os varios leitos construidos em 1894 em Sutton, um foi obtido pela abertura de uma fossa de 0<sup>m</sup>,914 de fundo e de mais de 4 ares de superficie, em solo argilloso. A argilla retirada depois de cosida e partida, pelo modo atraz indicado, foi de novo lançada na fossa para constituir os supports microbianos do leito; este não chegou a custar 450\$000 réis. Os leitos de duplo contacto de BURNLEY (9<sup>hect.</sup>, 7128) e os de um só contacto de OLDHAM (2 hectares) foram construidos tambem por simples excavação em solo argilloso e os resultados são satisfactorios, relativamente.

Mas, mesmo nos solos mais appropriados, os leitos assim obtidos são sempre inferiores. A argilla das paredes desaggrega-se pouco a pouco e concorre poderosamente para fazer baixar a capacidade util dos leitos, e, em certos casos, como em Heywood (*Royal Commission*), chega a formar em torno dos drenos uma camada impermeavel ao liquido. Além d'isso, mesmo quando o solo seja muito denso e compacto, pôde acontecer que o liquido venha a penetrar nas paredes por buracos abertos

por ratos ou toupeiras ou por fendas que se abram durante os periodos de arejamento: é o que aconteceu em Halton e Oswestry (*Royal Commission*).

Mais perfectos são os leitos cujas bacias, quer enterradas quer elevadas acima do solo, teem as paredes e o fundo construidos artificialmente de modo a serem perfectamente impermeaveis e estaveis.

Em muitas installações aproveitaram-se as fossas de sedimentação ou de precipitação chimica já existentes. Em outras, as bacias são construidas propositadamente e, então, evidentemente, apresentam melhores e mais appropriadas condições. A fórma mais recommendavel é a quadrangular ou rectangular. O fundo pôde ser mais ou menos inclinado ( $2^{\text{cm}}$ . por cada metro pouco mais ou menos) no sentido do escoamento, que se fará pelos drenos (telhas com a parte convexa para cima, tijolos cavados ou tubos collocados extremo a extremo e mal unidos) ahi dispostos em espinha ou em linhas parallelas (distanciadas de  $0^{\text{m}},50$  umas das outras), affluindo a um dreno principal munido de uma valvula de sahida (1) (que falta nos leitos de *streaming system*, é claro) (*fig. 27, d*).

Os drenos, n'um leito de contacto, terão um diametro que até certo ponto dependerá das dimensões do material; não devem ser mais largos do que o necessario para assegurar um facil escoamento do liquido. Com effeito, quando do enchimento do leito uma parte do liquido dirige-se para os drenos e enche-os, ficando ahi sem soffrer tão grande depuração com a parte restante, que fica em contacto prolongado com o material de enchimento; quanto menos largos fôrem os drenos tanto menor será, naturalmente, a quantidade de agua que n'elles se accumula.

Este inconveniente de desigual purificação poderia talvez, até certo ponto, evitar-se construindo os drenos de modo que fiquem cheios de liquido depois de cada esvaziamento. Até hoje

---

(1) Ha uma certa conveniencia em que esta valvula seja accessivel, para o caso de se quererem colher amostras do effluente.

ainda isto não foi posto em pratica; quando o seja, será necessário muito cuidado na construcção, de modo que os drenos fiquem a nivel inferior ao material de enchimento e a valvula de sahida de tal fórma que nenhuma porção do liquido permaneça estagnada entre as camadas inferiores do material durante o arejamento. É possível porém que o ficarem os drenos cheios de liquido prejudique o arejamento (*Royal Commission*).

Tem-se proposto por vezes a inclinação das paredes lateraes, com o fim de augmentar a superficie livre e facilitar o arejamento: assim foram construidos cinco dos leitos de Manchester em 1899. Mas comprehende-se bem que o augmento relativo da superficie dos leitos só se obtém á custa da diminuição da capacidade, que será tanto menor quanto maior fôr a inclinação das paredes, e exige um maior espaço superficial para a installação depuradora.

b) Altura que deve occupar o material de enchimento  
no leito bacteriano

A altura dos leitos varia muito (1<sup>m</sup>,8 em Leeds; 0<sup>m</sup>,45 em Oldham). Até um certo limite, a depuração é tanto melhor quanto mais espessa é a camada das materias que constituem o enchimento do leito. Mas acima de certo ponto já nenhuma vantagem se colhe do emprego d'uma maior altura de material. O limite seria segundo RIDEAL uma altura de 1<sup>m</sup>,5.

CLOWES e HOUSTON, comparando nas suas experiencias de Barking os effluentes de leitos com alturas de coke de 1<sup>m</sup>,21, 1<sup>m</sup>,82 e 3<sup>m</sup>,96, encontram resultados equivalentes na depuração.

BAUCHER aconselha uma altura de 0<sup>m</sup>,80 a 1<sup>m</sup>,50; CALMETTE 0<sup>m</sup>,80 a 1<sup>m</sup>,20.

A *Royal Commission* entende que os leitos nunca devem ser mais baixos do que 0<sup>m</sup>,75 nem mais altos do que 1<sup>m</sup>,82, pelas seguintes razões: — 1.º Para que um leito se evacue bem é preciso, como dissemos, dispôr junto dos drenos uma camada

de material grosseiro, que com os proprios drenos occupará uma altura media de 0<sup>m</sup>,15; o liquido que fica n'esta altura entre o material grosseiro e no interior dos drenos é menos depurado do que o restante que fica durante o periodo de plenitude nas camadas superiores, e por isso a primeira onda effluente, quando começa o esvaziamento, é sempre inferior ás seguintes; ora como, segundo a *Royal Commission*, é desejavel que o espaço do leito que permite esta menor depuração não occupe mais do que  $\frac{1}{5}$  da altura total cahimos no limite minimo dado acima para esta. — 2.º Convém dar um limite maximo para a altura; porque quanto maior esta é tanto maior é o pêso que supportam as camadas inferiores do material e portanto maior é a sua desintegração; além d'isso, um leito muito fundo é muito mais difficil de evacuar, quando seja necessario fazer a lavagem do material, requerendo-se na operação muito tempo e destruindo-se muito material.

Estes pontos são muito importantes de notar, visto que, exigindo a altura occupada pelo material uma profundidade e differença de nivel correspondentes, quando da construcção das bacias continentes, poder-se-á desde logo, nos terrenos em que as differenças de nivel são pouco pronunciadas, determinar se estas são ou não sufficientes.

Muitas vezes, quando a configuração do terreno, pelas suas differenças de nivel, o permite sem inconveniente para a distribuição do liquido sem necessidade de despesas com machinas elevatorias, dá-se á camada do material uma altura maior do que a depuração exige. Simplesmente visa-se, então, a obter a maior capacidade que lhe é concomitante, util quando a superficie do terreno disponivel é limitada.

- c) Capacidade util original e capacidade util do leite em pleno funcionamento activo; capacidade geometrica dos leitos e volume da onda a tratar

Em virtude de varias causas que mais adeante estudaremos, a *capacidade util* que originalmente um leite deixa livre para o liquido vá diminuindo com o tempo. Essa diminuição é rapida durante o primeiro periodo de funcionamento do leite, em que ainda os microbios se não teem multiplicado bastante (1); mais tarde, a capacidade util continúa a diminuir, mas, em virtude, em grande parte, do desenvolvimento da actividade dos germens, muito mais lentamente, e pôde mesmo ficar quasi estacionaria, quando se dá um certo numero de condições favoraveis.

Ora, durante este periodo de funcionamento do leite «amadurecido», em boas condições, a capacidade util, se bem que variando um pouco com a natureza e dimensões do material dos leitos, mantem-se, em media geral, igual ou um pouco superior a 33 % e 40 % da capacidade geometrica, respectivamente n'um leite de primeiro contacto e no correspondente leite de segundo contacto (*Royal Commission*) (2).

---

(1) Não pôde dar-se nenhuma regra com respeito á duração do periodo durante o qual a capacidade util do leite baixa rapidamente. A duração d'este primeiro periodo que dependerá, em parte, do volume liquido tratado por dia e da quantidade de materia suspensa que elle contém, foi, em Huddersfield, de cinco mezes para os leitos primarios e de doze mezes para os secundarios; em Sheffield de seis mezes para os leitos primarios, de doze mezes para os secundarios; em Leeds de nove a doze mezes; em Oldham de doze mezes.

(2) Os numeros dados anteriormente pelo *Local Government Board* para a capacidade util dos leitos primarios e secundarios são de respectivamente 25 % e 33  $\frac{1}{3}$  % da capacidade geometrica.

A *capacidade geometrica*, ou capacidade total do leito completamente evacuado de liquido e material, terá que ser calculada, attendendo-se ao que atraz fica dito sobre a capacidade util, em presença do volume da onda liquida a tratar diariamente.

Por isso, antes de mais nada, torna-se necessario saber se aos leitos bacterianos em que se trata o effluxo residual de tempo sêcco hão de affluir tambem liquidos pluviaes, engrossando a onda a tratar em dias chuvosos, ou se, pelo contrario, se hão de criar leitos especiaes, mais simples no funcionamento, destinados ao tratamento dos excessos de liquido em tempo de chuvas.

Com effeito, se os leitos de contacto nunca teem que receber senão as aguas sujas do tempo sêcco ou um volume correspondente ao d'ellas, é claro que basta que a somma das capacidades uteis dos leitos de cada contacto seja igual a  $\frac{1}{3}$  do volume da onda diaria normal ou que a somma das capacidades geometricas em cada contacto seja igual ao volume d'esta onda (1), quando, como é o caso habitual, se fazem tres enchimentos diarios.

É o caso dos leitos de contacto servidos por esgotos do systema separador, e ainda o caso dos leitos de contacto servidos por esgotos do systema combinador, quando o excesso do volume liquido da onda de tempo de chuva sobre o da onda do tempo sêcco seja lançada a *leitos de chuvas* (*lits d'orage, storm-beds*). Estes leitos são construidos de fôrma semelhante, mas mais simples e economicamente do que os leitos de contacto, com materiaes mais grosseiros e menos cuidadosamente dispostos. A parte de agua de esgoto de tempo chuvoso que lhes é enviada, depois de passada por bacias de detricos, atravess-

---

(1) Uma tal capacidade geometrica só é exigida, porém, para os leitos do primeiro contacto; com effeito, em geral os leitos do segundo contacto podem ter uma capacidade geometrica menor do que os do primeiro, visto a sua capacidade util ser, relativamente, maior.

sa-os simplesmente, abandonando á passagem grande parte das suas materias suspensas. Nas installações modernas ha quasi sempre leitos de chuvas de superficie não inferior a metade da dos leitos de contacto.

Pelo contrario se, sendo o systema unitario o adoptado, ha o proposito de lançar aos mesmos leitos de contacto volumes additionaes, que possam affluir em tempo chuvoso, é necessario que esses leitos tenham uma capacidade maior, se se quer que o numero de enchimentos diarios fique constante.

Segundo os regulamentos do *Local Government Board*, em Inglaterra, a capacidade util dos leitos empregados n'estes casos deve ser sufficiente para conter a onda diaria do tempo sêcco (isto é, a capacidade geometrica igual a tres vezes esta onda); com tres enchimentos (cyclos de 8 horas), portanto, poder-se-ão ainda tratar em tempo de chuva mais dois volumes eguaes ao que normalmente se trata tambem com tres enchimentos. Todo o liquido que vá além do triplo da onda habitual será lançado a leitos de chuvas capazes de tratarem um volume liquido igual ao de seis volumes da onda habitual. D'esta fórma consegue-se fazer o tratamento de uma onda nove vezes superior á habitual, sem fazer subir nos leitos de contacto o numero de enchimentos.

Comtudo, a *Royal Commission*, partindo de que os leitos de chuvas são pouco efficazes (1) e de que nos leitos de contacto

---

(1) «D'um modo geral, não sômos favoraveis aos leitos especiaes de tempo de chuvas porque, se quando bem construidos e scientificamente regulados (como em Manchester) podem dar bons resultados, a nossa experiencia leva-nos á conclusão de que elles como geralmente são construidos e usados não produzem uma purificação proporcional ao seu custo. Quando não usados regularmente, o seu poder oxydante póde, durante os periodos de tempo sêcco, diminuir ou perder-se. Se são usados em tempo sêcco, de fórma a conserval-os activos, parece-nos que devem ser tão bem e cuidadosamente construidos como os leitos ordinarios. Parece tambem ser uma falsa economia ter uma parte da área depuradora fóra de uso durante algum tempo, quando, a ser usada, essa área supplementar poderia consentir regularmente periodos de repouso á área filtrante normal» (*Royal Commission*).

se poderá em tempo de chuva tratar, sem inconveniente para a depuração, o liquido residual diluido pelas aguas meteoricas em cyclos duas vezes mais numerosos do que habitualmente, recommenda que se ponham de lado os leitos de chuvas e que os de contacto, com uma capacidade  $1\frac{1}{2}$  vezes maior do que a que seria necessaria para a onda de tempo sêcco, tratem em tempo de chuva um volume liquido' igual até tres vezes aquella onda. Como, porém, pôde acontecer que, n'estas condições, a affluencia seja tal n'um dado momento que os enchimentos e esvaziamentos duas vezes mais frequentes e o aproveitamento do terço da capacidade dos leitos não utilizado em tempo sêcco não lhe dêem vencimento, é preciso que haja fossas (vazias em tempo sêcco) onde o liquido em excesso seja recebido; estas fossas poderão ser geralmente de uma capacidade igual a  $\frac{1}{4}$  da onda de tempo sêcco; só depois de ellas cheias, é que o liquido que continúa affluindo expulsará para as correntes naturaes uma quantidade de liquido correspondente que já terá soffrido na fossa uma certa sedimentação (1). Quanto á capacidade dos leitos n'estas condições poderá ser, como vemos, menor (de metade) do que a pedida pelo *Local Government Board*. Mas se as circunstancias locaes impõem o tratamento, nos leitos bacterianos, de uma quantidade do liquido de tempo de chuva superior a tres vezes a onda do tempo sêcco (o que raro acontecerá, segundo a Commissão Real Inglesa) dar-se-á aos leitos uma capacidade necessaria para tratar essa quantidade de liquido, com um numero de enchimentos duplo do habitual em tempo sêcco; assim, por exemplo, querendo-se tratar nos leitos em tempo de chuva um volume liquido igual a seis vezes a onda de tempo sêcco, os leitos terão uma capa-

---

(1) Façamos notar que estas aguas de esgoto diluidas pelas meteoricas, no caso de systema unitario, arrastam sempre grande quantidade de materias mineraes, das ruas, etc., a que é preciso impedir a entrada nos leitos, por decantações bem feitas, em fossas de detricios sufficientes.

cidade igual a  $\frac{6}{2} = 3$  vezes a que seria necessaria se só se quizesse tratar esta ultima onda.

No que vái seguir-se, como no que tem sido dito, quando não haja nota em contrario, suppôr-se-á que me refiro aos leitos destinados ao tratamento da onda residual de tempo sêcco.

O que fica exposto para a hypothese de se fazerem tres enchimentos diarios não se pôde, naturalmente, aceitar para os casos em que haja mais ou menos enchimentos; havendo mais cyclos, a capacidade dos leitos pôde ser menor e, ao contrario, havendo sómente dois ou um cyclo nas 24 horas, os leitos deverão ser de capacidade maior do que a indicada para aquella hypothese.

#### d) Preparo superficial do material dos leitos de contacto

A agua que, das fossas de tratamento preliminar ou das bacias collectoras, afflue ao leito de contacto deve ser distribuida a toda a superficie d'este do modo mais igual e regular possivel (1).

Umaz vezes, como acontece na installação de Madeleine, a agua é distribuida em leque sobre a superficie do leito, por

---

(1) Tem-se tentado collocar canaes distribuidores do liquido no leito um pouco abaixo da superficie do material, para assim evitar o mau cheiro; mas n'estes casos é preciso uma vigilancia muito maior para evitar a frequente impermeabilização dos orificios de sahida do liquido e das camadas vizinhas de material do leito.

Em um ou dois casos experimentou-se encher os leitos de contacto fazendo entrar o liquido de baixo para cima, mas assim ha uma difficuldade enorme em manter a capacidade util do leito que as materias suspensas obstroem na parte inferior, que só trabalhosamente é accessivel.

meio do lançamento a uma pequena bacia limitada por um muro semi-circular, munido de aberturas, mais estreitas na parte mediana (onde o impeto do liquido é maior) do que nas partes lateraes do seu perimetro. Outras vezes a agua é lançada em caleiras dispostas longitudinalmente sobre o leito, distanciadas de 1<sup>m</sup> a 1<sup>m</sup>,5 umas das outras, que permitem que o liquido, por trasbordo, cáia d'um e d'outro lado sobre a superficie do leito.

Seja como fôr, os materiaes superficiaes estão dispostos em cristas e regueiras de 10<sup>cm</sup>. de fundo, pouco mais ou menos, que partem dos pontos em que o liquido é lançado no leito e lhe asseguram uma mais igual distribuição por toda a superficie.

A agua de esgoto penetra então no interior do leito e vai-o enchendo pouco a pouco. Quando o periodo de contacto está terminado, a drenagem assente no fundo impermeavel do leito deixa passar o liquido ao leito do seguinte contacto, onde a sua distribuição se faz de fôrma identica.

#### 5) Numero de enchimentos diariamente. Distribuição do tempo pelas varias phases do funcionamento dos leitos

Desde que a depuração pelos leitos de contacto consiste em fazer alternar periodos de plenitude com outros de arejamento, é claro que, fazendo variar a duração d'esses periodos, se poderá praticar diariamente um maior ou menor numero de enchimentos.

Quanto mais numerosos forem estes enchimentos tanto maior será, evidentemente, o volume de agua residual que, n'um dado leito, pôde ser tratado; mas em compensação a depuração do effluente vai-se tornando mais imperfeita. Assim por exemplo CALMETTE, na installação de Madeleine, effectuando um enchimento diario para cada leito, obtinha effluentes de leitos de primeiro e de segundo contacto, contendo respectiva-

mente 9<sup>mgr.</sup>,4 e 27<sup>mgr.</sup> de nitratos; com tres enchimentos diarios os nitratos desciam a 4<sup>mgr.</sup>,6 e 17<sup>mgr.</sup>,6 e com quatro enchimentos a 3<sup>mgr.</sup> e 8<sup>mgr.</sup>,7 por litro, respectivamente no effluente do primeiro e no do segundo contacto. A depuração que é mister obter não permite em Madeleine que se vá além de tres enchimentos diarios.

Em Manchester a agua residual é mais diluida e não se exige uma depuração tão grande como em Madeleine; por isso, ahi realizam-se quatro enchimentos nas 24 horas. N'outros pontos, pelo contrario, não se poderá ir além de dois enchimentos.

A resolução da questão do numero de enchimentos diarios está intimamente ligada á do volume de liquido que se pôde tratar por dia por cada m<sup>3</sup> de material do leito (pag. 399). O numero de enchimentos depende das dimensões dos elementos do material empregado, da quantidade de materia suspensa e da concentração do liquido a tratar, do tratamento preliminar soffrido por este e ainda do clima do logar e de outras circumstancias secundarias.

Mas em geral, seja qual fôr o numero de enchimentos diarios, o tempo de estada do liquido em contacto com os materiaes do leito varia pouco: é de 2 horas pouco mais ou menos. Em qualquer caso, o tempo destinado ao enchimento e o destinado ao esvaziamento do leito são tambem pouco variaveis e eguaes a 1 hora ou  $\frac{3}{4}$  de hora (1). N'estas condições, é claro que o periodo de arejamento é que soffre as variações na sua duração, quando vâria o numero de enchimentos diarios (2).

---

(1) As operações de enchimento e de esvaziamento devem ser tão rapidas quanto possivel, mas deve-se tomar por outro lado o maximo cuidado em que não sejam rapidas em excesso, para que não causem a desintegração do material e não perturbem os germens activos na sua vitalidade.

(2) Mas este modo de proceder não é sempre razoavel. FOWLER, estudando esta questão nas suas experiencias de Manchester, affirmá que

Suppondo que se fazem quatro enchimentos diários, á

a duração dos periodos deve depender quasi «inteiramente da idade dos leitos e da diluição da agua de esgotos».

Durante os primeiros tempos do funcionamento, é vantajoso que o periodo de plenitude ou de contacto seja muito longo (até 24 horas). Tem-se n'este caso em vista favorecer a formação, á superficie dos materiaes, d'uma camada viscosa de substancia colloide na qual se começa a desenvolver a acção biologica real. Quando esta camada augmenta, augmenta tambem o poder de absorção e de fixação dos materiaes para as substancias do liquido residual e torna-se necessario um menor tempo de contacto, tempo que, n'um leito funcionando já de ha muito, bastará, por vezes, que seja de um quarto de hora.

Com o augmento de diluição (pela agua das chuvas, por exemplo) do liquido que se trata, o periodo de contacto pôde ser reduzido a um minimo.

«De um modo geral, continúa FOWLER, uma vez que o leito está em pleno funcionamento biologico, o periodo de arejamento é mais importante do que o de contacto, e o tempo total occupado nas 24 horas pelo enchimento, pela plenitude e pelo esvaziamento não deverá exceder o o tempo total de arejamento. Portanto, com frequentes enchimentos, o tempo de contacto deveria ser encurtado. Se os leitos demóram muito a encher, o tempo excessivo assim gasto deveria ser descontado no tempo de contacto. O que fica dito applica-se tanto aos leitos de primeiro como aos de segundo contacto; contudo, como estes tratam liquidos menos impuros do que os primeiros, poderão suportar quantidades de liquido mais consideraveis».

A *Royal Commission* é de opinião que, a menos de circumstancias excepcionaes, quando se faça um projecto de installação de depuração por leitos submersiveis, se devem calcular 2 horas para a duração de cada contacto. A pratica mostrará ulteriormente se esse tempo não poderá ser encurtado. Contudo, deve saber-se que as variações subitas na duração dos contactos sempre produzem alterações no funcionamento biologico do leito: assim a *Royal Commission* verifica que em leitos que habitualmente teem contactos de 2 horas, quando occasionalmente o contacto se torna de 5 ou 6 horas, á superficie acodem vermes em grande numero. Será pois bom evitar a pratica semelhante á seguida em Calverly, em que habitualmente os periodos de contacto variam em duração desde 6 a 24 horas.

semelhança do que se pratica em Manchester, poder-se-ão dividir as 24 horas da seguinte fôrma:

- $\frac{3}{4}$  hora — enchimento
- 2 horas — plenitude
- $\frac{3}{4}$  hora — evacuação
- 2  $\frac{1}{2}$  horas — vazio ou arejamento

Total... 6 horas — cyclo completo; e como este mais tres cyclos de 6 horas, nas 24.

Suppondo o caso de tres enchimentos diarios, CALMETTE propõe:

- 1 hora — enchimento
- 2 horas — plenitude
- 1 hora — esvaziamento
- 4 horas — vazio ou arejamento

Total... 8 horas — cyclo completo; e como este mais dois cyclos eguaes nas 24 horas.

Na pratica quando se regula o funcionamento por valvulas e comportas, manualmente, prefere-se muitas vezes, por commodidade, fazer dois enchimentos nas 12 horas de dia, reduzindo a 2 horas o tempo de arejamento de cada um d'esses dois cyclos, e realizar o terceiro enchimento nas 12 horas que abrangem a noite com um periodo de arejamento muito prolongado (8 horas). Comtudo esta pratica é de resultados mais defeituosos e por isso condemnada pela *Royal Commission*.

Para o caso de dois enchimentos diarios, CALMETTE propõe:

- 1 hora — enchimento
- 2 horas — plenitude
- 1 hora — evacuação
- 8 horas — vazio ou arejamento

Total... 12 horas — cyclo completo; e como este mais outro cyclo de 12 horas, nas 24.

Mas, n'este caso tambem, quando a distribuição do liquido

se não faz automaticamente, pôde desejar-se evitar a necessidade de vigilancia nocturna; então, poder-se-á adoptar a seguinte divisão de tempo:

	1 hora — enchimento
	2 horas — plenitude
	1 hora — evacuação
	3 horas — arejamento
Total . . .	7 horas — primeiro cyclo completo.

	1 hora — enchimento
	2 horas — plenitude
	1 hora — evacuação
	13 horas — arejamento (que será feito durante a noite)

Total . . . 17 horas — segundo cyclo completo.

Estes cyclos deseguaes dão resultados menos bons do que os cyclos eguaes, como já dissemos atraz para o caso de tres enchimentos; portanto, só em caso de necessidade se recorrerá a esta pratica.

Notemos que o que dizemos aqui refere-se aos leitos de cada contacto; havendo mais do que um contacto, o liquido que sai d'um leito primario irá soffrer o contacto ou contactos seguintes em leitos que estão regulados de fôrma semelhante (1).

Se ha dois ou mais leitos de cada contacto, estes leitos devem funcionar desencontradamente; assim, por exemplo, sendo oito leitos, poderemos ter n'um dado momento um a encher-se, um a evacuar-se, dois no periodo de plenitude, e quatro no de arejamento. N'estes casos, comprehende-se que

(1) Contudo, no caso de dois enchimentos diários com cyclos de desigual duração, quando haja dois contactos, CALMETTE julga sufficiente 1 hora para os periodos de plenitude do leito secundario; d'esta fôrma, o leito de segundo contacto terá um periodo de arejamento de 15 horas no segundo cyclo.

os cyclos de dia e de noite devem ser eguaes e que se o funcionamento é regulado manualmente a vigilancia deve ser constante dia e noite; geralmente, porém, recorre-se, então a aparelhos automaticos especiaes.

**6) Aparelhos automaticos e o serviço manual para o enchimento e o esvaziamento dos leitos de contacto**

A *Royal Commission* conclue das suas proprias observações e das experiencias alheias que, se dentro de certos limites pôde haver vantagens na utilização de aparelhos automaticos para encher e esvaziar os leitos de contacto, estes aparelhos não devem ser systematicamente usados e não merecem uma confiança absoluta.

Dos aparelhos automaticos, os mais conhecidos são os da *Septic tank Company* e os dos Irmãos Adams.

Os primeiros baseiam-se no principio do balancé hydraulico: um filete de agua produz ao fim de um certo tempo o volume de liquido necessario para fazer, pelo seu pêso, balancear uma alavanca que, ao tempo que abre uma comporta, fecha outra. Na installação experimental de Neyly ha mais de 4 annos que é usado um d'estes aparelhos, regulando só por si, com muito bom resultado, o funcionamento de quattros leitos: um d'estes enche-se, enquanto outro está cheio, o terceiro se esvazia e o quarto se areja.

Os aparelhos de Adams (*fig. 27, S*) compõem-se de dois syphões conjugados que garantem a entrada e a sahida do liquido intermittenemente, pela compressão do ar no seu interior. São muito bem construidos e solidos, como se tem provado em Toulon e em muitas outras installações.

O distribuidor automatico de MATHER e PLATT (Manchester) tem sido usado em Halle, para 327<sup>m3</sup> diarios de agua de esgoto destinados a 164<sup>m2</sup> de leitos de um só contacto. Com distribuidores d'estes, a agua de esgoto passada por grades ou sedimentada é recebida n'um compartimento de capacidade variavel (em relação com a onda media a tratar); logo que este compartimento se enche, o liquido sai d'elle por um syphão que o despeja n'uma camara de distribuição, ao passo que no compartimento precedente um fluctuador cylindrico ôcco, que o liquido levantara, desce de novo para o fundo, fazendo mover, por meio de uma roda dentada, um braço horizontal munido de saliencias que determinam a abertura ou a occlusão de uma série de valvulas que estabelecem a communicacão entre os leitos e o liquido contido na camara de distribuição.

Notemos porém que estes aparelhos automaticos não dão uma distribuição com a regularidade desejada. Com effeito, durante certas horas da noite e mesmo do dia, a agua de esgoto afflue aos leitos muito lentamente; é então necessario muito tempo para se encherem os syphões (se se usam aparelhos semelhantes aos de Adams que só funcionam quando o seu enchimento é completo) ou para se accumular o volume de liquido necessario para fazer balancear a alavanca (no caso dos aparelhos de *Septic-tank Company* e congeneres) que não de determinar o esvaziamento do leito; durante todo esse tempo, pelo menos uma parte dos materiaes do leito terá ficado submersa, com prejuizo para a flora oxydante e proveito para o desenvolvimento dos germens desnitrificadores; os resultados da depuração soffrem com isso.

Para que se evitassem esses inconvenientes seria mister que os aparelhos automaticos podessem assegurar o esvaziamento total dos leitos ao fim de duas horas de contacto, mesmo quando nos leitos durante esse tempo estivesse contida uma quantidade de liquido insufficiente para os encher; seria

necessario ainda que só depois de quatro horas de arejamento (no caso de tres enchimentos diarios) a agua podesse entrar de novo. O funcionamento deve com effeito ser regulado segundo o tempo e não segundo os volumes de liquido.

Na verdade póde-se, em certos casos, regularizar o affluxo do liquido aos leitos do primeiro contacto; é o que até certo ponto se consegue pelo uso dos chamados *modulos*.

O primeiro usado em Piechmont compunha-se de uma camara munida de uma comporta, tendo na parte inferior um orificio de convenientes dimensões; a comporta abria-se automaticamente mais ou menos até que a onda corrente passasse na camara a um certo nivel constante. Este *modulo* exige uma queda apreciavel.

Outros *modulos* automaticos exigem uma differença de nivel menor. O que se usa em Barrhead apenas exige uma differença de nivel de 0<sup>m</sup>,0254; consiste em uma camara tendo no fundo uma abertura circular atravez da qual passa um corpo conoidal de base inferior ligado a uma boia; quando baixa o nivel no interior da camara, a boia desce e com ella o corpo conoidal, o que augmenta o espaço livre para a passagem do liquido pela abertura inferior.

O emprego d'estes apparatus implica naturalmente a accumulção de quantidades de agua de esgoto variaveis durante tempo maior ou menor.

Mas, quando mesmo se tenha regulado o affluxo do liquido, o emprego dos apparatus automaticos tem certos inconvenientes: 1.º as despesas de aquisição e de reparos; 2.º a impossibilidade de fazer variar a onda a tratar com o estado em que o leito na occasião se encontre, e 3.º a impossibilidade de alterar os periodos quando a onda varie consideravelmente em volume, pelo affluxo de aguas pluvias, por exemplo (1). Sob estes pontos de vista a manobra manual é preferivel.

---

(1) Os apparatus devem, n'este caso, permittir a sahida, para os leitos de chuvas ou fossas de reserva, ao excesso de liquido sobre o do volume da onda habitual.

Póde dizer-se que, de um modo geral, quando se trate de grandes installações onde a presença de vigilantes é sempre necessaria, o melhor é ainda adoptar o serviço manual para o enchimento e esvaziamento dos leitos, guardando-se osapparelhos automaticos para as pequenas installações. N'estas, onde nem sempre são precisos um trabalho manual e uma vigilancia constantes, os apparelhos podem ser de grande vantagem, mas com a condição de serem tão simples quanto possível no seu funcionamento e a de serem inspeccionados ao menos uma vez por dia.

**7) Perda da capacidade util dos leitos bacterianos de contacto, e suas causas; meios de recuperar a capacidade perdida e meios de evitar essa perda**

Já dissemos que, como media geral, se podem estabelecer em  $\frac{1}{3}$  e  $\frac{1}{2,5}$  da capacidade total respectivamente de um leito primario e de um secundario em plena actividade e em boas condições de funcionamento as correspondentes capacidades uteis ou livres para o liquido. Mas estas capacidades uteis, na realidade, são muito menores do que eram originalmente e a cada momento continuam baixando, mais ou menos rapidamente segundo a importancia de varios factores, dos quaes os principaes são os seguintes:

- a) Desintegração do material de enchimento.
- b) Condensação do material de enchimento.
- c) Desenvolvimento excessivo de germens e organismos varios.
- d) Volume exaggerado do liquido tratado no leito.
- e) Drenagem defeituosa.
- f) Falta de periodos de descanso.
- g) Deposito de substancias colloidaes.
- h) Insolubilização, por acção do leito, de certas substancias dissolvidas do affluente.

i) Deposito, nos leitos, da materia suspensa no liquido tratado.

Estudemos, a par de cada uma d'estas causas da perda de capacidade, os meios propostos para recuperar a capacidade perdida ou para evitar que essa perda se produza.

a) Desintegração do material

Já sabemos que o material usualmente usado é mais ou menos sujeito a desintegração.

Nas experiencias do Coronel HARDING e de HARRISON, em Leeds, verificou-se que o material de todos os leitos de contacto se desintegrava consideravelmente.

Uma d'estas experiencias, que durou de 2 outubro de 1897 a 8 de setembro de 1898, para o tratamento de agua de esgoto bruta em leitos de contacto cheios de fragmentos de coke de mais de 76<sup>mm</sup> de diametro, mostrou que a desintegração era consideravel, tanto nos leitos do primeiro como nos do segundo contacto. No fim do tempo indicado, retirou-se o material dos leitos primarios, que só receberam de novo a parte d'esse material que não passava atravez de malhas de 38<sup>mm</sup> de diametro; o volume do coke assim excluido foi, segundo os autores, igual a 45,25 % do volume do coke primitivo. N'estas condições, HARDING e HARRISON concluíam que, se em vez d'este material se tivesse podido usar um outro insusceptível de desintegração, a perda de capacidade ao fim do tempo da experiencia seria menor de um terço do que a que fôra encontrada.

Tratando agua de esgoto bruta, effluentes de fossa septica ou de fossas de precipitação chimica em leitos de escorias, os autores citados encontravam ainda uma desintegração notavel.

Em Harttley Wintney, á importante desintegração soffrida

durante cinco annos pelos leitos de escorias friaveis, attribue a *Royal Commission* um papel dos mais importantes na perda da capacidade util observada ao fim d'esse tempo.

Em Burnley, verificáram-se factos semelhantes. Mas n'esta installação chegou-se a uma conclusão interessante: É a de que o material desintegrado dos leitos primarios pôde ser aproveitado, com vantagem, para os leitos secundarios, porque, se estes são cheios com material velho que tem sido lavado e segunda vez passado por redes, a perda da sua capacidade é mais lenta do que quando se emprega material novo para o seu enchimento.

As experiencias feitas em Manchester são tambem de valor sob este ponto de vista. Em 2 de maio de 1902 começou em uso um leito formado com escorias não passando por malhas de  $4^{\text{mm}},8$ , sobre uma camada de escorias maiores assentes sobre os drenos. Depois de 2:578 enchimentos, todo o material foi lavado sobre uma rede de malhas de  $6^{\text{mm}},3$  de diametro.

Em resultado d'esta operação, notou-se que 24,1 % do material era pequeno de mais para voltar para o leito. Cêrca de dois terços d'esta percentagem eram constituídos por elementos de  $3^{\text{mm}},1$  a  $6^{\text{mm}},3$  e podiam utilizar-se na superficie dos leitos secundarios. Descontando, pois, esta quantidade capaz de ser ainda aproveitada, FOWLER calcula que a perda do material é de 8 a 40 % do material primitivo.

Factos semelhantes a estes se observaram em Newton-le-Willows, Andover, Oswestry, etc., não podendo deixar duvida que a perda da capacidade util dos leitos de contacto é devida, em uma consideravel proporção, á desintegração do material com que o leito é formado (*Royal Commission*).

Quando a capacidade util tem diminuido em virtude da desintegração, o remedio consiste, como temos visto, em retirar

o material do leito, separar por lavagens e passagem por redes os elementos que conservam ainda as dimensões suficientes e accrescentar-lhes o material novo bastante para compensar a parte que se desfez até um grau inaceitavel. Tudo isto, é claro, não se faz sem dispendio de trabalho, de tempo e de dinheiro.

Por isso, convém, tanto quanto possível, usar de materiaes não sujeitos a desintegração, para evitar que esta chegue a originar a baixa da capacidade do leito.

#### b) Condensação do material

Quando se produz a desintegração do material, os pequenos pedaços são levados para os espaços intermedios aos outros elementos. O mesmo acontece quando os varios elementos do material de um leito são de um tamanho desigual, ainda que a desintegração não intervenha. A este phenomeno chama-se *consolidação* ou *condensação* do material.

Nas experiencias de Leeds, verificou-se que um leito trahindo um effluente septico perdera em 6 mezes grande parte da sua capacidade util, que passára de  $134^{\text{m}^3}$  para  $48^{\text{m}^3},1$ , não obstante o material situado a  $50^{\text{mm}}$  abaixo da superficie estar ainda relativamente limpo. Um repouso de seis semanas e o facto de revolver o material levaram a capacidade a  $122^{\text{m}^3},2$ . N'este leito os elementos do material de enchimento variavam de  $3^{\text{mm}},17$  a  $9^{\text{mm}},51$  de diametro.

Observaram-se factos semelhantes para o tratamento de um effluente de precipitação pela cal. A capacidade util de um leito de contacto formado por escorias de  $15^{\text{mm}},85$  a  $25^{\text{mm}}$  de diametro, que era de  $253^{\text{m}^3}$  em 24 de março de 1899, tinha baixado a  $98^{\text{m}^3},1$ , em 20 de outubro de 1899 depois de menos de sete mezes de funcionamento a tres enchimentos diarios. Apesar d'isso o material estava relativamente limpo alguns centimetros abaixo da superficie.

Tanto n'este caso como no precedente se verificou que a perda de capacidade era, em muito grande parte, devida á consolidação do material, de elementos muito deseguaes.

N'um outro caso, em Hampton, onde se usava um material muito fino, observaram-se factos semelhantes. N'um leito terciario formado de escorias inferiores a 6<sup>mm</sup>,3 de diametro, incluindo pó, viu-se que o material ao fim de cinco annos se consolidára de tal fórma que o effluente do segundo contacto só com extrema difficuldade o penetrava. O simples revolvimento do material augmentou consideravelmente a capacidade util que se encontrava muito diminuida; antes do revolvimento, o aspecto do material, relativamente limpo, mas de elementos muito ligados entre si, mostrava claramente que a perda de capacidade era muito mais devida á consolidação do que aos depositos de materia suspensa. Os leitos de material fino, como o d'este caso, são incontestavelmente mais sujeitos á consolidação do que os leitos de material medio ou grosseiro. Em Devizes a *Royal Commission* verificou que n'um leito de material muito fino, comprehendendo pó, a união entre os elementos se fazia por fórma que o liquido de um enchimento não tinha tempo de se escoar antes do começo do enchimento seguinte, d'onde resultava que se produziam no corpo do leito phenomenos de putrefacção.

O meio de fazer recuperar algum tanto da capacidade perdida pela consolidação consiste, como já se viu, no revolvimento do material. Mas mais convém procurar impedir que a consolidação se produza; para isso usar-se-á no corpo do filtro material de elementos de eguaes dimensões e de fórma cubica ou espherica, de preferencia aos de fórma achatada ou em laminas, e far-se-á o enchimento e o esvaziamento de modo que o liquido não corra com violencia deslocando os materiaes.

## c) Desenvolvimento de organismos

Quando se extráe um elemento do material do enchimento de um leito em boas condições de funcionamento, nota-se que a sua superficie está coberta de uma substancia gelatinosa que tem o poder de absorver rapidamente oxygeneo, libertando  $\text{CO}_2$ , e que, examinada ao microscopio, mostra um enorme numero de bacterias. É a esta materia que se suppõe pertencer, como já dissemos (pag. 374, nota 2), o poder de decomposição e oxydação da materia organica dos liquidos impuros, mas pouco de preciso é conhecido ácerca da sua natureza e modo de acção. Ora, segundo varios autores, o desenvolvimento d'esta geleia viva é uma causa de perda da capacidade.

FOWLER diz a este respeito: «Isto (o desenvolvimento de seres vivos) é ao mesmo tempo a causa do augmento de effi-ciencia depuradora do leito e de perda da sua capacidade. Examinando o material de um leito de contacto em actividade, vê-se que cada elemento é coberto de uma camada viscosa. Se esta é retirada, depressa sécca, formando uma geleia consistente que pôde ser cortada á navalha. Ao microscopio vê-se-ão n'esta geleia massas de bacterias e zoogleias. Se a geleia é collocada em um tubo contendo ar em relação com um manometro, absorverá todo o oxygeneo, produzindo  $\text{CO}_2$ ; esta acção algumas vezes produz um vacuo de varios centimetros de mercurio. Pouca necessidade ha, porém, de forçar o ar para o interior do leito, porque as trocas naturaes entre os gazes asseguram um arejamento sufficiente; ha sempre, no fundo dos leitos em boas condições, uma grande quantidade de oxygeneo. Da geleia bacteriana parece depender, em grande parte, o bom funcionamento dos leitos. Quando se fazem funcionar estes muito rapidamente, isto é, enchendo-os frequentemente nas 24 horas, sem longos periodos de arejamento, o effluente pôde permanecer aceitavel, mas o desenvolvimento das bacterias e da camada gelatinosa é por tal modo activo e intenso que

o leite torna-se esponjoso em excesso, não permitindo que a agua se escoe d'elle facilmente. N'isto está a explicação do facto de que, dentro de certos limites, a diminuição da capacidade é acompanhada pelo augmento de efficiencia».

«Mas esta diminuição da capacidade pôde tornar-se tão grande que não seja compensada pela vantagem do augmento da efficiencia. N'esse caso, deve-se permittir ao leite esvaziado um periodo longo (uma ou duas semanas) de repouso. Os periodos de repouso não excederão quinze dias em caso algum, porque o leite tenderia a seccar-se em extremo, com diminuição da actividade dos germens. Mas é importante notar que se deve evitar que seja excessiva a diminuição da capacidade produzida até ao periodo de repouso, porque d'outra fórma não será possível durante este recuperar completamente a capacidade perdida».

#### d) Excessivo volume do liquido tratado no leite

É claro que, apenas por razões physicas, a capacidade util de um leite de contacto será até certo ponto influenciada pelo volume do liquido actualmente tratado.

Suppondo que, por exemplo, dois leitos exactamente eguaes cheios de material do mesmo tamanho e onde o desenvolvimento biologico se não produziu ainda são alimentados com agua pura, soffrendo um oito enchimentos diarios e o outro sómente dois, o primeiro, se bem que, absolutamente fallando, não perca da sua capacidade, aceitará a cada enchimento menos agua do que o segundo, em virtude do tempo menor que lhe é dado para assegurar a sua drenagem entre cada dois enchimentos.

N'este exemplo suppozemos leitos de material limpo, ainda não revestido de materias suspensas ou de geleia bacteriana; n'essas condições, a agua retida por simples attracção capillar não produzirá uma grande baixa na capacidade disponivel

para o liquido do seguinte enchimento. Mas, no caso de leitos já em actividade plena, de materiaes revestidos da camada viscosa e de materias suspensas formando como que substancia esponjosa, a quantidade de liquido retido pôde tornar-se importante, se os volumes de liquido relativamente ao do material são muito grandes e se, portanto, tendo que ser muito frequentes os enchimentos, os periodos de arejamento não são sufficientemente longos para permittirem um escoamento satisfactorio.

e) **Drenagem defeituosa**

Quando a drenagem do leito não seja convenientemente feita, o liquido de um enchimento não se escoará completamente durante o tempo que para isso é concedido e portanto a capacidade util para o enchimento seguinte soffrerá. Far-se-á, pois, sempre uma drenagem boa.

f) **Falta de periodos de descanso**

Se um leito se deixa em descanso, esvaziado, sem funcionar durante um periodo de alguns dias, é sabido que a sua capacidade util para o liquido augmenta; dois exemplos da *Royal Commission* porão o facto em evidencia:

Em Leeds, o leito primario, começando a tratar agua de esgoto bruta em 2 de outubro de 1897 com uma capacidade util de  $377\text{m}^3$ , tinha essa capacidade reduzida a  $204\text{m}^3$  em 2 de fevereiro de 1898. Um periodo de descanso de quinze dias levou a capacidade a  $254\text{m}^3$ , isto é, fez-lhe recuperar  $50\text{m}^3$ .

Em Hampton, um leito primario, começando a funcionar no principio de 1899 com uma capacidade util de  $197\text{m}^3$ , tinha esta em 3 de fevereiro de 1903 reduzida a sómente  $39\text{m}^3$ . Mas um periodo de descanso de quinze dias levantou a capacidade a  $58\text{m}^3$ .

Este ganho da capacidade util pelo facto de periodos de descanso é geralmente e de ha muito considerada como dependendo da digestão biologica da materia suspensa, adherida aos materiaes de enchimento. Ora isso só em parte é verdade: parece hoje provado que esse ganho de capacidade, se até certo ponto deriva directamente da digestão biologica, só toma na sua maior parte uma origem indirecta n'essa causa. Com effeito, a digestão contribue para tornar menos esponjosa e mais granulosa a camada que reveste os materiaes, que assim passam a reter menos liquido: o Coronel HARDING e HARRISON, em Leeds, mostraram que o deposito que diminuia a capacidade util n'um leito primario de contacto continha cêrca de 90% de agua.

Note-se, porém, desde já, que o ganho de capacidade obtido pelo descanso de um leito é, geralmente, apenas temporario. Com effeito, com um repouso de quinze dias, por exemplo, pouco mais se consegue do que a perda de character esponjoso das camadas que revestem os materiaes e o escoamento do liquido que por ellas era retido; logo que se volta a encher o leito as ditas camadas recuperam o character esponjoso rapidamente. Um descanso mais longo levaria a uma real oxydação da materia, que tomaria um aspecto granuloso definitivo com um augmento persistente da capacidade util; mas não só não é pratico o dispôr de grandes espaços de tempo para descanso, mas tambem pôde isso ser inconveniente, levando á perda da actividade biologica do leito. Portanto devem-se dar a um leito descansos periodicos bastante repetidos para que não seja necessario que estes periodos tenham uma muito longa duração.

#### g) Deposito de materias colloidaes

Ainda não está bem esclarecido até onde pôde ir o papel das materias colloides na diminuição da capacidade util de um leito. A *Royal Commission* é comtudo de opinião que, em

certos casos, esse papel é importante. FOWLER, em Manchester, OWEN TRAVIS em Hampton, O'SHANGHNESSY e KINNERSLEY em Birmingham, dedicam-se ao estudo das materias colloides, de que já em varios pontos nos temos occupado. Muito do que ha a dizer sobre ellas é o que se pôde dizer a respeito das materias suspensas e, como para estas tambem, o verdadeiro remedio para impedir as materias colloides de baixarem a capacidade util de um leito é evitar tanto quanto possivel, por um tratamento preliminar bem feito, que essas materias affluam aos leitos.

#### h) Insolubilização de materias dissolvidas no effluente

Isto acontece frequentemente no caso de se tratarem aguas de esgoto ricas de saes de ferro. Convém, pois, excluir dos leitos e tratar separadamente os liquidos residuaes com materias ferruginosas ou outras que apresentem a mesma propriedade de se insolubilizarem nos leitos bacterianos.

#### i) Materias suspensas no liquido affluente aos leitos

##### α) Impermeabilização e perda da capacidade dos leitos pelas materias suspensas no liquido affluente

Da existencia de quantidades importantes de materias suspensas no liquido que é lançado aos leitos, resulta um, pelo menos, dos dois inconvenientes seguintes:

Nos leitos cujos materiaes superficiaes são finos, a retenção das materias não dissolvidas fórma uma camada superior que depressa se torna impermeavel impedindo a passagem do liquido e o arejamento do leito(1); então o leito funciona mal

---

(1) ROUCHY nos seus leitos de contacto de Asnières, em que tratava agua de esgoto bruta, tinha ao fim de dois mezes uma entrelaçado de

e o effluente deixa de apresentar uma depuração sensível; torna-se necessario fazer revolvimentos superficiaes ou renovar mesmo as camadas superiores de material impermeabilizadas.

No caso contrario, em que os materiaes superficiaes são bastante volumosos para permittirem uma mais facil penetração das materias no corpo do leito, acontece que a lama, se bem que sempre mais abundante nas camadas superiores, chega a attingir os drenos, accumulando-se, em toda a altura do leito, nas paredes dos alveolos que os materiaes deixam entre si, levando assim a uma rapida perda da sua capacidade util original. É então mesmo o acceso da materia suspensa ao corpo do leito a causa mais notavel d'esta perda. Assim, em Sutton, ao passo que a capacidade util dos leitos de material fino se mantinha quasi constante ao fim de tres annos, a dos leitos de material grosseiro baixava de 32 para 19 % da capacidade geometrica, ao fim do mesmo tempo.

Comprehende-se que o material quanto mais fino seja tanta mais lama retenha. Mas, independentemente das dimensões dos elementos do material, a natureza d'este influe ainda sobre a quantidade de lama retida. DUNBAR, empregando leitos de materiaes de natureza differente, mas de elementos de dimensões eguaes (3 a 7<sup>mm</sup>) dispostos da mesma fórma, verifica que por cada m<sup>3</sup> de material e com o mesmo liquido, ao passo que as escorias reteem 82<sup>l</sup>,2 de lamas, a pedra pomes retem 56<sup>l</sup>,7, o carvão de madeira 80<sup>l</sup> e o negro animal 54<sup>l</sup>,4.

Mas, quando a materia suspensa logra penetrar no corpo

---

pellos, palhas, escrementos, fibras de madeira, fragmentos de papel, etc., semelhante ao que se fórma á superficie dos campos de irrigação. Ao fim de tres mezes, esse tecido tinha uma espessura de 3 a 4<sup>cm</sup> e era quasi impermeavel ao liquido, mas já antes d'isso o ar não penetrava bem. D'esta fórma, o leito, tornado em fossa septica, dava um effluente acinzentado quasi negro, mal cheiroso e rico em ammoniaco. Apesar de tudo, os materiaes da superficie não eram tão finos que não permitissem a passagem, para o interior do leito, de uma parte das materias suspensas, com a concomitante perda de capacidade que d'ahi fatalmente advem.

do leite, a perda da capacidade d'este varia principalmente na razão directa da proporção de materia suspensa existente na agua de esgoto que está sendo tratada. É o que se vê no seguinte quadro, referido a leitos primarios de material de dimensões medias tratando effluentes septicos.

Logar	Materia suspensa no liquido tratado, em mgr. por litro	Edade dos leitos, em mezes	Enchimentos diarios, em media	Numero total de m <sup>3</sup> tratados	Perda de capacidade, em m <sup>3</sup>	Perda de capacidade por mil m <sup>3</sup> tratados, em m <sup>3</sup>
Guildford....	159	41	2	1.016.835	494	0,485
Exeter (instalação principal) .....	125	37	1,62	9.341.436	3411	0,365
Andover .....	111	38	1,2	436.176	361	0,827
Exeter (instalação velha)	82	109	1,64	891.434	180	0,201
Slaithwaite...	71	84	2	1.027.739	153	0,149

Se exceptuarmos Andover, vemos que a perda de capacidade mantem uma certa relação directa com a quantidade de materia suspensa do affluente aos leitos. A grande perda de capacidade em Andover foi em parte consideravel devida á desintegração do material.

Os leitos primarios soffrem sempre uma maior perda do que os secundarios, o que deve ser principalmente devido a que estes recebem menos materias suspensas (e colloides) no affluente do que aquelles (*Royal Commission*).

Mais adiante, a proposito dos tratamentos preliminares do liquido lançado aos leitos de contacto, voltaremos a vêr qual a influencia das quantidades de materia suspensa sobre a perda de capacidade.

Notemos ainda que quanto mais repetidos forem os enchimentos tanto mais rapida será a impermeabilização dos leitos ou a sua perda de capacidade, mesmo na parte devida propriamente ao deposito de materia suspensa. DUNBAR e THUMM,

tratando agua de esgoto apenas liberta de solidos fluctuantes, viam ao fim de 700 dias, fazendo 1 enchimento diario com 4 horas de plenitude e 20 de arejamento, a capacidade util original de um dos seus leitos formados de escorias de 3 a 7<sup>mm</sup> baixar de 33 0/0 a 19,9 0/0 da capacidade geometrica total e a capacidade util de outro leito, ao fim de 4 mezes com 2 enchimentos diarios, descer de 40 0/0 para 14 0/0 da capacidade geometrica ou total do leito. Depois de 725 enchimentos do leito de um enchimento diario, extrahiram-se d'elle lamas equivalentes a 1<sup>l</sup>,33 por cada m<sup>3</sup> de agua de esgoto tratada, e do leito de 2 enchimentos diarios lamas correspondentes a 1<sup>l</sup>,66 por m<sup>3</sup> de liquido tratado.

β) Caracteres das lamas accumuladas nos leitos de contacto

As lamas retiradas dos leitos de contacto são sempre ricas em bacterias: por cada gramma das lamas dos leitos de Barking, CLOWES encontra 1.800.000 bacterias e mais *B. enteritidis sporogenes* do que na agua de esgoto bruta; o bacillo da tuberculose tambem parece existir n'ellas.

Fazendo o exame microscopico do deposito escuro dos leitos primarios de Hampton, RIDEAL encontrava em junho de 1900: numerosas anguillula e amibas, alguns rotiferos, infusorios, flagelados, casulos de larvas aquaticas, pedacos de insectos, cabellos animaes (talvez humanos), fragmentos de fibras musculares, diatomaceas, restos vegetaes, fragmentos de madeira, nervuras de folhas, vasos espiralados, hastes de herva e palha, grande quantidade de materias de côr castanha de aspecto humico, fragmentos de coke, areia, carbonato de calcio em crystaes, etc.

A analyse chimica d'essas lamas dava: agua 7,18 0/0, substancia mineral 48,37 0/0, materia organica 44,45 0/0. Os 48,37 de materia mineral compunham-se de 17 de oxydo de ferro e saes mineraes, 4,18 de coke e 27,19 de materia siliciosa. O azoté total em 100 partes de lama representava 4,788 partes,

e em 100 de materia organica 10,79; o azote organico correspondia a 3,058 % da lama e a 7,12 % da materia organica; o ammoniaco combinado a 1,73 % da lama. A materia organica era muito semelhante á das lamas do *septic-tank*.

γ) Meios de fazer recuperar a um leito a capacidade util diminuida pelos depositos de materia suspensa

Quando a lama entra no corpo do leito tirando-lhe uma parte importante da sua capacidade util, é preciso tratar de fazer desaparecer essa materia.

Um periodo de descanso, ou antes de arejamento, mais ou menos prolongado, permittindo a oxydação de parte das materias solidas depostas nos materiaes, póde dar logar a que o leito recupere até um certo ponto a capacidade perdida.

Mas, além de que o tempo assim gasto póde fazer falta, a capacidade volta a diminuir rapidamente, pelas razões que atraz já expuzemos: Em Leeds, em 1898, tendo-se obtido ao fim de 38 dias de arejamento uma capacidade util de 256<sup>m<sup>3</sup></sup>,7, esta depois de 15 dias de funcionamento descia a 208<sup>m<sup>3</sup></sup>. N'este caso o tempo de descanso era bastante longo para que se possa suppôr que o augmento de capacidade seria devido não só a diminuição do character esponjoso do revestimento do material, com consequente sahida de liquido até ahi retido, mas tambem a uma verdadeira digestão da materia solida. Mas por ventura aconteceria tambem que o arejamento continuado, tendo morto os germens liquefacientes anærobios, que até um certo ponto faziam d'este leito uma fossa septica, ainda que má, permittisse ulteriormente a accumulção de lamas mais rapida ainda do que anteriormente (RIDEAL).

Além d'isso é de notar que ha materias que os periodos de descanso, mesmo com prolongado arejamento, não conseguem fazer desaparecer. CLOWES e HOUSTON no seu relatorio de 9

de agosto de 1898 mostravam que a capacidade util de um leito de coque de 1<sup>m</sup>,22 de fundo passava ao fim de 10 mezes de 50 % para 33 % da capacidade total, em resultado da accumulção não só de particulas de coque, grãos de areia, diatomaceas, fibras de lã e algodão, mas tambem e principalmente de pedaços de palha provenientes de estrumes e de fibras de madeira provenientes do gasto do pavimento das ruas; sobre estas ultimas substancias vegetaes não tinha acção o arejamento, por prolongado que fosse. Um leito de 3<sup>m</sup>,96 de fundo perdia, com um deposito d'aquella natureza, 1 % da sua capacidade util por semana (Relatorio de 4 de outubro de 1899).

Para libertar os leitos d'estas lamas empregou-se e emprega-se ainda actualmente algumas vezes, principalmente em Inglaterra, a lavagem por meio de uma corrente de agua que se faz passar no leito de baixo para cima; mas desde logo se deixa vêr que, a menos de grande violencia da corrente, perniciosa para a vitalidade das bacterias, a expulsão das materias depositas não será facil.

Mais incommodo e dispendioso é ainda o meio de que se terá de lançar mão quando os precedentes falham e que consiste em retirar o material e laval-o fóra do leito por grandes jórros de liquido. Ha assim grande gasto de tempo e prejuizo para a nitrificação pela destruição que os germens soffrem. Além d'isso produz-se sempre uma certa desintegração de material com perda que em Inglaterra é de 20 a 29 % por cada lavagem, mas que para as escorias seria, segundo as experiencias de DUNBAR, de 9,4 %; torna-se pois necessario fazer a substituição do material perdido (1) por material novo.

Em certos casos, porém, esta lavagem é pratica economica e preferivel a qualquer outra. A despesa depende das circums-

---

(1) A perda incide principalmente sobre os elementos finos, cuja proporção em relação aos grosseiros diminue d'esta fórmula. O material que fica é em geral resistente e duradouro.

tancias locais. Em Leeds o preço da operação, compreendendo a extração do material, a sua lavagem por machinas, a separação do material desintegrado, a substituição do material rejeitado (cêrca de 10<sup>0/a</sup>) e o enchimento do leito, é de 295 réis por m<sup>3</sup> de material. A operação total em Manchester, com a utilização de machinas, custa 442,5 réis por m<sup>3</sup> de material. Em Leeds a lavagem, com trabalho manual, custa 730 réis por m<sup>3</sup>. Em Huddersfield o custo da lavagem é muito elevado: 15327,5 réis por m<sup>3</sup>.

Para evitar ter de recorrer a estes meios e obstar tanto quanto possível á perda de capacidade, pôde-se e deve-se collocar á superficie do leito material mais fino e delicado (1), se bem que então vamos cair no caso do inconveniente apontado atraz, da impermeabilização á agua e ao ar.

D'esta fórma, repetindo frequentemente as raspagens e revolvimentos da superficie e de longe a longe os periodos de arejamento prolongado, deixando que um mal se produza para em parte evitar outro maior, os leitos poderão funcionar mais tempo, sempre porém em más condições enquanto se faça o tratamento de liquidos muito ricos em materias suspensas.

2) Meios de impedir a impermeabilização e a perda de capacidade pelas materias suspensas. Tratamento preliminar do liquido

Para evitar a impermeabilização dos leitos e a perda da sua capacidade util, o meio verdadeiro é, como muito bem se comprehende, a suppressão das materias suspensas no liquido que afflue aos leitos. Esta suppressão completa é difficil de conseguir, mas pela applicação bem feita de um dos processos preliminares já descriptos consegue-se pelo menos uma grande redução na quantidade de materia suspensa do liquido.

---

(1) Mas não muito fino, tal como a areia, que impeça desde logo a facil penetração do ar e demore a absorção do liquido.

Quando se estabeleceram em Inglaterra os leitos bacterianos, muitas installações tratavam previamente a agua de esgoto por precipitantes chimicos, como em Barking acontecia e como DIBBIN preconizava em Sutton. A grande quantidade de lamas obtidas levou á adopção de processos physicos de sedimentação ou do uso de apparatus mecanicos; mas é claro que a redução nas materias suspensas do liquido quanto mais longe ia tanto maior quantidade de lamas produzia; de resto, geralmente, nos effluentes obtidos as materias suspensas eram ainda em quantidade consideravel. O emprego de filtros grosseiros foi tambem tentado; mas as materias suspensas não eram retidas no grau desejado: DUNBAR fazia passar a agua de esgoto por um filtro grosseiro de coke de 10 a 30<sup>mm</sup>, antes de a lançar n'um leito de contacto de coke de elementos de 3 a 7<sup>mm</sup>; apesar d'isso, com 2 enchimentos diarios este leito ao fim de 550 enchimentos tinha a capacidade util reduzida de 351 litros a 250 litros por m<sup>3</sup> de capacidade total.

Em 1895, CAMERON apresentava o seu *septic-tank*, como disposição previa para tratar os liquidos destinados aos leitos bacterianos. Já sabemos que se esperou que a fermentação septica não só tornaria o liquido mais facilmente oxydavel, como tambem permitiria a realização da grande aspiração «*no more sludge*»; viu-se no emprego da fossa de CAMERON o meio de conseguir a dissolução facil das materias cellulasicas, que tão nocivas são para o bom funcionamento do leito, pelas suas propriedades impermeabilizantes e pela perda persistente de capacidade que originam. Os resultados colhidos em Exeter foram satisfactorios; os leitos precedidos pelas fossas septicas só de longe a longe precisavam de uma ou duas semanas de repouso para recuperarem a capacidade perdida. Por isso o uso das fossas septicas generalizou-se bastante e estendeu-se a muitas installações importantes e bem dirigidas. O relatorio de Manchester de 1900 recommendava-as, depois de se ter tornado evidente que as principaes difficuldades levantadas pelo mau funcionamento dos leitos de contacto eram devidas a estes serem usados como simples filtros gros-

seiros, nos casos em que se não praticava o tratamento preliminar.

CALMETTE em Madeleine, utilizando as fossas septicas como tratamento preliminar, verifica que a capacidade util dos leitos, que era primitivamente de  $69^{\text{m}^3}$ , é ainda ao fim de um anno de  $67^{\text{m}^3},868$ ; não se déra, de resto, a impermeabilização das camadas superficiaes e por isso não fôra mister fazer revolvimentos ou raspagens; este autor calcula que antes de cinco ou seis annos de funcionamento a lavagem ou a renovação do material das camadas superiores do leito não serão exigidas.

Já me referi ao que ha de exaggerado em usar systematicamente a fossa septica, com exclusão dos processos de sedimentação e de precipitação chimica, no tratamento preliminar da agua de esgoto. O leitor encontra esse assumpto desenvolvido no logar competente. Aqui simplesmente lembrarei que a escolha de cada um d'esses processos depende, em grande parte, das circumstancias e do grau de pobreza em materia suspensa que se quer conseguir, não esquecendo que é a precipitação chimica o processo que dá os effluentes em que essa materia (e a colloide) existe em menor quantidade.

O quinto relatorio da *Royal Commission* afirma que nenhuma regra pôde ser dada para indicar qual o grau a que a redução da riqueza d'um liquido em materia suspensa deve ser levada antes do tratamento nos leitos bacterianos. Mas, de um modo geral, intênde que, se o material dos leitos é fino, será mais conveniente e economico adoptar o tratamento preliminar que dê um effluente bastante pobre em solidos não dissolvidos; ao contrario, se o material do leito é grosseiro, as materias suspensas podem ser em maior quantidade no liquido affluente.

Assim, por exemplo:

1.º Em leitos de contacto de um material grosseiro de elementos de  $76^{\text{mm}}$  ou maiores: Uma agua de esgoto liberta

das suas areias e detritos minerais mais pesados e contendo 200 a 300 mgr. de materia suspensa por litro póde ser tratada á razão de 1 a 1  $\frac{1}{2}$  enchimentos diarios (cerca de 178<sup>l</sup> a 237<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para duplo contacto) (1); se a agua de esgoto contém 300 a 500 mgr. de materia suspensa por litro não se deverá fazer mais de um enchimento por dia (cerca de 178<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para duplo contacto). Em qualquer dos casos o material dos leitos terá de ser lavado todos os 18 mezes ou 2 annos. Se para leitos de segundo contacto se usa material de tamanho medio, este terá provavelmente que ser lavado todos os 4 ou 6 annos.

2.º Em leitos de material de elementos medios, de 12<sup>mm</sup>,7 a 25<sup>mm</sup>,4 de diametro: Um effluente de tratamento preliminar que contenha 100 a 150 mgr. de materia suspensa por litro póde ser tratado á razão de 2 enchimentos diarios (cerca de 297<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para duplo contacto ou 594<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para um só contacto), mas o material terá que ser cuidadosamente lavado ou renovado todos os 3 ou 5 annos; se o liquido lançado aos leitos só contém 40 a 70 mgr. de materia suspensa por litro, póde ser tratado á razão de 3 (cerca de 475<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para duplo contacto ou 950<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para um só contacto) ou mesmo 4 enchimentos diarios e os leitos provavelmente terão de ser lavados todos os 4 ou 5 annos; em qualquer dos casos o material dos leitos secundarios não precisará ser lavado antes de 7 ou 8 annos. Se o liquido effluente do tratamento preliminar só contém 10 a 40 mgr. de materia suspensa por litro, poderá ser tratado á razão de 4 a 6 enchimentos diarios (cerca de 594<sup>l</sup> a 950<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para duplo contacto) (2) e o material póde não necessitar lavagem antes de 6 ou 8

---

(1) Estes parenthesis serão mais facilmente comprehendidos depois da leitura de pags. 399-401 que teem ligação com o que aqui fica exposto.

(2) Com leitos vastos este funcionamento com tantos enchimentos diarios só poderá ser praticado durante periodos curtos, provavelmente.

annos ou mais. Os leitos secundarios durarão provavelmente 12 a 15 annos.

3.º Se os leitos são de material fino, de elementos de 6<sup>mm</sup>,35 de diametro, não se deve tentar lançar-lhes liquidos que contenhão mais de 40 a 50 mgr. de materia suspensa por litro. Um bom effluente de tratamento preliminar, contendo apenas 10 a 40 mgr. de materia suspensa por litro, poderá ser tratado á razão de 4 a 6 enchimentos diarios (cêrca de 594<sup>l</sup> a 950<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para duplo contacto ou de 1188<sup>l</sup> a 1800<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e por dia para um só contacto) e o material provavelmente não terá de ser lavado antes de 6 ou 8 annos. As partes superficiaes do material do leito de segundo contacto serão lavadas só depois de 12 ou 15 annos de funcçãoamento.

Deve ser dito que na realidade, mesmo com o uso do melhor processo de tratamento preliminar e com o desapparecimento completo da materia suspensa, ao fim de um certo tempo serão necessarios os periodos de arejamento ou revolvimentos superficiaes, ou mesmo a lavagem e o renovamento do material, porque ficam de pé as outras causas de perda de capacidade. DUNBAR verifica que ao fim de 4 mezes de funcçãoamento de leitos de coke identicos as perdas de capacidade util eram de 22,4 0/0, de 18,2 0/0, de 21,1 0/0 e de 16,1 0/0, quando os liquidos eram respectivamente agua de esgoto, agua de esgoto filtrada, urina diluida e *agua commum*.

Notemos que a questão de saber qual é mais economico — se lavar ou renovar frequentemente o material dos leitos de contacto, se remover a maior quantidade possivel de materias suspensas do liquido, antes de lançado aos leitos, renovando ou lavando o material d'estes menos vezes — depende, antes de mais nada, das circumstancias locaes (*Royal Commission*).

## e) Os leitos de lousa e as materias suspensas no liquido affluente

É occasião de fazer notar que com os leitos de telha ou lousa de DIBDIN o tratamento previo para retirar as materias suspensas do liquido parece ser dispensavel, para agua de esgoto não muito concentrada e liberta dos seus solidos fluctuantes e detricos pesados. Nos leitos de ardosa (usados como primarios) de Devises, a capacidade util, originalmente de 82 % da capacidade total, mantem-se sempre muito elevada. Mesmo com 2 ou 3 enchimentos diarios com liquido contendo 2<sup>gr.</sup>,85 de materia suspensa por litro não desce abaixo de 50 % da capacidade total; e, então, a passagem de uma forte corrente de agua póde fazer voltar a capacidade util a 64 % ou até aos primitivos 82 % da capacidade total; n'estes leitos, comprehende se bem, a lavagem não faz desintegrar o material, compacto e resistente. Em High Combe obteem-se resultados identicos com agua de esgoto simplesmente decantada dos seus solidos mineraes pesados.

Estes leitos reteem muito bem as materias suspensas (1); o seu effluente é ou tratado pelo solo ou passado a um leito não submersivel.

Quando se utilizem os leitos de lousa poder-se-á supprimir o tratamento previo por sedimentação ou por precipitação com as suas lamas abundantes, ou por fossa septica com as suas emanções putridas e mais inconvenientes. Lembremos, porém, que o preço dos materiaes para estes leitos é muito elevado.

---

(1) Nos depositos d'estes leitos as bacterias seriam em numero de 3.000.000:000 por c. e.

8) Quantidade de liquido residual que pôde ser tratada diariamente por  $m^3$  de material nos leitos de contacto

A quantidade de agua residual que pôde ser tratada por unidade de volume do material depende principalmente da concentração do liquido sujo, da sua riqueza em materias suspensas, das dimensões do material do leito e do grau de depuração que para o effluente se quer obter.

Já mostrámos a pags. 395-397 a influencia que as materias suspensas do liquido a tratar e as dimensões dos elementos do material do leito tem sobre o numero de enchimentos, dando entre parenthesis o volume de liquido que em cada caso corresponde a cada  $m^3$  de material, por dia.

Vejamus aqui, mais especialmente, a influencia da concentração. Os estudos da *Royal Commission* levam ás seguintes conclusões:

Para o tratamento capaz de dar um effluente razoavel ou bom á custa de uma agua de esgoto bruta ou só ligeiramente sedimentada, será sempre necessario um duplo contacto. O volume de liquido capaz de ser tratado n'estas condições, n'um leito primario de material grosseiro e n'um secundario de material fino, varia quasi inversamente com a concentração; exemplo: uma agua de esgoto de concentração de 1.640 (dada pela primeira formula de Mc. GOWAN, referida a mgr. por litro e não a partes por 100.000) poderá ser tratada na dose equivalente a 142<sup>1</sup>,6(1) por  $m^3$  de material dos leitos por dia

---

(1) Esta quantidade de liquido é achada dividindo a quantidade total de liquido tratado diariamente pelo numero total de  $m^3$  de mate-

(menos de 1 enchimento diario); uma agua residual de concentração de 600 poderá ser tratada na dose de 344<sup>l</sup>,7 por m<sup>3</sup> de material, por dia (um pouco mais de 2 enchimentos diarios).

Para tratamento de um effluente de fossa de sedimentação ou septica, de modo a obter-se um razoavel resultado, poderá bastar um contacto apenas, quando o liquido tratado seja de fraca concentração, e fino o material do leito. Um effluente de fossa com uma concentração de 300 a 500 e contendo de 60 a 80 mgr. de materias suspensas por litro poderá ser tratado á razão de 594<sup>l</sup> (2 enchimentos por dia) a 891<sup>l</sup> (quasi 3 enchimentos por dia) por m<sup>3</sup> de material, por dia.

Mas, como regra, os effluentes de fossas septicas ou de fossas de sedimentação serão demasiado concentrados para que não necessitem de, pelo menos, dois contactos.

O volume de effluente septico ou de fossa de sedimentação que pôde ser tratado por duplo contacto varia quasi inversamente com a concentração do liquido. Quando os leitos primarios são de material medio a fino, um effluente de fossa de concentração de 900 pôde ser tratado por duplo contacto á razão de 297<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material (2 enchimentos diarios); um effluente de concentração de 700 á razão de 416<sup>l</sup> (menos de 3 enchimentos diarios) e um effluente fraco, de concentração de 400, á razão de 594<sup>l</sup> (4 enchimentos diarios).

Uma agua de esgoto não muito concentrada pôde dar um effluente de precipitação chimica capaz de fornecer um liquido sufficientemente depurado por um só contacto. O effluente de

---

rial existente nos dois leitos a que successivamente é lançada a mesma porção de liquido. Se nos referissemos a um só leito é claro que a quantidade de liquido tratada equivaleria ao duplo, isto é, a 285<sup>l</sup>,2 por m<sup>3</sup> de material. Cousa semelhante se dirá para os outros casos em que se falla de duplo contacto.

precipitação de Kingston-on-Thames, muito clarificado e de uma concentração de 500 foi tratado durante mais de 6 annos em um leito experimental de coke de tamanho medio a grande á razão de 1485,75 por m<sup>3</sup> de material e dia (4 enchimentos), dando um liquido bem depurado. Um liquido precipitado mais diluido e egualmente bem clarificado póde ser tratado mesmo em maior proporções, mas é duvidoso que durante muito tempo se possam continuar fazendo mais de 4 enchimentos diarios.

Quando, porém, o effluente da fossa de precipitação seja concentrado, não bastará um só contacto; far-se-ão dois.

A Commissão Real Inglesa não tem experiencia larga ácerca do tratamento de effluentes de precipitação chimica em leitos de duplo contacto. Comtudo calcula que este modo de tratamento poderá dar para effluentes de precipitação de aguas de esgoto muito concentradas tão bons resultados como o simples contacto para os effluentes de precipitação de concentração fraca ou media. Com um effluente de precipitação de concentração de 1.000 poderão fazer-se 2 a 2 1/2 enchimentos por dia; com um liquido precipitado de concentração de 750 poder-se-ão fazer 3 a 3 1/2 enchimentos diarios.

#### 9) Superfície occupada pelos leitos. Dose de liquido tratada por unidade de superfície

Calculada a capacidade util que os materiaes escolhidos consentem e o numero de enchimentos e o dos contactos que para a depuração de um certo liquido parecem indicados, ou, mais simplesmente, calculada a quantidade de liquido residual que se poderá tratar por m<sup>3</sup> de material dos leitos, diariamente, basta ter estabelecida a altura a dar ao material no leito para determinar qual a quantidade de agua de esgoto que

diariamente será tratada por unidade de superficie e qual a superficie total exigida para os leitos.

Assim, se applicarmos as hypotheses feitas atraz a leitos cujo material occupe uma altura de 1<sup>m</sup>, é evidente que os numeros apresentados como indicando os litros de liquido tratados diariamente por m<sup>3</sup> de material serão os mesmos que indicam os litros tratados diariamente por m<sup>2</sup> de superficie dos leitos. Variam esses numeros com varias circumstancias, como sabemos.

A pratica mostra que, com leitos bem dispostos, 1<sup>m</sup><sup>2</sup> a 1<sup>m</sup><sup>2</sup>,5 por cada contacto chega facilmente para o tratamento de um m<sup>3</sup> de liquido residual.

Acceitemos as condições medias de uma agua de esgoto sedimentada ou passada por fossa septica, susceptivel de dar 3 enchimentos diarios, e vêr-se-á que não andaremos longe do que CALMETTE afirma — que para uma installação destinada a depurar 10.000<sup>m</sup><sup>3</sup> diarios (correspondendo a uma população de 100.000 habitantes) de um effluente septico, podem bastar 20.000<sup>m</sup><sup>2</sup> de superficie para os leitos de duplo contacto (10.000<sup>m</sup><sup>2</sup> para cada contacto) de 1 metro de altura. N'um caso d'estes, se 1<sup>m</sup><sup>2</sup> basta para que 500 litros soffram 2 contactos (isto é, 1<sup>m</sup><sup>2</sup> por 1<sup>m</sup><sup>3</sup> de liquido por cada contacto) diariamente e se estes 2 contactos dão uma depuração sufficiente, vemos que as superficies exigidas com o methodo de tratamento por leitos submersiveis são pouco mais ou menos 45 vezes menores do que as necessarias para a irrigação cultural em terrenos como os de Paris (que consentem 11 litros por m<sup>2</sup> e dia), 160 vezes menores do que as necessarias para a irrigação cultural em terrenos como os de Berlim (que consentem 3 litros por m<sup>2</sup> e dia) e 4,5 a 5 vezes menores do que as necessarias para a filtração intensiva nos solos mais convenientes (que consentem 100 a 110 litros por m<sup>2</sup> e dia).

É claro que, se em vez de 3 enchimentos se fazem só 2 ou 1, as superficies necessarias para os leitos serão respectivamente  $\frac{3}{2}$  ou 3 vezes maiores do que as suppostas; pelo

contrario, serão menores se o numero de enchimentos aumenta; suppõe-se, evidentemente, que, em todo o caso, o numero de contactos é constante, e constante tambem a altura dos leitos.

Quando o numero de contactos fôr de 3 ou 4, é tambem claro que a superficie pedida será  $\frac{3}{2}$  ou 2 vezes maior do que a dada acima; se só houvesse 1 contacto, a superficie seria, pelo contrario, apenas metade da calculada; isto suppondo, evidentemente, que o numero de enchimentos não variava.

Notemos que, praticamente, as doses tratadas por unidade de superficie são frequentemente mais elevadas nos leitos do segundo contacto do que nos leitos de primeiro contacto. E isto não só porque, sendo a perda de capacidade util original menor nos leitos de segundo contacto, estes podem ser de menores dimensões do que os primeiros, mas tambem porque, em resultado do liquido affluente a elles ser muito menos conspurcado, os enchimentos dos leitos de segundo contacto podem ser mais numerosos do que os do primeiro.

#### 10) Influencia do frio sobre o funcionamento dos leitos bacterianos

O frio tem uma certa acção nociva sobre a marcha dos phenomenos depuradores. Se as camadas profundas do leito são pouco sensiveis ás variações de temperatura exterior, o mesmo não acontece já com as camadas superficiaes.

Tem-se visto em casos em que o thermometro baixa a entre  $-5^{\circ}$  e  $-8^{\circ}$  C., o liquido exposto durante as duas horas de plenitude do leito congelar-se n'uma espessura de 8 a 10 cm., inhibindo o leito de funcionar até ao proximo degelo. Porque isto se tem observado em Asnières (Paris), suspendem-se ahi modernamente as operações durante alguns dias de frios mais intensos (ROUCHY).

Esta congelação, comtudo, não se chega a dar na maior

parte das instalações francesas, inglesas e allemãs, por certo em muitos casos por virtude da utilização da fossa septica, que falta em Asnières, para tratamento preliminar do liquido residual. A fossa septica, com effeito, concorre muito mais para manter a agua de esgoto a uma temperatura relativamente elevada do que as fossas de sedimentação ou de precipitação chimica.

CALMETTE, na instalação de Madeleine, se bem que note a influencia nociva do frio, que faz que em janeiro e fevereiro a nitrificação seja menos importante do que em julho (no anno de 1904: durante o tempo frio 9-18 mgr. de nitratos por litro, durante o verão um maximo de 44 mgr. de nitratos por litro), nunca teve necessidade de interromper o funcionamento dos seus leitos de contacto precedidos por fossa septica, mesmo com temperaturas do ambiente de  $-8^{\circ}$  C. De 16 a 23 de janeiro de 1904 com  $-6^{\circ}$  C. de temperatura atmospherica, a temperatura do liquido no primeiro contacto era de  $+8^{\circ},4$  e no segundo contacto de  $+5^{\circ},8$ .

#### 11) Resultados obtidos pelo uso dos leitos de contacto

##### a) Sob o ponto de vista chimico

Antes de mais nada, quando da apreciação do grau da depuração de um effluente de leito bacteriano, torna-se necessaria a verificação de que este não está perdendo a sua capacidade util e de que, assim, a diminuição, no liquido tratado, das substancias complexas não é apenas devida a uma simples acção mecanica de retenção pelos materiaes, sem que os agentes microbianos intervenham ulteriormente. Se o leito funciona activamente, com effeito, a desappareição das materias organicas deverá ser acompanhada do apparecimento, no liquido, de outros compostos mais simples que testemunham o trabalho dos microbios.

Mas é bom não esquecer que os germens, n'um leito cujo funcionamento começa, só ao fim de algum tempo existem em quantidade e condições sufficientes para se manifestarem effi-  
cazmente.

Assim, por exemplo, acontece que o ammoniaco, começando a diminuir muito cedo no effluente, não é durante muitos dias compensado pelo apparecimento de nitratos correspondentes. Na installação experimental de Madeleine, os nitratos não appareceram durante as duas primeiras semanas de funcionamento nos effluentes de qualquer dos 2 contactos. A agua residual começou a ser tratada nos leitos em 15 de agosto de 1904, mas só a 1 de agosto os nitratos começaram a apparecer no effluente secundario; e no effluente primario só em outubro.

A razão d'estes factos é que ha uma fixação do ammoniaco a tempo em que os germens não estão ainda bastante desenvolvidos para manifestarem o seu poder oxydante.

A actividade microbiana maxima começa, segundo CALMETTE, depois de 40 dias. ROUCHY, semelhantemente, calcula em 7 semanas o tempo necessario para a maturidade dos leitos se produzir.

O grau de depuração chimica obtida varia, naturalmente, com a natureza das aguas de esgoto mais ou menos concentradas, com a existencia ou falta de um tratamento preliminar, com o numero de contactos e com o modo porque se fazem funcionar os leitos, com mais ou menos enchimentos diarios.

A occasião em que se recolhe a amostra para analysar, mais ou menos afastada do momento em que se inicia o esvaziamento, tem tambem uma importancia consideravel, em virtude da depuração variavel que soffre cada uma das differentes porções do liquido. Com effeito, já sabemos que as ultimas quantidades são muito mais depuradas do que as que inicialmente sahem dos leitos: é um dos maiores defeitos do methodo e d'elle me occuparei ainda. Mas desde já se conclue d'esse

facto a necessidade de, quando se queira formar uma idéa approximada do conjuncto da depuração, tomar a média dos resultados obtidos para as amostras recolhidas em momentos diferentes ou misturar todas as amostras antes de fazer a analyse.

D'um modo geral, feitas as reservas acima, vejamos os resultados fornecidos pelos leitos de contacto.

α) **Materias suspensas**

As materias suspensas são, em geral, consideravelmente reduzidas; a diminuição é, de muito, preponderante nos leitos de primeiro contacto; nos seguintes é relativamente insignificante.

Esta redução é naturalmente mais importante nos casos em que um previo tratamento em fossa septica não tem libertado o liquido de grande parte dos solidos em suspensão.

Em Sutton, ao fim de tres mezes de funcionamento, DIBDIN obtinha com o leito primario, grosseiro, de argilla cosida (*bacteria-tank*) uma redução de 95 %, que o leito secundario de coke fino levava a 99,6 % das materias suspensas da agua bruta. O mesmo autor, mais tarde, dando os resultados obtidos durante o anno de 1896-97, mostrava que os 857<sup>mgr.</sup>,6 de materias suspensas por litro de agua de esgoto bruta eram levados por leitos primarios de argilla a 51 (redução de 94 %) e com a seguinte passagem nos leitos secundarios de coke fino a 13,5, dando pois uma redução total de 98,4 % da qual só 4,4 % correspondiam aos leitos secundarios.

Em junho de 1899, RIDEAL, fazendo um exame dos resultados obtidos na mesma installação, encontra que os 609 mg. de solidos suspensos por litro de agua bruta passam para 183<sup>mgr.</sup>,5 (70 % de redução) no effluxo dos primeiros leitos e para 0 no dos segundos. CLOWES afirma tambem que a passagem pelos leitos de contacto retira facilmente do liquido a totalidade das materias suspensas. Os effluentes de leitos ter-

ciarios podem ser praticamente olhados como livres de solidos suspensos.

Vimos que os leitos primarios de DIBDIN, de lousas ou telhas, permitem, sem auxilio de qualquer tratamento preliminar, a desaparição das substancias não dissolvidas.

Pelo simples facto da retenção das materias suspensas no leito, ha já uma grande baixa no carbono e azote organicos da agua de esgoto tratada.

### β) Substancias dissolvidas

Os solidos em solução não soffrem redução ou augmento sensiveis, pelo facto da passagem pelos leitos de contacto. Com effeito, a parte das substancias suspensas que ahi se liquefaz, e que vem augmentar a riqueza das materias dissolvidas, é até certo ponto compensada pelas substancias que se libertam do liquido e perdem como gazes, principalmente nos leitos primarios. As analyses de RIDEAL, em Sutton (1899), mostraram-lhe que a quantidade total de solidos dissolvidos que na agua bruta era de 970<sup>mgr.</sup>,3 por litro descia para 881<sup>mgr.</sup>,9 no effluente primario, subindo no secundario até 949<sup>mgr.</sup>,6.

Oxygeneo consumido em 4 horas á custa do permanganato, a frio. — As substancias organicas dissolvidas postas em evidencia pelo oxygeneo consumido soffrem uma importante redução; mas aqui, ao contrario do que acontece com os solidos suspensos, esta redução não só se dá nos leitos primarios, mas é muito notavel tambem, e por vezes predominante, nos leitos secundarios e terciarios, quando os haja.

Em Barking, com o primitivo filtro de coke de 0<sup>hect.</sup>,4047 de superficie, as analyses feitas de 7 de abril a 9 de junho de 1894, mostraram a DIBDIN que o oxygeneo absorvido em 4 horas,

que no effluente da precipitação chimica era em media de 57 mgr. por litro, passava a 12<sup>mgr.</sup>,5 (reducção de 78,1 %).

O mesmo autor nas analyses dos liquidos obtidos depois dos 3 primeiros mezes de funcionamento dos leitos de Sutton via que a quantidade de oxygeneo consumido em 4 horas se reduzia depois da passagem no leito primario de argilla (*bacteria-tank*) de 66 %, e que essa reducção era levada no effluente dos leitos secundarios de coke a 86,5 %.

Nos relatorios de 1896-98 se vê que, n'estes mesmos leitos, os 64<sup>mgr.</sup>,9 de oxygeneo, em media, absorvidos em 4 horas por litro de agua de esgoto bruta desciam a 39<sup>mgr.</sup>,6 no effluente do leito de material grosseiro (53 % de reducção) e a 11<sup>mgr.</sup>,9 nos effluentes secundarios (reducção de mais 29 %) dando assim uma depuração total equivalente a 82 %.

Ainda para os mesmos leitos, em 1899, RIDEAL encontra que os 29<sup>mgr.</sup>,44 de oxygeneo consumido por litro do liquido a tratar desceram em eguaes quantidades dos effluentes primario e secundario a 14<sup>mgr.</sup>,81 e 8<sup>mgr.</sup>,15 (reducções de 50 % e 73 %).

Analysando os effluentes de leitos primarios, secundarios e terciarios de varios materiaes, DIBDIN e THUDICUM encontram ao fim de 5 semanas de uso, com 2 enchimentos por dia, as seguintes percentagens na depuração, sob o ponto de vista da reducção da quantidade de oxygeneo absorvido pela agua de esgoto em 4 horas (91<sup>mgr.</sup>,4 por litro):

Para leitos de areia ferrea carbonada em cada effluente, primario, secundario e terciario, respectivamente—46 %, 67 % e 81 %.

Para leitos de coke miudo — 44 %, 63 % e 68 %.

Para dois leitos de coke miudo, seguidos de um de areia — 44 %, 64 % e 91 %.

Para tres leitos de argilla cosida — 45 %, 68 % e 80 %.

Para tres leitos de carvão animal — 79 %, 85 % e 95 %.

Segundo as analyses de CLOWES, nos seus leitos a dimi-

nuição das materias putresciveis e oxydaveis dissolvidas era, em media, no leito primario de 49,9 % e de 19,3 % no secundario, obtendo-se assim uma redução total de 69,2 %. Esta redução nunca desceria abaixo de 51,3 %.

A percentagem de purificação achada em Exeter em 1897, por RIDEAL, apreciada pela redução da quantidade de oxygeno consumido, era de 82 %, referida á agua de esgoto bruta; d'estes 82 %, 29 pertenciam á acção da fossa septica e 53 ao leito bacteriano, o que mostra que este reduzia de 74,7 % o oxygeno consumido pelo effluente septico.

Segundo o relatorio de 1899 de Massachussets, a estada em fossa seguida de um unico contacto dava uma redução de 84,5 % no oxygeno consumido, dos quaes 43 % pertenciam á fossa; portanto redução de 73 % no effluente do leito, referida não já á agua bruta mas ao effluente da fossa septica.

Nas experiencias de Madeleine, em 1904-1905, CALMETTE encontra como medias annuaes, em mgr. por litro, para o oxygeno consumido em 4 horas: effluente da fossa septica 22,4; effluente do primeiro contacto 12,6 (redução de 44 % referida ao effluente da fossa); effluente do segundo contacto 9,2 (redução de 59 % referida ao effluente da fossa).

As medias geraes das analyses feitas na mesma installação de janeiro a maio de 1906 dão para o oxygeno consumido em 4 horas, em mgr. por litro: 21,55, 22,74, 13,27 e 9,57, respectivamente, para a agua bruta, o effluente da fossa, o effluente do primeiro contacto e o effluente do segundo contacto. Ha, portanto, para os effluentes dos dois contactos reduções de respectivamente 39 e 56 % referidas á agua bruta e de 42 e 58 % referidas ao effluente da fossa.

As medias de 1906-1907 para o oxygeno consumido em 4 horas pela agua de esgoto bruta de Madeleine, pelo effluente da fossa septica, pelo effluente do primeiro e pelo effluente do segundo contacto, são respectivamente, em mgr. por litro:

29,3, 26,5, 15,2 (redução de 43 % referida ao effluente da fossa) e 9,7 (redução de 64 % referida ao effluente da fossa).

Materia organica avaliada pelo permanganato decomposto, com ebulição durante 10<sup>m</sup>. — Na instalação da Madeleine em 1904-1905, a materia organica, expressa pela oxydabilidade em reacções alcalina e acida, descia em media de, respectivamente, 47<sup>mgr.</sup>,2 e 61<sup>mgr.</sup>,5 por litro do effluente da fossa septica para 27<sup>mgr.</sup>,75 (redução de 41 %) e 36<sup>mgr.</sup>,3 (redução de 42 %) em cada litro de effluente do primeiro contacto e para 20<sup>mgr.</sup>,3 (redução de 58 %) e 21<sup>mgr.</sup>,55 (redução de 66 %) em cada litro do effluente do segundo contacto.

Em janeiro-maio de 1906, a oxydabilidade media, respectivamente em soluções acida e alcalina, foi, em mgr. por litro, de 55 e 59,2 para a agua bruta, 59,3 e 61,2 para o effluente septico, 32,8 (redução de 41 % referida a agua bruta e de 45 % referida ao effluente septico) e 29,8 (redução de 50 % referida á agua de esgoto bruta e de 52 % referida ao effluente septico) para o effluente do primeiro contacto e 22,1 (redução de 60 % referida á agua bruta e de 63 % referida ao effluente septico) e 18,5 (redução de 69 % referida á agua bruta e de 70 % referida ao effluente da fossa) para o effluente do segundo contacto.

As medias annuaes de 1906-1907 em Madeleine dão para a redução da oxydabilidade em solução acida e em solução alcalina, em mgr. por litro, os seguintes numeros, respectivamente: 52 e 58 % para o primeiro contacto e 71 e 73 % para o segundo contacto, referindo a redução á agua bruta; referindo a redução ao effluente septico, os numeros são 43 % e 44 % para o primeiro e 65 % e 64 % para o segundo contacto.

Os effluentes do segundo contacto de Madeleine são ainda de oxydabilidade muito elevada. Isso resulta, segundo CALMETTE, da existencia de materias tinturaes complexas — indigo ou leuco-derivados das côres de anilina —, que os micro-

bios não destroem e que n'este caso particular são em grande abundancia. Em todo o caso estes effluentes são inoffensivos para o rio.

**Azote organico.** — Das analyses feitas em 1899, em Sutton, por RIDEAL, vê-se que o azote organico desce de 31<sup>mgr.</sup>,15 por litro de agua bruta para 15<sup>mgr.</sup>,16 e 3<sup>mgr.</sup>,72 por litro dos effluentes dos leitos do primeiro e do segundo contacto, respectivamente; reduções, portanto, correspondendo a 51 e 88 %.

CALMETTE obtem em 1904-1905 para o azote organico, expresso em NH<sub>3</sub>, uma media annual de 14<sup>mgr.</sup>,5, 11<sup>mgr.</sup> e 7<sup>mgr.</sup>,9 para os effluentes da fossa septica, do primeiro (redução de 25 %) e do segundo (redução de 46 %) contacto.

Para o mez de maio de 1906 obtem para o mesmo corpo uma redução de 21 % e de 44 % respectivamente nos effluentes do primeiro e do segundo contacto, em relação á agua bruta, e de 30 % e 57 % em relação ao effluente da fossa septica.

No anno de 1907 obtem no azote organico dissolvido uma redução de 5 % e 23 % referida á agua bruta e de 28 % e 42 % referida ao effluente da fossa (onde azote organico até ahí solido se dissolve).

**Azote albuminoide, ammoniaco albuminoide.** — No filtro de 0<sup>hect.</sup>,4047 de coke, de DIBDIN, em Barking, o ammoniaco albuminoide passava, em media, de 5<sup>mgr.</sup>,54 por litro, no effluente da precipitação chimica, para 1<sup>mgr.</sup>,50 por litro, no effluente do leito. Redução portanto de 72,93 %.

As analyses, em Sutton, dos leitos de DIBDIN em 1896-1897 mostram que o NH<sub>3</sub> albuminoide passava de 11<sup>mgr.</sup>,3 por litro, na agua bruta, para 6<sup>mgr.</sup>,0 e 3<sup>mgr.</sup>,16 por litro, nos effluentes do leito grosseiro de argilla e do leito secundario de coke, o

que dá uma purificação total de 72%, dos quaes 47 cabem ao primeiro e 25 ao segundo leito.

As experiencias de RIDEAL, em 1899, com os effluentes dos leitos da mesma installação, davam uma passagem, por cada litro, de 4<sup>mgr.</sup>,93 na agua bruta para 2<sup>mgr.</sup>,26 e 1<sup>mgr.</sup>,47 respectivamente no primeiro e no segundo effluentes dos leitos, ou reduções de 54 e 70%, no NH<sub>3</sub> albuminoide.

DIBDIN e THUDICUM, nos seus leitos de varios materiaes com 3 contactos, encontram, respectivamente para os effluentes primarios, secundarios e terciarios, as percentagens seguintes de redução no NH<sub>3</sub> albuminoide (7<sup>mgr.</sup>,40 por litro na agua bruta):

Com tres leitos de areia ferrea carbonada	13, 46 e 80 %
Com tres leitos de coke miudo . . . . .	46, 22 e 68 %
Com dois leitos de coke miudo seguidos de um de areia . . . . .	neg. <sup>va</sup> 39 e 88 %
Com tres leitos de argilla cosida . . . . .	neg. <sup>va</sup> 51 e 80 %
Com tres leitos de carvão animal . . . . .	7, 64 e 90 %

Em Exeter, em 1899, RIDEAL encontra, depois de tratamento em fossa septica e de 1 contacto, 77% de diminuição no ammoniaco albuminoide da agua bruta, dos quaes 46 são devidos á fossa e 31 ao leito bacteriano; este, pois, reduz de 57,5% a quantidade existente no effluente da fossa septica.

O relatorio de 1899 de Massachussets dá em mgr. por litro, como media, de NH<sub>3</sub> albuminoide dissolvido na agua bruta, 4,7, que no effluente da fossa septica passam para 3,2 e no effluente do unico leito, de coke, para 1,04; portanto a redução total é de 87%, dos quaes 32 pertencem á fossa, quando com referencia á agua bruta; querendo só a redução devida ao leito e em relação ao effluente da fossa, temol-a igual a 67,5%.

Ammoníaco livre (ou salino). Azote ammoniacal. — A quantidade de azote ammoniacal diminue já bastante no primeiro contacto e continua a reduzir-se no segundo.

As analyses de DIBDIN para os effluentes dos leitos de Sutton, em 1896-1897, mostram que o  $\text{NH}_3$  livre passa, em mgr. por litro, de 125,3 na agua bruta a 38,5 e 12,5 respectivamente nos effluentes do *bacteria-tank* (primeiro contacto) e do leito de coke (segundo contacto). Ha pois uma redução total de 90% dos quaes 69 correspondem ao primeiro contacto e 21 ao segundo.

Os resultados obtidos por RIDEAL em junho de 1899 na mesma installação davam, em mgr. por litro, 30,07 para a agua bruta e 10,66 e 3,3, respectivamente, para os effluentes do primeiro e do segundo contacto; isto é, redução de 64,6% e de 89%, segundo se examina o effluente primario ou o secundario, sob o ponto de vista do  $\text{NH}_3$  livre.

DIBDIN e THUDICUM encontram, nas suas experiencias de triplíce contacto, as seguintes reduções nos 135<sup>mgr.</sup>,3 de  $\text{NH}_3$  livre por litro de agua bruta, respectivamente para os effluentes de cada um dos contactos:

Com tres leitos de areia ferrea carbonada...	44, 71 e 99%
Com tres leitos de coke miudo.....	28, 55 e 92%
Com dois leitos de coke miudo e o terceiro de areia .....	32, 62 e 99%
Com tres leitos de argilla cosida.....	36, 67 e 97%
Com tres leitos de carvão animal.....	52, 77 e 99%

Em 1899, nas experiencias de Massachussets, a passagem por fossa septica seguida de um unico contacto dava uma redução final de 61% do  $\text{NH}_3$  da agua bruta (44<sup>mgr.</sup>,4 por litro), apesar do augmento d'este composto na fossa. Referindo a

redução ao effluente da fossa (contendo  $48^{\text{mgr.}}$ ,6 de  $\text{NH}_3$  por litro) a redução é de  $64,2\%$ .

CALMETTE obtem na Madeleine, nas experiencias de 1904-1905, como media annual, em mgr. por litro: effluente da fossa septica 11, effluente de primeiro contacto 5,85 (redução de  $47\%$ ), effluente de segundo contacto 3,4 (redução de  $67\%$ ) de  $\text{NH}_3$ .

Depois de incubação, estes numeros tornavam-se respectivamente em 11,2, 4,6 e 1,95. O mesmo autor, na mesma installação, no primeiro semestre de 1906 encontra, em mgr. por litro, na agua bruta 10,56, no effluente da fossa septica 11,45, no effluente do primeiro contacto 6,92 ( $40\%$  de redução referida ao effluente da fossa) e no effluente do segundo contacto 4,05 ( $65\%$  de redução referida ao effluente septico) de  $\text{NH}_3$  livre ou salino.

As analyses de 1906-1907 dão ainda a CALMETTE, em mgr. de  $\text{NH}_3$  livre ou salino por litro: 12,6 para a agua bruta, 13,1 para o effluente septico, 7,4 ( $43,5\%$  de redução referida ao effluente septico) para o effluente do primeiro contacto e 4,1 (redução de 68,7 referida ao effluente da fossa) para o effluente do segundo contacto.

**Azote nitroso.** — A quantidade de nitritos é sempre minima.

Nas analyses de DIBDIN, em 1896-1897, o azote dos nitritos subia de  $0^{\text{mgr.}}$ ,21 por litro da agua de esgoto a  $3^{\text{mgr.}}$ ,01 por litro do effluente do primeiro leito, para descer no segundo effluente (leito de coke) a  $0^{\text{mgr.}}$ ,87 por litro.

As experiencias de RIDEAL em 1899 na mesma installação mostram a passagem dos nitritos de 0 (na agua bruta) a  $2^{\text{mgr.}}$ ,35 por litro, no primeiro leito, com um decrescimento no effluente do segundo leito para  $1^{\text{mgr.}}$ ,57 por litro.

Nas experiencias de Massachussets, em 1899, vêem-se os

nitritos passar de 0 (na agua de esgoto e no effluente da fossa) a  $0^{\text{mgr}},056$  por litro do effluente do unico contacto.

CALMETTE no anno de 1904-1905 nunca achou nos effluentes dos leitos bacterianos mais do que 1 mgr. de nitritos e isto muito excepcionalmente.

No primeiro semestre de 1906 obteve com o primeiro contacto nitritos que no maximo attingem  $0^{\text{mgr}},8$  por litro e com o segundo contacto uma media de 1 mgr. por litro, expressos em  $\text{N}_2\text{O}_3$ . A incubação leva os nitritos de 0,8 e 1,4, respectivamente em cada effluente, a 0,4 e a 3,7 mgr. por litro (media das analyses feitas em maio de 1906).

Para 1906-1907, CALMETTE obtem em media  $0^{\text{mgr}},32$  por litro no effluente do primeiro contacto e  $0^{\text{mgr}},47$  por litro no do segundo, sempre expressos em  $\text{N}_2\text{O}_3$ .

**Azote nitrico.** — Os nitratos apparecem em quantidade por vezes muito abundante, mas geralmente só depois do segundo contacto. No effluente do primeiro contacto são quasi sempre em pequena quantidade.

Com o primeiro filtro de DIBDIN, em Barking, o effluente da precipitação, contendo em media  $2^{\text{mgr}},45$  de nitrato por litro apresentava depois de atravessar o leito  $6^{\text{mgr}},6$  por litro; augmento, portanto, de  $4^{\text{mgr}},15$  por litro.

Ainda DIBDIN, nas analyses de 1896-1897 feitas dos effluentes dos leitos de Sutton, vê que os nitratos, eguaes a 0 na agua bruta, passam a  $7^{\text{mgr}},5$  e  $19^{\text{mgr}},9$  por litro, respectivamente depois do primeiro e do segundo contactos.

As analyses de junho de 1899 feitas na mesma installação por RIDEAL mostram que, de 0 na agua de esgoto, os nitratos passam a  $5^{\text{mgr}},53$  e  $31^{\text{mgr}},8$  por litro, respectivamente, nos effluentes primarios e secundarios.

DIBDIN e THUDICUM nos seus leitos de varios materiaes encontram, em mgr. por litro, respectivamente em cada effluente dos tres contactos:

Com tres leitos de areia ferrea carbonada..	0,	0,90,	36,7
Com tres leitos de coke miudo.....	0,	5,80,	42,7
Com dois leitos de coke miudo e o terceiro de areia.....	0,	6,81,	58,9
Com tres leitos de argilla cosida.....	0,	6,14,	41,5
Com tres leitos de carvão animal.....	0,	12,10,	36,8

Nas primeiras experiencias, de 1899, em Massachussets vê-se o azote nitrico subir de 0, na agua de esgoto e effluente da fossa septica, a 18 mgr. por litro, depois do unico contacto em leito de coke.

CALMETTE na installação de Madeleine, de junho de 1904 a julho de 1905, encontra em media, por litro, 0<sup>mgr.</sup>,7 de nitratos no effluente da fossa septica, 5<sup>mgr.</sup>,25 no effluente do primeiro contacto e 15<sup>mgr.</sup>,3 no do segundo.

No primeiro semestre de 1906 nos effluentes do primeiro e do segundo contactos encontrava respectivamente 5<sup>mgr.</sup>,59 e 15<sup>mgr.</sup>,51 de nitratos por litro. A incubação das amostras colhidas de 4 a 31 de maio de 1906 fazia variar a riqueza em nitratos de 1,2 e 0,9 a 0,5 e 2,1, respectivamente para cada effluente.

Em 1906-1907 a media dos nitratos em cada um dos dois effluentes dos leitos foi de 4<sup>mgr.</sup>,2 e 16<sup>mgr.</sup>,4 por litro, respectivamente.

**Azote total.** — A quantidade de azote total dissolvido diminue geralmente no effluente. A quantidade transformada em nitratos e nitritos não compensa a perda de azote ammoniacal e organico.

Assim, por exemplo, das analyses de RIDEAL em Sutton,

vê-se que o azote total igual a  $61^{\text{mgr.}},22$  por litro de agua de esgoto passa para  $34^{\text{mgr.}},7$  e  $40^{\text{mgr.}},39$  por litro nos effluentes respectivamente de leitos grosseiros e de leitos finos (reducção de  $43,4\%$  e de  $34,1\%$ ).

**Carbono organico.** — Depois de cada contacto, o carbono organico dissolvido diminue muito.

CALMETTE obteve como medias, em mgr. por litro: de julho de 1904 a junho de 1905,  $145$  no effluente da fossa septica,  $76,5$  (reducção de  $47,2\%$ ) no effluente do primeiro contacto, e  $50$  (reducção de  $66\%$ ) no effluente do segundo contacto. No primeiro semestre de 1906, o carbono, igual a  $45^{\text{mgr.}},2$  na agua bruta e a  $35^{\text{mgr.}},7$  no effluente da fossa, desce a  $23^{\text{mgr.}},6$  (reducção de  $34\%$  referida ao effluente da fossa) e a  $17$  mgr. (reducção de  $52,4\%$  referida ao effluente septico) depois do primeiro e do segundo contacto.

Das experiencias de 1906-1907, em Madeleine, conclue-se que a quantidade de carbono dissolvido do effluente septico queimado nos leitos bacterianos é em media de  $26\%$  e  $51,5\%$  para o effluente do primeiro e para o do segundo contacto (agua de esgoto bruta  $70^{\text{mgr.}},1$ , effluente septico  $55^{\text{mgr.}},7$ , effluente do primeiro contacto  $41^{\text{mgr.}},2$  e effluente do segundo contacto  $27$  mgr. por litro).

Lembremos que o carbono e o azote suspensos são retirados do liquido, pela passagem nos leitos, de um modo practicamente total.

**Chloro.** — O chloro pouco ou nada diminue na passagem pelos leitos; pôde mesmo augmentar ligeiramente.

Assim nos leitos de Sutton persiste sempre igual a  $128$  mgr. por litro, nas analyses de DIBDIN, em 1896-1897. RIDEAL encontra na mesma installação, em 1899, uma ligeira diminuição: de  $114^{\text{mgr.}},7$  por litro, no liquido bruto, passa para  $98^{\text{mgr.}},3$  e  $95^{\text{mgr.}},7$  nos effluentes primario e secundario.

Por vezes augmenta: no relatorio de Massachussets, 1899, vê-se passar de  $92^{\text{mgr.}}$ ,1 por litro da agua de esgoto bruta para  $101^{\text{mgr.}}$ ,4 por litro no effluente da fossa septica e  $105^{\text{mgr.}}$ ,3 por litro no effluente do leito de coke.

Prova da incubação. — O oxygeneo absorvido á custa do permanganato em tres minutos antes e depois da incubação em vaso fechado a  $30^{\circ}$  durante 7 dias era, respectivamente, em mgr. por litro: 5,15 e 5,7 para o effluente do primeiro contacto e 3,60 e 2,9 para o effluente do segundo contacto da installação de Madeleine, no anno de 1904-1905. No anno de 1906, de janeiro a maio, a incubação fazia passar o oxygeneo consumido em tres minutos de 5,18 a 6,59 para o effluente do primeiro contacto e de 3,79 a 3,21 para o effluente do segundo contacto. As medias annuaes de 1906-1907 mostram que os effluentes do primeiro e do segundo contacto, que em 3 minutos absorvem respectivamente  $5^{\text{mgr.}}$ ,6 e  $3^{\text{mgr.}}$ ,6 de oxygeneo por litro, passam, depois de incubação durante 7 dias em vaso fechado a  $30^{\circ}$ , a absorver respectivamente 7,4 e 2,9 mgr. por litro.

Vêmos, pois, que em todos estes casos o effluente primario é putrescível, mas o segundo effluente já o não é.

Já atraz ficaram indicados os resultados da incubação para para o ammoniaco, o azote nitroso e o azote nitrico, na installação de Madeleine.

\*

Parece-me conveniente, para facilidade de apreciação dos resultados obtidos com os leitos de contacto e da sua comparação com os resultados fornecidos pelos outros processos, resumir no quadro da pag. seguinte o que temos vindo dizendo.

Visto que os numeros apresentados são todos elles aproveitados de medias obtidas em installações funcçionando sob

Efluente do leite de	Materias suspensas (percentagens medias de redução obtidas)	Materias dissolvidas										Inubação a 30°, durante 7 dias em vaso fechado			
		Oxigeno consumido em 4 horas (percentagens medias de redução)	Oxydabilidade em 40 <sup>m</sup> com ebulição (percentagens medias de redução) (α)		Azoto organico (percentagens medias de redução)	Azoto albuminico (percentagens medias de redução)	Amoniacas livre ou salino (percentagens medias de redução)	Azoto nitroso (quantidade em mgr. por litro)	Azote nitrico (quantidade media em mgr. por litro)	Azote total dissolvido	Carbono organico dissolvido (percentagem media de redução)		Chloro	Oxigeno consumido em 3 minutos	Amoniacas livre ou salino
1.º contacto	89,7	55,8	45,7	43,5	33,5	33,50	47,27	de 0 a 3mgr.	4,13	ha sempre uma perda notavel depois dos contactos	41	Chloro	augmenta	augmenta	diminuem
2.º contacto	99,5	69,9	64	64,5	56,5	52	71,21	menor ainda do que acima	13		60	varia pouco	diminue	augmenta pouco ou diminue	diminuem ainda
3.º contacto	praticamente, 100	83	—	—	—	81	97	—	43	—	—	—	—	—	—

(a) Notemos que a percentagem de depuração apreciada pela oxydabilidade com ebulição afasta-se um pouco d'aquella que a oxydabilidade em 4 horas nos dá. Acontece, porém, que esta media ultima é obtida dos resultados apresentados por CALMETTE e pelos autores ingleses, ao passo que para a formação da primeira media apenas foram utilizados os resultados obtidos por CALMETTE, pois que os ingleses raro praticam a oxydabilidade a quente. Se, para comparação, tomarmos os resultados de CALMETTE para a redução da oxydabilidade em 4 horas, vemos que as medias obtidas para o primeiro e segundo contacto são respectivamente de 43 e 60,3 que já se approximam muito das medias da redução da oxydabilidade a quente em 10<sup>m</sup>.

a direcção de pessoas de reconhecida competencia, ficando nós garantidos de que terão sido realizadas as condições convenientes, novos numeros que sejam as medias d'aquellas medias dar-nos-ão uma idéa rapida e de approximação sufficiente do que sejam os effeitos obtidos pelo emprego dos leitos de contacto.

As percentagens de redução de umas substancias ou do augmento de outras referem-se n'este quadro, em todos os casos, ao liquido que directamente afflue aos leitos; só teremos em consideração as differenças de composição que a passagem e a estada nos leitos trazem a um determinado liquido. As percentagens referir-se-ão, portanto, á agua de esgoto bruta, apenas quando não haja um tratamento previo em fossas septicas, de sedimentação ou de precipitação, porque, havendo o, as percentagens referir-se-ão aos effluentes d'essas fossas.

\*

Póde ser interessante comparar o que fica dito com os resultados apresentados no quadro de pag. 420. *a*, para o tratamento, em leitos de contacto, das aguas residuaes de varias cidades inglesas. Este quadro, formado com elementos colhidos no quinto relatorio da Commissão Real Inglesa, indica, para cada caso, muitas das condições de construcção e do funcionamento dos leitos.

D'um modo geral, suppondo que se faz o numero de enchimentos conveniente, se emprega o material de natureza e dimensões mais adequadas ás circumstancias e se dirige racionalmente a installação, póde dizer-se que o effluente do primeiro contacto será ainda bastante conspurcado, a não ser quando a agua de esgoto seja pouco concentrada e tenha soffrido um tratamento previo bem dirigido.

Ao contrario, o effluente do segundo contacto será quasi sempre inodoro e imputrescivel, e não nocivo para as plantas e para os peixes dos cursos naturaes. Mais do que tres con-

Local	Qualidade do liquido afluente ao leito	Analyse do afluente nos leitos, em mgr. por litro				Numero de contactos	Material dos leitos	Dimensões do material	Altera occupada pelo material no leito	Media do numero de enchimentos diarios dos leitos primarios	Quantidade de liquido tratado diariamente por m <sup>3</sup> de material	Analyse do effluente final, em mgr. por litro						Estado dos leitos	
		Azote ammoniacal	Azote albuminoide	Oxigeno consumido á custa do permanganato em 4 horas	Solidos suspensos							Azote ammoniacal	Azote albuminoide	Azote oxydado	Oxigeno absorvido em 4 horas á custa do permanganato	Prova de incubação (cheiro)	Solidos suspensos		Oxigeno dissolvido desaparecido em 24 horas
Hampton....	agua de esgoto bruta	94	13,8	178,2	485	3	escorias	primario—grossoiro secundario—medio terciario—muito fino	1 <sup>m</sup> ,22	cerca de 3	255,548	7,1	1,1	26,4	13,1	12 + em 12	vestigios	3,8	A agua de esgoto impermeabiliza os leitos primarios n'um anno.
Newton.....		43	8,6	123,2	306	1	escorias	medio a grossoiro	1 <sup>m</sup> ,07	1,7	540,803	34	3,7	1,6	67,9	2 — em 2	85	62	Leitos seriamente impermeabilizados á superficie ao fim de 5 annos de funcionamento, pouco mais ou menos.
Withnell....		53,5	12,3	211,9	339	2	escorias	primario—grossoiro secundario—medio	primario — 1 <sup>m</sup> ,52 secundario — 1 <sup>m</sup> ,07	0,71	108,160	8,9	4,1	0	38,6	3 — em 3	55	6,6	Leitos primarios seriamente impermeabilizados ao fim de 5 annos.
Halton.....	effluente de fossas de sedimentação	47,2	6,9	83,3	107	2	primario — coke, escorias e pedras secundario— coke	primario } um tanto grossoiro secundario }	primario — 1 <sup>m</sup> ,3 secundario — 0 <sup>m</sup> ,99	cerca de 4	475,432	15,4	2,3	8,8	25,2	2 + em 5	cerca de 30	—	Leitos primarios impermeabilizados ao fim de 4 annos.
Oldham.....		32,2	5,3	30,6	158	1	escorias	medio a grossoiro	0 <sup>m</sup> ,91 a 0 <sup>m</sup> ,38	—	cerca de 594,29	15,1	2,3	3,1	9,9	—	51	—	—
Oswestry....		34,8	9,2	103,7	228	2	escorias	primario } medio a grossoiro secundario }	1 <sup>m</sup> ,37	4 a 5	305,465	5,6	1,8	11,6	17,6	8 + em 10	cerca de 20	7,2	Leitos primarios impermeabilizados ao fim de 3 ou 4 annos.
Andover....	effluente de fossas septicas	74,4	9,8	75,3	111	1	escorias	medio a fino	1 <sup>m</sup> ,22	1,4	683,433	48,2	6	0	42,6	3 — em 3	98	27,7	Material dos leitos exigiu lavagem ao fim de cerca de 4 annos.
Guildford...		91,1	10	114,2	159	2	pedaços de argilla cosida ou escorias	primario—um tanto grossoiro secundario—um tanto fino	0 <sup>m</sup> ,76	2	134,903	10,8	3,2	12,2	27,7	4 + em 7	cerca de 10	—	Leitos primarios com perda de perto de 1/3 da sua capacidade ao fim de 4 annos.
Slaithwaite..		17,9	3,7	38,8	71	1	escorias	medio	1 <sup>m</sup> ,52	1,5	368,459	8,4	1,7	5,7	21,5	2 + em 7	cerca de 20	15,2	Superficie do material impermeabilizada ao fim de 4 annos.
Calverley...	effluente de fossas de precipitação chimica	96,4	11,1	119,4	118	1	escorias	fino a grossoiro	0 <sup>m</sup> ,91	cerca de 0,7	178,287	26,7	3	3,3	35,7	4 + em 13	88	11,4	Leitos ainda em bom estado ao fim de 10 annos.
Hendon.....		48,8	7,6	72,5	41	1	pedaços de argilla cosida e tijolos partidos	fino a medio	1 <sup>m</sup> ,52	2,5	—	17,2	1,6	12,2	20,7	3 + em 3	vestigios	—	Leitos ainda em bom estado ao fim de 6 annos.
Kingston....		36,4	4,4	51,7	15	1	escorias ou coke	medio	0 <sup>m</sup> ,91	4	148,572	19,6	1,2	12,2	8,4	3 + em 3	cerca de 10	1,8	Leitos de coke reteem 20% da sua capacidade geometrica ao fim de 2 annos; os de escorias 32% ao fim de 4 annos.

(!) Os numeros em typo ordinario representam as medias de séries diarias (geralmente tres) de analyses de amostras colhidas em todas as horas das 24, em tempo secco proporcionalmente ao volume da onda da occasião. Os numeros em italico são medias de analyses de amostras muito numerosas colhidas, com qualquer tempo (secco ou de chuvas; em varias occasiões.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY

No.	Date	Description
1	1830	...
2	1831	...
3	1832	...
4	1833	...
5	1834	...
6	1835	...
7	1836	...
8	1837	...
9	1838	...
10	1839	...
11	1840	...
12	1841	...
13	1842	...
14	1843	...
15	1844	...
16	1845	...
17	1846	...
18	1847	...
19	1848	...
20	1849	...
21	1850	...
22	1851	...
23	1852	...
24	1853	...
25	1854	...
26	1855	...
27	1856	...
28	1857	...
29	1858	...
30	1859	...
31	1860	...
32	1861	...
33	1862	...
34	1863	...
35	1864	...
36	1865	...
37	1866	...
38	1867	...
39	1868	...
40	1869	...
41	1870	...
42	1871	...
43	1872	...
44	1873	...
45	1874	...
46	1875	...
47	1876	...
48	1877	...
49	1878	...
50	1879	...
51	1880	...
52	1881	...
53	1882	...
54	1883	...
55	1884	...
56	1885	...
57	1886	...
58	1887	...
59	1888	...
60	1889	...
61	1890	...
62	1891	...
63	1892	...
64	1893	...
65	1894	...
66	1895	...
67	1896	...
68	1897	...
69	1898	...
70	1899	...
71	1900	...
72	1901	...
73	1902	...
74	1903	...
75	1904	...
76	1905	...
77	1906	...
78	1907	...
79	1908	...
80	1909	...
81	1910	...
82	1911	...
83	1912	...
84	1913	...
85	1914	...
86	1915	...
87	1916	...
88	1917	...
89	1918	...
90	1919	...
91	1920	...
92	1921	...
93	1922	...
94	1923	...
95	1924	...
96	1925	...
97	1926	...
98	1927	...
99	1928	...
100	1929	...
101	1930	...
102	1931	...
103	1932	...
104	1933	...
105	1934	...
106	1935	...
107	1936	...
108	1937	...
109	1938	...
110	1939	...
111	1940	...
112	1941	...
113	1942	...
114	1943	...
115	1944	...
116	1945	...
117	1946	...
118	1947	...
119	1948	...
120	1949	...
121	1950	...
122	1951	...
123	1952	...
124	1953	...
125	1954	...
126	1955	...
127	1956	...
128	1957	...
129	1958	...
130	1959	...
131	1960	...
132	1961	...
133	1962	...
134	1963	...
135	1964	...
136	1965	...
137	1966	...
138	1967	...
139	1968	...
140	1969	...
141	1970	...
142	1971	...
143	1972	...
144	1973	...
145	1974	...
146	1975	...
147	1976	...
148	1977	...
149	1978	...
150	1979	...
151	1980	...
152	1981	...
153	1982	...
154	1983	...
155	1984	...
156	1985	...
157	1986	...
158	1987	...
159	1988	...
160	1989	...
161	1990	...
162	1991	...
163	1992	...
164	1993	...
165	1994	...
166	1995	...
167	1996	...
168	1997	...
169	1998	...
170	1999	...
171	2000	...
172	2001	...
173	2002	...
174	2003	...
175	2004	...
176	2005	...
177	2006	...
178	2007	...
179	2008	...
180	2009	...
181	2010	...
182	2011	...
183	2012	...
184	2013	...
185	2014	...
186	2015	...
187	2016	...
188	2017	...
189	2018	...
190	2019	...
191	2020	...
192	2021	...
193	2022	...
194	2023	...
195	2024	...
196	2025	...
197	2026	...
198	2027	...
199	2028	...
200	2029	...
201	2030	...

tactos não serão geralmente necessarios. O grau de depuração não é comtudo constante e nem sempre se manterá a uma altura conveniente; por isso o *Local Gouvenment Board*, em Inglaterra, manda que os effluentes dos leitos de contacto sejam tratados pelo solo; deve dizer-se que a maior parte das cidades se dispensa de seguir essa prescripção.

b) Sob o ponto de vista bacteriologico

α) Numero total dos germens

Em presença das percentagens de redução em o numero das bacterias, que alguns autores apresentam como resultantes do tratamento biologico pelos leitos de contacto, percentagens de 70, 80 e 90, quem esteja desprevenido póde ser levado a esperar que os effluentes dos leitos se mostrem pouco ricos em germens. Mas quem, sem se deixar levar pela magia dos numeros que constituem tão elevadas percentagens, examinar os liquidos resultantes do tratamento vê que a quantidade de microbios ahi existentes sobe a muitos milhares e por vezes mesmo a alguns milhões por c. c.

O effluente do leito de coke de Massachussets, precedido de fossa septica, apresentava, segundo o relatorio de 1899, uma redução total de 97,8 % em o numero das bacterias, referida á agua bruta; d'esta redução, 83,8 % cabiam á fossa. Fazendo a conta, vê-se que a redução que cabe ao leito, referida não já á agua bruta mas ao effluente septico, é de 86,4 %. Apesar de tão elevadas percentagens de redução, o effluente final continha ainda 44100 bacterias por c. c. E acontece isto com uma agua de esgoto americana, de sua natureza mais diluida e portanto menos rica em germens do que as que geralmente se encontram na Europa; com effeito na agua de esgoto bruta os germens apenas eram 2 milhões por c. c. e a acção da fossa reduzia-os a 324.500 por c. c.

Na Europa, com um só contacto o effluente seria muito mais rico em bacterias; assim, em Inglaterra, HOUSTON encontra no effluente do leito de um só contacto de Barking mais de um milhão de germens por c.c. (Relatorio de 28 de julho de 1900).

É verdade que geralmente na Europa fazem-se mais do que um contacto, pelo menos dois, e no segundo a redução nos germens accentua-se; mas o numero fica ainda elevado: Em Manchester, em 1900, BOYER encontra 331.700 bacterias por c. c. no effluente do primeiro contacto, e ainda 115.100 por c. c. no effluente do segundo. CALMETTE, durante os mezes de abril, maio e junho de 1905, em Madeleine, encontra como medias de microbios aerobios cultivaveis em gelatina peptonada e contados ao quinto dia a 22°: na agua de esgoto bruta 135.820:00 por c. c.; nos effluentes das fossas 61.800:000 (fossa aberta) e 66.600:000 (fossa fechada) por c. c.; no effluente do primeiro contacto 23.740:000 por c. c.; no effluente do segundo contacto 16.380:000 por c. c. (1). Apesar da elevada riqueza microbiana, vemos que estes effluentes apresentam respectivamente uma redução de 82,6% e 88% sobre a agua de esgoto bruta e de 64,4 e 75,5% sobre o effluente da fossa fechada.

Estes numeros de germens são excepcionalmente elevados. No anno seguinte, CALMETTE apresenta como medias por c. c.: 4.050:000 germens aerobios e 1.224:000 anaerobios para a agua de esgoto bruta; 50.250:000 aerobios e 1.750:000 anaerobios para o effluente das fossas septicas; 2.900:000 aerobios e 98:000 anaerobios para o effluente do segundo contacto (2).

---

(1) Os germens liquefacientes da gelatina seriam por c.c.: 3.290:000 na agua bruta, 3.550:000 no effluente da fossa aberta, 1.920:000 no effluente da fossa fechada, 1.070:000 no effluente do primeiro contacto, e 960:000 no effluente do segundo contacto.

(2) Os germens liquefacientes da gelatina seriam 675:000 por c. c. para a agua bruta, 5.900:000 por c. c. para o effluente septico, e 1.200:000 por c. c. para o effluente do segundo contacto.

A riqueza em bacterias é ainda muito grande no effluente do segundo contacto; apesar d'isso as percentagens de redução são muito elevadas; com effeito, se referidas á agua de esgoto bruta são de 28,4 % para os aerobios e de 92 % para os anaerobios, tornam-se muito mais importantes (94,3 % para os aerobios e 94,4 % para os anaerobios) se, como é natural, referimos antes a eliminação ao numero de germens do effluente septico, para assim pôrmos em relevo a acção eliminadora particular dos leitos.

Rouchy, fazendo tres contactos com agua de esgoto de Paris, em Asnières, obtém um effluente contendo 400:000 a 800:000 germens por c. c., o que não impede que em relação á agua tratada a redução atinja percentagens de 90,95 a 99 %.

Não se deve estranhar que, no liquido tratado e de razoavel pureza chimica, o numero de bacterias seja muito elevado.

A agua de esgoto é, como sabemos, um meio no qual os microbios abundantemente pululam; a estada em fossa septica, por vezes, longe de lhes reduzir o numero, augmenta-o consideravelmente. Nos leitos bacterianos os materiaes, propositadamente volumosos, estão longe de representar o papel que nos filtros finos, de areia ou outros, os respectivos elementos desempenham, augmentando muito as probabilidades de retenção mecanica dos germens. Nos leitos biologicos, mesmo, para alguns germens, são as condições voluntariamente procuradas de modo a favorecel-os na sua acção vital de destruição da materia organica e a tornarem-n'os, a elles proprios, agentes depuradores.

Estes agentes são de varias especies, como sabemos. Mesmo quanto aos germens nitrificadores, não ha na verdade apenas o nitrosomonas, e o nitrobacter de WINOGRADWSKY; outras bacterias tambem concorrem para o mesmo fim. Comtudo são aquelles os mais influentes e quando encontrando-se em meios convenientes, bem arejados e pouco ricos em materia organica, concorrerão poderosamente para fazer baixar a riqueza do

meio em germens de outras especies, que difficilmente prosperam depois de terem consumido a maior parte da substancia organica.

Já JORDAN e RICHARDS, no relatorio de Massachussets de 1890, diziam que quanto mais intensa era a nitrificação nos leitos filtrantes de *Lawrence Experimental Station* tanto menor era o numero de bacterias no effluente. Hoje todos sabem que, com effeito, quanto mais longe vae a oxydação da materia organica tanto menor é, no meio, a sobrevivencia dos germens cultivaveis nos caldos ou meios ordinarios do laboratorio, os unicos germens cujo numero se determina.

Os numeros que temos dado referem-se a contagens com sementeiras feitas na occasião das colheitas; os effluentes dos leitos avançados na depuração chimica, contendo pouco alimento para os microbios, descem muito depressa na riqueza bacteriologica geral. Assim, CALMETTE collocando na estufa a 30°, a melhor temperatura para a multiplicação microbiana, uma certa quantidade de effluente do segundo contacto em que a eliminação referida á agua de esgoto bruta (antes de entrada na fossa septica) era apenas de 28,4 0/0, nota que a eliminação depois de dois e de cinco dias é, respectivamente, de 74,9 e 99,6 0/0; o effluente do segundo contacto antes da incubação continha 2.900:000 germens por c. c., dos quaes 1.200:000 liquefacientes; depois de dois dias na estufa a 30°, 1.020:000 e 250:000, e depois de cinco dias 14:400 e 4:500, respectivamente aerobios totaes e liquefacientes.

Em presença d'estes factos, conclue-se que o grande numero de bacterias dos effluentes não prejudicará sensivelmente o rio a que estes sejam lançados, isto quando não se queira já acceitar, como DUPRÉ em 1894, que o vão beneficiar (vol., pag. 65, nota 1).

Por vezes (em Inglaterra sempre theoreticamente, segundo a lei, mas quasi nunca na pratica) o effluente dos leitos é lançado ao solo, onde soffre nova e mais completa depuração, libertando-se de uma grande quantidade de bacterias e approximando-

do-se mesmo, se o solo é conveniente e bem preparado, das aguas das melhores fontes.

Na generalidade dos casos, porém, não é licito esperar nem é razoavel exigir que os liquidos depurados pelos leitos, no momento em que affluem ao rio, sejam tão pobres em germens como as aguas d'este.

Quando uma redução numerica geral de bacterias por qualquer motivo fosse exigida para o liquido antes de rejeitado no rio, utilizar-se-iam filtros de material fino especiaes ou recorrer-se-ia á esterilização; a estes pontos teremos ainda de voltar.

#### β) Sobrevivencia de germens pathogenicos

Muito mais importante do que o numero total dos germens de um effluente é a sua qualidade.

Ao passo que um grande numero de saprophytas é inoffensivo, uma reduzida quantidade de pathogenicos pôde ser muito perigosa.

Felizmente, as bacterias mais virulentas são tambem, geralmente, as menos resistentes e morrem ou enfraquecem na sua acção, e então o perigo desaparece, porque as substancias toxicas produzidas pelos germens são muito instaveis e decompõem-se facilmente em productos inoffensivos. Assim é que uma agua de esgoto esterilizada a 100° durante uma hora ou filtrada por um filtro PASTEUR não produz effeito algum nocivo quando em injecções sub-cutaneas (RIDEAL); por vezes, semelhantemente, as injecções de effluentes de leitos não esterilizados ficam inoffensivas, demonstrando a falta provavel de agente pathogenico no liquido depurado: em Exeter lançou-se uma certa quantidade de effluentes n'um caldo que se deixou em incubação durante 48 horas e de que se injectaram subcutaneamente 2 c. c. a coelhos e cobaios que nada soffreram.

Nas determinações qualitativas, as especies mais frequente-

mente encontradas nos efluentes dos leitos bacterianos são os *b. subtilis*, *megaterium*, *proteus mirabilis*, numerosas variedades de *fluorescens liquefaciens*, e *oidium lactis*; as bacterias chromogeneas são frequentes e entre ellas o *b. violaceus*, *prodigiosus* e uma sarcina amarella (CALMETTE).

O *b. pyocianico* é muito frequente e bem assim o estrep-tococco; o estaphylococco é muito raro.

Dos germens pathogenicos os mais vezes investigados são o coli (1) e o typhico.

O coli nos efluentes de leitos de contacto é constante. Houston afirma que os leitos o reduzem pouco; no seu relatório de 28 de julho de 1900 mostra que o effluente do leito de Barking, se bem que tendo menos coli do que a agua bruta, contém ainda mais de 100:000 d'estes germens, por c. c. Convém, porém, notar que em Barking e Crossness (Londres) os efluentes nunca são levados até uma nitrificação importante; apenas se tem em vista obter um liquido toleravel para poder ser lançado no largo estuario do Tamisa; portanto, como o proprio Houston faz notar, a tão grande abundancia de coli, n'este caso, poderia indicar apenas que o liquido, putrescível, ainda não fora levado pelas bacterias (entre estas, o coli), tão longe na depuração chimica que aos germens começasse a escacear o alimento.

Muito mais reduzido, com effeito, é o numero de coli que, em 1900, Boyce encontra no effluente dos leitos de Manchester: 1:420 por c. c. e 329 por c. c., respectivamente para o primeiro e para o segundo contacto.

CALMETTE, em Madeleine, encontra em media 4:000 coli por c. c. dos efluentes do segundo contacto (para 20:000 por c. c. do effluente da fossa septica, isto é, 80 % de eliminação).

---

(1) O coli pode não ser pathogenico na significação ordinaria da palavra; mas a sua presença implica a possibilidade de existencia simultanea de outros germens nocivos.

O typhico é raro nos effluentes dos leitos; CALMETTE nunca o encontrou.

O motivo principal d'isto é a raridade d'este germen na propria agua de esgoto. Com effeito, se, como Mc. CONCKEY faz notar, deve haver alguns bacillos typhicos na agua de esgoto, provenientes dos doentes, por exemplo, esses bacillos são em tão pequeno numero que só difficilmente se encontram. Os leitos bacterianos, menos ainda do que as fossas septicas, teem condições favoraveis para lhes permittirem a sua multiplicação e por isso nos effluentes só por acaso, nas condições habituaes, algum d'esses germens apparecerá, e então sem tendencia para se multiplicar.

Desde porém que, por qualquer motivo, os germens typhicos venham a affluir aos leitos de contacto, como acontece com o coli, a redução que haverão de soffrer será importante, sem que comtudo a eliminação venha a ser total. RICKARD, em Exeter, obtem uma redução de 90 % dos bacillos typhicos lançados na agua de esgoto, por meio da utilização dos leitos; a passagem em seguida, n'estes leitos, de um novo liquido destituido de b. typhicos apenas faz com que o leito lhe ceda 1 % dos germens que retivera. Vê-se, pois, que nos supports não se multiplicam nem encontram circumstancias favoraveis que lhes permittam estragar de modo sensivel as porções de liquido ulteriores.

Portanto, sem que se affirme que o b. typhico porventura apparecido na agua de esgoto ha de forçosamente ter perdido a sua vitalidade ou mesmo a sua virulencia quando ao sahir dos leitos de contacto, parece, pelo menos, seguro que terá sido reduzido no seu numero pela passagem pelo leito.

O que fica dito para o germen typhico, applica-se ao da cholera.

Os esporos do *b. enteritidis sporogenes* teem sido objecto de investigações; KLEIN, fazendo notar a sua muita virulencia, affirma que este anaerobio pôde causar diarrhea.

Houston é de opinião de que não se pôde dizer que os leitos biologicos produzam uma baixa notavel no numero de *enteritidis* da agua residual: na realidade a redução era muito pequena no leito de Barking, cujo effluente continha ainda 100 a 1:000 por c. c. e nos effluentes dos leitos de Crossness onde os esporos variavam entre 10 e 1:000 por c. c.

Contra Houston, Boyce afirma que a passagem pelos leitos reduz consideravelmente o numero do *enteritidis sporogenes* principalmente se tem havido um tratamento previo; nos effluentes dos leitos de Chorley, Oldham e Manchester (estes prece-didos por fossa septica) o *b. enteritidis* não foi achado.

Se no effluente dos leitos se encontram germens pathogenicos, o caso pôde merecer attenção. A contaminação pôde ser levada até pontos muito distantes: Johnson e Whipple mostraram que o coli é tomado pelo peixe, em cujo intestino se multiplica abundantemente; este peixe, indo para outras aguas, mesmo afastadas e na apparencia livres de contacto com liquidos sujos, poderá ahi lançar grandes quantidades de germens.

Ora o que acontece para o coli pôde porventura acontecer para o typhico e para outros germens. Seria esta a explicação da existencia d'estes organismos em aguas afastadas dos logares directamente polluidos pelas substancias rejeitadas.

Pôde, portanto, ser util destruir os germens pathogenicos de um effluente de leito de contacto. Recorrer-se-á, então, a tratamentos não biologicos, de desinfecção, que já foi descripta para a agua de esgoto bruta e que o será de novo, quando tivermos tratado dos resultados obtidos pelos leitos insubmersiveis, para os effluentes dos leitos bacterianos em geral.

## 12) Custo da depuração por leitos de contacto

Como muito bem se comprehende, o custo de uma installação de leitos de contacto variará com as circumstancias locaes,

com as installações accessorias, com a natureza e volume de liquido a tratar e com o grau a que a sua depuração ha de ser levada.

Para commodidade, faremos o calculo da despesa para um caso hypothetico, de modo a podermos comparar os resultados com os já apresentados para outros processos de depuração. Servir-nos-emos dos elementos fornecidos pela *Royal Commission on Sewage*, suppondo que :

1.º O solo onde se vae fazer a installação tem as differenças de nivel necessarias para o escoamento do liquido se poder fazer por simples gravidade.

2.º A agua de esgoto é de um caracter domestico normal e de uma concentração media; isto é, uma agua de esgoto que exigirá cerca de 1:000 mgr. de oxygeneo (1) para a oxydação da materia organica contida n'um litro.

3.º A onda diaria de tempo secco é de 1000<sup>m3</sup> (2).

4.º Em tempo de chuva passa nos leitos uma onda dupla da habitual.

5.º A agua de esgoto tem sido previamente sujeitada a um tratamento preliminar com o fim de lhe retirar as materias suspensas.

6.º Quando esse tratamento preliminar é a precipitação chimica quiescente, ha leitos de um só contacto; com outros tratamentos preliminares ha dois contactos.

7.º O material dos leitos é quasi todo de dimensões medias; junto aos drenos ha uma porção de material mais grosseiro; na superficie uma camada de material fino.

8.º O fundo e os lados do leito são de cuidadosa construção, bem rebocados e impermeaveis á agua; os leitos teem uma profundidade de 0<sup>m</sup>,914.

---

(1) Este oxygeneo equivalerá a cerca de 100 a 120 mgr., por litro, de oxygeneo consumido em quatro horas á custa do permanganato.

(2) O calculo é feito proporcionalmente aos numeros dados pela Comissão Real para a hypothese da onda de tempo secco ser de 4543<sup>m3</sup>,5; veja-se o que a este respeito já foi dito a pag. 153, nota 2.

9.º O effluente dos leitos de contacto passa n'uma fossa final, com o fim de adquirir um caracter uniforme medio.

10.º O effluente depurado a obter deve ser satisfactorio.

A capacidade util que tem de ser dada aos leitos de contacto depende em grande parte da concentração e das materias suspensas no liquido que recebem.

O seguinte quadro mostra qual a concentração e a riqueza de materias suspensas no liquido obtido pelos varios tratamentos preliminares da agua de esgoto da hypothese e a quantidade de liquido que em cada caso pôde ser tratada por unidade de volume de material e dia.

Processos preliminares (1)	Concentração do effluente das fossas, affluente aos leitos	Materias suspensas em mgr. por litro do effluente das fossas e affluente aos leitos	Quantidade de liquido tratado diariamente por m <sup>3</sup> de material (1)	Volume de material necessario para o tratamento de mil m <sup>3</sup> diários (onda de tempo secco) (1)
Sedimentação quiescente .....	700	50 a 80	326,8	3060
Sedimentação em onda corrente ...	800	100 a 150	237,3	4207
Precipitação chimica quiescente...	500	10 a 40	832,2	1203
Precipitação chimica em onda corrente .....	600	30 a 60	505	1980
Passagem por fossa septica.....	800	100 a 150	237,7	4207

O seguinte quadro, imitado de KERSHAW, mostra o calculo de custo dos leitos de contacto necesarios para tratamento da onda de tempo secco de 1000<sup>m3</sup> diários da agua residual da nossa hypothese. O calculo inclue 15 0/0 para despesas varias, imprevistas, e para planos de engenharia.

(1) Com a precipitação chimica quiescente para tratamento preliminar só ha leitos de simples contacto; com os outros tratamentos ha leitos de duplo contacto.

Processos preliminares	Preço de construção dos leitos para tratar mil m <sup>3</sup> (1)
Sedimentação quiescente .....	21:868\$600
Sedimentação em onda corrente .....	26:613\$285
Precipitação chimica quiescente.....	8:453\$085
Precipitação chimica em onda corrente.....	14:768\$860
Passagem por fossa septica.....	26:613\$285

As principaes verbas n'esta despesa vão especificadas no quadro seguinte.

Processos preliminares	Custo do material filtrante	Custo dos muros e pavimentos	Custo da rebocação	Custo da excavação (2)
Sedimentação quiescente .....	5:383\$920	5:413\$660	1:635\$695	1:193\$565
Sedimentação em onda corrente....	7:168\$320	6:976\$990	2:152\$180	1:707\$075
Precipitação chimica quiescente....	3:744\$260	2:522\$940	669\$150	Ha apenas leitos de primeiro e unico contacto; não é necessaria excavação digna de nota.
Precipitação chimica em onda corrente .....	3:514\$270	3:848\$350	1:338\$200	877\$330
Passagem por fossa septica.....	7:168\$320	6:976\$990	2:152\$180	1:707\$075

(1) O preço de construção dos leitos é muito elevado, principalmente em virtude da forma cuidadosa por que se constroem artificialmente e se rebocam as paredes. Leitos mais simples seriam muito mais baratos e obtidos mesmo por um quarto do preço dado, quando formados por simples excavação no solo argilloso.

(2) Suppõe-se no nosso caso hypothetico que os leitos primarios estão,

É conveniente que haja uma fossa onde seja recebido o liquido effluente dos leitos de contacto para ahi se tornar de qualidade uniforme media e deixar sedimentar parte dos solidos que ainda traga, impedindo-se assim a possivel descarga de um liquido putrescivel durante a primeira onda ou de solidos putresciveis. Esta fossa, de 84<sup>m</sup>3 de capacidade, capaz de reter durante duas horas cada porção de agua de esgoto, será do systema DORTMUND e custará no total — 676\$090 réis.

O seguinte quadro dá a área necessaria para ser occupada pelos leitos e o seu custo á razão de 1:111\$935 réis o hectare.

Processos preliminares	Área requerida para a instalação por leitos de contacto, em m <sup>2</sup>	Custo da área necessaria para a instalação dos leitos de contacto
Sedimentação quiescente .....	2859	317\$900
Sedimentação em onda corrente.....	3723	413\$975
Precipitação chimica quiescente.....	1122	124\$760
Precipitação chimica em onda corrente ...	1808	201\$035
Passagem por fossa septica .....	3723	413\$975

É facil construir o quadro das despesas de primeira installação para um tratamento por leitos de contacto, como se vê na pagina aeguinte.

praticamente, acima do nivel do terreno, e que a excavação d'este só é exigida no caso dos leitos secundarios.

Processos preliminares	Custo da construção dos leitos de contacto, em réis	Custo da construção da fossa de decantação final, em réis	Custo do terreno para a instalação de leitos de contacto, em réis	Custo total da instalação de depuração por leitos de contacto, em réis
Sedimentação quiescente.....	21:868\$600	676\$090	317\$900	22:862\$590
Sedimentação em onda corrente....	26:613\$285	676\$090	413\$975	27:703\$350
Precipitação química quiescente....	8:453\$085	676\$090	124\$760	9:253\$935
Precipitação química em onda corrente.....	14:768\$860	676\$090	201\$035	15:645\$985
Passagem por fossa septica.....	26:613\$285	676\$090	413\$975	27:703\$350

Se juntarmos a estas despesas de instalação dos leitos as que se fazem com a instalação necessaria para os tratamentos preliminares teremos o seguinte quadro, dando as despesas de instalação para o tratamento completo.

Processos preliminares	Despesas de primeira instalação para o tratamento preliminar (em réis)	Despesas de primeira instalação para o tratamento nos leitos de contacto (em réis)	Despesas totaes de instalação para o tratamento completo (em réis)
Sedimentação quiescente....	6:384\$240	22:862\$590	29:246\$830
Sedimentação em onda corrente.....	5:468\$910	27:703\$350	33:172\$260
Precipitação química quiescente.....	6:538\$465	9:253\$935	15:792\$400
Precipitação química em onda corrente.....	4:336\$915	15:645\$985	19:982\$900
Passagem por fossa septica..	7:058\$660	27:703\$350(1)	34:762\$010(1)

(1) CALMETTE calcula que uma instalação de depuração por leitos

Calculando que o empréstimo necessario para a compra de terreno e construcção dos leitos e fossa final vence  $3 \frac{1}{2} \%$

de contacto custará em media 2\$700 réis por m<sup>2</sup>. Uma installação destinada a tratar 10:000m<sup>3</sup> diarios, de uma cidade de 100:000 habitantes, por leitos de contacto precedidos por fossas septicas exigiria uma superficie de 2:000m<sup>2</sup> para os dois contactos (depuração de 500<sup>l</sup> por m<sup>2</sup> de superficie e dia); a 2\$700 réis cada metro, custaria, pois, a installação dos leitos de contacto — 54:000\$000 réis. O mesmo autor calcula que outros 54:000\$000 réis seriam necessarios para a installação de tratamento preliminar em cinco fossas septicas de 2:000m<sup>3</sup> de capacidade cada e para os collectores. A installação completa custaria, pois, réis 108:000\$000, segundo CALMETTE.

BAUCHER apresenta o seguinte quadro para dar uma idéa approximada das despesas d'uma installação de tratamento completo de aguas de esgoto de composição analoga ás de Paris, em fossas septicas e leitos bacterianos (sem especificar se se trata de leitos submersiveis ou insubmersiveis).

Numero de habitantes	Volume da onda a tratar diariamente, á razão de 100 <sup>l</sup> por habitante, em m <sup>3</sup>	Custo da installação
1:000	100	3:060\$000
2:000	200	4:500\$000
5:000	500	9:000\$000
10:000	1:000	15:300\$000
50:000	5:000	69:300\$000
100:000	10:000	135:000\$000
500:000	50:000	540:000\$000
1.000:000	100:000	900:000\$000

Não se comprehendem n'estes calculos as despesas feitas com a separação de solidos fluctuantes e de solidos mineraes pesados, nem com a elevação por bombas.

Os calculos de CALMETTE e BAUCHER differem muito, como se vê, dos da Commissão Real Inglesa. Como já tem sido dito, é preciso em cada

de juros por anno e é pagavel em annuidades eguaes n'um periodo de trinta annos, temos os seguintes encargos annuaes para a installação dos leitos de contacto.

Processos preliminares	Encargos do emprestimo para a installação de leitos de contacto	
	Annualmente	Por mil m <sup>3</sup> de agua tratada (onda diaria de tempo secco)
Sedimentação quiescente .....	1:243\$120	3\$405
Sedimentação em onda corrente.....	1:504\$765	4\$120
Precipitação chimica quiescente .....	502\$330	1\$375
Precipitação chimica em onda corrente.....	849\$985	2\$330
Passagem por fossa septica .....	1:504\$765	4\$120

Para regular o funcionamento dos leitos de contacto são precisos dois homens (um de dia, outro de noute). Suppondo que esses homens ganham 1\$035 réis por semana e juntando um terço de ordenado de um empregado vigilante de toda a installação de depuração, que gaste na parte que pertence aos leitos de contacto um terço de seu tempo, se este ordenado fôr annualmente 128\$755 réis (1), a despesa assim feita será

caso precisar as circumstancias locaes, que muito farão variar as despesas a fazer. O que temos vindo dizendo ácerca do custo da depuração na hypothese apresentada, com condições bem determinadas, serve principalmente para fazer a comparação entre o dispendio occasionado com os varios processos de depuração, e indica o plano geral a seguir para, em cada caso particular, se poder fazer o orçamento respectivo.

(1) Aqui é onde se torna mais apparente o erro que resulta de fazer o calculo da despesa de depuração de 1:000<sup>m3</sup> proporcional á despesa dada pela *Royal Commission* para 4543<sup>m3</sup>,5 (1.000.000 de gallões). Com effeito a *Royal Commission* calcula que cada operario ganha 4\$725 réis semanaes e que são necessarios dois para a installação dos leitos

de 150\$560 réis annualmente ou 410 réis por cada mil metros cubicos de agua de esgoto depurada (onda diaria de tempo secco), seja qual for o processo preliminar adoptado.

O custo medio de retirar, lavar e tornar a collocar nos leitos o material, accrescentando o que se tenha perdido, pôde calcular-se em cerca de 466 réis por metro cubico; se suppozermos que o material dos leitos primarios precisará ser lavado de quatro em quatro annos e o dos leitos secundarios de dez em dez annos, teremos que cada are de leitos primarios de 0<sup>m</sup>,914 de fundo custará 42\$585 réis cada quatro annos para lavar e renovar, ou cerca de 10\$645 réis por anno, e cada are de leitos secundarios 42\$585 réis todos os dez annos ou 4\$260 réis por anno.

O seguinte quadro dá o custo da lavagem e renovação do material dos leitos de contacto.

Processos preliminares	Custo da despesa com a lavagem e renovação do material dos leitos	
	Annualmente	Por mil m <sup>3</sup> (onda diaria de tempo secco)
Sedimentação quiescente .....	263\$950	725
Sedimentação em onda corrente .....	357\$460	980
Precipitação chimica quiescente .....	139\$770	380
Precipitação chimica em onda corrente .....	167\$800	460
Passagem por fossa septica .....	357\$460	980

de contacto. O ordenado annual do superintendente estabelece-o em réis 585\$000. Desde que queiramos calcular a despesa para os 1000<sup>m</sup>3 proporcionalmente á dada pela Commissão Real Inglesa para a sua hypothese, como não é possivel reduzir o numero de operarios e tem que haver sempre um vigilante, reduzir-se-á o que cada um ganha. Temos d'esta

O custo total da depuração pelos leitos de contacto, incluindo encargos de emprestimo, mão d'obra, vigilancia, lavagem e renovação de material, é, pelos calculos feitos :

Processos preliminares	Despesas com a depuração por leitos de contacto	
	Annualmente	Por mil m <sup>3</sup> (onda diária de tempo secco)
Sedimentação quiescente .....	1:657,5630	4,540
Sedimentação em onda corrente.....	2:012,5785	5,510
Precipitação chimica quiescente .....	792,5660	2,5170
Precipitação chimica em onda corrente .....	1:168,5345	3,5200
Passagem por fossa septica.....	2:012,5785	5,510

Mas estes preços referem-se só ao tratamento nos leitos de contacto ; se agora juntarmos os preços do tratamento preliminar (já dados a pag. 161) obteremos o custo do tratamento completo das aguas de esgoto da hypothese, no quadro da pagina seguinte.

forma os salarios e o ordenado apresentados acima manifestamente baixos e na pratica inaceitaveis. Na realidade os empregados ganharão pouco mais ou menos o mesmo, qualquer que seja a importancia da installação.

O erro commettido, com este calculo proporcional, torna-se porém muito pequeno se procurarmos os preços não já para 1000<sup>m3</sup>, mas para 5000<sup>m3</sup> ou melhor para 4500<sup>m3</sup>, como disse a pag. 153, nota 2.

Processos preliminares	Tratamento em fossas e em leitos submersíveis						Custo do tratamento completo por fossas e leitos submersíveis por cada habitante, anualmente (1)
	Por anno			Por mil m <sup>3</sup> (onda diaria de tempo secco)			
	Custo total do tratamento preliminar	Custo total do tratamento nos leitos	Custo total do tratamento completo	Custo total do tratamento preliminar	Custo total do tratamento nos leitos	Custo total do tratamento completo	
Sedimentação quiescente.....	721\$240	1:657\$630	2:378\$870	1\$975	4\$540	6\$515	356
Sedimentação em onda corrente.....	559\$180	2:012\$785	2:571\$965	1\$530	5\$510	7\$040	386
Precipitação chimica quiescente.....	1:244\$285	792\$660	2:036\$945	3\$405	2\$170	5\$575	305
Precipitação chimica em onda corrente..	1:124\$200	1:168\$345	2:292\$545	3\$075	3\$200	6\$275	344
Passagem por fossa septica.....	622\$690	2:012\$785	2:635\$475	1\$705	5\$515	7\$220	396

### 13) Critica dos leitos de contacto e do seu funcionamento

Expostos os resultados obtidos pela utilização dos leitos submersíveis, vejamos se estes satisfazem e realizam as condições que a theoria e as experiencias laboratorias apontam como mais favoraveis ou se, pelo contrario, será possível, modificando os, esperar alcançar effeitos mais uteis, de depuração mais completa.

Durante o periodo de plenitude, realiza-se a fixação, nos materiaes, das materias organicas do liquido, em virtude de acções physicas, chimicas e mesmo biologicas; mas as acções biologicas de destruição de substancia organica, capazes de

(1) Se suppozermos que, no caso da nossa hypothese, o numero de habitantes relacionados com o esgoto é de 6:666 e a onda suja corresponde a 150 litros por cabeça e dia em tempo secco.

transformarem esta em corpos inoffensivos, só se produzem com verdadeira importancia e actividade durante o periodo de vazio, tambem chamado, impropriamente, de repouso.

È o que mostram as experiencias de BOULLANGER, DUNBAR e outros autores.

DUNBAR enche seis leitos, todos elles de escórias, com agua de esgoto da mesma qualidade e prolonga, em cada um dos seis leitos, os contactos por  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 4, 6 e 12 horas, respectivamente. Depois de seis dias de experiencia, quando os leitos se acham já povoados de germens, analisa os effluentes, e chega á conclusão de que a redução da oxydabilidade do liquido, que no effluente do leito de contacto de  $\frac{1}{2}$  hora attinge 68,71 %, se vai tornando nos effluentes dos leitos de contactos mais prolongados igual a, respectivamente, 72,43 %, 80,09 %, 82,49 %, 83,81 % e 86,21 %. Portanto a redução principal da oxydabilidade faz-se durante a primeira meia hora; depois continua-se, mas muito mais lentamente. Além d'isso, DUNBAR, por experiencias ulteriores, verificou que a redução da oxydabilidade realizada no leito em que o contacto dura meia hora é quasi totalmente effectuada durante os primeiros cinco minutos. Esta redução, pelo seu character subito, não se coadumna com a regularidade que deveria apresentar uma acção biologica que motivasse a destruição da materia organica; por isso se pôde afirmar que a baixa na oxydabilidade no effluente é devida não a uma destruição, mas sim a uma simples fixação da substancia organica pelos materiaes do leito.

Á mesma conclusão levam outras experiencias do mesmo autor:

DUNBAR enche e mantem cheio de agua de esgoto, durante uma hora, um leito bacteriano; esvazia-o, analisa o seu effluente e verifica que, n'este, o cheiro é muito fraco e a oxydabilidade soffreu uma redução de 56,2 %. Em seguida enche novamente o leito, deixando, porém, agora, continuar a affluencia do liquido, o que motivará, é claro, a sahida de uma quantidade de liquido correspondente; e assim faz affluir ao leito, continuamente cheio, uma quantidade de agua de esgoto correspon-

dente á que seria necessaria para o encher cinco vezes; verifica que nas primeiras porções de liquido effluente, correspondente ás que dariam os dois primeiros enchimentos, a redução na oxydabilidade é mais accentuada do que no effluente que tem préviamente soffrido no leito uma hora de contacto, e attinge 66 e 66,5 %; mas nas ultiores quantidades de liquido effluente, pelo contrario, a redução na oxydabilidade é muito menor e não passa de, successivamente, 32 %, 27,3 % e 16,5 %; além d'isso nas ultimas porções de liquido apparece um cheiro fecaloide intenso.

N'estas experiencias, a subita diminuição na quantidade de materia oxydavel, como nas experiencias anteriores, e além d'isso a rapida baixa ulterior da redução da oxydabilidade são incompativeis com um processo regular e progressivo de destruição biologica; nas acções de fixação, principalmente physico-chimicas, encontra-se, pelo contrario, a explicação sufficiente dos factos: durante a passagem das primeiras porções de liquido, a materia, fixando-se muito rapidamente, abandonava o liquido, que sahia relativamente puro, mas que começava a sahir com peor character logo que era attingido o limite do poder fixador dos materiaes, que acções destruidoras sufficientes não libertavam, durante o periodo de plenitude, da materia fixada regenerando-lhes aquelle poder desaparecido.

Com effeito, se durante este periodo de plenitude a materia organica soffre apreciavelmente acções biologicas de transformação, essas são principalmente de transformação hydrolytica, de desintegração e de solubilização dos solidos; porque as acções de verdadeira destruição, com passagem a productos inoffensivos e oxydados, se não faltam por completo, são praticamente insignificantes, como vamos vêr. DUNBAR, tendo encontrado 3<sup>m</sup>gr. 8 de CO<sub>2</sub> por litro n'uma agua de esgoto, sujeita a a contactos de 5, de 6 e de 12 horas e encontra nos effluentes dos leitos, em cada caso, respectivamente 68,9, 134,9 e 156,2 mgr. de CO<sub>2</sub> por litro; o augmento subito no CO<sub>2</sub> depois do contacto de cinco minutos provém do acido carbonico já formado anteriormente, que estava retido entre os materiaes do

leito e que se dissolve no liquido; só o  $\text{CO}_2$  que depois apparece a mais é que deve ser filiado na destruição da materia organica pelos microbios. É preciso ainda notar que durante este ultimo periodo a oxydabilidade do liquido não diminue; o que leva a concluir que a destruição só attinge as materias préviamente fixadas.

Durante o periodo de vazio, o ar que substitue o liquido nos espaços comprehendidos entre os materiaes filtrantes fornece oxygeneo, que as bacterias aproveitam para a oxydação da materia fixada durante o periodo de plenitude. DUNBAR ao fim de quatro horas de contacto evacua o conteudo liquido de um leito, que fecha hermeticamente depois de o ter enchido de ar privado de  $\text{CO}_2$ ; ao fim de seis horas, a analyse dos gazes do leito mostra que o oxygeneo é igual a zero e que o  $\text{CO}_2$  livre existe na proporção de 6,4 a 9,1%; portanto a combustão realiza-se activamente quando existe oxygeneo. O oxygeneo utilizado não é só o do ar que se encontra entre os materiaes do leito, mas ainda o do ar vizinho; com effeito, DUNBAR, estabelecendo a communicação d'um leito com um reservatorio de ar, verifica que d'este tem sido absorvidos ao fim de 22 horas 348 c. c. de oxygeneo.

Que é durante o periodo de vazio que se formam os nitratos que mais tarde, dissolvidos no liquido do seguinte enchimento, hão de ser evacuados, prova-o o facto de que este liquido é tanto mais nitrado quanto mais prolongado tem sido o periodo de vazio: Em 1896, em Exeter, Rideal verificava que os effluentes dos leitos que apenas continham 10 mgr. de azote nitrico por litro passavam a ter duas a cinco vezes mais depois de um repouso de algum tempo. O relatorio de 1900 de Leeds notava que um leito cujo effluente não continha mais do que 1 mgr. de azote nitrico por litro augmentava de 21% a sua capacidade util depois de um periodo de 18 dias de vazio e fornecia effluentes dos primeiros enchimentos ulteriores contendo 34 mgr. de azote nitrico por litro. Nos leitos de Madeleine, os effluentes do primeiro e do segundo contacto, que

em média apresentam respectivamente 3 mgr. e 8<sup>mgr.</sup>,7 de nitratos (em N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) por litro, passam a ter depois de 8 dias de repouso respectivamente 80 e 108 mgr. de nitratos por litro.

Ao fim de alguns enchimentos, os nitratos formados em quantidade durante o periodo longo de vazio teem sahido dissolvidos e a sua proporção volta á primitiva (1).

Mas, se é verdade que oxydações se realizam durante o periodo de vazio, a quantidade pequena dos nitratos habitualmente existentes nos effluentes dos leitos de contacto indica bem que essas oxydações são pouco energicas e pouco intensas nos seus efeitos.

Isto resulta de que, na realidade, as condições de arejamento, que nos leitos de contacto deixam muito a desejar logo de principio. não se mantem n'um grau constante durante o periodo de vazio.

Vamos ver com effeito que os leitos de contacto permittem a accumulção de CO<sub>2</sub> e de outros productos das combustões realizadas, que veem assim prejudicar os germens nitrificadores e oppor-se á continuacção das acções oxydantes.

RIDEAL, em Exeter, duas ou tres horas após a ultima evacuação do liquido d'um leito funcionando depois d'um certo tempo, recolhe, por meio de tubos que enterra a maior ou menor profundidade, os gazes que existem n'esse leito, de 1<sup>m</sup>,5 de fundo. A 0<sup>m</sup>,457, 0<sup>m</sup>,914 e 1<sup>m</sup>,371 abaixo da superficie encontra CO<sub>2</sub> nas proporções respectivas de 0,375 0/0, 0,98 0/0 e 0,75 0/0.

As analyses apresentadas em 1899 ao *London County Council* mostram que os gazes recolhidos por meio de tubos enterrados a 1<sup>m</sup>,8 de profundidade em leitos bacterianos continham 19,8 0/0 de oxygeno e 0,4 0/0 de acido carbonico depois

---

(1) D'aqui se conclue que o facto de um liquido primeiro lançado n'um leito depois de um largo repouso sahir muito rico em nitratos não quer dizer que tenha havido transformacção notavel das suas materias organicas proprias; é preciso não esquecer que a grande riqueza em nitratos d'um effluente não é signal certo de depuracção do liquido.

de 4 horas de vazio, 9,8 % de oxygeneo e 5,8 % de acido carbonico depois de 22 horas, 10 % de oxygeneo e 6 % de acido carbonico depois de 24 horas, 17,8 % de oxygeneo e 2 % de acido carbonico depois de 37 horas e 16,8 % de oxygeneo e 2,4 % de acido carbonico depois de 40,5 horas. As analyses mais recentes apresentadas no relatorio de 1900 (julho) mostram que o gaz recolhido a 3<sup>m</sup> de profundidade n'um leito primario de coke contém, em média: 8 % de oxygeneo e 5,7 % de acido carbonico depois de 5 horas de vazio e 10,3 % de oxygeneo e 5,7 % de gaz carbonico depois de 21 horas.

Ora, tendo o ar normalmente 21 % de O e 0,04 % de CO<sub>2</sub>, comprehende-se bem que o gaz existente nos leitos de contacto apontados está muito longe de ser conveniente para favorecer as manifestações de actividade nitrificadora biologica.

Os numeros apresentados acima mostram-nos claramente que o CO<sub>2</sub> que se começa a formar assim que se faz o esvaziamento, longe de ser eliminado á medida da sua producção, vai-se accumulando e subindo em proporções durante um tempo que é maior do que o permitido geralmente para o periodo de arejamento ou vazio. Só um tempo muito mais prolongado faz diminuir, e ainda lentamente, a riqueza em CO<sub>2</sub> do gaz do interior do leito. Se as materias suspensas não são eliminadas por um tratamento preliminar, pôde ser consideravelmente longo o periodo de tempo necessario para permittir o desaparecimento de CO<sub>2</sub>: Assim por exemplo em Lawrence (Massachussets) em 1899 deixou-se star um leito bacteriano, impermeabilizado por materias solidas suspensas, em arejamento por mais de dois mezes, fazendo-o atravessar quasi constantemente por uma corrente de ar em tal quantidade que bastava para de 3 em 3 horas renovar todo o gaz do leito; em quanto a sahida do gaz se fazia constantemente, verificava-se n'este a existencia de 20% de oxygeneo e de 0,25 % de acido carbonico; mas, se se deixava o leito fechado por algumas horas, logo o CO<sub>2</sub> ia a 1,3-2,6 % e o O baixava a menos de 1 %.

Estes e outros factos semelhantes, que mostram como nos leitos de contacto é rapida a baixa no oxygeneo e o augmento

no gaz carboniço, explicam bem que por vezes se não dê nenhum apparecimento de nitratos nos effluentes de leitos de contacto, como os primarios de DIBBIN e THUDICUM, ou que as quantidades d'esses compostos sejam relativamente insignificantes mesmo em effluentes de leitos, como os secundarios de SUTTON (19,9<sup>m</sup>gr. de nitratos por litro), olhados como disposições essencialmente aërobias e nitrificadoras e destinadas a tratarem um liquido correspondente a uma agua de esgoto que, quando affluente aos leitos do contacto anterior, está já n'um estado adiantado de simplificação, com 125<sup>m</sup>gr.,3 de ammoniaco livre e apenas 11<sup>m</sup>gr.,3 de ammoniaco albuminoide.

As más condições de arejamento existentes nos leitos são testemunhadas ainda pela existencia frequente de nitritos no effluente. Estes compostos tanto podem nascer em condições semi-aërobias, de oxydação incompleta ou nitrosificação do ammoniaco, como da redução dos nitratos já existentes. Esta desnitrificação pôde até certo ponto ser util, como sabemos, motivando a combustão de uma porção de carbono organico, por dupla decomposição entre os nitratos e a materia organica com libertação de azote (1). Mas esta libertação de azote como gaz não só vai perturbar o liquido e pôr em suspensão n'elle materias solidas depositadas, mas tambem empobrece o effluente em substancias utilizaveis para a agricultura, o que pôde ser um prejuizo importante quando se queira fazer aproveitamento do liquido tratado.

Além d'isso, mesmo quando a questão economica agri-

---

(1) A perda de azote como gaz nos leitos de contacto pôde tomar proporções dignas de nota. Em Belfort, LETTS e LOWAIN em 1905 verificavam que a reacção entre os nitratos, nitritos, ammoniaco e a materia organica, pela intervenção de germens desnitrificadores, entre elles o coli, produzia, além de CO<sub>2</sub>, a dissolução de 12 a 20% do azote no effluente não contando com o que como gaz se liberta para a atmospheria. O azote perdido nos leitos de contacto seria segundo PHELPS e FARREL 29 a 50%, segundo CLARK 38 a 50%. (É preciso notar que parte do azote é incorporado pelos vermes e insectos e pela geleia bacteriana e algas que se desenvolvem sobre os materiaes do leito).

cultural não interesse, a desnitrificação só terá verdadeira utilidade quando já a depuração obtida pela nitrificação não possa ser levada mais longe. Nos leitos de contacto as acções desnitrificadoras, principalmente intensas nos leitos primários, mais fáceis de perder o arejamento pela acumulação de matérias, são extemporaneas, porque trazem uma alteração da ordem desejável para a marcha dos phenomenos biológicos (1).

Nos leitos submersíveis, com a alteração dos periodos de plenitude e de vazio produzem-se condições que conveem alternadamente aos germens anærobios e aos germens ærobios. Ora se á primeira vista póde parecer favorável uma disposição em que n'um mesmo meio se realizam acções de hydrolyse seguidas de acções oxydantes, logo depois se vê que, em virtude precisamente da reciproca successão das phases de arejamento e de não arejamento, cada uma das duas classes de germens soffrerá quando a outra seja favorecida pelas condições realizadas; e de tal fórma que nunca os effeitos obtidos, quer hydrolyticos quer oxydantes, serão tão intensos como seriam se cada classe de germens se encontrasse isolada da outra, em meios que constantemente lhes fossem propicios. A necessidade da separação das duas especies de acções já era apontada em 1890 por JORDAN e RICHARDS, no *Massachussets Report*.

Durante algum tempo, julgou-se que nos proprios leitos de contacto se poderiam realizar separadamente as duas especies de acções: DIBDIN, em Sutton, julgava que os leitos grosseiros (*bacteria-tank*), em que a agua residual passava primeiro,

---

(1) É justo, comtudo, dizer-se que a pratica ás vezes seguida por RIDEAL, FOWLER, ADNEY, etc., de misturar parte do effluente do segundo com o do primeiro contacto, póde, por desnitrificação, fazer com que a mistura seja mais facil de tratar no segundo contacto e permittir que o leito em que este se realiza tenha uma capacidade menor.

actuavam como disposições anærobias, liquefazendo a lama, ao passo que os leitos finos que se seguiam actuariam como disposições ærobias, permittindo uma nitrificação intensa. O *London County Council* mostrava a mesma opinião quando preconizava tres leitos com o fim de tratar uma agua de esgoto por duplo contacto: o primeiro leito seria anærobio, os dois seguintes ærobios; na realidade fazia-se assim um tratamento em tres contactos; com effeito este primeiro leito, como os leitos grosseiros de DIBDIN, actuava como os que se lhe seguiam. Basta notar a formação de nitritos nos *bacteria-tanks* de DIBDIN, para vêr que n'estes, como theoreticamente era de esperar, se produzia uma oxydação das substancias, em virtude de ar entrado quando se evacuava a fossa; e quanto aos leitos ditos ærobios permittiam, como os que os precediam, durante o periodo de plenitude a realização de acções hydrolysantes (1), actuando como fossas septicas, más fossas septicas, por certo, como más disposições tambem para produzir a mineralização das substancias.

Para que um leito actue realmente como fossa septica e em vez d'esta possa ser usado d'um modo constante e regular, o melhor é fazer subir n'elle a agua continuamente affluente, enchendo-o e mantendo-o cheio, utilizando-o para fazer filtração ascensional e continua; assim o ar expulso quando do enchimento não volta a penetrar entre os materiaes, e encontramos realizadas as condições do filtro anærobio SCOTT MOMCRIEFF, que actua como fossa septica e como tal já foi estudado.

Pelo contrario, desde que se queiram conseguir outras acções oxydantes, dever-se-á eliminar no leito tudo quanto possa prejudical-as e, portanto, supprimir ou tornar curtos tão quanto possível os periodos de não arejamento das materias, assegurando uma bôa ventilação do leito, capaz de permittir uma entrada

---

(1) Nos leitos de coke de Sutton, reputados por DIBDIN como essencialmente ærobios nitrificadores, RIDEAL verifica a producção de phenomenos hydrolyticos durante a phase de plenitude, com passagem do azote combinado dissolvido de 34 mgr. a 41 mgr. por litro.

franca ao oxygeno e uma sahida facil ao  $\text{CO}_2$  e outros products das combustões que se vão realizando.

Poderiam os leitos de primeiro contacto ter um arejamento relativamente reduzido, que permittisse a formação de nitritos; mas a vantagem seria pequena ou nulla, porque em todo o caso os nitratos para se formarem exigem um arejamento mais intenso, que teria de existir nos leitos seguintes; ora, desde que este arejamento exista, a formação dos nitratos pôde fazer-se sem phase de passagem pelos compostos intermedios — os nitritos.

Logo occorre porém pensar que não é possivel realizar nos leitos de contacto um arejamento continuo, porque, se o periodo de vazio é necessario para a oxydação da materia organica, o periodo de plenitude é necessario para que se faça a fixação d'esta substancia. Mas, na verdade, esta fixação não exige, pelo menos a maior parte das vezes, o tempo tão prolongado que habitualmente se usa e o periodo de contacto pôde ser muito reduzido: ROUCHY, por exemplo, tratando agua de esgoto de Paris nos mesmos leitos de contacto com 2 e 1 hora de estada do liquido, obtem numeros muito proximos, nos dois casos, para as analyses dos effluentes.

Duração do contacto	1 hora	2 horas	
Composição do effluente em mgr. por litro	Materia organica	5	5,5
	Ammoniac	2,2	2
	Nitratos (em $\text{N}_2\text{O}_5$ )	33	35

As experiencias de DUNBAR, atraz citadas, mostram tambem quão rapidamente se faz, geralmente, a fixação.

D'esta fórmula, o encurtamento do periodo de contacto acompanhado da multiplicação do numero de contactos em leitos seguidos, pouco profundos e faceis de arejar nos periodos de vazio, trará, naturalmente, comsigo a obtenção de effluentes melhor depurados.

Contudo os leitos de contacto, por melhorados que sejam no seu funcionamento pela diminuição do tempo de contacto e pelo emprego de tubos mergulhando na profundeza dos leitos e de outras disposições de ventilação, nunca conseguirão ser providos tão abundantemente de oxygeno e libertados tão facilmente do gaz carbonico como os leitos não submersiveis, de que agora me vou occupar. Estes leitos não teem tambem o grande defeito dos leitos de contacto, que não só produzem uma nitrificação baixa, mas ainda uma depuração muito irregular das varias porções do effluente, que, como dissemos, durante os primeiros 10 a 15 minutos de esvaziamento, correspondendo á sahida de cerca de  $\frac{1}{5}$  do volume liquido total, contido nos largos espaços do material vizinho dos drenos e no interior d'estes, se apresenta como um liquido opaco, opalino e muito mais carregado em materias organicas do que as ultimas quantidades que do leito se veem a escoar: ROUCHY, ao passo que na analyse do primeiro liquido jorrando d'um leito de contacto cujo esvaioamento começa encontra 19 mgr. de materia organica, 13 mgr. de ammoniaco e 9 mgr. de nitratos (em  $N_2O_5$ ) por litro, verifica que as porções de liquido recolhidas passado uma hora á sahida do mesmo leito contem 8,5 de materia organica, 7 de ammoniaco e 17 de nitratos (em  $N_2O_5$ ) por litro.

#### B) Leitos bacterianos não submersiveis

Acabamos de vêr que nos leitos submersiveis ou de contacto sempre o arejamento terá que ser intermittente, como intermittente é a affluencia do liquido a depurar. Em leitos d'essa classe é manifestamente impossivel manter o processo de oxydção a uma altura uniforme, porque logo após cada enchimento o oxygeno existente no leito esgota-se rapidamente.

Pelo contrario, nos leitos não submersiveis, que agora vamos descrever, o liquido nunca se accumula, mas, sempre em

movimento, atravessa-os desde a superficie, onde é distribuido de modo continuo ou intermittente, até á parte inferior, d'onde sai facil e continuamente para fóra do leito. E, seja intermittente ou continua a affluencia do liquido, o arejamento do leito faz-se de um modo praticamente constante; o ar atravessa-o continuamente, permittindo que n'elle se realizem as condições necessarias para que com a intervenção dos germens oxydantes se dê a nitrificação do liquido tratado, que, como sabemos (vol. 1, pag. 256), exige notaveis quantidades de oxygeneo (1).

Como já foi dito, alguns leitos não submersiveis são arejados artificialmente, de um modo intensivo, e por vezes providos de aquecimento artificial; mas na grande maioria os leitos funcionam á temperatura normal e com o arejamento natural. Estudaremos successivamente uma e outra d'estas duas especies de leitos.

#### B) Leitos não submersiveis com arejamento artificial

##### 1) Leitos não submersiveis com arejamento artificial e temperatura natural

Em 1892, em Lawrence, Massachussets, procurou-se depurar parcialmente agua de esgoto lançando-a sobre filtros de areia grossa atravez dos quaes se fazia passar uma corrente de ar ascendente ou descendente. Esperava-se que o effluente d'estes filtros ficasse preparado para ser facil e rapidamente levado a uma purificação final completa em um segundo filtro de areia, de cinzas ou de coke. Os resultados não foram muito

---

(1) Notemos que, além do oxygeneo necessario para oxydar o azote da materia organica, se exige oxygeneo para a combustão de materias carbonadas.

lisonjeiros; o arejamento era por certo util, mas não a ponto de compensar as despesas que occasionava.

Mais tarde usaram-se em varios pontos e por mais tempo outros leitos arejados artificialmente, dos quaes os mais importantes são os de Lowcock e os de WARING.

#### a) Filtros de Lowcock

Lowcock, em 1892, em Malvern, fazia affluir continuamente agua de esgoto a um filtro, formado de camadas de areia fina e de areia grossa e seixos, atravez do qual forçava uma corrente de ar sob uma pressão variavel e correspondendo a  $76^{\text{mm}}$ - $152^{\text{mm}}$  de agua. Mais tarde, em Wolverhampton, construiu-se um leito semelhante, de areia e coke; e outros leitos de Lowcock foram construidos em muitos mais logares da Inglaterra.

Eis como o autor explica o funcionamento do seu filtro (fig. 33): «O liquido a depurar afflue em A á superficie do

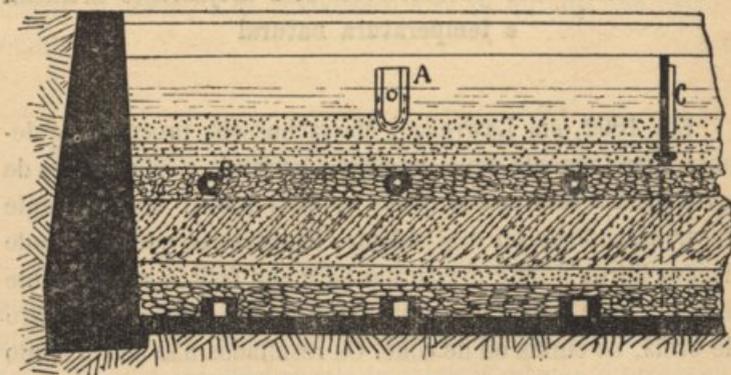


Fig. 33 — Filtro de Lowcock

filtro. O ar (ou oxygeneo), forçado no corpo do filtro por tubos perfurados (B) dispostos no meio de uma camada de

areia grossa ou pedras, é distribuido a todo o material do filtro. A descida do liquido na parte superior do filtro é retardada pelo material fino de que essa parte é construida e pela pressão do ar injectado, e na parte mais inferior é accelerada pela gravidade e pela pressão do ar infiltrado. As camadas superiores do material filtrante são carregadas de liquido, que desce lentamente, cahindo em delgada espessura sobre e entre os elementos mais grosseiros que formam a parte inferior e principal do filtro. Sendo os intersticios na parte mais baixa do filtro mais largos do que na parte superior, os ditos intersticios não ficam cheios de liquido, que corre sobre os elementos do material filtrante, deixando espaços livres para a circulação do ar (ou oxygeneo) introduzido. Por esta divisão do liquido, a sua superficie de absorpção é enormemente augmentada e o liquido carrega-se rapidamente de ar (ou oxygeneo) a que está exposto».

«Verifiquei que para a injecção do ar (ou oxygeneo) é recommendavel na pratica uma pressão igual a uma altura de 76<sup>mm</sup> de agua, em um filtro de uma profundidade total de 0<sup>m</sup>,914 e no qual o ar (ou oxygeneo) é introduzido a uma distancia de 457<sup>mm</sup> da superficie».

O ar e o liquido tratado sahem do filtro pela parte inferior, pelos drenos existentes entre o material grosseiro.

Em Malvern a agua de esgoto era passada por grades e precipitada chimicamente, antes de lançada ao leito, á razão de 0<sup>m</sup>3,296 por m<sup>2</sup> e dia, na dóse capaz de fornecer os melhores resultados; n'esta proporção, a área necessaria para tratar 1.000 m<sup>3</sup> diarios seria de 3.378 m<sup>2</sup>. A onda diaria de tempo secco calculada por habitante e por dia era de 74,4; portanto, com as doses de liquido mais favoraveis, cada 100 m<sup>2</sup> de superficie correspondiam a 398 pessoas.

Eis, em mgr. por litro, os resultados das analyses feitas em outubro de 1895:

	Effluente do tratamento preliminar e effluente ao filtro	Effluente do filtro	Porcentagem de redução
Ammoniacal livre.....	40	12	70
Ammoniacal albuminoide .....	3,5	0,7	80
Oxygeneo consumido.....	17	4	77
Azote como nitratos e nitritos .....	vestigios	26,8	—
Chloro.....	200	240	—

As percentagens de redução são calculadas em relação ao effluente de precipitação; se referidas á agua de esgoto bruta, teriamos que os resultados de tratamento completo traziam uma redução na impureza superior a 90 %.

Em 1896, em Tipton, fôram construidos filtros do systema Lowcock, de 1<sup>m</sup> de fundo, tendo na parte inferior coque grosso, depois coque mais fino e na parte superior pedra calcarea bem partida juntamente com areia.

Os orificios de sahida estavam sempre abertos; o ar era injectado sob uma pressão de 12<sup>mm</sup> de agua. A agua de esgoto, préviamente tratada pela cal e mistura alumino-ferrica, era desde agosto de 1898 lançada no filtro á razão de 1<sup>m</sup><sup>3</sup>,304 por m<sup>2</sup> e dia. As analyses dão, como médias de nove mezes, em mgr. por litro, os seguintes numeros:

Effluente	Solidos			Chloro	Ammoniacal		Oxygeneo consumido	N nitrico
	Em solução	Em suspensão	Totales		Livre	Albuminoide		
da precipitação chimica	827	16	843	102	12,5	2,3	7,7	0
da filtração..	807	14	821	100	2,7	0,5	2,2	7,4

As percentagens de redução referidas ao effluente da precipitação são, portanto, 75,7 para o ammoniacal organico e 68,5

para o oxygeno absorvido. Se calcularmos em relação á agua bruta as percentagens tornam-se superiores a 95.

Comtudo a proposito d'este filtro dizia, já em 1899, MANSERGH:

«Poderia parecer que a introducção de ar no filtro habilita as bacterias a augmentarem a sua actividade, mas a pratica recente de deixar repousar o filtro durante 12 horas, cada dia, tende a mostrar que o arejamento natural é necessario para manter o regular funcionamento do aparelho. A idéa original de que a injecção forçada de ar no material filtrante tornaria possivel o tratamento continuo do effluente de precipitação foi modificada pela adopção de um trabalho intermitente de meio dia e este resultado tende a dar razão ao proceder de DIBDIN, de enchimentos alternados».

Esta alternativa de meio dia de affluencia do liquido com meio dia de arejamento natural conduz-nos afinal aos filtros intermitentes já estudados do *streaming system*, que precederam os do *holding up system* ou de contacto.

#### b) Filtros de WARING

Em 1894, em New Port, Rhode Island, o higienista americano WARING procurava depurar as aguas de esgoto muito ricas em lamas, pela utilização de aparelhos difficeis de classificar, pois funcionavam como filtros mecanicos grosseiros, como filtros biologicos anærobios e como filtros biologicos ærobios.

A agua de esgoto, depois de passada por uma camara de deposição de detricos, era aspirada por bomba alternadamente atravez dos materiaes de cada uma de duas secções em que estava dividido um leito pouco profundo, de pedras partidas, destinado a deter os solidos grosseiros; em quanto funcionava uma secção, a outra descansava, permitindo ás impurezas accumuladas uma desappareição rapida. Á sahida d'estes leitos

de pedra, o liquido passava lentamente atravez de quatros filtros (*strainers*) cheios de pedra e areia grossa, cujas funcções eram, na intenção do autor, de simples retenção mecanica. Logo que estes filtros se tornavam impermeabilizados, eram fechados e a lama evacuada em tanques de arejamento (*aerating-tanks*) contendo pedras e areia, atravez de cuja massa o ar era forçado constantemente; a acção bacteriana desenvolvia-se muito rapidamente e a lama dissolvia-se depressa. Quanto aos «*strainers*», depois de atravessados egualmente por algumas correntes de ar, voltavam a ser utilizados.

N'este systema de WARING visava-se, pois, originalmente a destruição das lamas muito abundantes da agua residual de New-Port, por meio de disposições na intenção totalmente aerobias, sem recorrer voluntariamente a processos de hydrolyse previa, que viessem accentuar as transformações hydrolyticas que porventura já se tivessem realizado nos esgotos (1). Os arejadores da lama eram a parte mais caracteristica do systema.

Na esperança de obter disposições que, para as aguas de esgoto vulgares, permittissem a depuração de grandes volumes em espaços relativamente limitados, em virtude de um funcionamento continuo, durante periodos muito longos, conseguido por um arejamento intensivo, WARING modificou consideravelmente, nos detalhes, o seu complexo systema. Os filtros grosseiros por onde o liquido passa em primeiro logar são constituídos por 0<sup>m</sup>,762 de altura de escorias de tamanho de ovos, contidas em tanques de paredes de alvenaria. Os «*strainers*», que se seguem, destinam-se ainda a reter as materias suspensas e só soffrem injecção de ar de longe em longe, quando impermeabilizados. Os arejadores (*fig. 34*) são já não destinados a receber as lamas, mas sim o liquido effluente dos

---

(1) Comtudo nos «*strainers*», onde a agua de esgoto caminha lentamente, de certo se produzem acções hydrolyticas. O proprio WARING reconhece que ahi se deve produzir uma decomposição da materia organica, preparando e tornando possivel a nitrificação.

«strainers», que penetra á altura da camada de materiaes finos (A), d'onde se distribue sobre o material mais grosseiro das

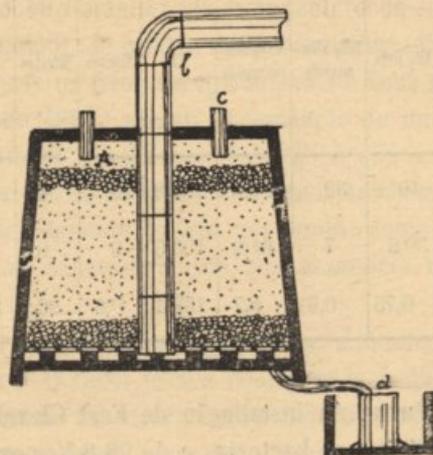


Fig. 34 — Filtro de Waring

camadas inferiores, até que atinge os canaes de drenagem que lhe permitem o escoamento; precisamente por estes canaes, o ar, que é forçado continuamente pelo tubo *b* sob uma pressão de 5 a 6 cm. de agua, entra nos intervallos do material, por onde caminha em sentido contrario á agua residual, sabindo na parte superior pelos tubos de ventilação (*c*).

A quantidade de liquido lançado sobre os «strainers» corresponde em média a  $71.000\text{m}^3$  por hectare e dia; os arejadores tratam uma onda média equivalente a  $10.000\text{m}^3$  por hectare e dia.

Em 1897 foi feita uma installação d'este genero em Willow Grove Park, junto de Philadelphia, para tratar  $350\text{m}^3$  diarios de agua de esgoto; no mesmo anno construiu-se uma installação semelhante em Homewood (arredores de Brooklyn) para  $120\text{m}^3$  diarios e em 1898 fizeram-se duas outras em Tuxedo (Estado de New-York) e East Cleveland (Ohio).

Eis os resultados das analyses de junho de 1899 na installação de Homewood:

Em mgr. por litro

	NH <sub>3</sub> livre	NH <sub>3</sub> albu- minoide	Oxygeneo consumido	Cl	Nitritos	Nitratos	Grau de depuração, por cento	
							Referido ao NH <sub>3</sub> livre	Referido ao oxygeneo consumido
Agua bruta..	40	32	85,3	200,8	0	0	—	—
Effluente do "strainer"...	30,6	7	61,9	193,6	0	0	23,5	27,44
Effluente do arejador...	0,75	0,6	5,7	168,4	0,6	20	98,12	93,32

Segundo SMITH, na instalação de East Cleveland ha uma redução de 99% nas bacterias e de 98,8% nos ammoniacos pela dupla filtração atravez de escorias e coke, com arejamento sob fraca pressão.

Como, apesar de tudo, o systema ficou ainda muito complexo, a sua applicação não se generalizou; apenas é feita em 20 instalações nos Estados Unidos da America. Segundo DUNBAR, a redução média na oxydabilidade é de 51,2% para os effluentes dos *strainers* e de 92,5% para os effluentes do filtro arejado. A maior redução de oxydabilidade attingida foi de 99,08%.

## 2) Leitos não submersiveis com arejamento e aquecimento artificiaes

O facto de um arejamento artificial intenso, se por um lado favorece a actividade das bacterias oxydantes, fornecendo-lhes oxygeneo em quantidade, por outro lado póde prejudicial-a, pelo arrefecimento que concomitantemente produz; no inverno, e principalmente nos paizes frios, os phenomenos de oxydación podem ser assim mais contrariados do que auxiliados.

Com effeito, se MAC. FADYEN e ROUBAIX demonstraram que o *proteus vulgaris* e o *b. coli communis* não morrem com exposição de 10 horas a uma temperatura de  $-250^{\circ}$  C. (hydrogeneo liquido), se o filtro de BARKING (pag. 337) trabalhava mesmo durante os frios excepcionalmente intensos de janeiro a fevereiro de 1895, apesar da formação de uma delgada camada superficial de gelo, a verdade é que a producção do acido nitrico não só no laboratorio, mas tambem na pratica, é sempre menor quando o frio augmenta, como se via já em Barking e as experiencias de Massachussets demonstravam tambem.

Ora o arrefecimento produzido por arejamento nos filtros de LOWCOCK e WARING levava com grande facilidade á congelação do liquido no inverno. Era natural que se procurasse remediar este inconveniente pelo aquecimento artificial compensador. É o que se realiza nos filtros de DUCAT e de WHYTAKER e BRYANT, que vou descrever.

a) Filtro DUCAT

O coronel DUCAT, em Sutton, Leeds e Hendon, experimentou depurar agua de esgoto lançando-a, por meio de uma gotteira

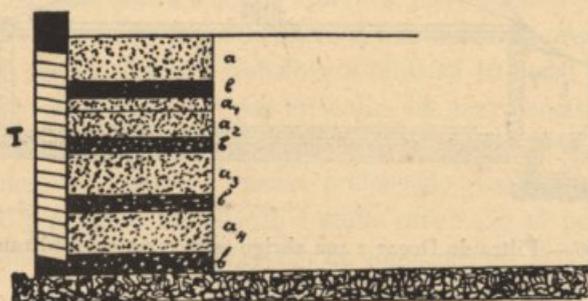


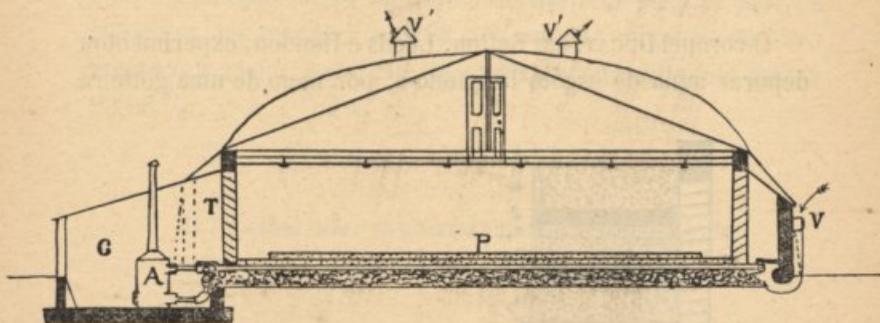
Fig. 35 — Material filtrante do filtro de Ducat

reversivel automatica, n'um filtro (figs. 35 e 36) de cerca de 2<sup>m</sup>,5

de altura, constituído (*fig. 35*) por camadas de escórias ( $a, a_1, a_2, a_3, a_4$ ) de 6<sup>mm</sup> a 12<sup>mm</sup> de diametro, assentes sobre uma camada ( $b$ ) de seixos de 25<sup>mm</sup> de diametro contendo tubos de drenagem, e entremeadas de outras tres camadas semelhantes ( $b$ ) de seixos e tubos, a que se dava o nome de *leitos de arejamento*. Por os tubos d'estes leitos de arejamento penetra no material o ar, que do exterior vem atravez de pequenas extensões de tubos semelhantes ( $T$ ), de 16<sup>mm</sup> de diametro, que, sobrepostos e unidos por cimento de Portland e ligeiramente inclinados de fóra para dentro (a extremidade interna está 76<sup>mm</sup> mais baixa do que a externa) para impedirem a sahida ao liquido, formam as paredes do filtro.

Para compensar o arrefecimento produzido por esta larga exposição ao ar, existe um systema de tubos de larga secção destinados a conterem no inverno agua quente a 25° C., fornecida por uma caldeira (*fig. 36, A*) provida de thermo-syphão e que mantem o meio a uma temperatura que não permite a congelação do liquido.

O todo está contido n'uma pequena casa (*fig. 36*), ao abrigo das intemperies; mas entre os muros d'esta e as paredes do



*Fig. 36* — Filtro de Ducat e seu abrigo (sem o material filtrante)

filtro circula abundantemente o ar, que é enviado de fóra por um ventilador ( $V$ ), passa para entre o material atravez dos tubos lateraes ( $T$ ) e dos tubos perfurados da base ( $P$ ) e sai pela parte superior por duas chaminés ( $V'$ ).

Em 1896 este filtro começou funcionando em Hendon, tratando grandes quantidades de agua de esgoto bruta. Eis os resultados das analyses de Houston, em 14 de outubro de 1898:

Em mgr. por litro

	Oxygeno consumido em 4 horas	Mg livre	Mg aluminoso	N oxidado	Numero de bacterias crescendo na gelatina, por c. c.	Numero de colonias do grupo coli, per c. c.	Esperos de especies anaerobias per c. c.
Agua bruta....	147,2	87	16	—	12.000.000	1.200.000	1.000 a 10.000
Efluente do leite	7,8	3	0,94	4,77	25.000	0 (n'uma diluição de $\frac{1}{100000}$ )	menos de 10
Redução por %	94	96	94	—	99	—	99

Os resultados não são os que decerto se esperariam, apesar de excellentes á primeira vista; com effeito, a oxydação do azote é muito pouco intensa; os nitratos são pouco abundantes, a maior parte do ammoniaco livre perde-se na atmospherá.

Mais tarde, porém, parece que se conseguiu obter mais intensa oxydação do azote e do carbono organicos.

Comtudo, contra o que se esperava, não é possivel obter um funcionamento continuo do filtro, apesar da ampla provisáo de ar. E, mesmo fazendo trabalhar o filtro só 10 horas nas 24, á razão de 4.200 litros por m<sup>2</sup> e dia, um mez depois ha uma impermeabilização da superficie do filtro e torna-se necessario um descanso mais ou menos prolongado (CALMETTE). Além d'isso a primeira installação é muito cara; não só por causa das despesas com o aparelho de aquecimento, mas tambem com a edificação de resguardo.

## b) Filtros de WHYTAKER e BRYANT

Em 1898, estes autores fizeram construir em Accrington, sob o nome de *Thermal Aërobic Filter*, um leito não submersível com arejamento e aquecimento artificiaes, destinado a funcionar continuamente.

O filtro de WHYTAKER-BRYANT é constituído por camaras circulares ou polygonaes elevadas acima do solo cêrca de 2<sup>m</sup>,5, de 18<sup>m</sup>,5 de diametro e cujas paredes são formadas por tijolos ôcos que permitem a passagem livre do ar do exterior para o interior. O material filtrante é constituído por uma camada de 0<sup>m</sup>,60 de pedras partidas, a que se seguem outras de 1<sup>m</sup>,82 de coke ordinario inteiro, bem separado de pequenos fragmentos, coberto de uma pequena espessura (0<sup>m</sup>,304) de pedra calcarea em pequenos pedaços. Por entre os materiaes passam chaminés para arejamento, das quaes uma central é a mais importante. No fundo do filtro, drenado em espinha e de certa inclinação para favorecer o escoamento do liquido, estão dispostos tubos perfurados por onde o ar pôde passar ás chaminés de arejamento.

A agua de esgoto, previamente tratada em fossa septica, é distribuida á superficie dos leitos por meio de um torniquete hydraulico, immediatamente depois de ter recebido um pequeno jacto de vapor que eleva de alguns graus (5° em média) a temperatura do liquido e do proprio leito, tornando, sobretudo no inverno, a nitrificação mais facil e contribuindo para a melhor realização do arejamento do material.

O liquido sujo gasta apenas 10<sup>m</sup> para atravessar o leito e sair depurado. 800<sup>m</sup><sup>2</sup> de superficie podem chegar para tratar 900<sup>m</sup><sup>3</sup> de agua de esgoto por dia.

Os resultados eram razoaveis em Accrington, como se vê das analyses de NAYLOR:

Em mgr. por litro

	Tempe- ratura C°	Materias suspensas		Materias dissolvidas		NH <sub>3</sub> albumi- noide	Oxigeno consu- mido em 4 horas	N nitroso e nitrico	Cl	Porcentagem de depuração	
		mineraes	volateis	mineraes	volateis					referida ao NH <sub>3</sub> albuminoide	referida ao oxigeno consumido
25 janeiro 1899											
{ Agua de esgoto bruta . . . . . Effluente septico Effluente do filtro de WHITAKER..	7°,3	220	300	530	320	10,6	104	—	120	—	—
	10°,6	30	30	410	320	4,1	42	—	82	61,2	59,6
	7°,6	0	30	260	440	1,6	11	23	74	85	89,4
27 janeiro 1899											
{ Agua de esgoto bruta . . . . . Effluente da fossa Effluente do filtro	6°,4	190	300	500	360	19,2	163	—	125	—	—
	11°,7	10	40	490	290	5,7	40,7	—	88	70,4	75,1
	8°,7	10	20	430	310	1,6	12,8	19,6	92	91,7	92,2

Os resultados obtidos em Leeds eram tambem sufficiente-  
mente bons, mesmo com os maiores frios.

Mas o custo do processo parece ser bastante elevado, prin-  
cipalmente por causa do aquecimento. Com effeito, segundo  
NAYLOR, ao aquecimento corresponderiam  $\frac{5}{8}$  da despesa total  
feita com o tratamento do liquido residual no leito de WHY-  
TAKER-BRYANT.

**B'') Leitos não submersiveis com arejamento  
e temperatura naturaes**

A grande maioria dos leitos não submersiveis hoje usados  
funciona sem que se tenha de recorrer ás dispendiosas pra-  
ticas de arejamento e aquecimento artificiaes.

A simples passagem natural do ar atravez do leito, acom-  
panhando ou muito rapidamente seguindo a do liquido, basta  
para que se obtenha uma razoavel oxydação da materia residual.

## 1) Os primeiros leitos não submersíveis e suas modificações

## a) Leitos de STODDART

Em 1893, WALLIS STODDART apresentava os resultados das suas experiencias, que consistiam em fazer atravessar leitos ou filtros de calcareo em pedaços grosseiros por um liquido residual sobre elles distribuido continuamente em delgados fios ou por gottejamento, de modo tal que os intervallos do material, não chegando a ser completamente cheios pelo liquido, consentissem a concomitante circulação do ar.

Os leitos tinham sido successivamente semeados com germens ammonificadores, nitrosificadores e nitrificadores, por meio de passagem de liquidos contendo os respectivos germens. Apesar de que d'este modo de proceder haveria de resultar a accumulacão, na mesma área, de organismos que nem sempre exigem as mesmas condições, STODDART obteve constantemente uma formação muito apreciavel de nitrato de calcio. Os resultados variavam, naturalmente, com a proporção e natureza do liquido lançado sobre os filtros. Tratando agua de um poço polluido, obteve a seguinte purificação:

	mgr. por litro		
	Agua do poço	Agua filtrada pelo leito	
		Debito simples	Debito duplo
NH <sub>3</sub> livre .....	2,52	0,003	0
NH <sub>3</sub> albuminoide.....	0,18	0,023	0,056
N como nitritos e nitratos .....	46,1	57,7	54,8
Nitritos.....	abundantes	0	0
Solidos .....	1.120	1.060	1.070
Chloro.....	88	88	89
Oxygeneo absorvido:			
em 15 minutos.....	0,84	—	0,34
em 4 horas .....	1,12	—	0,59
Côr .....	amarella muito escura	—	amarella esverdeada

Lançando agua de esgoto sobre um filtro de 1<sup>m</sup>,52 de altura, obteve os seguintes resultados:

	mgr. por litro	
	Água de esgoto	Efluente do filtro
NH <sub>3</sub> livre .....	38,5	0,013
NH <sub>3</sub> albuminoide.....	1,75	0,158
N como nitratos .....	0	59,9
Nitritos.....	0	0
Chloro.....	79	78
Oxygeneo absorvido:		
em 15 minutos.....	5,66	0,66
em 4 horas.....	12,2	1,32
Solidos dissolvidos.....	510	790

Em 1894, em Bristol, na *British Medical Association* foi exposto um filtro modelo destinado a tratar agua de esgoto na proporção correspondente a 1.086 litros por m<sup>2</sup> e dia.

Em 1899, installou-se em Horfield, perto de Bristol, o primeiro filtro de systema de STODDART, que desde então tem funcçãoado continuamente, noite e dia, satisfactoriamente.

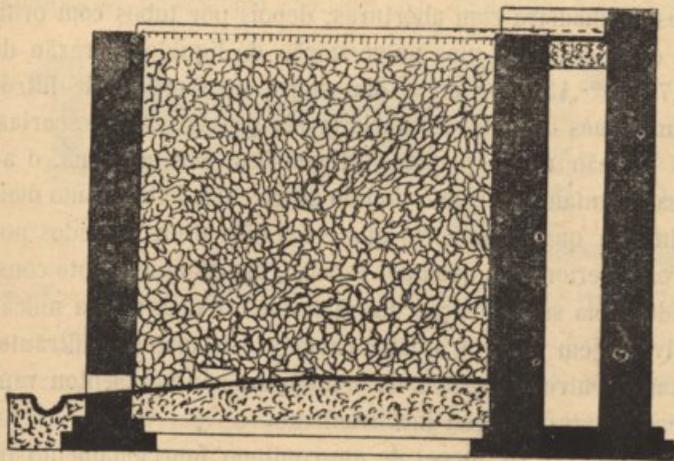


Fig. 37 — Filtro de STODDART

A altura do filtro (*fig. 37*) preconizada pelo autor é de 1<sup>m</sup>,82 e as dimensões do material, não soluvel e pouco friavel, variarão entre 38<sup>mm</sup> e 49<sup>mm</sup> (nunca menores do que 13<sup>mm</sup>). Quando se faz soffrer um tratamento preliminar, pela cal ou por passagem por fossa septica, á agua de esgoto pouco concentrada, esta pôde ser lançada ao filtro á razão de 5<sup>m<sup>3</sup></sup>,5-6<sup>m<sup>3</sup></sup> por m<sup>2</sup> e dia; a depuração conseguida attinge 89 % referida ao oxygeneo consumido, e 91 % referida ao NH<sub>3</sub> albuminoide.

Uma das principaes characteristics do filtro de STODDART é o modo de distribuição do liquido á sua superficie; mais tarde nos occuparemos d'elle.

#### b) Leitos de CORBETT

De 1893 a 1898, JOSEPH CORBETT fez interessantes experiencias de depuração das aguas de esgoto, nas *Salford Sewage Works*.

A agua residual, depois de precipitada por cal ou outro reagente e de passada atravez de filtros grosseiros de areia grossa, com o fim de ficar desembaraçada de gorduras e de materias suspensas, era distribuida, primitivamente por ca-leiras de madeira com aberturas, depois por tubos com orifi-cios que permitem uma pulverização do liquido, á razão de 2<sup>m<sup>3</sup></sup>,715-5<sup>m<sup>3</sup></sup>,430 por m<sup>2</sup> e dia, sobre a superficie de filtros de materiaes de natureza vária (areia grossa, coke, escorias) mas de não muito pequenas dimensões. D'esta forma, o ar passava juntamente com o liquido atravez dos leitos, tanto mais facilmente quanto é certo que estes não eram limitados por muros exteriores de qualquer especie, mas simplesmente cons-tituídos pela sobreposição dos materiaes, n'uma massa unica; a divisão em tres ou quatro camadas de material filtrante, deixando entre si espaços de ventilação, não apresentou van-tagens e antes pareceu inconveniente.

Ao fim de 15 mezes de um continuo funcionamento os

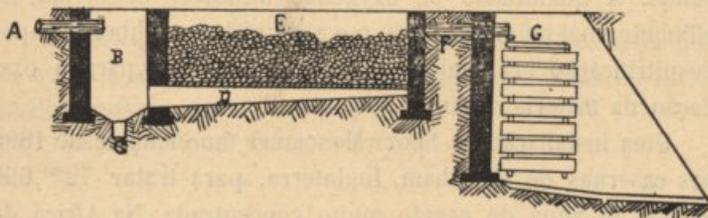
effluentes do filtro apresentavam uma redução importante no  $\text{NH}_3$  livre e albuminoide do liquido tratado.

Em presença dos resultados d'estas experiencias, a *Salford Corporation* decidiu empregar filtros semelhantes para tratar toda a agua de esgoto urbana, á razão de  $2^{\text{m}^3,715}$  por  $\text{m}^2$  e dia.

Depois de varias modificações introduzidas no processo, estabeleceram-se uma altura de  $1^{\text{m}},5-2^{\text{m}},13$  para os filtros e dimensões de  $13^{\text{mm}}-38^{\text{mm}}$  para os elementos do material filtrante, evitando-se assim o empoçamento superficial que se produzia no leito com o emprego de materiaes de elementos de  $5^{\text{mm}}-19^{\text{mm}}$  de diametro. No fundo do leito ha sempre uma certa espessura de material mais grosseiro, assente sobre uma drenagem por telhas, que facilita tambem o arejamento.

### c) Leitos de SCOTT MONCRIEFF

Nos processos continuos de STODDART e CORBETT só se provocam voluntariamente acções biologicas de oxydação; n'outros casos, porém, as acções ærobiaes são propositadamente precedidas por uma phase anærobia hydrolysante. É o que acontece no processo de SCOTT MONCRIEFF, em que filtros de filtração ascencional (*fig. 38, E*), actuando como fossas



*Fig. 38* — Apparelho de SCOTT MONCRIEFF; filtro anærobio e leitos ærobiaes

septicas, precedem disposições materiaes em que, por virtude de um bom arejamento, se permite a oxydação em boas condições.

Os leitos aerobios de SCOTT MONCRIEFF são taboleiros (*fig. 38, G*) perfurados, contendo coke, sobrepostos e separados por uma certa distancia. Os organismos nitrificadores ahi desenvolvidos actuam sobre a materia residual deixada pelo liquido, que é lançado sobre o primeiro taboleiro por uma gotteira distribuidora e que atravessa successivamente todos os taboleiros seguintes.

Nas experiencias de Ashtead, os taboleiros, em numero de 9, continham coke partido em fragmentos de 25<sup>mm</sup> de diametro, occupando uma espessura de 177<sup>mm</sup> e uma área de 0<sup>m²</sup>,0929; entre cada dois taboleiros o espaço era de 76<sup>mm</sup>; o liquido gastava 8-10 minutos para passar por todos os taboleiros.

Em 1898, depois de 3 mezes de funcionamento, tratando um affluxo constante de liquido na razão de 4<sup>m³</sup>,122 por 4<sup>m²</sup> e dia, RIDEAL compara as médias das analyses do effluente do filtro anaerobio e do effluente do ultimo dos leitos oxydantes e encontra: — uma redução de 93,1 % no oxygeneo consumido, que passa de 88 mgr. a 6<sup>mgr</sup>,09 por litro, e um augmento de 91,6 % na oxydação de azote (1) do qual o azote nitroso vae de 0<sup>mgr</sup>. a 0<sup>mgr</sup>,313 e o nitrico de 0<sup>mgr</sup>,4 a 64<sup>mgr</sup>,4 por litro. Os nitratos desenvolviam-se abundantemente, com uma insignificante producção de nitritos. O ammoniaco livre desaparecia quasi inteiramente. As materias suspensas faltavam de todo, bem como a côr amarella e o mau cheiro da agua residual. A quantidade de oxygeneo utilizavel dissolvido no effluente final ou armazenado nos seus nitratos e libertavel por desnitrificação era maior do que a necessaria para a oxydação da materia organica restante.

Uma installação de SCOTT MONCRIEFF funciona desde 1898 nas casernas de Caterham, Inglaterra, para tratar 72<sup>m³</sup>,696 diarios de agua de esgoto muito concentrada. Na Africa do Sul, principalmente, ha outras installações semelhantes.

(1) A transposição dos taboleiros dava um effluente córado e inferior; eram necessarios um ou dois dias para que o effluente voltasse a ser satisfactorio. Isto indica que nos taboleiros os germens estão distribuidos segundo a qualidade do liquido sobre que teem de actuar.

Em Lagrange, Illinois (E. U. A.) ha ainda o mesmo sistema de taboleiros filtrantes, mas recebendo o liquido hydrolyzado em fossas septicas de CAMERON.

#### d) Leitos não submersiveis actuaes

O processo dos leitos não submersiveis generalizou-se muito em alguns paizes, principalmente em Inglaterra e na America, e mesmo um pouco já na Allemanha e até em França. Os filtros usados pertencem aos typos descriptos, mais ou menos modificados. Em geral a disposição em taboleiros ficou reservada para installações domesticas ou destinadas a tratarem os liquidos de pequenas agglomerações. Para as installações mais importantes preferem-se quasi sempre os leitos filtrantes formando uma massa unica de material grosseiro; sobre ella o liquido é lançado, por varias fórmas que estudaremos, continuamente ou quasi, procurando-se tratar o maior volume de liquido possivel n'uma dada superficie.

Um tratamento preliminar é quasi sempre usado: a sedimentação e precipitação chimica ou a passagem por fossa septica; os filtros anaerobios de SCOTT MONCRIEFF só raramente se empregam.

Conhecidas estas generalidades, estudemos nos seus pormenores o tratamento da agua de esgoto nos leitos ou filtros insubmersiveis.

### 2) Estudo dos materiaes filtrantes

#### a) Natureza physica e chimica dos materiaes

D'um modo geral, pôde dizer-se que o material a empregar na construcção dos leitos insubmersiveis deve ser, como para

os leitos de contacto, insolúvel, áspero de superfície e difficilmente desintegravel.

Os leitos de materiaes como o coke e as escorias são muito mais lentamente atravessados pela agua residual do que os leitos de materiaes como tijolos, pedras e outros de superficie lisa. Ora, as experiencias da *Royal Commission* permitem-lhe concluir que a importancia da purificação effectuada n'um leito insubmersivel varia com a media de tempo gasto pelo liquido residual na travessia do material filtrante, suppondo que o leito é mantido em boas condições de arejamento.

O coke e as escorias são os materiaes mais geralmente empregados e considerados como mais convenientes, no caso dos leitos insubmersiveis como no dos submersiveis.

A Real Commissão Inglesa experimentou tratar um effluente de fossa septica n'um leito insubmersivel dividido em quatro segmentos—um contendo coke, outro escorias de forjas ou *destructors* de lixo (*clinker*), outro escorias de altos fornos e outro tijolos partidos. O material nos quatro segmentos fôra, em cada caso, partido e joeirado de fôrma a ser tanto quanto possivel das mesmas dimensões; comtudo os pedaços de *clinker* eram um pouco mais pequenos do que os do material dos outros segmentos.

Os resultados mostraram que o melhor effluente era obtido pelo segmento de *clinker*, que os segmentos do coke e das escorias de altos fornos davam effluentes muito similares entre si, mas um pouco inferiores ao do segmento de *clinker*, e que o effluente do segmento de tijolos partidos, apesar de ser ainda bom, era o mais inferior de todos os quatro, quanto á pureza.

A *carbolferrite* ou *polarite*, substancia porosa obtida pela calcinação do carbonato de ferro natural (54 % de peroxydo de ferro e oxydo magnetico, 6 % de alumina, 7 % de magnesia, 25 % de silica, 2 % de cal e 6 % de alcalis), é recommendada por LANDY em camadas de 20 a 30 centimetros de altura, postas entre duas

camadas de escorias. CALMETTE afirma, porém, que os poros muito finos da *polarite*, ao fim de poucas semanas de funcionamento, tornam-se obstruídos por zoogleas microbianas; em resultado d'isso, a maior intensidade da oxydação que no principio se observa nos leitos em que se usa carboferrite depressa baixa e desaparece. O emprego d'esta substancia apparece, pois, como sendo uma complicação inutil e por vezes dispendiosa.

A *turfa*, residuo da decomposição dos vegetaes em meio humido, foi pela primeira vez empregada em 1888, na installação experimental de Lawrence, em camadas de 0<sup>m</sup>,30 a 1<sup>m</sup>,50, dispostos á superficie de filtros de areia. Os resultados foram maus; a filtração tornava-se impossivel, o que era devido por certo á qualidade pouco favoravel do material, visto que em 1900 em Inglaterra se conseguiram bons resultados pela filtração por turfa. A nitrificação era porém sempre quasi nulla, por virtude da acidez do material.

Depois de varias experiencias na Allemanha, Italia e França, apparecem as de MUNTZ e LAINÉ que levam estes autores a propor a turfa como material conveniente para leitos não submersiveis: em 1908 conseguem depurar grande quantidade de agua de esgoto de Paris em leitos insubmersiveis formados por turfa em fragmentos intermeados de carbonato de calcio.

CALMETTE obteve maus resultados, no principio, devido á má qualidade de turfa empregada. Mas ultimamente emprega com exito a turfa preconizada por MUNTZ e LAINÉ em leitos insubmersiveis, em cuja construcção entram ainda tijolos e calca-reo.

GHYSEN, a respeito da utilização da turfa, conclue, depois de largos estudos, que:

1.<sup>o</sup> é indispensavel que a turfa a empregar seja bem permeavel para que se obtenham bons effluentes;

2.<sup>o</sup> estes, se bem que imputresciveis, sem cheiro e limpidos, teem uma côr amarellada ou escura devida á dissolução de materias humicas; a oxydabilidade do effluente é sempre elevada e mesmo geralmente maior do que era no affluente, o que não

tem uma significação má quando a prova da incubação mostra a imputrescibilidade do liquido;

3.º quando, porém, se utiliza, como é muito recommendavel, o carbonato de calcio pulverizado misturado intimamente com a turfa, os effluentes são incolores, a sua oxydabilidade é muito menor e o leito fica muito menos rico em gaz carbonico; isso é devido a que o carbonato de calcio fixa o humus e fôrma com o gaz carbonico um bicarbonato de calcio soluvel;

4.º a turfa das camadas impermeabilizadas depois de um funcionamento prolongado não tem cheiro e é facil de utilizar, como adubo, ou de queimar.

Quando não seja possivel obter materiaes tão convenientes como os que deixo indicados, aproveitar-se-ão outros, como *tijolos partidos*, ou mesmo *pedras*, como nos leitos de Baltimore e Columbus. Estas ultimas, porém, serão escolhidas tão porosas e irregulares quanto possivel; as pedras lisas não devem ser utilizadas. Mas, sobre os tijolos ou pedras, será sempre relativamente facil e muito conveniente dispor em todo o caso uma camada de 15 a 20 centimetros de escorias ou coke.

*Telhas*, formando tubos perfurados e dispostos parallelamente, teem sido usados no Norte da America (Madison, etc.) sob uma cobertura protectora contra o frio; os resultados são razoaveis (WISCONSIN).

As telhas são porém mais usadas para formar o pavimento em que assentam os materiaes filtrantes: a *Ames Crosta C.º*, nos leitos que constroe, usa uma disposição d'estas para assegurar uma livre e uniforme passagem simultanea ao liquido e ao ar.

#### b) Dimensões dos materiaes

Durante os primeiros tempos de funcionamento, os leitos insubmersiveis de material muito fino (3<sup>mm</sup> ou menos de diametro), fino (6<sup>mm</sup> de diametro) ou medio (12 a 25<sup>mm</sup> de dia-

metro) produzem incontestavelmente melhores efluentes do que os leitos de material grosseiro (75<sup>mm</sup> e mais de diametro); mas essa vantagem é ephemera, porque o leito de material fino ou medio impermeabiliza-se muito rapidamente, a menos que a quantidade de liquido tratada n'elle seja muito pequena em relação ao volume do material usado, ou que o liquido seja pouco concentrado e contenha muito poucas materias em suspensão.

Os elementos do material dos leitos não submersiveis devem ter geralmente dimensões maiores do que as dos dos leitos de contacto, que facilitem a passagem simultanea do ar e do liquido. Mas quanto maiores forem os elementos materiaes tanto maior terá que ser a altura que os leitos devem ter. Convem, portanto, estabelecer quaes sejam as dimensões a adoptar.

REID recommendava para o material diametros de 3<sup>mm</sup>, como fornecendo uma grande superficie utilizavel para o desinvolvimento bacteriano e exigindo nma altura de leito relativamente pequena e, portanto, um menor dispendio; mas, contra o que REID pensava, o material d'esta dimensão é geralmente incompativel com um bom arejamento, em virtude da rapida impermeabilização dos leitos pelas materias suspensas affluentes.

Nas installações de CORBETT, em Salford, as escorias de 5<sup>mm</sup> a 19<sup>mm</sup> primitivamente usadas permittiam tambem a formação de pôças á superficie dos leitos impermeabilizados; por isso o material usado passou a ser de elementos com diametro variando entre 13<sup>mm</sup> e 38<sup>mm</sup>, com resultados lisongeiros.

STODDART recommendava elementos cujo diametro nunca fosse menor do que 13<sup>mm</sup> e que se escolhessem de preferencia aquelles que tivessem 19 a 38<sup>mm</sup>.

Mas a verdade é que as dimensões do material deverão depender em grande parte da quantidade e do character da materia suspensa e da concentração do liquido affluente. Um liquido pouco concentrado ou contendo poucos solidos suspen-

sos e entre estes poucos de natureza fibrosa poderá ser tratado em leitos de material mais fino do que liquidos muito concentrados ou ricos n'essas materias.

Assim é que se pode dizer, de um modo geral, com a *Royal Commission* que :

a) Quando os liquidos a tratar nos leitos conteem muitas materias suspensas, é usualmente recommendavel construir os leitos insubmersiveis com material grosseiro, *qualquer que seja a concentração da agua de esgoto original.*

b) Quando o liquido a tratar nos leitos é concentrado, e especialmente se o tratamento preliminar deixa uma consideravel quantidade de materia suspensa no effluente da fossa, é melhor usar material grosseiro.

c) Quando a agua residual é de concentração media e tem sido expurgada da maior parte da materia suspensa, pelo tratamento preliminar, póde usar-se material grosseiro ou material fino.

d) Quando o liquido a tratar é diluido e o tratamento preliminar tem removido a maior parte da materia suspensa, é provavelmente melhor, na maior parte dos casos, empregar leitos de material fino.

e) Quando a agua de esgoto a tratar é muito diluida e tem soffrido uma muito boa clarificação, póde dar bons resultados o empregar nas camadas superiores do leito um material muito fino (3<sup>mm</sup>, ou menos, de diametro) tal como areia, desde que se não tratem muito grandes massas de liquido por m<sup>3</sup> de material e que este seja lavado por uma corrente ascendente todas as semanas.

#### c) Quantidade de material a empregar

Para a depuração de uma dada quantidade de agua de esgoto diariamente, uma installação de leitos insubmersiveis exige muito menos material (metade segundo a Commissão

Real Inglesa) do que uma instalação de leitos de contacto, como se vê nos graphicos de pags. 357 e 358.

O que se disse para os leitos de contacto applica-se agora tambem aos leitos não submersiveis, no que diz respeito ao modo de ler as indicações dos graphicos; no caso de leitos in-submersiveis IMHOFF entende que a cada habitante não devem caber menos de 130 litros de material (graphico da fig. 31) e que nunca se deverá usar menos de  $1^{m^3},4$  de material por cada  $m^3$  de agua de esgoto a tratar (graphico da fig. 32). Lembremos que essas indicações dos graphicos só serão accetidas como medias approximadas.

Este assumpto da quantidade de material necessario prende-se intimamente com a questão da quantidade de liquido que pôde ser tratada por unidade de volume do material do leito. Esta questão é adeante estudada.

### 3) Formação das superficies limitantes e drenagem dos leitos não submersiveis

A pratica de abrir no solo grandes covas que depois se enchem com materiaes filtrantes vimos ser, para a construção dos leitos submersiveis, o processo mais simples, ainda que, geralmente, pouco conveniente, mesmo quando o solo seja argilloso e denso.

Mas este modo de proceder é absolutamente inaceitavel no caso de leitos não submersiveis, seja qual for a natureza do sólo. N'este caso não é o interesse da integridade do solo, mas sim o da depuração do effluente que fica compromettido. Com effeito, visto que nos leitos não submersiveis o liquido vai directamente da superficie para os drenos, que depressa lhes permitem a sahida, o sólo que formasse as paredes limitantes lateraes não teria muito a temer que o liquido o invadissem, mesmo quando não fosse de natureza compacta ou já de si naturalmente rico em agua (pag. 364); é fora de duvida que

ha vantagem em que o fundo em que os materiaes assentam seja impermeavel ou impermeabilizado, mas as superficies limitantes lateraes não só não tem de ser impermeaveis como até é conveniente que o não sejam e que permittam facilmente o accesso do ar para o interior do leito.

Por este motivo, que implica a rejeição de leitos construídos pelo enchimento de covas abertas no solo, comprehende-se também perfeitamente que as paredes de alvenaria, de bacias especialmente construidas ou anteriormente utilizadas para a sedimentação ou precipitação, que no caso dos leitos de contacto constituem as melhores superficies limitantes, estão no caso dos leitos não submersiveis longe de serem muito convenientes. A usarem-se, não deixarão de ter, pelo menos na parte inferior, numerosas aberturas que permittam um facil escoamento do liquido, a sahida do acido carbonico formado e um bom arejamento.

As paredes do filtro de DUCAT, constituidas por tubos sobrepostos, e as do filtro de WITTAKER e BRYANT, providas de numerosas aberturas, tornam facil o arejamento do leito; são porém dispendiosas e podem ser vantajosamente substituidas. Assim, por exemplo, com pedras (ou outros materiaes volumosos) soltas collocadas umas sobre outras podem formar-se muros de sustentação ao material filtrante: é o que se faz em Leeds, Guildford e em West-Allis (Winslow). Uma estacada ou paliçada de madeira alcatroada, rodeada e fortalecida por arcos de ferro ou ainda grades ou redes metallicas galvanizadas ou alcatroadas podem também dar bom resultado: a rede metallica é preconizada por ROUCHY para sustentação do material filtrante em columnas, e foi utilizada por mim com esse fim e com bom resultado para alguns estudos experimentaes no Laboratorio de Hygiene de Coimbra (*fig. 40*).

Mais simples, comtudo, é o processo que consiste em accumular o material deixando que elle proprio forme as superficies limitantes lateraes do filtro, que serão, então, inclinadas em rampa (de 45-60 % pouco mais ou menos); n'este caso a alvenaria reduz-se á necessaria para supportar os canaes dis-

tribuidores da agua á superficie: assim são varios dos filtros utilizados modernamente.

A drenagem póde ser feita por telhas invertidas ou por tubos mal unidos, assentes sobre o fundo impermeavel, que deve ter uma ligeira inclinação ( $3^{\text{mm}}$  por metro, em Madeleine).

Nos filtros de material fino ou medio as materias suspensas ficam geralmente retidas nas camadas superficiaes e só quando estas estejam durante muito tempo sem limpeza passarão até ás camadas profundas; mas os leitos de material grosseiro deixam-se atravessar muito facilmente por grandes quantidades de materias suspensas; estas materias, se não conseguem sahir com o effluente, accumulam-se nas camadas inferiores do leito, impermeabilizando-as e impedindo o arejamento e a passagem do liquido. Portanto nos leitos de material grosseiro, principalmente, torna-se necessario dispor os drenos de modo a permittirem a facil evacuação d'essas materias.

Acima do fundo drenado pode formar-se um fundo falso perforado onde assente o material, que assim será mais facilmente arejado.

Em torno do leito existirá uma regueira para receber e afastar o liquido.

#### 4) Altura dos leitos insubmersiveis

A questão da profundidade dos filtros insubmersiveis é de muito maior complexidade do que parece á primeira vista.

Na maior parte das installações existentes, a profundidade dos leitos é ordinariamente determinada pelas differenças de nivel disponiveis. Nos casos em que se dispõe de differenças de nivel importantes usam-se filtros altos, ao passo que nos casos em que essas differenças faltam utilizam-se de preferencia filtros com menos altura de material. Comtudo, mesmo n'estes ultimos casos, a vantagem do emprego de filtros altos

sobre o de filtros pouco profundos tem sido, muitas vezes, julgada sufficientemente importante para justificar a adopção da elevação do liquido por bombas, sempre dispendiosa.

Com effeito, geralmente, acceita-se a opinião de que, no caso de leitos insubmersiveis de um dado material, os resultados são tanto melhores quanto maior é a altura do material filtrante.

Ora essa opinião, assente nas experiencias de WHITTAKER, HARDING, HARRISON, BELL e STODDART, e nas da *Royal Commission*, corresponde á verdade para os leitos de material fino ou grosseiro, com bom arejamento e boa distribuição, mas apenas na hypothese de os leitos mais baixos e os mais altos receberem a mesma quantidade de liquido por  $m^2$  de superficie, o que equivale a receberem os leitos mais altos uma menor quantidade por  $m^3$  de material.

Com effeito, as experiencias feitas pela *Royal Commission*, em Dorking, mostram ainda que :

1.º Praticamente, no caso do material ser grosseiro, desde que haja uma boa distribuição de liquido no leito, o mesmo grau de depuração será obtido pela utilização de uma dada quantidade de material, esteja este disposto sob a forma de leito profundo ou sob a de leito baixo, se o volume de liquido residual tratado por  $m^3$  de material fôr o mesmo em ambos os casos.

Um filtro de  $1^m$  de altura recebendo  $x$  litros por  $m^2$  por dia dará um effluente semelhante ao fornecido por um filtro de  $2^m$  de altura que receba  $2x$  litros por  $m^2$  e dia. Suppondo que os leitos não se impermeabilizam, ha uma ligeira vantagem a favor do emprego dos leitos profundos, porque quanto maior é a profundidade tanto mais se neutralizam os defeitos da distribuição; deverá haver mesmo um limite minimo ( $0^m,914$ ) para a profundidade dos filtros de material grosseiro, porque quando elles sejam demasiado baixos, por muito boa que seja a distribuição do liquido á superficie, será difficil impedir que uma grande porção de liquido passe de preferencia por certos canaes entre o material, attingindo o fundo muito rapidamente.

2.º No caso de filtros de *material fino*, se o liquido a tratar fosse absolutamente livre de materias suspensas e no estado colloidal e se o arejamento podesse ser perfeitamente mantido, o que fica dito para os filtros de material grosseiro applicar-se-lhes-ia tambem. Mas na pratica não se realizam essas condições quando se tratam grandes volumes e a *Royal Commission* intende que provavelmente maior efficacia será conseguida pelo uso de uma dada quantidade de material fino arranjada sob a forma de leito pouco fundo do que sob a de leito de maior profundidade.

Para o tratamento de liquidos concentrados, o filtro não deverá provavelmente ser tão baixo como se fosse destinado a tratar um liquido mais diluido. Estes pontos porém não estão ainda perfeitamente esclarecidos.

Em resumo, a altura a dar aos leitos não submersiveis variará com as dimensões e qualidade dos elementos filtrantes e com a concentração e qualidade do liquido a tratar.

Os leitos de escorias de Salford teem uma altura de 2<sup>m</sup>,13; os de Stoddart 1<sup>m</sup>,82; os leitos de Baltimore (de pedras partidas) 2<sup>m</sup>,74; os leitos de escorias em Madeleine 1<sup>m</sup>,75.

D'um modo geral, pode dizer-se que a altura nunca deve ser inferior a 1<sup>m</sup> e estabelecel-a em media em 1<sup>m</sup>,75. Quando os materiaes usados sejam pouco porosos e muito volumosos, ou quando as aguas de esgoto sejam muito concentradas adoptaremos 2 a 2<sup>m</sup>,50 para altura dos leitos não submersiveis.

##### 5) Distribuição do liquido á superficie dos leitos insubmersiveis

A distribuição do liquido á superficie do leito insubmersivel exige os maiores cuidados e attenção para que todos os materiaes filtrantes possam ser utilizados. A despesa, sempre mais ou menos consideravel, feita para assegurar uma distribuição regular e uniforme será em grande parte compensada pela

melhor depuração obtida e pela redução na quantidade de materiaes necessarios para a construcção do leito.

Mas a verdade é que distribuir bem egualmente um liquido, provindo de um canal, n'um espaço muito extenso, se é cousa facil quando se pratica a filtração ascencional em que a propria agua, á medida que se eleva, se vai dispondo em superficies horizontaes, torna-se muito difficil de conseguir quando, como no caso presente de leitos não submersiveis, a distribuição tem que ser feita na parte superior do material filtrante.

Tem-se por vezes experimentado, para os leitos não submersiveis com arejamento natural, collocar-lhes á superficie, como no leito de arejamento artificial de Lowcock, uma camada de areia ou outro material fino na qual a agua de esgoto se espalhe facilmente; então o liquido cahiria d'esta camada sobre as camadas inferiores de material grosseiro, em toda a extensão do leito. Mas este modo de proceder não pode ser facilmente adoptado, porque: 1.º a areia depressa se impermeabiliza; 2.º o arejamento torna-se depressa insufficiente por não haver disposições artificiaes para o manter como no caso do aparelho de Lowcock; 3.º o liquido nem sempre cabe ás gottas da camada de areia sobre as camadas de material grosseiro, mas sim, por vezes, em quantidades notaveis e excessivas (no caso do leito de Lowcock, sabemos que o ar injectado nas camadas medias retardava a descida do liquido nas camadas superiores).

Na pratica terão, portanto, os materiaes superficiaes que ser relativamente grosseiros; e, então, é claro que, se o lançamento do liquido se faz só em poucos pontos, no centro ou partes lateraes da superficie dos leitos, a agua de esgoto seguirá de preferencia determinados trajectos, entrando em contacto apenas com uma pequena quantidade de material do leito.

Por isso são muitos os processos propostos e usados para assegurar o lançamento de liquido a toda a superficie de um modo continuo, tanto quanto possivel.

Notemos que o lançamento continuo sobre toda a superficie nem sempre, e mesmo só raramente, é realizado.

Na maior parte dos casos ha, para cada ponto da superficie, intermittencias na recepção do liquido; se bem que este afflue continuamente ao leito, só é distribuido a cada momento e successivamente a determinadas regiões superficiaes do leito. Outras vezes, mesmo, a affluencia do liquido ao leito soffre verdadeiras interrupções, ainda que pouco demoradas. Quando a affluencia é continua, o liquido é distribuido em pequenas quantidades, em jactos delgados, em gottas ou pulverizado; quando a affluencia é intermittente, pode o liquido ser distribuido de qualquer d'estas formas ou ainda em quantidades relativamente importantes e sufficientes para, n'uma extensão maior ou menor, correr á superficie do leito antes de penetrar na profundidade entre os materiaes.

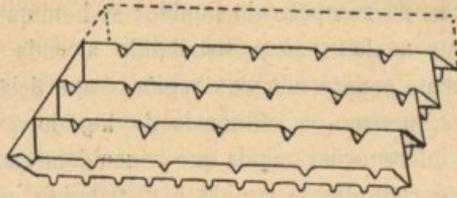
Podemos classificar da seguinte forma os processos da distribuição do liquido á superficie dos leitos insubmersiveis:

- a) Distribuição por gottejamento directo.
- b) Distribuição por queda e projecção por choque.
- c) Distribuição por bicos pulverizadores fixos.
- d) Distribuição por torniquetes hydraulicos.
- e) Distribuição por gotteiras de reversão.
- f) Distribuição por syphões de descarga intermittente, de fluxo abundante.

a) Distribuição por gottejamento directo

α) STODDART, em Bristol, assegurava a distribuição do liquido sobre os seus leitos pelo gottejamento realizado da seguinte forma: A pequena distancia da superficie do leito (*fig. 33*) e formando-lhe uma especie de cobertura, dispunha, perpendicularmente á direcção de um canal de affluencia, folhas de zinco ou ferro dobradas de forma a formarem uma serie de gotteiras parallellas e unidas entre si (*fig. 39*), tendo pequenas janellas lo-

sangicas nos bordos longitudinaes de união de cada duas gotteiras e, no bordo saliente da face inferior d'estas, uma serie de



*Fig. 39* — Placa de distribuição do leito de STODDART

pequenas pontas finas. O liquido, que pelo canal perpendicular se distribuia nas gotteiras, subia n'estas, até que, alcançando as aberturas losangicas, passava por ellas escorrendo pela face inferior das gotteiras e dirigia-se para as pontas, que em pequenas gottas o deixavam cahir sobre a superficie do leito. A differença de nivel para o liquido exigida para a distribuição assim feita era apenas de 76<sup>mm</sup>. Não havia orificios susceptiveis de se obstruïrem e as materias suspensas que se depositavam no fundo das gotteiras podiam ser facilmente retiradas, por limpeza com escovas grossas, de tempo a tempo; alem d'isso as gotteiras formavam um certo numero de secções que podiam, em caso de necessidade, ser concertadas separadamente.

Apesar d'estas vantagens e d'esta apparente simplicidade, o processo não se generalizou, porque tem inconvenientes varios e importantes, que á primeira vista se não notam. Em primeiro lugar é necessáριο que as gotteiras estejam perfeitamente horizontaes, para que a distribuição se possa fazer bem; mas torna-se muito difficil manter assim as gotteiras, não só por causa dos ventos fortes, mas tambem por causa das muito frequentes limpezas que acabam por se tornar necessarias em virtude do grande desenvolvimento de bolores. A cobertura formada pelas gotteiras, estando a muito pequena distancia da superficie do leito, prejudica-lhe muito o arejamento. Alem d'isso a grande superficie de agua de esgoto exposta ao ar permite uma grande diffusão dos cheiros na vizinhança. Final-

mente cada secção de  $1^m,67$  de gotteiras custa 3\$375 réis em media, d'onde um preço excessivo quando se queira applicar a grandes superficies este modo de distribuição de liquido.

β) Por gottejamento é tambem feita a distribuição á superficie dos materiaes dispostos em columna filtrante, como ROUCHY preconiza: Cada columna, tendo uma superficie circular relativamente pequena, é servida por um pequeno recipiente que recebe continuamente o liquido, a que dá sahida por oito tubos que do seu fundo se destacam radialmente, formando dois grupos, cada um de quatro tubos, que lançam a agua sob a forma de gottas em pontos equidistantes do centro.

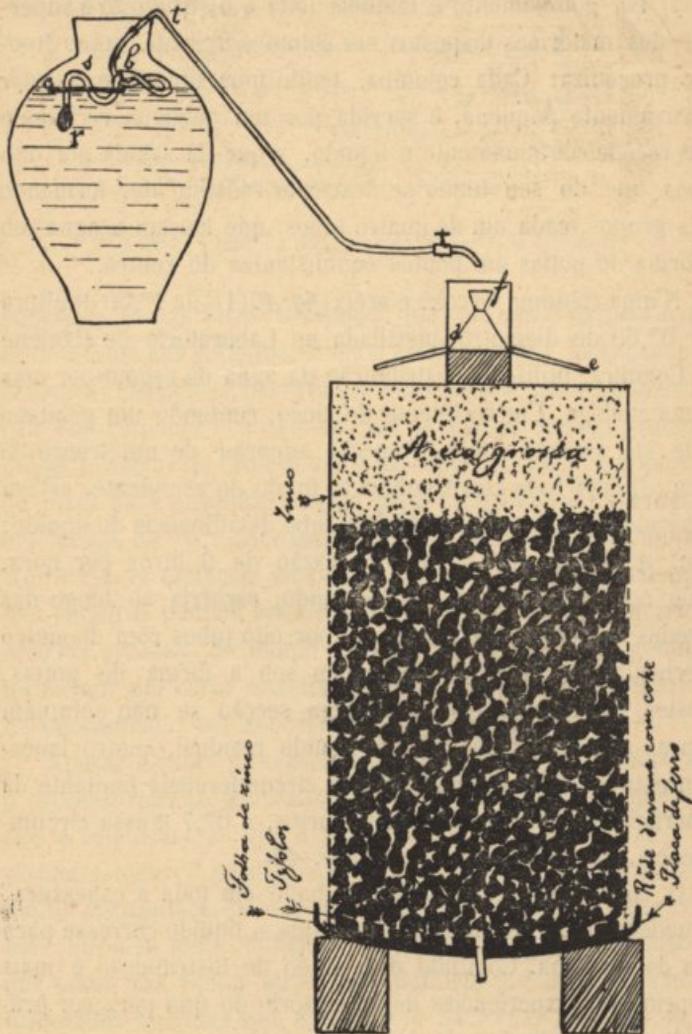
N'uma columna de coke e areia [fig. 40(1)] de  $1^m,50$  de altura por  $0^m,60$  de diametro, installada no Laboratorio de Hygiene de Coimbra, utilizei a distribuição da agua de esgoto por uma fórma analoga. Um recipiente de zinco, contendo um pequeno godé (*f*) assente sobre a secção superior de um tronco do cone (*d*) cuja base correspondia ao fundo do recipiente, estava collocado por baixo da torneira do tubo de affluencia do liquido; este, debitado, em media, na razão de 6 litros por hora, cahia no godé, d'onde, trasbordando, escorria ao longo das paredes lateraes do cone sahindo por oito tubos com diametro interno de  $1^m$ , que a distribuiam sob a forma de gottas. D'estes tubos, que pela sua larga secção se não entupiam com as materias suspensas do liquido residual, quatro lançavam este a  $0^m,45$  de distancia da circumferencia limitante da superficie e outros quatro, mais curtos, a  $0^m,7$  d'essa circumferencia, medindo sobre o raio (fig. 41).

O coke era regularmente molhado em toda a espessura, humedecendo-se os materiaes sem que o liquido corresse para fóra da columna. Comtudo este modo de distribuição é mais proprio para experiencias de laboratorio do que para ser praticado nas installações de depuração urbana.

---

(1) A fig. 40 representa o projecto de uma columna mais larga e mais baixa do que a que veio a ser realmente construida.

Voltaremos a occupar-nos d'esta columna, a proposito dos resultados obtidos para a agua de esgoto de Coimbra filtrada por ella no Laboratorio de Hygiene.



*t*, tubo de chumbo — *b*, tubo de borracha — *s*, tubo de chumbo  
*c*, fluctuador de cortiça — *r*, rede metallica

Fig. 40 — Columna de coke para experiencias, usada no Laboratorio de Hygiene de Coimbra

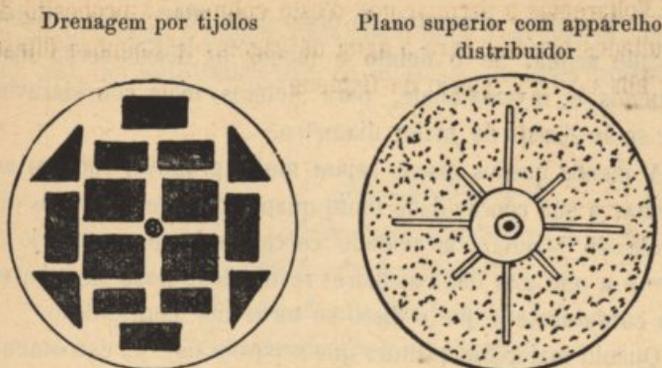


Fig. 41 — Planos superior e inferior da columna da fig. 40

b) Distribuição por queda e projecção por choque

Para fazer a distribuição por este processo, deixa-se cair o liquido, de um tubo de escoamento recurvado de 18<sup>mm</sup> de diametro (para evitar obstrucções), e de uma certa altura, sobre um disco metallico mais ou menos concavo implantado acima da superficie do leito; o liquido, batendo no disco, espirra para os lados, cahindo sobre os materiaes filtrantes, mais ou menos dividido.

Segundo WINSLOW, PHELPS, STORY e MAC-RAC, os melhores resultados são obtidos nas seguintes condições:

1.º O debito sobre cada disco distribuidor será, em media, de 4,54 litros por minuto.

2.º Por cada hectare haverá 840 discos distanciados de 3<sup>m</sup>,35.

3.º A distancia vertical entre o tubo de escoamento do liquido e a superficie do leito será a maior possivel: 0<sup>m</sup>,60 é sufficiente; 1<sup>m</sup>,20 dá melhores resultados e 1<sup>m</sup>,80 melhores ainda.

4.º A altura da queda do liquido sobre o disco será de 0<sup>m</sup>,60 a 1<sup>m</sup>,20; em cada caso especial determinar-se-á experimentalmente a altura mais conveniente.

5.º O melhor diametro do disco é de 75<sup>mm</sup>, para o debito indicado acima. Se o debito é menor os discos serão mais pequenos e, inversamente, para debitos mais consideraveis usar-se-ão discos de maior diametro.

A menos que os discos sejam muito grandes, convem augmentar a sua concavidade tanto quanto possivel; para os discos de 75<sup>mm</sup> uma concavidade correspondente a um raio de 50<sup>mm</sup> é a que tem dado melhores resultados; pode augmentar-se a curvatura até que o disco se torne um hemispherio.

Quanto maior for a altura que separe o tubo de escoamento da superficie do leito, tanto mais largos e cavados serão os discos.

Com este modo de distribuição a agua espalha-se em circulo e só molha 78 % da superficie do leito.

#### c) Distribuição por bicos pulverizadores fixos

Para fazer a distribuição por este processo, dispõem se, á superficie ou a pequena profundidade dos leitos e a todo o seu comprimento, tubos metallicos paralelos perfurados de 1<sup>m</sup>,50 em 1<sup>m</sup>,50 pouco mais ou menos; um canal de secção conveniente, perpendicular a estes tubos, divide por elles o liquido, movido pela pressão nascida de uma differença de nivel ou da acção ejectores especiaes (SHONE, etc ).

Se se procura simplesmente fazer passar o liquido através dos orificios abertos nos tubos dispostos á superficie do leito, torna-se necessario que aquelles sejam de muito pequeno diametro, para que os jactos sejam finos; mas, n'este caso, depressa os orificios se entupem e tornam-se necessarias limpezas difficeis e frequentes. Por isso, essa pratica, primeiro seguida por CONBETT em Salford, com tubos paralelos perfurados que eram alimentados por um syphão de descarga intermitente e que diminuiam de secção á medida que se afastavam

do ponto d'onde o liquido provinha e onde a pressão era maior (fig. 42), foi substituída pela da utilização de bicos pulveriza-

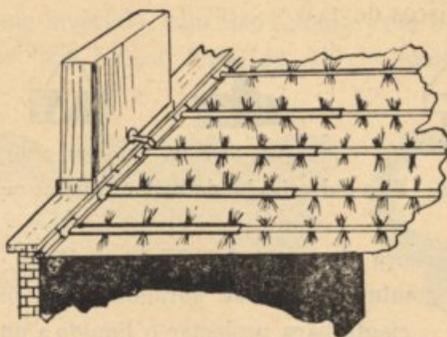


Fig. 42 — Distribuição por tubos perfurados e syphão intermittente, de CORBETT

dores especiaes, aparafusados nos crificios, que, então, podem ter maior diametro e não se entupem facilmente. E quanto a estes bicos, quando entupidos, retiram-se para a limpeza, mais facil do que no caso de ter que ser feita para pequenos orificios dos tubos fixos. Os bicos pulverizadores são de numerosos modelos.

α) Com os primeiros bicos pulverisadores usados em Salford o jacto do liquido era projectado contra um disco collocado um pouco acima do orificio de sahida, e assim pulverizado; mas o liquido cahia sobre o leito formando um annel e não cobrindo uma area. Por isso se passou a usar outro bico, o *Simplex Sprayer* (Gjers and Harrisson's patent) (fig. 43), que

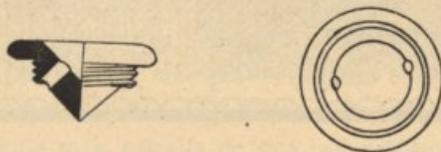


Fig. 43 — *Simplex Sprayer*

quebra dois jactos um contra o outro e cobre de liquido uma area oval. Finalmente adoptou-se um modelo mais complicado

(fig. 44) em que ha seis canaes em espiral ( $7^{\text{mm}},5$  de diametro) por onde o liquido passa, para sahir e ser distribuido sobre uma superficie circular.



Fig. 44 — Bico pulverizador de Salford (ultimo modelo)

Uma differença de nivel de  $0^{\text{mm}},52$  a  $1^{\text{m}},21$  é bastante, em Salford; comtudo dispõe-se geralmente de pressão sufficiente para projectar o liquido a uma altura de  $1^{\text{m}},52$  a  $2^{\text{m}},43$ . Este cahe em chuva na proporção de 2717-5434 litros diarios por  $\text{m}^2$ .



Fig. 45 — Bico pulverizador usado em Birmingham

β) O *Ham Backer and C<sup>o</sup>'s Fixed Spray Distributor* (fig. 45), usado nos leitos de Birmingham (fig. 46), permite a passagem, atravez de um espaço annular estreito ( $3^{\text{mm}},8$  de diametro), ao liquido, que se pulveriza batendo contra a parte inferior de um tampão metallico, facil de retirar para a limpeza. A pressão do liquido é determinada por uma differença de nivel de  $1^{\text{m}},50$ - $1^{\text{m}},80$  (nunca menor do

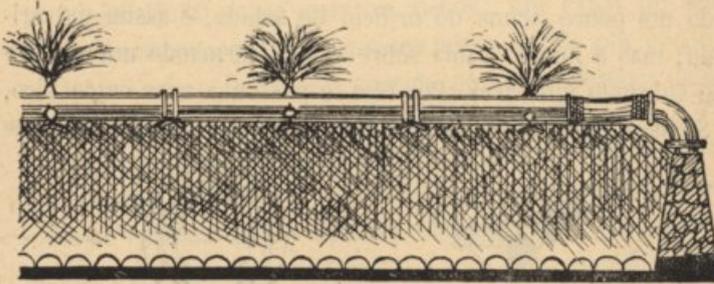
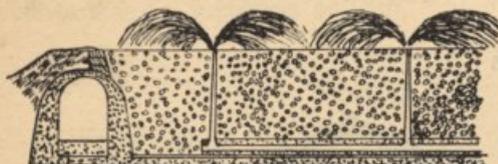


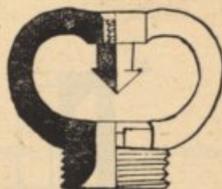
Fig. 46 — Secção de um leito de Birmingham

que  $1^{\text{m}},30$ ); a quantidade media de liquido distribuida por  $\text{m}^2$  e dia é de mais de  $5^{\text{m}^3},5$ .

γ) Em Columbus, Ohio, depois de varias experiencias adoptou-se para os leitos (*fig. 47*) um bico de bronze com um orificio de 13<sup>mm</sup>,5 de diametro, com bordos arredondados, sobre o qual um cone invertido, cujo eixo coincide com o do orificio, é mantido por dois braços finos (*fig 48*); o liquido, batendo



*Fig. 47* — Seção de um leito de Columbus



*Fig. 48* — Bico pulverizador de Columbus

n'este cone, espalha-se e, depois de subir até 1<sup>m</sup>,20 de altura, cahe em gottas que cobrem no leito areas comprehendidas entre duas circumferencias concentricas que representam 77 % da superficie total. A differença de nivel é, no maximo, de 1<sup>m</sup>,52 com descarga de 61 litros por minuto, e no minimo de 0<sup>m</sup>,83 com descarga de 45 litros por minuto. O bico de COLUMBUS tem vantagens, pela sua simplicidade e pelo grande diametro do seu orificio.

δ). TAYLOR nota que no bico de COLUMBUS os dois braços que sustentam o cone separam inconvenientemente a chuva projectada, sobretudo quando se cobrem de cultura de fungos, e declara que a uniformidade de distribuição obtida por choque contra um simples cone, sob pressão de 1<sup>m</sup>,50, não é satisfactoria. Para remediar estes defeitos, usa em Waterbury o bico representado na *fig. 49* em que existe um cone secundario collocado mais baixo, perto do orificio, e munido de um abertura ligeiramente mais estreita do que este orificio. Os diâmetros d'uma e d'outro estão n'uma relação tal que  $\frac{4}{5}$  do liquido passam atravez da abertura do cone inferior para se pulverizarem contra o cone superior, ao passo que  $\frac{1}{5}$  é interceptado pelo cone inferior, contra o qual se pulveriza, e dis-

tribue se sobre o quinto interno da superfície circular regada pelo bico.

De todos estes bicos os que dão as melhores distribuições são o de Salford novo modelo e o de Birmingham; mas estes bicos entupem-se muito facilmente, em virtude do pequeno dia-

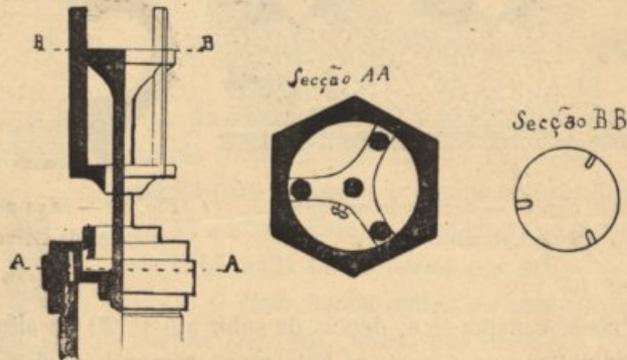


Fig. 49 — Bico pulverizador usado em Waterbury

metro das suas aberturas. Pelo contrario, com o bico de Columbus, que tem orificio de grande diametro, o perigo de entupimento é muito pequeno, mesmo quando se faça a distribuição de agua de esgoto bruta, rica em materias suspensas.

Em todas as installações onde são usados os bicos que acabo de descrever a pressão necessaria para a pulverização é produzida pela differença de nivel; mas em alguns casos, como dissémos, é preciso recorrer a ejectores SHONE e semelhantes. É o que acontece em Chesterfield, onde ha uma das melhores installações inglesas: Dois leitos, de  $515\text{m}^2$  de superficie cada, são separados por um largo canal, que recebe a agua de esgoto que um aparelho SHONE de 500 litros n'elle recalca para a fazer passar a tubos cylindricos secundarios perpendicularmente inseridos d'um e d'outro lado no primeiro e dispostos parallelamente a todo o comprimento dos leitos. Estes tubos são

perfurados de 1<sup>m</sup>,83 em 1<sup>m</sup>,83, em pontos a que se adaptam bicos atraz e acima de cada um dos quaes está disposta uma lamina metallica inclinada um pouco fóra da vertical. Todos os 10 minutos o ejector lança, pela acção de ar comprimido, 454 litros de agua de esgoto que, sahindo pelos bicos, se quebra nas laminas metallicas, pulverizando-se e cahindo em chuva sobre a superficie do leito.

\*

Estes systemas pulverizadores são theoreticamente os melhores, porque asseguram a mistura do liquido com o ar e o repartem muito dividido sobre a superficie do leito, levando a uma boa oxydação.

Mas na pratica vê-se que a distribuição sobre a area filtrante é quasi sempre um pouco desigual, o que é uma desvantagem, quando não no caso de leitos de material fino ou medio algum tanto fundos ou no de leitos de material grosseiro com grande altura (2<sup>m</sup>,5 ou mais). Este methodo de distribuição requer uma consideravel differença de nivel para assegurar a pressão necessaria a um bom funcionamento. É necessaria uma constante vigilancia para conservar limpos e livres os tubos e orificios distribuidores, que se entupem facilmente: em Birmingham por cada 6070<sup>m</sup><sup>2</sup> de leito ha um homem empregado, dia e noite, n'este serviço. Alem d'isso o custo elevado das canalizações metallicas não ajuda á vulgarização do processo (contudo WATSON verificou em Birmingham que elle é mais economico de que varios outros com que fez experiencias comparativas).

Por outro lado, na vizinhança dos logares habitados não será conveniente recorrer á pulverização, que favorece a propagação dos maus cheiros (1), e talvez a disseminação dos germens; estes inconvenientes existem tambem nos outros processos de distribuição mas são então menos pronunciados.

(1) Contudo em Columbus o cheiro não vai alem de 400<sup>m</sup>.

## d) Distribuição por torniquetes hydraulicos

Em Inglaterra, na maior parte das installações de depuração biologica, usam-se, para os leitos insubmersiveis, distribuidores rotativos, quasi sempre movidos pela propria agua de esgoto, segundo o principio do antiquissimo *Aeolipilo* descrito 200 annos a. C. por HERO de Alexandria ou dos mais modernos torniquetes hydraulicos.

O emprego d'estes distribuidores de agua de esgoto foi iniciado por CAINK. O liquido é levado por um canal até ao eixo central dos leitos bacterianos, de fórma circular, e ascende, seguindo esse eixo, até chegar a uma tina onde encontra passagem para dois ou quatro braços moveis horizontaes, que se alongam um pouco acima da superficie dos leitos, tubos fechados na extremidade livre, mas perfurados em um dos lados, em todo o comprimento, de orificios cujo tamanho augmenta á medida que se caminha do centro para a periphéria do leito. A agua, sahindo em jactos, obriga os braços a moverem-se em torno do eixo central, e distribue-se assim successivamente a todas os porções superficiaes do leito.

Umaz vezes, a tina é fixa e os braços distribuidores moveis mergulham no liquido pela sua extremidade interna, encurvada para servir de syphão; o pêso dos braços é supportado por um disco fluctuante na tina ou por um eixo central que gira com elles. É o que acontece com o *Jenning Patent Automatic Sprinkler*, usado nos leitos de Cole Hall, Yardley e Kenilworth (de 24<sup>m</sup> de diametro) e nos mais pequenos (de 3<sup>m</sup> a 12<sup>m</sup> de diametro) de St. Leonards, Windsor, East-wood, etc.

Mais geralmente, porém, os braços estão soldados á tina central, que os acompanha no movimento rotatorio movendo o seu bordo inferior n'uma juntura appropriada; para garantir a impermeabilidade das juntas ao liquido e diminuir n'ellas o gasto e o attricto tem-se proposto numerosas disposições materiaes. No distribuidor de CANDY WHITAKER o bordo infe-

rior da tina move-se n'um sulco cheio de mercurio: é o distribuidor usado nos leitos não submersíveis de Harrogate (36<sup>m</sup>,5 de diametro) de Worcester (61<sup>m</sup> de diametro), de Accrington (fig. 50), etc. Os dis-

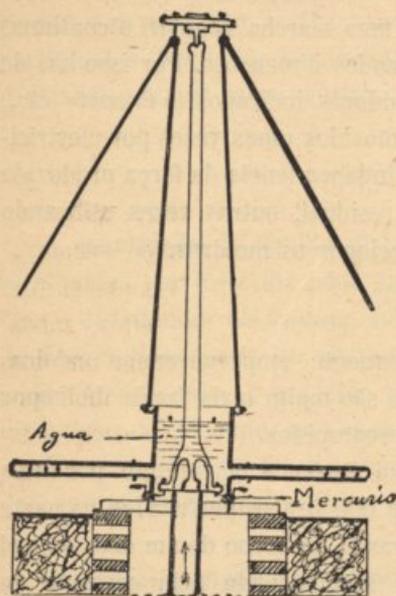


Fig. 50 — Torniquete distribuidor de WHITAKER, em Accrington

tribuidores ADAMS (fig. 51) são de varios typos; n'um d'elles — «o Cresset» — usado nos leitos insubmersíveis de Derby (30<sup>m</sup> de diametro), de Birmingham (36<sup>m</sup>,5 de diametro), de Hulford (42<sup>m</sup> de diametro), etc., a rotação faz-se n'uma camara de ar entre duas juntas hydraulicas.

Na maior parte d'estes distri-

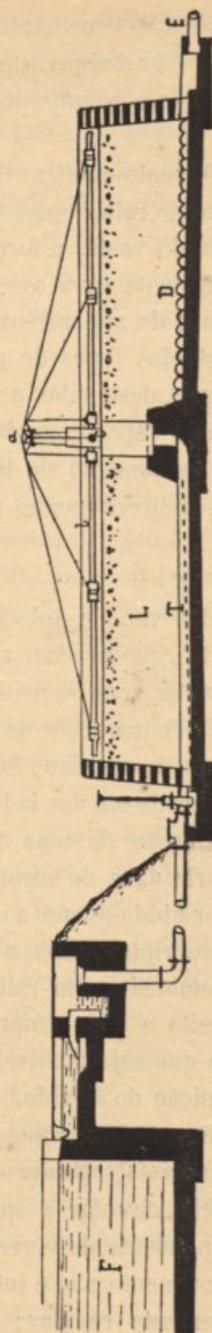


Fig. 51 — Leito insubmersível com distribuidor rotativo ADAMS, precedido de fossa

buidores e semelhantes, quando não se regula o affluxo do liquido, ha braços supplementares que entram em funcionamento se o volume de agua affluente augmenta.

O vento muitas vezes contraria poderosamente o movimento de rotação dos torniquetes. Mas, mesmo sem acção contraria do vento, a força produzida pela sahida do liquido não é sufficiente para assegurar uma marcha regular e continua, no caso de apparatus de grandes dimensões. Por isso ha, de alguns dos typos de distribuidores indicados, «*Cresset*» etc., modelos destinados a serem movidos umas vezes por electricidade ou vapor com absoluta independencia da força produzida pelo escoamento do liquido residual, outras vezes utilizando este, indirectamente, para accionar os motores.

Em vez de tubos é frequente empregarem-se caleiras abertas, perfuradas, as quaes são muito mais faceis de limpar e manter com os orificios desentupidos.

O distribuidor de MATHER PLATT é constituido por uma caleira de madeira, formando dois braços perfurados na parte inferior de um dos lados e girando em torno de um eixo central pela acção de uma turbina impulsionada pela corrente da propria agua de esgoto. A presa que esta caleira dá ao vento é maior ainda do que a que offerecem os tubos dos distribuidores já descriptos; mas a possibilidade de lhe fazer assentar as extremidades em rails collocados na circumferencia externa do leito e a do emprego de um motor poderoso concorrem para que seja possivel tornar mais constante e regular a distribuição do liquido.

SCOTTS MONCRIEFF preconiza um distribuidor que se estende umas vezes segundo o raio outras vezes segundo o diametro do leito circular e que é movido por apparatus inteiramente independente da corrente liquida residual, do que resulta que o movimento não é influenciado pelo volume da onda e é constantemente regular; além d'isto a quantidade da agua que

afflue ao distribuidor é sempre previamente regulada por disposições materiaes appropriadas. A agua de esgoto passa de um tubo axial para a caleira principal de duas que formam o braço distribuidor e n'ella caminha até a sua extremidade que se move sobre rails assentes na circumferencia limitante do leito; em todo o comprimento d'essa caleira ha orificios, de tamanho crescente do centro para a periphèria, por onde o liquido vai passando á caleira secundaria, dividida em compartimentos d'onde trasborda cahindo ao longo de pontas que o deixam gottejar sobre o leito.

\*

A quantidade de liquido distribuida por este systema de torniquetes por  $m^2$  e dia póde ser consideravel: Até  $5^{m^3},440$  com o distribuidor de *Jenning*, até  $10^{m^3},880$  com o distribuidor de *SCOTTS MONCRIEFF*. De um modo geral,  $1^{m^3},20$  por  $m^2$  e dia póde ser attingido, e excedido mesmo, sem prejuizo para a depuração do effluente, que chega a ser muito lisonjeira.

Mas este systema de distribuição tem varias desvantagens que muitas vezes fazem rejeitar o seu emprego.

Nos leitos providos de distribuidores radiaes movidos segundo o principio dos torniquetes hydraulicos acontece por vezes que o affluxo da agua de esgoto se faz sem ser previamente regulado: o resultado é que o debito do distribuidor varia com a importancia da onda residual do momento. N'estes casos é necessario que este debito não desça abaixo de certo limite, aliás o movimento dos braços detem-se: assim, com o «*Cresset*» um debito inferior a 544 litros por  $m^2$  e dia e com o *Jenning's* um debito inferior a 272 litros por  $m^2$  tornam necessario o emprego de aparelhos que lancem o liquido inermittentemente e, então, portanto, em maiores ondas de cada vez, já sufficientes para exercerem uma pressão capaz de mover o distribuidor.

A necessidade d'estes aparelhos de descarga intermittente

é naturalmente evitada quando ha apparatus motores independentes do fluxo do liquido residual.

N'este modo de distribuição quando não haja motores especiaes ha sempre necessidade de differenças de nivel, que serão tanto maiores quanto maior haja de ser a pressão do liquido que mova os braços.

Com o *Adams* exige-se, pelo menos, uma differença de nivel que dê ao liquido uma pressão correspondente á que seria necessaria para o fazer elevar 152<sup>mm</sup> acima do centro da superficie do leito; comtudo se o debito é constante a pressão não deverá ser menor do que 228<sup>mm</sup> e só poderá lutar com vantagem contra um vento medio quando acima de 304<sup>mm</sup>; em todo o caso a caso a pressão não deve ser tambem muito grande aliás a agua residual pôde forçar a camara de ar. Para o *Jenning's* requer-se uma pressão de 533<sup>mm</sup> a 228<sup>m</sup>, segundo o debito a obter. Estes distribuidores ficam muito distantes da superficie do leito; a pressão assim perdida para fazer subir o liquido até essa altura é maior do que no caso de distribuidores, como o de *SCOTT'S MONCRIEFF*, que se movem pouco acima da superficie dos materiaes filtrantes.

A menos que sejam providos de motores auxiliares, que muito augmentam a despesa, os torniquetes hydraulicos serão muito perturbados no seu funcionamento pelo vento, pela geada e pela neve. O vento muitas vezes chega a fazer parar os torniquetes. Se os leitos são de pequenas dimensões, podem evitar-se estes inconvenientes, até certo ponto, pela erecção de guarda-ventos em torno do leito ou levantando a maior altura os muros lateraes que porventura sustentem os materiaes filtrantes. Este modo de proceder será, porém, provavelmente pouco effizaz no caso de leitos grandes e impraticavel no caso de grandes installações (*Royal Commission*).

A menos que a agua residual affluente aos leitos seja excessivamente pobre em materias suspensas e não dê logar

ao crescimento de fungos, a limpeza dos torniquetes e dos seus orifícios requererá muita atenção e será feita pelo menos uma vez por dia.

Este systema de distribuição, ainda que não tão dispendioso como o dos bicos pulverizadores, é bastante caro, principalmente quando se utilizam motores independentes.

Para o distribuidor de CANDY-WHITTAKER o preço calculado é de 14\$765 réis por cada metro de diametro do leito a que é destinado, excluindo o preço de um apparelho de descarga automatica intermittente, geralmente comprado tambem.

O distribuidor de ADAMS, excluindo igualmente o ejector automatico, mas comprehendendo a aquisição de tubos e valvulas, o porte e a erecção do apparelho no leito custa — para leitos de 7<sup>m</sup>,5 de diametro 157\$500 réis, para leitos de 15<sup>m</sup> de diametro 247\$500 réis, para leitos de 30<sup>m</sup> de diametro 450\$000 réis.

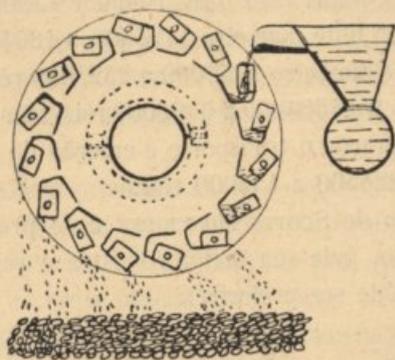
As despesas feitas com o distribuidor «*Jenning's*», são — para leitos de 7<sup>m</sup>,5 de diametro 112\$500 a 180\$000 réis, para leitos de 15<sup>m</sup> de diametro 225\$000 a 252\$000 réis, para leitos de 30<sup>m</sup> de diametro 450\$000 a 549\$000 réis, não se comprehendendo n'estes preços o transporte e erecção do apparelho que importam em 22\$500 a 45\$000 réis.

O apparelho de SCOTTS MONCRIEFF é de preços mais elevados; comtudo, pela sua maior robustez e regularidade de distribuição, pôde ser preferivel.

#### e) Distribuição por gotteiras girantes ou reversiveis

O systema de distribuição que DUCAT usava para o seu filtro tem sido em Inglaterra largamente applicado, mais ou menos modificado, com os distribuidores de FIDDIAN e semelhantes.

Os distribuidores FIDDIAN são corpos cylindricos, moveis em torno do eixo, de secção de 22-45<sup>cm.</sup> de diametro, de superficie longitudinalmente cavada em gotteiras divididas transversalmente n'um certo numero de compartimentos. Nos leitões circulares a agua de esgoto afflue por um tubo a um reservatorio situado no centro do leito e passa por intermedio d'uma caleira a pequenos vasos que a deixam cahir no compartimento da gotteira que, no momento, o cylindro apresenta sob elles. O pêsso do liquido faz girar o cylindro em torno do seu eixo proprio e a elle e aos pequenos vasos e canal de alimentação que lhe são solidarios faz tomar um movimento de translação em torno do eixo do leito; é claro que, em resultado d'estes movimentos, as gotteiras que se vão enchendo veem a esvaziar-se pouco depois sobre diferentes pontos da superficie do leito (*fig. 42*). Quanto maior é a affluencia do



*Fig. 52*—Secção do distribuidor FIDDIAN

liquido e portanto o debito do distribuidor tanto mais rapido é o movimento. Taes são os distribuidores FIDDIAN usados em Walsaal, Birmingham, Liverpool, etc.

Ha tambem um modelo semelhante para leitões rectangulares, usado em Wednesbury, etc; é o distribuidor «vae-vem» de Ham Baker, que tem dois canaes alimentares, um adiante e outro atraz do cylindro girante, que recebem agua de esgoto

alternadamente, por meio de um syphão que mergulha n'um fosso, cheio de liquido, que acompanha o leito em todo o comprimento. O syphão faz passar o liquido, por um dos dois canaes, ás gotteiras do cylindro, o que obriga este ao movimento de rotação que trará como consequencia o movimento de translação rectilineo até attingir um dos extremos do leito; ahí, uma valvula reversivel faz com que o liquido passe a ser lançado pelo syphão no outro canal distribuidor, o que obriga as gotteiras e o cylindro a tomarem um movimento inverso. Notemos que os compartimentos das gotteiras que recebem o liquido de cada um dos canaes não o recebem do outro, quando o movimento contrario se produz; por isso ha faixas de leito que alternadamente soffrem e deixam de soffrer o affluxo do liquido, segundo o sentido de deslocamento. Os leitos rectangulares aproveitam melhor o espaço do que os circulares; por isso estes distribuidores de Ham Baker teem valor.

Nos leitos circulares muito pequenos pôde bastar a ligação com o eixo central do leito para manter o distribuidor, mas quando o diametro vá além de 6<sup>m</sup> ha necessidade de utilizar rails, formando uma ou mais circumferencias sobre as quaes os distribuidores possam assentar e deslizar por meio de rodas. No caso de leitos rectangulares ha sempre rails metallicos, em maior ou menor numero, segundo a largura da superficie que os distribuidores teem de servir.

A differença de nivel entre a sahida das fossas e a superficie dos leitos exigida pelos distribuidores FIDDIAN é de 457<sup>mm</sup>.

O debito pôde variar muito e ser mesmo apenas de 0<sup>m³</sup>,544 por m<sup>2</sup> e dia, sem que o movimento cesse. Com debito de 1<sup>m³</sup>,20 por m<sup>2</sup> e dia CALMETTE obtem uma depuração de 80-92 %.

Em Wednesbury são lançados 454<sup>m³</sup>,350 diariamente sobre um leito de 38<sup>m</sup> de comprimento e 8<sup>m</sup> de largura (304<sup>m²</sup>).

Estes aparelhos, por não terem orificios que necessitem limpeza, serem robustos e darem pouca presa ao vento, podem

prestar grandes serviços e ser utilizados mesmo para leitos de 36<sup>m</sup> de diametro. Comtudo CALMETTE afirma que basta um pequeno obstaculo nos rails para deter o movimento do distribuidor.

Os preços do distribuidor FIDDIAN, não incluindo os carris, regulam — para leitos de 7<sup>m</sup>,5 de diametro 225\$000 réis, para leitos de 15<sup>m</sup> de diametro 477\$000 réis, para leitos de 30<sup>m</sup> de diametro 1.012\$500 réis.

O distribuidor de FARRER, geralmente adoptado para installações domesticas ou de pequenas agglomerações (Thornbridge Hall, etc.), é constituido por uma gotteira em fórmula de V, longitudinalmente dividida em duas partes e movel sobre um eixo, que permite que qualquer dos dois compartimentos da gotteira possa ficar na vertical de um tubo fixo; a agua de esgoto effluente d'este tubo enche um dos compartimentos, que o recebe até que o pêsso o faz inclinar sobre o eixo e entornar o liquido sobre canaes perfurados que o distribuem no leito; mas esta inclinação faz com que o outro compartimento fique sob o tubo a receber a agua residual, até que por seu turno seja desequilibrado pelo pêsso e levado a rejeitar o seu conteúdo, voltando a conduzir á primitiva posição o primeiro compartimento; e assim successivamente. A maxima differença de nivel necessaria é de 355<sup>m</sup>, para pequenas installações.

O filtro oxydante da installação de SCOTT MONCRIEFF tem um distribuidor semelhante.

#### f) Distribuição por syphões de descarga intermitente

CALMETTE, se bem que encontre nos distribuidores mecanicos ingleses as vantagens d'uma distribuição regular e bem feita, entende que esses aparelhos, pela complicação do seu mecanismo e pelo seu preço elevado, não se prestam a ser praticamente utilizados em installações de importancia.

Propõe, para os substituir, syphões intermitentes de «*amorçage*» lenta e descarga rápida, que, dando uma distribuição satisfactoria, são relativamente baratos e de funcionamento pouco complicado.

CALMETTE na instalação de Madeleine colloca, quer nos lados quer no centro de leitos rectangulares, a certa distancia uns dos outros, syphões semelhantes aos dos *water-closets*, de descarga automatica, typo Doulton, mas especialmente construidos de modo a occuparem uma altura minima (por vezes apenas 0<sup>m</sup>,20). Com estes syphões a differença de nivel desde a sahida da fossa de tratamento preliminar até ao fundo do leito não submersivel é no maximo de 2<sup>m</sup>.

A «*amorçage*», feita em tempo (10 a 15 minutos) regulavel por um diaphragma, dá lugar á evacuação, feita em 30-50 segundos, de um volume liquido que pôde variar de 20 litros a 1<sup>m</sup>3.

Os syphões do typo PARENTY, tambem preconizados por CALMETTE, exigem ainda uma altura menor. Em 1904 um syphão d'estes foi collocado na instalação de Madeleine, n'um leito bacteriano de escorias, de 1<sup>m</sup>,50 de altura e 7<sup>m</sup>2 de superficie; o debito correspondia a 1<sup>m</sup>3 por m<sup>2</sup> e dia. Em 1905, em presença das analyses favoraveis do effluente obtido e da regularidade e simplicidade do funcionamento d'estes syphões, CALMETTE applicou seis d'elles a um leito de escorias de 1<sup>m</sup>,58 de altura e 400<sup>m</sup>2 de superficie. Cada syphão para se encher demora pelo menos 10<sup>m</sup> (a certas horas da noute e mesmo de dia, com uma onda de agua residual muito fraca o enchimento pôde demorar até 1/2 hora); o esvaziamento demora, no maximo, 50 segundos.

O liquido descarregado por cada syphão é lançado n'uma gotteira que, por nove aberturas, o divide por outros tantos canaes parallellos, de 14 metros de comprido, espaçados de 0<sup>m</sup>,60 á superficie do leito. Estes canaes eram primitivamente simples regueiras abertas á superficie, nas escorias; porém o embate do liquido depressa as desfazia. Por isso adoptaram-se canaes cobertos, formados por tijolos cavados postos em linha deixando entre si pequenos intervallos por onde a agua de

esgoto podia sair, lateralmente; os resultados foram bons, até virem os frios do inverno, mas depois o gelo fez estalar os tijolos. CALMETTE experimentou então gotteiras de madeira alcatroada, em fôrma de V, repousando nas escorias, e com aberturas no fundo a distancia de 20<sup>cm</sup> umas das outras; mas as aberturas obstruíam-se facilmente. Telhas especialmente construidas, de bordos elevados (até 10<sup>cm</sup>), munidas de tampas, deram boa distribuição, mas eram excessivamente pesadas, comprimindo muito o material. Finalmente, CALMETTE tirou bons resultados do emprego de tubos de ferro de 50<sup>mm</sup> de diametro interno, perfurados, de 25 em 25<sup>cm</sup>, de orificios lateraes de 6<sup>mm</sup> e de tubos cylindricos de argilla cosida de 30<sup>cm</sup> de comprimento, postos extremo a extremo com ligeiros intervallos. Os tubos de ferro dão uma magnifica distribuição, com jactos lateraes que sahem com uma inclinação de 45° até certa distancia; os seus orificios não são faceis de obstruir, por virtude das repetidas variações de pressão; mas o preço d'estes tubos é muito elevado para que elles possam ser usados em grandes installações. Os tubos de argilla cosida bastam; são solidos e não obstruíveis; os intervallos por onde o liquido se escoa só de longe em longe precisam de ser limpos (de 10 em 10 mezes) e então basta, sem levantar do leito os tubos, fazer-lhes rodar a parte superior para o logar da inferior; o preço dos tubos é baixo — 16,5200 réis o milhar. Os canaes distribuidores á superficie do leito devem ter uma ligeira inclinação — 0<sup>m</sup>,02 por cada metro.

Com este processo de distribuição o liquido afflue inter-mittentemente, com relativamente grandes intervallos.

O tempo de arejamento é pelo menos dez vezes maior do que o tempo que dura o affluxo, o que permite uma boa nitrificação. Ao fim de alguns minutos, o liquido da descarga sai, deixando fixada uma grande parte de materia organica e arrastando dissolvidos os nitratos formados anteriormente.

80 syphões, lançando descargas de 1<sup>m3</sup> todos os 10 minutos ou 144<sup>m3</sup> por dia, bastam muito bem para 2 leitos de 5:000<sup>m2</sup>

cada, onde se haja de tratar uma média de 10:000<sup>m</sup>3 diários de agua de esgoto de uma cidade de 100:000 habitantes (CALMETTE).

6) **Superfície mais conveniente para cada leito insubmersível ou para cada uma das suas secções independentes**

Quando se faz uma installação de leitos insubmersíveis deve procurar-se proceder de fôrma que determinadas porções da área filtrante possam deixar de funcionar sem que isso implique prejuizo para o funcionamento da parte restante.

Segundo a Commissão Real Inglesa, «a experiencia não tem mostrado que seja *necessario* (apesar de ser conveniente) para fins de arejamento o expôr ao ar os lados d'um leito insubmersível, para obter bons resultados, e parece não haver motivo, além de considerações de engenharia, taes como configuração do local, etc., para dividir uma área filtrante em unidades, desde que qualquer parte da área possa ser deixada de lado em descanso, quando necessario, sem interferir com a purificação geral». A disposição particular a adoptar dependerá portanto, em grande parte, da fôrma do distribuidor empregado.

No caso de utilização de torniquetes a área filtrante total não deverá ter nunca menos de tres unidades para permittir a limpeza e o repouso sem interrupção da depuração do liquido. Com effeito, se, por exemplo, a onda residual total fôr tratada n'um leito insubmersível alimentado por um só torniquete, um transtorno d'este que impeça o seu funcionamento levará á necessidade de fazer temporariamente a descarga de grandes massas de agua de esgoto não purificada, nas correntes naturaes, a não ser que haja disponivel sólo convenientemente preparado ou outro meio de tratamento. Ha vantagem economica em approximar tanto quanto possivel do dito minimo de tres o numero das unidades; mas é preciso notar que as dimensões do torniquete tem limites que não convém ultra-

passar ; portanto a área filtrante será dividida em unidades em conformidade com estes limites.

Quando a distribuição é feita porapparelhos movendo-se sobre um leito rectangular, a extensão d'este tambem tem seus limites. Com effeito, se se póde regular a distribuição de fôrma a deixar em repouso os extremos enquanto trabalha a parte média, será muito difficil alimentar aquelles enquanto esta repousa. Além d'isso, se o leito fôr muito comprido, cada porção d'elle terá de receber grandes quantidades de liquido com grandes intervallos de tempo, em vez de pequenas quantidades com intervallos pequenos.

A distribuição, por syphões de descarga intermittente, de determinadas quantidades de liquido á superficie dos leitos necessita que as unidades filtrantes não sejam grandes, porque d'outro modo o liquido não póde ser espalhado por toda a extensão superficial do leito.

Com a distribuição por tubos perfurados ou bicos pulverizadores, por gotteiras reversiveis sem movimento de translação e por gotteiras abertas de STODDART, não ha *theoricamente* limites a pôr ás dimensões superficiaes d'um leito insubmersivel, visto que qualquer porção d'elle póde deixar de funcionar sem prejuizo para as porções restantes.

7) Perda do espaço livre entre os materiaes filtrantes e impermeabilização da sua superficie ; causas ; meios de as remediar e de as evitar.

Muitas das causas que nos leitos de contacto concorrem para fazer diminuir a capacidade util e para impermeabilizar a superficie do material interveem tambem no caso dos leitos insubmersiveis, tendendo a fazer diminuir os espaços por onde passa o liquido e o ar circula e a difficultar a passagem a um e a outro. Comtudo o facto de serem mais volumosos os materiaes usados n'estes leitos faz com que elles se mantenham

por muito tempo sem se resentirem fundamentalmente no seu funcionamento.

Muito do que foi dito para os leitos de contacto tem, pois, applicação tambem agora. Aqui só me referirei á principal causa de perda de espaço livre e de impermeabilização — a materia suspensa no liquido affluente aos leitos — e a certos vegetaes que frêquentemente se desenvolvem á superficie dos leitos insubmersiveis.

a) **Materias suspensas no affluente.**

**Conveniencia de um tratamento preliminar**

Quando a agua bruta afflue aos leitos insubmersiveis, estes vão pouco a pouco sendo invadidos por materias solidas que se fixam sobre os materiaes formando-lhes um revestimento mais ou menos espesso.

Examinando ao microscopio este deposito deixado n'um leito de STODDART installado em Knowle (Bristol), RIDEAL, em setembro de 1901, vê que elle é composto de: casulos de larvas aquaticas, fragmentos de insectos, muitas anguillula, crustaceos (*Daphnia*), rotiferos, infusorios (*monas*, *paramecium*, *vorticella*), algas (*cladophora*, especies de *conferva*), *cladotrix*, *beggiatoa*, fungos, mycelios, particulas escuras (provavelmente coke), materia acastanhada amorpha, particulas siliciosas, cabellos e fibras vegetaes. Em 100 partes solidas, 31,91 eram de natureza mineral, e 68,09 de natureza organica; na parte organica, a quantidade de N organico era de 4,69 (a percentagem de N na substancia organica era de 6,88) e a de  $NH_3$  combinado de 0,57.

Um leito de material bastante grosseiro, a não haver grande desintegração de material nem desenvolvimento de fungos em abundancia, só se impermeabilizará em casos raros em que a agua residual contenha muitas materias fibrosas, oleos ou gorduras.

Mas um leito insubmersivel de material fino ou médio, que

não permitta a passagem das materias suspensas, está sujeito a soffrer a impermeabilização, tanto mais rapidamente quanto mais rico d'essas substancias fôr o liquido a tratar.

A impermeabilização dos leitos tem logar á superficie ou só até um pouco abaixo d'esta. No caso do material ser médio ou um pouco grosseiro é possível que o facto de deixar descançar o leito impermeabilizado permitta que a materia impermeabilizante se torne granulosa e seja expulsa por uma forte corrente. Isto mesmo applica-se até certo ponto ao caso do material ser fino; mas, então, a maior parte da materia depositada conserva-se á superficie ou junto d'ella e é necessario raspar esta ou, melhor, retirar do leito o material impermeabilizado e laval-o ou expô-lo por algum tempo ao ar, seccando-o e joeirando-o, e por vezes substituil-o por material novo.

Para evitar a necessidade de lavagens repetidas e renovação do material pratica-se geralmente um tratamento preliminar para libertar o liquido das suas materias suspensas. Recebendo um bom effluente de precipitação chimica ou mesmo de sedimentação ou de tratamento septico, o material inicial dos leitos pôde durante muito tempo (varios annos) servir, exigindo apenas de longe a longe (de 3 em 3 mezes, por exemplo) um revolvimento superficial para impedir a impermeabilização que sempre se tende a produzir pelo facto da deposição de gorduras e oleos mesmo em pequenas quantidades.

A *Royal Commission* afirma que nenhuma regra pôde ser dada para indicar qual o grau a que a reduccão da riqueza d'um liquido em materias suspensas deve ser levada antes do tratamento nos leitos não submersiveis. Mas, de um modo geral, intende que, sob o ponto de vista economico, quanto mais fino é o material filtrante do leito, tanto mais pobre em materias suspensas deve ser o liquido a tratar e portanto tanto mais efficaç o tratamento preliminar adoptado.

Para as aguas de esgoto *de concentração média* e de character domestico podemos suppor, segundo a *Royal Commission*, que:

1.º) *Se o material filtrante é grosseiro* (elementos de 76<sup>mm</sup>

ou mais de diametro), uma agua de esgoto simplesmente decantada das suas areias e detritos mineraes e passada por grades pôde ser tratada no leito insubmersivel, mesmo quando contenha 300 mgr. de materia suspensa por litro, desde que n'esta materia não entre uma grande proporção de substancias vegetaes fibrosas. Se a agua de esgoto é de uma concentração média poderá ser provavelmente filtrada á razão de 297 litros por  $m^3$  de material grosseiro e dia; a camada superior do material terá que ser retirada e substituida todos os dois annos e a parte inferior lavada por uma forte corrente de agua ou agua de esgoto clarificada.

Suppondo que aos leitos grosseiros afflue o effluente d'um tratamento preliminar contendo de 100 a 200 mgr. de materia suspensa por litro, só com 10 ou 15 annos de intervallo haverá necessidade de renovar as camadas superiores do material. Se o liquido tratado n'este caso é de concentração média, poderá ser filtrado á razão de cerca de 594<sup>l</sup> por  $m^3$  de material e dia.

Um effluente de tratamento preliminar de concentração média contendo 40 a 70 mgr. de materia suspensa por litro poderá ser tratado no leito de material grosseiro á razão de 594 a 891<sup>l</sup> por  $m^3$  de material e dia.

Um effluente de tratamento preliminar contendo 10 a 40 mgr. de materia suspensa por litro pôde ser filtrado durante periodos muito longos em leitos de material grosseiro á razão de 891<sup>l</sup> ou mesmo até 1.188<sup>l</sup> por  $m^3$  de material e dia, se a sua concentração é media.

(Usando-se leitos grosseiros haverá geralmente necessidade de dispôr de tanques de sedimentação ou de filtros para libertar o effluente dos leitos das materias suspensas que consigo traz).

2.º) *Se o material filtrante é de dimensões médias* (elementos de 12<sup>mm</sup> a 25<sup>mm</sup> de diametro) e a agua de esgoto apenas é liberta dos seus detritos mineraes e corpos fluctuantes, este liquido poderá ser tratado no leito não submersivel, ainda quando contenha cerca de 300 mgr. de materia suspensa por litro. Mas a razão da filtração não irá além de 148<sup>l</sup> por  $m^3$

de material e dia e, mesmo n'este caso, a camada superior do material terá de ser provavelmente lavada todos os dois ou tres annos. Este modo de tratamento não é economico, e não convém, excepto no caso de installações de muito pequena importancia.

Effluentes de tratamento preliminar contendo 100 a 150 mgr. de materia suspensa por litro poderão geralmente ser tratados em leitos de material d'estas dimensões, á razão de cerca de 297<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia, se as camadas superiores do material são lavadas ou renovadas uma vez em cada tres ou quatro annos e se se permitem periodos de repouso ao leito quanto este se impermeabiliza.

Um effluente de tratamento preliminar contendo 40 a 70 mgr. de materia suspensa por litro poderá geralmente ser filtrado á razão de 445 a 594<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia. As camadas superiores de material necessitarão provavelmente lavagem ou renovação todos os 3-5 annos.

Um muito bom effluente de tratamento preliminar, contendo 10 a 40 mgr. de materia suspensa por litro poderá, geralmente ser filtrado nos leitos de material medio, á razão de 891 a 1.188<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia, desde que o leito seja deixado descansar quando fôr necessario e que o liquido não seja de qualidade que favoreça o crescimento de organismos fungoides á superficie do leito. N'estas condições o material durará 5 a 6 annos ou mesmo mais sem exigir lavagens, ainda que possa ser razoavel lavar ou renovar cada 1 ou 2 annos as camadas mais superficiaes do leito.

(Estes leitos de material médio quasi sempre darão um effluente com bastante materia suspensa para justificar o futuro emprego de tanques de sedimentação ou filtros finos que retenham essa materia).

3.º) *Se o material filtrante é fino* (elementos de 6<sup>mm</sup> de diametro) não será razoavel lançar-lhe senão effluentes de tratamento preliminar que contenham um maximo de 60 a 70 mgr. de materia suspensa por litro. A agua de esgoto bruta impermeabilizaria muito rapidamente a superficie d'este

material, a menos que o affluxo do liquido fôsse excessivamente pequeno; mas, mesmo n'estas condições, seriam exigidas, constantemente, limpezas e raspagens superficiaes.

Effluentes de tratamento preliminar contendo 40 a 70 mgr. de materia suspensa por litro poderão geralmente ser filtrados á razão de 445 a 594<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia. A camada superior do material requererá lavagem ou renovamento uma vez em cada 4 ou 5 annos.

Um effluente de tratamento preliminar contendo 10 a 40 mgr. de materia suspensa por litro poderá geralmente ser filtrado á razão de 891 a 1.188<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia e o material da camada superior do filtro exigirá lavagem uma vez em cada 4 ou 5 annos, provavelmente. Maior affluxo só poderia ser mantido se os filtros fôssem baixos.

4.º) *Se o material filtrante é muito fino* (elementos de 3<sup>mm</sup> de diâmetro e menores) só poderão ser tratados nos leitos effluentes de tratamento preliminar muito bem clarificados, a não ser que o affluxo seja muito lento e a superficie do leito seja raspada ou lavada com curtos intervallos. Estes leitos só poderão, de resto, ser usados intermittenemente.

Para effluentes de tratamento preliminar contendo de 40 a 70 mgr. de materia suspensa por litro, o liquido não deverá provavelmente ser filtrado á razão de mais de 297<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia e as superficies dos leitos serão raspadas depois de cada uma ou duas applicações do liquido. Se a distribuição do liquido é unicamente confiada ao material fino, poderá ter que ser mais lento ainda o affluxo do liquido.

Se os leitos de material muito fino são baixos e podem ser lavados por correntes de agua ascendentes cada uma ou duas semanas, será possível tratar um muito bom effluente de tratamento preliminar de concentração média contendo 10 a 40 mgr. de materia suspensa por litro á razão de 1.188 a 1.782<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia. O liquido terá que affluir intermittenemente e a distribuição deverá ser muito cuidadosa. (Em Chorley, onde um liquido d'esta natureza é tratado nos leitos d'esta especie, o affluxo corresponde a mais de 2079<sup>l</sup> por

m<sup>3</sup> de material e dia; o liquido é distribuido em grandes jorros que cobrem toda a superficie do leito n'uma altura de 50 a 76<sup>mm</sup> e a superficie do material é frequentemente lavada).

Quanto ás materias depositas no corpo do filtro podem ser em certos casos arrastadas com relativa facilidade por uma forte corrente de agua. Notemos que, precisamente em virtude da facilidade com que se destacam dos elementos filtrantes as materias solidas adherentes (resultantes da fixação de substancias suspensas e principalmente de colloides coagulados ao contacto com as superficies) se verifica que os effluentes dos leitos não submersiveis conteem, por vezes, flocos, membranas e particulas suspensas que lhe dão um aspecto um pouco turvo. Veremos mais adeante qual o modo pratico de libertar o liquido d'estas substancias, cuja presença de resto não indica, de modo algum, que o liquido não esteja sufficientemente depurado.

#### b) Vegetações fungoides; sua destruição

Em algumas installações nota-se que, em certos periodos do anno (durante o inverno e começo da primavera geralmente), se desenvolvem vegetações fungoides gelatinosas e espessas á superficie dos leitos insubmersiveis, de fôrma a chegarem a motivar o empoçamento superficial, com impermeabilização do leito e consequente deterioração do effluente. N'outras installações verifica-se que vegetações semelhantes existentes em pequena quantidade á superficie dos leitos não augmentam no seu desenvolvimento até ponto de produzirem transtornos.

Estas vegetações não teem sido até agora objecto d'um estudo minucioso e pouco se sabé ainda ácerca das condições que as favorecem.

As observações e experiencias de HARDING e HARRISON, em Léeds, parecem levar á conclusão de que a luz é necessaria ao desenvolvimento das vegetações, que geralmente não se encontram seuão até 15 a 30<sup>cm</sup>, quando muito, abaixo da superficie do filtro.

É de notar o facto interessante das vegetações não se desenvolverem geralmente á superficie dos leitos de material fino; mas não está averiguado se isso é devido ás dimensões do material usado ou a que habitualmente estes leitos são alimentados intermittenemente.

As experiencias da *Royal Commission* parecem indicar que as vegetações florescem mais nos leitos em que se tratam effluentes de precipitação por reagentes chimicos (principalmente sulfatos soluveis). Mas, se d'aqui se conclue que estes reagentes animam o crescimento das vegetações, não se deve esquecer que dão effluentes contendo muito menos materia suspensa do que os effluentes dos outros tratamentos preparatorios, o que geralmente permite tratar maior volume do liquido por unidade de volume do leito.

As vegetações desenvolvidas nos leitos podem ser destruidas pelo emprego d'um soluto de soda caustica a 20%.

HOUSTON e FRYE, em Dorking, trataram com este soluto, na dose de 9<sup>l</sup>, as vegetações impermeabilizantes desenvolvidas á superficie d'um leito insubmersivel de 10<sup>m2</sup>. O leito ficou em descanso durante vinte e quatro horas, ao fim das quaes se via a superficie do material coberto com um deposito branco de carbonato de sodio. Fazendo depois funcionar o leito viu-se que no effluente vinha uma grande quantidade de materia solida castanho-escura; amostras d'este liquido colhidas durante as duas primeiras horas putrefaziã-se rapidamente depois de incubadas. Esta putrefacção era devida principalmente aos solidos suspensos, que continuavam sahindo em grande quantidade durante oito dias; com effeito depois das primeiras duas horas o azote oxydado apresentava-se nas proporções habituaes e ao fim de 24 horas o effluente, quando libertado de materias suspensas, apparecia como normal.

Depois d'esta applicação de soda caustica, a superficie exposta do material apresentava-se completamente limpa de vegetações, que comtudo ainda se notavam em grande abundancia adherindo a parte inferior dos elementos filtrantes mais grosseiros. Comtudo desaparecia todo o empoçamento e durante alguns mezes não se dava o crescimento das vegetações.

O custo total do tratamento era de 56 réis por m<sup>2</sup> de leito, mas seria menor quando praticado em larga escala.

Para conservar o leito livre de vegetações durante todo o inverno e o principio da primavera calculam os autores citados que seriam necessarias tres applicações de soluto de soda, feitas em occasiões convenientes.

Vegetações podem tambem dar lugar ao entupimento dos orificios de aparelhos distribuidores. Mas, então, trata-se antes de fungos que se desenvolvem previamente nos canaes descobertos que alimentam os leitos do que de fungos desenvolvidos no interior dos tubos perfurados de distribuição nos leitos.

#### 8) Quantidade de liquido residual que pôde ser tratada diariamente por m<sup>3</sup> de material

Para os leitos não submersiveis, como para os de contacto, a quantidade de agua residual que pôde ser tratada por unidade de volume de material depende principalmente da concentração do liquido sujo e da sua riqueza em materias suspensas, das dimensões do material do leito e do grau de depuração que para o effluente se quer obter.

Já mostrámos a pags. 504-507 a influencia que teem a quantidade de materias suspensas no liquido a tratar e as dimensões dos elementos do material do leito. Vejamos aqui mais especialmente a influencia da concentração do liquido.

D'um modo geral, pôde dizer-se, segundo a *Royal Commission*, que a quantidade de agua residual bruta, sedimentada ou passada por fossa septica susceptivel de ser tratada por m<sup>3</sup> de material varia, para cada uma d'estas especies de liquido, proximamente na razão inversa da concentração.

119 a 148<sup>l</sup> de agua de esgoto bruta d'uma concentração de cêrca de 1700 (1) ou 356<sup>l</sup> de agua de esgoto bruta d'uma concentração de 600 podem ser tratados, com bons resultados, por dia e por m<sup>3</sup> de material grosseiro ou de dimensões médias.

Se a agua de esgoto tem préviamente soffrido uma boa sedimentação e se apresenta uma concentração de 800, pôde ser filtrada á razão de 594 a 713<sup>l</sup>, por m<sup>3</sup> de material e dia, com bom resultado.

Um leito insubmersivel de material grosseiro ou médio e de 1<sup>m</sup>,86-2<sup>m</sup>,75 de profundidade poderá tratar com exito, por m<sup>3</sup> de material e dia, 475<sup>l</sup> d'um effluente septico de 1130 de concentração ou 890<sup>l</sup> d'um effluente septico d'uma fraca concentração (580).

No caso do tratamento de effluentes de precipitação chimica, já não se pôde dizer que o volume maximo do liquido tratado efficaçmente por m<sup>3</sup> de material varia inversamente á sua concentração. A principal razão d'este facto está em que os sólidos suspensos podem ser tão reduzidos pela precipitação que se torne facil usar para a filtração material muito fino

---

(1) As concentrações são representadas pela 1.<sup>a</sup> fórmula de Mc. GOWAN (vol. I, pag. 143); mas os numeros aqui apresentados em mgr. por litro são dez vezes maiores do que os da *Royal Commission*, em partes por 100.000.

que receba doses muito mais consideráveis de liquido do que o material grosseiro. E d'uma para outras installações variam muito a riqueza dos effluentes de precipitação em materias suspensas e as dimensões do material usado.

Mas para o material d'um dado tamanho é fóra de duvida que a concentração do liquido e o volume d'este que pôde ser lançado ao leito por  $m^3$  do seu material variam inversamente-

A Commissão Real Inglesa apresenta as seguintes conclusões geraes a este respeito :

a) O volume do effluente de precipitação que pôde ser tratado nos filtros de material *grosseiro* depende principalmente da concentração do liquido.

b) O volume que pôde ser tratado nos filtros de material *fino* depende não só da concentração, mas tambem em grande parte do grau da clarificação do liquido.

Em leitos insubmersiveis profundos de material grosseiro podem tratar-se, por  $m^3$  d'este e dia, cerca de 890<sup>l</sup>. d'um effluente de precipitação de concentração média (500 a 600) ou 1188 a 1485<sup>l</sup> d'um effluente de precipitação de fraca concentração (300 a 400). No caso de effluentes de precipitação muito concentrados o volume consentido será provavelmente *mais do que* proporcionalmente reduzido.

Em leitos baixos de material fino, uma agua de esgoto precipitada, bem clarificada, com uma concentração de 500 pôde ser tratada á razão de 1780-2376<sup>l</sup> por  $m^3$  e dia, dando um bom effluente. Não se deve comtudo esquecer que filtros de material muito fino trabalhando com um tão grande affluxo exigem constantes lavagens e raspagens superficiaes. Cerca de 3000<sup>l</sup> por  $m^3$  e dia será provavelmente a maxima quantidade de qualquer liquido residual, necessariamente muito diluido, que poderá ser tratado regularmente durante um periodo prolongado, nos leitos em questão.

Notemos que o que fica dito se refere á onda de tempo secco; em tempo de chuvas, com o systema unitario, poder-

se-ão tratar, geralmente, volumes duplos dos indicados, sem inconveniente para a depuração. Se se quizesse tratar em tempo de chuvas uma onda trez vezes superior á de tempo secco, os leitos deveriam ter o material correspondente a  $1\frac{1}{2}$  vezes o que seria necessario para tratar esta ultima. Todo o liquido que não soffre tratamento nos leitos passa a fossas de reserva, onde soffre uma certa sedimentação antes de rejeitado nas correntes naturaes; os leitos ditos de chuvas são a abandonar, segundo a *Royal Commission*. O que a este assumpto foi dito a pag. 367 para os leitos submersiveis tem aqui tambem applicação.

Se levarmos em conta a perda gradual de capacidade dos leitos de contacto, podemos calcular que um  $m^3$  de material disposto sob a fórma de leito não submersivel tratará, em geral, satisfactoriamente, duas vezes o volume que trataria se estivesse disposto como leito de contacto.

9) **Superficie total occupada pelos leitos insubmersiveis.**  
**Doses tratadas por unidade de superficie**

Ha vantagem em procurar estabelecer a dose maxima que, sem prejuizo para a depuração do effluente, póde ser lançada sobre uma dada superficie de leitos, para que se reduza ao minimo o espaço occupado pela installação.

Isso, comprehende-se bem, depende essencialmente da altura que os leitos tenham. Conhecida a quantidade de liquido a tratar por  $m^3$  de material e a altura que este deve occupar, facil é achar a dose tratada por  $m^2$ .

Sendo o affluente uma agua de esgoto pouco concentrada passada por fossa septica ou, melhor, precipitada, chega a ser possivel obter um effluente imputrescivel, apreciavelmente rico em nitratos e em oxygeno livre dissolvido, com doses de  $5m^3,500$  a  $6m^3,500$  por  $m^2$  e dia. Aguas de esgoto concentradas como são as habituaes na Europa só permitem uma dose muito menor.

Nos leitos insubmersíveis de Columbus (E. U. A.) tratam-se 22.500<sup>m<sup>3</sup></sup> por hectare ou 2<sup>m<sup>3</sup></sup>,250 por m<sup>2</sup> e dia, obtendo-se uma boa depuração, com effluente não putrescível.

Em Inglaterra, onde a agua residual não é tão diluída, as doses são geralmente menores: Em Salford 1<sup>m<sup>3</sup></sup>,629 por m<sup>2</sup> e dia, em Accrington 1<sup>m<sup>3</sup></sup>,236 por m<sup>2</sup> e dia, em Sheffield pouco mais de 1<sup>m<sup>3</sup></sup>,140 por m<sup>2</sup> e dia; em Horfield um affluxo maior do que o correspondente a 1<sup>m<sup>3</sup></sup>,086 por m<sup>2</sup> e dia dá um effluente em que a oxydção da materia organica começa a baixar.

Em França, na installação de Madeleine, com effluents septicos de aguas bastante concentradas, CALMETTE depura 0<sup>m<sup>3</sup></sup>,980-1<sup>m<sup>3</sup></sup>,200 por m<sup>2</sup> e dia.

Podemos dizer que com as aguas de esgoto continentaes se poderá tratar, em média, 1<sup>m<sup>3</sup></sup> por m<sup>2</sup> e dia em leitos não submersíveis de 1<sup>m</sup>,75 de profundidade providos d'um regular systema distribuidor. Ora, como n'este caso apenas se faz a passagem por um só leito ao passo que no processo dos contactos quasi sempre são usados pelo menos dois leitos para a mesma porção de liquido, vemos que os filtros não submersíveis tratam por unidade de superficie uma quantidade de liquido muito maior do que os leitos de contacto. Com effeito, para uma cidade de 100.000 habitantes produzindo uma onda residual diaria de 10.000<sup>m<sup>3</sup></sup>, bastaria um hectare de leitos insubmersíveis ao passo que seriam exigidos dois hectares de leitos para duplo contacto.

Por vezes mesmo a economia de espaço que se faz substituindo aos leitos de contacto os insubmersíveis é muito maior. Sheffield, com uma onda diaria de 78.603<sup>m<sup>3</sup></sup>, substituiu recentemente os seus 26<sup>hect.</sup>,3055 de leitos de duplo contacto por 6<sup>hect.</sup>,8799 de leitos insubmersíveis.

Estas doses por unidade de superficie referem-se a casos em que o systema de esgotos é o separador ou em que, se os esgotos são combinados, se trata a onda do tempo secco.

Quando em tempo de chuvas com o systema unitario, as doses podem subir bastante sem inconveniente; comtudo, d'um

modo geral, se fôrem além de duas vezes a dose habitual a depuração resente-se já. Por isso alguns aconselham *leitos de chuvas* onde o excedente possa ser tratado. A Comissão Real Inglesa, pelo contrario, rejeita estes leitos e propõe bacias de reserva, de sedimentação, a que já nos temos referido (pag. 367 e 513).

#### 10) Influencia do frio

Se bem que os leitos não submersiveis possam funcionar ao ar livre no inverno nas regiões frias do Norte Ohio (E. U. A.), acontece que o frio muito intenso occasiona por vezes obstaculos á distribuição do liquido, pela congelação d'este, e sempre diminue a importancia da nitrificação. Por isso, frequentemente protegem-se os leitos com coberturas ou em barracas mais ou menos ligeiras.

Na Europa meridional, porém, quando se faça uma distribuição por pequenas doses o gelo não se chegará a formar.

As fossas septicas usadas para o tratamento preliminar teem, sob este ponto de vista, vantagens sobre as fossas de precipitação ou sedimentação, por darem um effluente de mais elevada temperatura, quasi nunca inferior a  $+16$  ou  $+20^{\circ}$  C. N'estas condições os germens nitrificadores apresentam sempre uma actividade sufficiente.

#### 11) Resultados obtidos pela utilização dos leitos insubmersiveis e sua comparação com os que dão os leitos submersiveis.

Os resultados obtidos pelo emprego dos leitos não submersiveis são bastante lisongeiros e, em geral, apresentam vantagem sensivel sobre os dados pelos leitos submersiveis, a não ser que n'estes se façam muitos contactos.

E isto, que se verifica na pratica, já *a priori* se deveria esperar, dadas as condições realizadas nos leitos de cada uma das duas classes.

Se o leito não submersível é convenientemente construído e vigiado, faltarão n'elle, praticamente, as condições de anærobiose que nos de contacto se estabelecem e são animadas periodicamente. Com effeito a utilização de materiaes filtrantes relativamentê volumosos, deixando entre si espaços sufficientemente amplos, a suppressão das paredes compactas e impermeaveis, consentindo a passagem do ar e sua penetração no interior do leito, e, finalmente, a não existencia de phases de immersão, tornadas inuteis pelo lançamento continuo ou quasi de, a cada momento, pequenas quantidades de liquido a depurar, fazem com que nos leitos insubmersiveis haja um arejamento permanente (ou quasi) do liquido e das substancias fixadas. Nos leitos de contacto no periodo de arejamento o volume de ar não chega a ser igual ao volume de liquido contido no periodo de plenitude, porque o leito não se evacua d'um modo rigorosamente completo; nos leitos não submersiveis, pelo contrario, o volume de ar que banha as materias fixadas e o liquido filtrado é igual a varias vezes o volume d'este.

E é ainda bom não esquecer que o ar nos leitos submersiveis, logo que n'estes penetra, soffre uma deterioração pelo facto da sua mistura com o  $\text{CO}_2$  produzido pelas oxydações, o qual, não encontrando facil sahida, se accumula entre os materiaes; pelo contrario, nos leitos insubmersiveis, em vista da constante ventilação, este gaz sai facil e rapidamente, não prejudicando sensivelmente o ar que se encontra nos espaços comprehendidos entre os elementos filtrantes.

Para estabelecer o valor relativo da depuração obtida com os leitos submersiveis e com os insubmersiveis, será necessário comparar os resultados obtidos por uns e outros no tratamento d'um mesmo liquido residual. Poucas experiencias teem sido feitas em larga escala orientadas n'este sentido.

Comtudo os resultados apresentados por CALMETTE, obtidos na instalação de Madeleine, mostram sufficientemente, de modo comparado, o valor da depuração conseguida por leitos não submersiveis alimentados por syphões de descarga intermitente e da conseguida por um duplo contacto em leitos submersiveis com doses muito menores. Por isso apresentaremos estes resultados a par d'aquelles que apenas indicam o valor absoluto da depuração, no caso dos leitos insubmersiveis.

a) Sob o ponto de vista chimico

Para um dado leito insubmersivel, quanto menor é a quantidade de liquido lançado por unidade de superficie (ou de volume) e dia tanto maior é o grau que a depuração attinge: Assim, por exemplo, nos leitos de Madeleine, quando a affluencia é de 600 litros por  $m^2$  e dia formam-se  $25^{mgr.5}$  de nitratos (em  $N_2 O_5$ ) por litro do effluente, e n'este ha uma redução de 76 % no azote ammoniacal e de 87 % no azote organico; se a effluencia é elevada a 980<sup>l</sup> por  $m^2$  e dia, os nitratos formados descem para  $19^{mgr.7}$  por litro do effluente e n'este a redução é apenas de 27 % para o azote ammoniacal e de 48 % para o organico. Mas, mesmo com affluencias elevadas, de 1000<sup>l</sup> e mais por  $m^3$  de material de leito insubmersivel, os resultados são geralmente sufficientemente bons para que se obtenham effluentes praticamente inoffensivos.

Vejamos quaes são esses resultados (1).

(1) A columna de coke a que já me referi a pag. 481 foi usada no Laboratorio de Hygiene de Coimbra, nos mezes de março, junho, julho e agosto de 1909; desde 23 de março até 30 de junho esteve filtrando agua d'uma fonte polluida (Fonte Nova) com um debito variavel de 60 a 320 litros em 24 horas, isto é 140 a 750 litros por  $m^3$  de material e dia pouco mais ou menos; a quantidade de materia organica, expressa pelo oxigeneo consumido á custa do permanganato, diminuia bastante e os nitratos augmentavam sensivelmente no liquido, pelo facto da filtração.

No dia 8 de julho, a columna começou servindo á filtração de agua

α) **Materias suspensas**

Os effluentes dos leitos insubmersiveis podem conter poucas materias em suspensão, mas podem tambem contel-as em

de esgoto de Coimbra. A primeira porção de liquido, contendo, por litro, á sahida da torneira do syphão do reservatorio, materia organica correspondente a 84 mgr. de oxygeneo consumido á custa do permanganato com ebulição por 10 minutos, 603 mgr. de chloro, 91mgr.,8 de ammoniaco, 5 mgr. de nitratos (em  $\text{KNO}_3$ ) e uma alcalinidade correspondente a 200 mgr. de carbonato de calcio, era distribuida á superficie da columna ás 10 1/2 da manhã; á 1 1/4 hora da tarde (isto é 2 3/4 horas depois) sahia da columna a primeira porção de liquido filtrado, debitado á razão de 80,64 por 24 horas e tendo, por litro, materia organica correspondente a 0mgr.,16 de oxygeneo consumido á custa do permanganato com ebulição por 10 minutos, 461 mgr. de chloro, vestigios de ammoniaco, 150 mgr. de nitratos (em  $\text{KNO}_3$ ) e uma alcalinidade correspondente a 234 mgr. de carbonato de calcio. Este liquido filtrado, muito limpido, era pois muito pobre em materia organica, muito mais até do que a agua distribuida pelas canalizações, a qual, analysada n'esse dia, mostrava materia organica correspondente a 0mgr.,72 de oxygeneo consumido á custa do permanganato com ebulição por 10 minutos.

Estes resultados só em pequena parte, relativamente, devem ser attribuidos a acções biologicas de oxydação, que em tão curto tempo não poderiam conseguir tão pronunciados effeitos. O augmento de quantidade de nitratos é em grande parte attribuivel á dissolução e arrastamento de nitratos anteriormente formados, durante os dias (de 1 a 7 de julho) em que o filtro descansou, á custa da materia organica separada da agua da fonte polluida a que me referi; e a enorme redução na materia organica deveria ser consequencia principalmente de acções de fixação pelo material filtrante, cuja maxima capacidade fixadora estaria então disponivel.

Com effeito, no proprio dia 8, ás 4 horas da tarde, o effluente da columna (já então debitado mais rapidamente), sendo ainda um liquido bastante limpido, já apresentava materia organica correspondente a 2 mgr. de oxygeneo consumido por litro á custa do permanganato, uma quantidade apreciavel de ammoniaco, 60 mgr. de nitratos (em  $\text{KNO}_3$ ) e uma alcalinidade de 250 mgr. de carbonato de calcio por litro. No dia seguinte ao meio dia a ultima porção de agua contida na vespera no

quantidade apreciavel, chegando em certos casos a ser mais ricos em taes materias do que os proprios liquidos affluentes

reservatorio escoava-se da columna apresentando materia organica correspondente a 8 mgr. de oxygeneo consumido á custa do permanganato. Uma nova quantidade de agua de esgoto lançada no reservatorio ás 2 1/2 da tarde d'este dia 9 e tendo, á sahida da torneira do syphão, materia organica correspondente a 88 mgr. de oxygeneo consumido á custa do permanganato e uma alcalinidade correspondente a 1.650 mgr. de carbonato de calcio por litro, dava no dia seguinte (10) um filtrado já ligeiramente opalescente, tendo materia organica correspondente a 8 mgr. de oxygeneo consumido á custa de permanganato. O filtrado correspondente á ultima porção da agua de esgoto do dia 9, era, no dia 13 ás 11 horas da manhã, um liquido bastante opalescente contendo materia organica correspondente a 16 mgr. de oxygeneo consumido á custa do permanganato e já apenas 40 mgr. de nitratos (em  $\text{KNO}_3$ ) por litro. E assim continuaram nos dias seguintes a materia organica subindo e os nitratos descendo. No dia 22 a quantidade de nitratos do filtrado era apenas de 14 mgr. (em  $\text{KNO}_3$ ) por litro.

D'esta fórma, a depuração tornou-se rapidamente insufficiente. Isto deve ser decerto attribuido não só á grande concentração (a materia organica, por litro, correspondia por vezes a 120 mgr. e mais de oxygeneo consumido á custa do permanganato) e alcalinidade (por vezes attingido um grau correspondente a 2.000 mgr. de carbonato de calcio por litro) das aguas residuaes, mas tambem á abundancia de ammoniaco e aos sulfuretos e principalmente aos cyanetos e sulfocyanetos provenientes, na maior parte, dos liquidos rejeitados na fabrica do gaz, para os esgotos; os germens oxydantes incommodados na sua actividade por aquelles compostos não conseguiriam a combustão da materia organica com a rapidez sufficiente para fazer recuperar ao material o seu poder fixador para as novas doses de materia organica affluente.

Um descanso de poucos dias (2 a 6) dava origem a que a quantidade dos nitratos na primeira porção de liquido depois tratado subisse a muito alto (até 700 e 800 mgr. de nitratos por litro, apreciados pela colorimetria e expressos em  $\text{KNO}_3$ ) e a redução da materia organica se tornasse mais apreciavel (ainda que não sufficiente para que o effluente fôsse julgado bem depurado), mas depois de pouco tempo de funcionamento o liquido filtrado peorava.

A diluição da agua de esgoto pela adjuncção de agua das canalizações distribuidoras levava tambem á obtenção de effluentes mais nitrados e em que a redução da materia organica era mais satisfactoria.

Tudo leva a crêr que as aguas de esgoto de Coimbra seriam facilmente

a tratar. É o que se vê no quadro de pag. 520 *a*. Isto é devido a que a corrente liquida que passa atravez dos leitos arrasta comsigo, além de particulas mais ou menos córadas — de coke ou outro material, de oxydos de ferro, etc. —, zoogleas microbianas, pequenas parcelas de humus e dos depositos colloidaes realisados á superficie dos materiaes d'onde com facilidade se destacam, sob a fórma de filamentos, flocos, ou membranas de varias dimensões.

depuraveis n'uma installação biologica se a população fizesse um razoavel consumo de agua (vêr vol. 1, pags. 48-49) e se os liquidos residuaes de industria e entre estes, notadamente, os da fabrica de gaz soffressem, antes de rejeitados nos esgotos, um tratamento especial appropriado [no caso de liquidos residuaes de fabricas de gaz, o tratamento pelo chloreto de cal é o mais recommendavel (\*)]; mas um liquido semelhante ao que serviu para as experiencias aqui descriptas será com toda a probabilidade indepuravel por processos biologicos, mesmo quando soffram um tratamento preliminar de cuidadosa precipitação chimica.

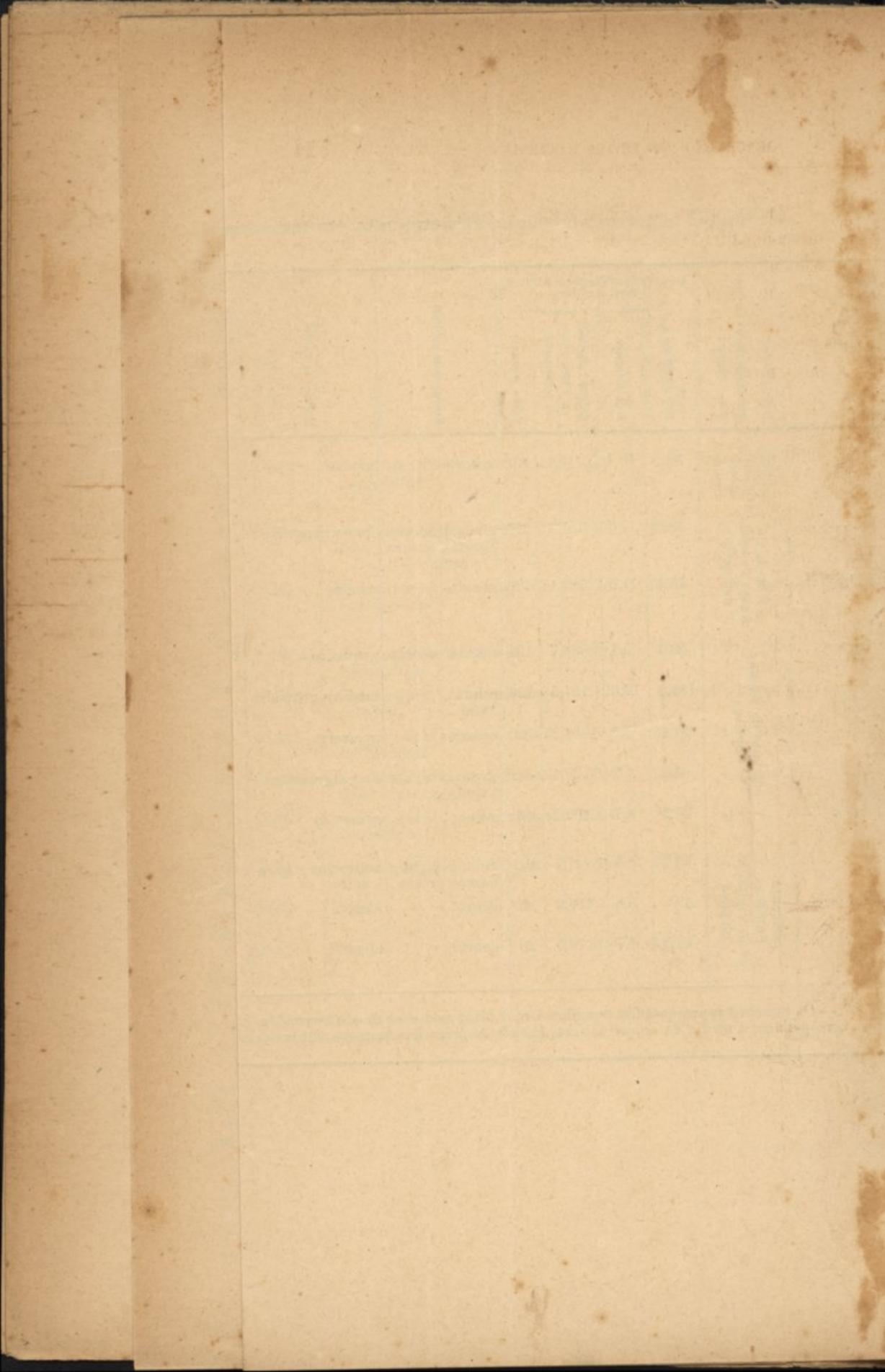
É provavel que a existencia da alta camada de areia á superficie do coke fôsse tambem prejudicial, já porque, introduzindo-se nos espaços existentes entre o coke subjacente, prejudicaria o bom arejamento da columna, principalmente na parte axial, já porque, pela sua facil impermeabilização, dificultava a passagem do liquido; de modo que, a fazerem-se experiencias semelhantes, parece-me recommendavel supprimir a areia e substituil-a por uma camada de coke mais fino do que o das camadas inferiores, se a disposição especialmente adoptada para fazer a distribuição do liquido não dêr só por si um regular e satisfatorio resultado; e quando, em todo o caso, se venha a entender empregar a areia, esta deverá ser de elementos bastante volumosos e n'uma camada pouco espessa, apenas a sufficiente para completar a egual divisão do liquido á superficie da columna.

Não é necessario alongar-me ainda sobre os resultados colhidos com a filtração da agua de esgoto de Coimbra, n'estas condições de laboratorio, certo como é que, se elles teem certo interesse theorico, não levam a mais conclusões de utilidade pratica além das que ficam apontadas.

(\*) O chloreto de cal usa-se para o tratamento dos liquidos residuaes de fabricas de gaz em proporções que variam conforme os casos, mas que em média correspondem a 1 kilo de chloreto de cal por m<sup>3</sup> de liquido. O chloro decompõe o ammoniaco libertando o azote, oxyda o hydrogeneo sulfurado dando agua e um deposito de enxofre e dá azote e gaz carbonico á custa dos cyanetos; os productos resultantes do tratamento são inodoros e inoffensivos.

Logar	Qualidade do afluente aos leitos	Analyse do afluente aos leitos, mgr. por litro				Material usado nos leitos	Dimensões de material	Altura occupada no leito pelo material filtrante	Distribuição	Forma porque o liquido afluente	Quantidade de liquido tratado por m <sup>2</sup> de leito, diariamente	Quantidade de liquido tratado por m <sup>3</sup> de material, diariamente	Analyse do effluente final, em mgr. por litro, sem sedimentação final							Estado dos leitos
		Azote ammoniacal	Azote albuminoide	Oxygeno consumido em 4 horas á custa do permanganato	Solidos suspensos								Azote ammoniacal	Azote albuminoide	Azote oxydado	Oxygeno consumido em 4 horas á custa do permanganato	Prova da incubação (pelo cheiro)	Oxygeno dissolvido decappareado em 24 horas	Solidos suspensos	
Hendon . . . . .	agua de esgoto bruta	30	10	110,1	239	escorias	medio	2 <sup>m</sup> ,43 a 3 <sup>m</sup>	por gotteiras com pontas	continuamente	679 <sup>l</sup>	238 <sup>l</sup>	10,6	2,8	23,7	26,5	3 + em 3	6,2	63	O leito de 2 <sup>m</sup> ,43 de altura bom ainda ao fim de 8 annos.
Clifton . . . . .	effluente de fossas de sedimentação	39,6	7,6	151,3	242	cinza grossa ou cinza grossa e areia	fino a grosseiro	1 <sup>m</sup> ,22	por material fino	intermittente-mente	113 <sup>l</sup>	92,6	8	1,0	8,2	11	3 + em 3	9,3	33	Filtro de areia bom ao fim de 14 annos.
Litte Drayton.		75,4	11,6	182,1	199	granito	medio	2 <sup>m</sup> ,28	por gotteiras com pontas	continuamente	263 <sup>l</sup> ,5	115,5	7,8	2,2	36	29,2	3 + em 3	7,4	101	Necessidade de lavar a camada superior ao fim de 3 ou 4 annos.
Accrington. . . . .	effluente de fossas septicas	50,3	3,4	86,7	194	coke ou escorias	grosseiro	2 <sup>m</sup> ,76 a 2 <sup>m</sup> ,13	por torniquetes hydraulicos	idem	2309 <sup>l</sup> ,5	832 <sup>l</sup>	10,7	2,7	22,4	50,8	4 + em 4	9,6	200	Bom ainda ao fim de 4 a 8 annos.
Caterham. . . . .		184,8	10,6	101,5	126	coke	medio a grosseiro	1 <sup>m</sup> ,52	por tubos perforados	intermittente-mente	277 <sup>l</sup>	182 <sup>l</sup>	67,7	0,42	89	52,2	4 + em 4	8,0	37	Bom ainda ao fim de 10 annos.
Knowle. . . . .		34,6	5,2	56,2	84	escorias	grosseiro	1 <sup>m</sup> ,83	por gotteiras de Stoddart	continuamente	5434 <sup>l</sup>	2969 <sup>l</sup> ,5	31,9	0,34	9	27	3 — em 3	22,8	37,7	Bom ainda ao fim de 4 annos.
Prestolee . . . . .		5,2	1,7	28,4	32	cinza grossa e areia grossa	fino a grosseiro	1 <sup>m</sup> ,52	por material fino	intermittente-mente	503 <sup>l</sup>	331 <sup>l</sup>	1,3	0,3	3,3	3,1	3 + em 3	0,4	0	Bom ainda ao fim de 8 annos.
Rochdale . . . . .	effluente de fossas de precipitação chimica	37,4	6,7	109,2	53	coke	grosseiro	2 <sup>m</sup> ,75	por torniquete hydraulico	continuamente	2304 <sup>l</sup>	838 <sup>l</sup>	0,8	1	27,6	25,6	5 + em 5	3,2	74	Bom ainda ao fim de 7 annos.
Chorley. . . . .		38,2	5,5	47,7	31,1	areia, polarite e areia grossa	muito fino e grosseiro	0 <sup>m</sup> ,91	por material fino	intermittente-mente	2853 <sup>l</sup>	3120 <sup>l</sup>	10,7	0,9	23,5	10,3	3 + em 3	1,8	vestigios	Bom ainda ao fim de 12 annos.
Normanton . . . . .		49	6,8	103,2	140	idem	idem	0 <sup>m</sup> ,99	idem	idem	—	—	25,8	1,6	13,3	18,6	3 + em 3	6,9	idem	Bom ainda ao fim de 10 annos.
Withnell . . . . .	43,5	4,7	79,5	20	idem	idem	0 <sup>m</sup> ,91	idem	idem	343 <sup>l</sup>	377 <sup>l</sup> ,5	27,1	1,6	16,2	16,5	3 + em 3	4,9	idem	Bom ainda ao fim de 6 e 12 annos.	

N. B. — Os numeros representados por algarismos de typo ordinario correspondem a medias de séries diarias (em geral 3) de analyses de amostras colhidas de hora a hora, em tempo secco; os numeros dados em algarismos italicos correspondem á media de amostras (geralmente em grande numero) colhidas occasionalmente com os varios estados do tempo.



Mas se, assim, o liquido toma por vezes um aspecto mais ou menos turvo, não se deve vêr n'isso um defeito do funcionamento do leito, nem considerar por esse facto mau o seu effluente; com effeito este é, ainda então, geralmente imputrescível e pôde considerar-se sufficientemente depurado.

Se, porém, se deseja lançar o effluente do leito para um pequeno curso de agua que se procura poupar, na medida do possivel, é facil, por um tratamento final de filtração ou decantação, fazer desaparecer as materias suspensas no liquido depurado (1).

Em Baltimore utilizam-se para isso finos filtros de areia, de preferencia aos filtros mecanicos com emprego de coagulantes, que tambem foram propostos. CALMETTE entende, contudo, que os filtros de areia, se bem que não necessitem grande espessura, exigem uma grande superficie, pelo menos igual á dos leitos, e só difficilmente se podem conservar permeaveis.

São estas as razões que levam á preferencia do emprego de bacias de decantação, occupando uma superfície relativamente pequena. Nas bacias de decantação final de Columbus (Ohio) a demora do effluente dos leitos insubmersiveis com quiescencia é de 2 horas, antes de ser lançado ao rio; a capacidade total das bacias é, por isso, correspondente á onda de 2 horas; o sedimento, contendo pouco mais ou menos 90% de agua, é em média de  $0^{m^3},20$  por  $1000^{m^3}$  do liquido

Em Birmingham, WATIS faz passar o effluente dos leitos por bacias em fórmula de pyramide, de base rectangular, invertida, do systema DORTMUND descripto a pag. 219 do vol. I. O liquido, entrando por um dos lados, sem violencia e sob uma larga superficie, caminha lentamente na bacia, em cuja

---

(1) Segundo DUNBAR, a quantidade de flocos e filamentos suspensos no effluente do leito diminue muito se á superficie d'este se colloca uma camada de materiaes finos (entre 1 e 3<sup>mm</sup>) de diametro; mas, como d'ahi resulta, como sabemos, a difficil infiltração e a impermeabilização com rapido empoçamento da superficie, recorre-se antes aos processos ulteriores e complementares de tratamento, que vamos indicar.

travessia gasta 30 minutos e sai pelo lado opposto, tendo abandonado a maior parte das suas substancias suspensas. Estas, depois de depositas na parte estreita e inferior dos tanques, são evacuadas por abertura d'uma valvula e pela simples pressão do liquido, passando por um tubo que as dirige ao solo ou a wagonetes que as transportam a distancia. O deposito é inodoro e inoffensivo e a despesa feita com a sua separação corresponde, segundo os calculos de CALMETTE, a menos de 4,8 réis por 20:000<sup>m</sup>3 de effluente decantado.

Estas bacias de decantação são recommendaveis para as installações importantes e completas; n'ellas, ao mesmo tempo que se faz a decantação, completa-se a oxydação do liquido. A capacidade total poderá ser em geral, pouco mais ou menos, a correspondente a  $\frac{1}{4}$  do volume da onda effluente dos leitos em 24 horas (CALMETTE).

#### β) Materias dissolvidas

Oxygeneo consumido em 4 horas á custa do permanganato, a frio. — Como se vê no quadro de pag. 520 *a*, a passagem atravez dos leitos insubmersiveis faz baixar muito notavelmente a quantidade de oxygeneo que o liquido tira ao permanganato, em 4 horas.

Na installação de Madeleine, CALMETTE nota que no primeiro semestre de 1906 o affluente ao leito (effluente septico) consome, em media, 22<sup>m</sup>gr.,74 por litro e o effluente apenas uma media de 7<sup>m</sup>gr.,38 por litro (baixa de 67,6 %); durante o mesmo periodo, e com o mesmo liquido residual o effluente do leito de segundo contacto absorvia 9<sup>m</sup>gr.,57 de oxygeneo do permanganato (baixa de 58 %).

As medias de analyses quotidianas feitas desde junho de 1906 a 1907 dão ao mesmo autor, como resultados de tratamento de effluente da fossa septica consumindo 26<sup>m</sup>gr.,5 de oxygeneo por litro: 5 mgr. de oxygeneo consumido por litro de

effluente dos leitos insubmersíveis (baixa de 82,83 %) e 9<sup>mgr.</sup>,7 de oxigeneo consumido por litro de effluente do segundo contacto (baixa de 64 %).

Materia organica medida pela oxydabilidade á custa do permanganato, com ebulição durante 10 minutos. — Tratando, durante o mez de maio de 1906, um effluente septico cuja riqueza media de materia organica, expressa em mgr. de oxigeneo consumido por litro, era de 59,3 e 61,2, respectivamente em solução acida e em solução alcalina, obtem 12,7 e 22,1 em solução acida e 12,7 e 18,5 em solução alcalina, respectivamente, em cada caso, para o effluente dos leitos insubmersíveis e para o do segundo contacto. D'esta fôrma, a baixa na oxydabilidade, que é de 79 % e 80 % no effluente do leito insubmersível, é apenas de 63 % e 70 % no effluente de segundo contacto, em cada caso fazendo respectivamente a dosagem em solução acida e em solução alcalina.

Na mesma installação as medias de analyses quotidianas do segundo semestre de 1906 dão, em mgr. por litro, uma oxydabilidade de: 76,8, 27,1, 11,3 em solução acida e de 56,8, 20,9, 9,55 em solução alcalina, respectivamente para o effluente aos leitos (effluente da fossa septica), effluente do segundo contacto e effluente dos leitos insubmersíveis; portanto, redução de 86 e 83,2 % com a passagem por leito insubmersível e de 64,2 e 63,2 % com dois contactos em leitos submersíveis, utilizando em cada caso e respectivamente, para a analyse, a solução acida e a alcalina.

Azote organico (dissolvido). — No mez de maio de 1906, CALMETTE acha para um effluente septico uma baixa media de 50 % e 80 % do azote organico respectivamente pela realização de dois contactos e de passagem atravez de um leito insubmersível. A riqueza em azote organico dos effluentes da fossa septica, do leito de segundo contacto e do leito insubmersível é, respectivamente, de 6 mgr., 3 mgr. e 1<sup>mgr.</sup>,2.

Nas medias das analyses do anno de 1906-1907 com um effluente de fossa septica, contendo  $10^{\text{mgr.}}$ ,7 de azote organico por litro, obtém CALMETTE para effluentes do leito insubmersivel  $2^{\text{mgr.}}$ ,63 (baixa de 76 %) e para os de segundo contacto  $6^{\text{mgr.}}$ ,29 (baixa de 42 %) de azote organico, por litro.

**Azote ammoniacal.** — O azote ammoniacal baixa muito e, se ainda pôde apparecer no effluente em quantidade muito apreciavel (quadro de pag. 520 a), é comtudo em menor proporção do que seria se se tivesse realizado o tratamento em leitos submersiveis com duplo contacto. É o que se vê nos numeros seguintes, de CALMETTE.

Na installação de Madeleine um effluente de fossa septica, contendo  $11^{\text{mgr.}}$ ,45 de ammoniaco livre ou salino, tratado em leitos insubmersiveis dá um liquido contendo  $3^{\text{mgr.}}$ ,48 de ammoniaco (baixa de 70 %) e por leitos de duplo contacto um effluente contendo  $4^{\text{mgr.}}$ ,05 por litro (baixa de 63 %).

Na mesma installação, as medias de analyses quotidianas feitas em 1906-1907 dão  $13^{\text{mgr.}}$ ,1,  $1^{\text{mgr.}}$ ,2 e  $4^{\text{mgr.}}$ ,1 de ammoniaco por litro, para o effluente da fossa, para o do leito insubmersivel (baixa de 90,9 %) e para o do segundo contacto (baixa de 68,7 %) respectivamente.

**Azote oxydado.** — A quantidade de azote oxydado dos effluentes de leitos, não submersiveis sempre muito apreciavel, é por vezes muito elevada, como se vê no quadro da pag. 520 a.

**Azote nitroso.** — Os nitritos são sempre em pequena quantidade, apesar de geralmente doseaveis.

**Azote nitrico.** — E sob esta fórma que no effluente se encontra quasi todo o azote oxydado.

A formação de nitratos é muito mais importante nos leitos insubmersíveis do que nos submersíveis. Assim, por exemplo, CALMETTE na instalação de Madeleine acha no primeiro semestre de 1906 uma riqueza media de nitratos de 22<sup>mgr.</sup>,87 (expressos em N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) por litro e de 15<sup>mgr.</sup>,51 (em N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) por litro, respectivamente para o effluente do leito insubmersível servido por syphões intermitentes e para o effluente do segundo contacto; as medias annuaes de 1906-1907 davam, respectivamente para os effluentes de cada uma das variedades de leitos, 33<sup>mgr.</sup>,8 e 16<sup>mgr.</sup>,4 (em N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) por litro.

Azote total. — Nem todo o azote do affluente se encontra no effluente dos leitos; mas o que falta, e que se perdeu como gaz, em virtude de acções de desnitrificação, etc., é sempre muito menor do que o desaparecido nos leitos de contacto e não vai além de 4 a 6% do azote do affluente.

Carbono organico. — Como o azote, o carbono organico queimado nos leitos não submersíveis é sempre em maior proporção do que nos leitos de contacto.

Em Madeleine, em maio de 1906, um effluente de fossa septica contendo 45<sup>mgr.</sup>,6 de carbono organico dissolvido por litro dava um effluente de leito insubmersível contendo 9<sup>mgr.</sup>,7 (baixa de 78,8%) e um effluente de segundo contacto contendo 18<sup>mgr.</sup>,9 (baixa de 58,6%) de carbono organico dissolvido por litro. As medias das analyses annuaes de 1906-1907 mostram uma redução de 82% com o leito insubmersível e de 62% com o duplo contacto em leitos submersíveis.

Oxygeneo dissolvido. — O oxygeneo dissolvido no effluente de leitos não submersíveis é geralmente abundante.

No primeiro semestre de 1906 CALMETTE encontra 10<sup>mgr.</sup>,2 por litro de effluente de leitos insubmersíveis, ao passo que um duplo contacto dava effluentes contendo 7<sup>mgr.</sup>,8 de oxygeneo

dissolvido por litro; CALMETTE faz notar que a quantidade d'este corpo no effluente dos primeiros leitos é tão grande como na maior parte das aguas potaveis. O mesmo autor verifica, em 1906-1907 tambem, que o effluente é muito mais rico em oxygeno dissolvido no caso de leitos insubmersiveis do que no de leitos de contacto.

Chloro. — O chloro pouco varia em quantidade, que pôde ficar constante, como em Chesterfield (110 mgr. no affluente e no effluente do leito insubmersivel).

Alcalinidade. — A alcalinidade da agua de esgoto é geralmente muito abaixada. Em Chesterfield, o effluente tem uma alcalinidade de 375 mgr. e o affluente de 1:754 mgr. por litro, expressa em carbonato de calcio.

Prova da incubação. — O effluente, julgado pela prova de incubação primitiva de SCUDDER, é geralmente imputrescivel. No quadro de pag. 520 *a*, se vê que só no caso de Knowle, onde se tratam muito grandes quantidades de liquido por unidade de volume do leito, é que as provas foram negativas.

Se se julgam os effluentes dos leitos insubmersiveis, sob o ponto de vista da sua putrescibilidade ou imputrescibilidade, pela prova da incubação durante 7 dias, com dosagem do oxygeno consumido em 3 minutos á custa do permanganato antes e depois de incubação, verifica-se tambem que elles são quasi sempre imputresciveis e podem ser lançados ás correntes sem inconveniente. É o que acontece, por exemplo, em Langwith, Chesterfield, Long Eaton, Buxton, onde os effluentes dos leitos insubmersiveis depois da incubação não absorvem mais oxygeno do que antes d'ella.

As medias de analyses quotidianas feitas em 1906-1907 dão a CALMETTE para o oxygeno absorvido em 3 minutos

1<sup>mgr.</sup>,67 e 1<sup>mgr.</sup>,58 por litro, antes e depois da incubação do effluente de leito insubmersível; no caso de leitos de duplo contacto, as quantidades correspondentes são 3<sup>mgr.</sup>,6 e 2<sup>mgr.</sup>,9 por litro.

b) Sob o ponto de vista bacteriologico

α) Numero total de germens

As percentagens de redução do numero total de germens são geralmente elevadas e mais altas do que as obtidas com o emprego dos leitos de contacto. Mas, como os effluentes d'estes, os effluentes dos leitos não submersíveis teem ainda uma riqueza microbiana absoluta que admiraria quem não conhecesse previamente quão enormes são as quantidades de germens que as aguas de esgoto conteem.

Com os leitos não submersíveis de Madeleine obteve CALMETTE um effluente em que a contagem immediata mostra 827:000 aerobios (340:000 liquefacientes) e 2:058 anaerobios por c. c., ao passo que a agua bruta contem 4.050:000 aerobios (675:000 liquefacientes) e 4.224:000 anaerobios, o effluente da fossa septica que precede os leitos 50.250:000 aerobios (5.900:000 liquefacientes) e 4.750:000 anaerobios. Portanto a baixa dos aerobios obtida pelos leitos não submersíveis de CALMETTE referida á agua bruta é de 79,65% (a baixa com um duplo contacto é apenas de 28,4%); referida a baixa ao effluente da fossa septica a percentagem seria consideravelmente maior, e isto apesar da grande quantidade de germens que o effluente do leito não submersível contém ainda. Lembremos, porém, ainda uma vez, que nos effluentes se dá com o tempo uma redução espontanea do numero dos germens; assim, em Madeleine, ao fim de dois dias de incubação a 30° os aerobios passam a 44:000 e depois de cinco dias a 7:500 por c. c.; então a redução é de 99,73% e 99,82% respectivamente (nas mesmas condições, a baixa n'um effluente de segundo contacto é de 74,9% e 94,6%).

## β) Sobrevivencia de pathogenicos

Muito mais importante do que a quantidade é a qualidade das bacterias do effluente; é conveniente procurar saber se os pathogenicos persistem.

Na installação de Madeleine, dos 20:000 *coli* por c. c. do affluente aos leitos insubmersiveis (liquido effluente da fossa septica) persistem 2:000 por c. c. do effluente (no effluente do segundo contacto encontram-se 4:000 *coli* por c. c.).

O *b. typhico*, raro na agua de esgoto, falta quasi sempre no effluente dos leitos não submersiveis. Para este germen, como para os outros, applica-se aqui, de um modo geral, o que já d'elles foi dito quando tratámos dos leitos submersiveis.

O modo de fazer desapparecer os pathogenicos, quando estes possam fazer perigar a saude publica, será apresentado adeante quando se tratar da desinfeccão e esterilização dos effluents do solo e dos leitos bacterianos.

12) Despesas feitas com a depuração  
em leitos insubmersiveis

As despesas de primeira installação, geralmente, não são mais caras, mas antes são sensivelmente mais reduzidas, com o uso de leitos insubmersiveis do que com o de leitos submersiveis.

Deve notar-se que, apesar da não necessidade da construcção das dispendiosas paredes impermeaveis que quasi sempre exigem os leitos de contacto, o preço por m<sup>2</sup> dos leitos insubmersiveis é bastante mais elevado do que o d'aquelles. Isto é devido, um pouco, a que nos leitos insubmersiveis se emprega geralmente uma maior altura de material filtrante e muito principalmente ás despesas elevadas feitas na acquisição dos distribuidores de liquido. Assim, por exemplo, na installação

de Madeleine o custo de cada  $m^2$  de leite de contacto é de 2\$700 réis, ao passo que cada  $m^2$  de leite insubmersível sai a 5\$400 réis, isto é, custa o dobro; e é de notar que os syphões intermitentes que CALMETTE emprega nos leitos insubmersíveis de Madeleine são distribuidores muito mais baratos do que os torniquetes e outros apparatus e disposições geralmente usados.

Acontece porém que, a usarem-se leitos submersíveis, em que geralmente se praticam pelo menos dois contactos, se se pretende obter um razoável effluente, a quantidade de material e a superficie que estes leitos exigem serão sempre muito maiores [o dobro ou mais (1)] do que as necessarias aos leitos insubmersíveis destinados ao tratamento do mesmo liquido residual. Portanto a construcção dos leitos encarados no seu conjunto, e não por  $m^2$ , não vem a ser geralmente mais cara para os insubmersíveis do que para os submersíveis. Assim, segundo CALMETTE, para uma installação destinada a depurar  $10:000m^3$  de agua residual, com o systema de submersão são necessarios  $20:000m^2$  de leitos e com o systema de não submersão apenas  $10:000m^2$ ; por isso, ainda que segundo os calculos d'este autor o  $m^2$  dos primeiros custe 2\$700 réis e o dos segundos 5\$400 réis (com distribuição por syphões), o custo final da construcção é o mesmo em qualquer dos casos. Além d'isso, como no segundo caso a superficie necessaria para n'ella construir os leitos será metade da que seria precisa no primeiro caso, realiza-se na compra do terreno uma sensível economia, que torna uma installação com leitos insubmersíveis mais economica do que uma installação com leitos de contacto.

Em qualquer dos casos, as despesas a fazer com a installação para tratamento preliminar em fossas são as mesmas.

Segundo CALMETTE, uma installação de depuração com fossas septicas e leitos insubmersíveis, com distribuição por torniquetes Adams, destinada a tratar  $5:000m^3$  diarios de li-

(1) Em Sheffield 26hect.,3055 de leitos submersíveis fôram substituidos por 6hect.,8799 de leitos não submersíveis.

quido custaria 63.000\$000 réis (12\$600 réis por  $m^3$  da onda diaria), não incluindo o custo do terreno; para a mesma onda diaria, a despesa total, comprehendendo o custo do terreno, seria muito inferior e apenas de 30.240\$000 réis (6\$030 réis por  $m^3$ ) se os distribuidores usados fossem os syphões de descarga intermitente que CALMETTE preconiza.

É claro que as despesas a fazer com a installação variam de localidade para localidade, segundo o custo do terreno, do material, da mão d'obra, etc., e tambem, evidentemente, segundo a importancia e extensão que essa installação toma, isto é, segundo a maior ou menor quantidade de liquido que diariamente haja a tratar. Mas notemos que o custo das installações não são proporcionaes aos volumes das ondas a depurar, suppondo, mesmo, eguaes todas as outras condições. Quanto menor fôr o volume liquido diario a tratar tanto mais cara será a installação relativamente, referindo o custo a cada  $m^3$  de liquido: Assim, por exemplo, se uma installação com fossas septicas e leitos insubmersiveis com distribuidores ADAMS custa 12\$600 réis por cada  $1m^3$  de uma onda residual diaria de  $5:000m^3$ , custaria 14\$400 réis por cada  $1m^3$  de uma onda residual diaria de  $1:000m^3$  e 27\$000 por cada  $1m^3$  de uma onda residual diaria de  $100m^3$ ; e com distribuição por syphões intermitentes a installação (comprehendendo fossas septicas) que sai a 6\$030 réis por  $m^3$  para uma onda diaria de  $5:000m^3$ , custaria 10\$800 réis por  $m^3$  para uma onda diaria de  $100m^3$  (CALMETTE). Inversamente, subindo o volume da onda o custo da installação por  $m^3$  de liquido tratado baixará: se uma installação destinada a tratar  $5:000m^3$  custa 30.240\$000 réis, uma outra destinada a  $10:000m^3$  não custará o dobro, mas bastante menos.

Quanto ás despesas de vigilancia e funcionamento com os leitos não submersiveis são sempre muito reduzidas, principalmente se não ha motores especiaes independentes da corrente da agua residual. Com effeito, o material filtrante pôde por assim dizer durar indefinidamente e a sua renovação é praticamente inutil. Além d'isso, os leitos durante muitos annos resistem bem á impermeabilização, como se vê no quadro de

pag. 520 a, e quando as lavagens do material se tornam necessárias podem ser feitas simplesmente por rapidas correntes de agua; não é necessario o trabalho de retirar os materiaes desfazendo o leito, como acontece de longe a longe com o systema da submersão. O serviço reduz-se á vigilancia dos distribuidores automaticos. Segundo CALMETTE, a despesa annualmente feita com a vigilancia, reparações, renovamento de material, verificações e disposição das lamas, n'uma installação destinada a 5:000<sup>m3</sup> de agua residual proveniente de 50:000 habitantes seria de 3.600\$000 réis, o que equivale a 72 réis por habitante.

\*

Como para o solo e leitos de contacto, apresentarei tambem para os leitos insubmersiveis um calculo das despesas feitas com a sua primeira installação e com o seu funcionamento. Como em todos os casos se suppõe a existencia de condições semelhantes, os resultados podem servir para julgar comparadamente das despesas a fazer com os varios methodos de depuração.

Servir-nos-emos dos elementos fornecidos pela *Royal Commission on Sewage*, suppondo que:

1.º O solo onde se vái fazer a installação tem as differenças de nivel necessarias para o escoamento do liquido se poder fazer por simples gravidade.

2.º A agua de esgoto é de um character domestico normal e de uma concentração média; isto é uma agua de esgoto que exigirá cêrca de 1:000 mgr. de oxygeneo para a oxydação da materia organica contida n'um litro.

3.º A onda diaria de tempo sêcco é de 1:000 <sup>m3</sup>(1).

---

(1) O calculo é feito proporcionalmente aos numeros dados pela Commissão Real para a hypothese da onda de tempo secco ser de 4543<sup>m3</sup>,5; veja-se o que a este respeito ficou dito a pag. 153, nota 2.

\*

4.º Em tempo de chuva passa nos leitos uma onda dupla da habitual.

5.º A agua de esgoto tem sido previamente sujeitada a um tratamento preliminar, com o fim de lhe retirar as materias suspensas.

6.º Os leitos insubmersiveis são de material grosseiro, occupando uma altura de 2<sup>m</sup>,75 e assentando em pavimento bem impermeavel.

7.º A distribuição do liquido á superficie dos leitos é feita por torniquetes hydraulicos.

8.º O effluente dos leitos passa n'uma fossa final de sedimentação.

9.º O effluente depurado a obter deve ser satisfactorio.

O volume de material necessario para os leitos insubmersiveis depende em grande parte da concentração e das materias suspensas no liquido a tratar.

O seguinte quadro mostra qual a concentração e a riqueza de materias suspensas no liquido obtido pelos varios tratamentos preliminares da agua de esgoto da hypothese e a quantidade de liquido que em cada caso pôde ser tratada por unidade de volume de material e dia.

Processos preliminares	Concentração do effluente das fossas, affluente aos leitos	Materias suspensas, em mgr. por litro, do effluente das fossas, affluente aos leitos	Quantidade de liquido tratado diariamente por m <sup>3</sup> de material	Volume de material necessario para o tratamento de mil m <sup>3</sup> diários (onda de tempo secco)
Sedimentação quiescente..	700	50 a 80	0 <sup>m</sup> 3,590-0 <sup>m</sup> 3,742	1500
Sedimentação em onda corrente.....	800	100 a 150	0 <sup>m</sup> 3,442-0 <sup>m</sup> 3,592	1934
Precipitação chimica quiescente.....	500	10 a 40	1 <sup>m</sup> 3,040	961,5
Precipitação chimica em onda corrente.....	600	30 a 60	0 <sup>m</sup> 3,891	1122
Passagem por fossa septica	800	100 a 150	0 <sup>m</sup> 3,442-0 <sup>m</sup> 3,592	1934

O seguinte quadro, imitado de Kershaw, mostra o custo da construção dos leitos insubmersíveis necessários para tratamento da onda de tempo secco de 1:000 m<sup>3</sup> diários de agua residual da nossa hypothese. O calculo incluye 15 % para despesas imprevistas e plantas de engenharia.

Processos preliminares	Preço de construção dos leitos para tratar mil m <sup>3</sup> de agua residual de tempo secco, em réis
Sedimentação quiescente .....	10:494\$550
Sedimentação em onda corrente.....	13:691\$645
Precipitação chimica quiescente.....	7:353\$815
Precipitação chimica em onda corrente ...	8:751\$400
Passagem por fossa septica .....	13:691\$645

É conveniente que haja uma fossa onde seja recebido o liquido effluente dos leitos insubmersíveis para ali se dar a sedimentação dos solidos suspensos, geralmente abundantes no liquido tratado. Esta fossa de 84 m<sup>3</sup> de capacidade, capaz de reter durante duas horas cada porção de agua de esgoto será do systema DORTMUND e custará no total — 676\$090 réis.

O seguinte quadro dá a área necessaria para ser occupada pelos leitos insubmersíveis e o seu custo, á razão de 1:111\$935 réis o hectare.

Processos preliminares	Área requerida para a instalação por leitos insubmersíveis, em m <sup>2</sup>	Custo da área necessaria para a instalação dos leitos insubmersíveis
Sedimentação quiescente.....	976	108\$525
Sedimentação em onda corrente.....	1300	144\$550
Precipitação chimica quiescente.....	652	72\$500
Precipitação chimica em onda corrente....	815	90\$625
Passagem por fossa septica .....	1300	144\$550

Resumindo n'um quadro unico os elementos colhidos, acharemos a despesa feita com a primeira installação de leitos in-submersiveis para tratar uma onda diaria de tempo sêcco igual a 1:000 m<sup>3</sup>, sem entrar em linha de conta com o custo dos torniquetes distribuidores:

Processos preliminares	Preço de construção dos leitos in-submersiveis, em réis	Preço da construção da fossa de sedimentação final, em réis	Custo da área necessaria para a installação dos leitos, em réis	Custo da installação dos leitos, não comprehendendo os torniquetes de distribuição
Sedimentação quiescente.....	10:494\$550	676\$090	108\$525	11:279\$165
Sedimentação em onda corrente....	13:691\$645	676\$060	144\$550	14:512\$285
Precipitação chimica quiescente....	7:353\$815	676\$090	72\$500	8:102\$405
Precipitação chimica em onda corrente.....	8:751\$400	676\$090	90\$625	9:518\$115
Passagem por fossa septica.....	13:691\$645	676\$090	144\$550	14:512\$285

Se juntarmos em cada caso á despesa da installação dos leitos a feita com os processos preliminares (pag. 158), teremos o custo da installação completa (não comprehendendo os torniquetes distribuidores):

Processos preliminares	Custo total da instalação para tratamento preliminar, em réis	Custo da instalação dos leitos submersíveis (não compreendendo os distribuidores), em réis	Custo total da instalação de tratamento completo em fossas e leitos (não compreendendo os distribuidores), em réis
Sedimentação quiescente....	6:384\$240	11:279\$165	17:663\$405
Sedimentação em onda corrente.....	5:468\$910	14:512\$285	19:981\$195
Precipitação chimica quiescente.....	6:538\$465	8:102\$405	14:640\$870
Precipitação chimica em onda corrente.....	4:336\$915	9:518\$115	13:855\$030
Passagem por fossa septica..	7:058\$660	14:512\$285	21:570\$945

A *Royal Commission* calcula em dez annos a duração dos torniquetes distribuidores, em estado de funcionarem; n'essa base pôde suppôr-se que a despesa de aquisição dos torniquetes corresponde annualmente a uma média de 42\$855 réis no caso do tratamento preliminar ser a sedimentação quiescente, de 57\$145 réis com a sedimentação em agua corrente ou passagem por fossa septica, de 28\$570 réis com a precipitação chimica quiescente e de 35\$715 réis com a precipitação chimica em onda corrente.

Calculando que o emprestimo levantado para fazer a instalação dos leitos com os seus distribuidores vence o juro de  $3\frac{1}{2}\%$  annualmente e é pagavel em trinta annidades eguaes, os encargos annuaes do emprestimo serão dados pelo seguinte quadro:

Processos preliminares	Encargos do empréstimo para a instalação de leitos insubmersíveis com seus distribuidores, em réis	
	Por anno	Por mil m <sup>3</sup>
Sedimentação quiescente . . . . .	655\$000	1\$795
Sedimentação em onda corrente . . . . .	846\$160	2\$320
Precipitação chimica quiescente . . . . .	466\$875	1\$280
Precipitação chimica em onda corrente . . . . .	553\$485	1\$515
Passagem por fossa septica . . . . .	846\$160	2\$320

Suppondo que para regular o funcionamento dos leitos se necessitam os serviços de um homem ganhando 4\$035 réis por semana e juntando a esta quantia um terço do ordenado de um vigilante de toda a instalação de depuração, que gaste na parte que pertence aos leitos um terço do seu tempo, se este ordenado fôr annualmente 128\$755 réis (1), a despesa assim feita será de 96\$740 réis annualmente ou 265 réis por mil m<sup>3</sup> de liquido residual, com o trabalho manual e vigilancia dos leitos insubmersíveis.

No caso de leitos insubmersíveis de material grosseiro, este dura muito tempo, se a camada mais superficial fôr removida e renovada de longe a longe; não é portanto necessario calcular verba especial para a lavagem e renovação do material.

O seguinte quadro mostra o custo dos reparos que exigirão os torniquetes distribuidores:

(1) A nota 1 de pag. 435 para os leitos submersíveis tem aqui applicação tambem, para os leitos insubmersíveis, com a unica alteração de que, em vez de dois operarios, basta um, no caso de leitos d'esta classe destinados a tratarem a onda diaria de 4543<sup>m</sup>3,5 da hypothese da *Royal Commission*.

Processos preliminares	Custo dos reparos dos torniquetes em réis	
	Por anno	Por mil m <sup>3</sup>
Sedimentação quiescente .....	5\$635	15
Sedimentação em onda corrente.....	7\$925	20
Precipitação chimica quiescente .....	3\$960	10
Precipitação chimica em onda corrente.....	4\$950	15
Passagem por fossa septica .....	7\$925	20

Resumindo os elementos dados, temos no quadro seguinte o custo da depuração nos leitos insubmersíveis, incluindo encargos do emprestimo, trabalho manual e vigilancia:

Processos preliminares	Custo da depuração nos leitos insubmersíveis, em réis							
	Por anno				Por mil m <sup>3</sup> (onda do tempo secco)			
	Encargos do emprestimo para a instalação	Trabalho e vigilancia em relação com o funcionamento dos leitos	Reparos dos torniquetes distribuidores	Total	Encargos do emprestimo para a instalação	Trabalho e vigilancia em relação com o funcionamento dos leitos	Reparos dos torniquetes distribuidores	Total
Sedimentação quiescente .....	655\$000	96\$740	5\$635	757\$375	1\$795	265	15	2\$075
Sedimentação em onda corrente.....	846\$160	96\$740	7\$925	950\$825	2\$320	265	20	2\$605
Precipitação chimica quiescente .....	466\$875	96\$740	3\$960	567\$575	1\$280	265	10	1\$555
Precipitação chimica em onda corrente...	553\$485	96\$740	4\$950	655\$175	1\$515	265	15	1\$795
Passagem por fossa septica.....	846\$160	96\$740	7\$925	950\$825	2\$320	265	20	2\$605

O custo total do tratamento por cada um dos varios processos preliminares foi já dado a pag. 161. Sommando essas despesas com as feitas para o tratamento nos leitos insubmer-

síveis, obtemos os seguintes resultados para o custo total do tratamento completo (em fossas e leitos insubmersíveis) de uma onda de 1000 m<sup>3</sup> de tempo sêcco:

Processos preliminares	Despesa total do tratamento completo (em fossas e em leitos insubmersíveis) de uma onda diária de tempo sêcco de 1000 m <sup>3</sup> , em réis						Por habitante e anno suppondo a população de 6-666 hab. (1), em réis
	Por anno			Por mil m <sup>3</sup> (onda diária de tempo sêcco)			
	Custo total do tratamento preliminar	Custo total do tratamento em leitos bacterianos	Custo total do tratamento completo	Custo total do tratamento preliminar	Custo total do tratamento em leitos bacterianos	Custo total do tratamento completo	
Sedimentação quiescente.....	721\$240	757\$375	1:478\$615	1\$975	2\$075	4\$050	221
Sedimentação em onda corrente .....	559\$180	950\$825	1:510\$000	1\$530	2\$605	4\$135	226
Precipitação chimica quiescente.....	1:244\$285	567\$575	1:811\$860	3\$405	1\$555	4\$960	272
Precipitação chimica em onda corrente..	1:124\$200	655\$175	1:779\$375	3\$075	1\$795	4\$870	267
Passagem por fossa septica .....	622\$690	950\$825	1:573\$315	1\$705	2\$605	4\$310	236

\*

Podem agora comparar-se entre si os preços por que fica a depuração de liquidos residuaes no solo e nos leitos submersíveis e insubmersíveis, nas condições da hypothese feita.

Vê-se que, na base adoptada, a purificação da agua residual (depois de tratamento preliminar) por meio de leitos insubmersíveis custa sómente cerca de  $\frac{2}{3}$  do que custa a purificação por leitos de duplo contacto. Mas, onde a agua de esgoto tem sido sujeitada a precipitação chimica quiescente e

(1) Baseado n'uma onda de 150 litros de agua residual por pessoa e dia.

um unico contacto pôde ser sufficiente para produzir um effluente satisfactorio, o custo da depuração por este processo torna-se proximamente igual ao da obtida pelo processo de leitos in-submersiveis (comtudo este fica, ainda n'este caso, ligeiramente mais barato).

Sendô o solo, comprado ao preço da hypothese, de boas qualidades depuradoras e permeavel, vê-se que a irrigação como processo depurador sahirá provavelmente mais economica do que os processos biologicos artificiaes; mas se o solo, mau, só tolera pequenas quantidades de agua residual por unidade de superficie os processos biologicos artificiaes serão quasi sempre mais economicos.

Deve, porém, notar-se que tudo o que fica dito ácerca da comparação entre os preços dos varios methodos de depuração se refere a casos para que se estabeleceu um certo numero de condições hypotheticas; na pratica o custo relativo dos differentes methodos dependerá sempre largamente das circumstancias locais.

### C) Valor agricultural dos effluentes dos leitos de nitrificação

Já vimos que um dos argumentos apresentados para sustentar a vantagem da depuração das aguas de esgoto pela irrigação do solo sobre a praticada nos leitos bacterianos se baseia no facto utilitario de no primeiro caso as substancias residuaes poderem ser aproveitadas no beneficiamento do solo, com vantagem para o crescimento e prosperidade das plantas. Mas acontece que tal argumento não colhe, visto como os effluentes nitrificados nos leitos bacterianos são tambem proprios para a irrigação do solo cultivado e mesmo mais do que a agua de esgoto bruta.

N'estes effluentes, com effeito, encontram-se os elementos que entram na composição da agua residual, sob uma fórmula

mais facilmente absorvível pelas plantas do que no liquido bruto primitivo. Que é sob a fôrma de nitratos que a utilização do azote pelas plantas melhor se dá, ninguém põe já em duvida, mesmo os autores que, com RIDEAL, admittem que algumas plantas (leguminosas principalmente) podem até certo ponto utilizar o azote sob a fôrma de ammoniaco, de compostos organicos ou de gaz livre.

As experiencias de NIANKER levam-no a afirmar que 60 partes de azote sob a fôrma de nitrato valem bem 90 como ammoniaco e 100 como albumina.

Segundo os calculos de Sir WILLIAM CROOKES, o valor de azote fixo perdido durante o anno de 1899 por lançamento, ao mar, de agua de esgoto das cidades de Reino Unido seria de 72.000:000\$000 réis. E, segundo SCOTT MONCRIEFF, 90 % do azote contido n'essas aguas rejeitadas durante o dito anno poderia, se soffresse nitrificação, dar, em nitrato de sodio um valor de 63.000:000\$000 réis.

Sob o ponto de vista agricultural teem mais valor os effluentes dos leitos insubmersiveis do que os dos leitos submersiveis; com effeito, ao passo que n'aquelles leitos a perda de azote como gaz determinada pela desnitrificação é insignificante, esta perda chega a attingir 50 % nos leitos de contacto.

A hortelã-pimenta sobressai entre as plantas cuja cultura é melhor favorecida pela irrigação pelos effluentes biologicos nitrificados. O oleo póde ser distillado no proprio local. Em 1898, em Sutton, 1,1129 hectares d'esta cultura produziam 28 kilos de oleo de primeira classe vendido a 12\$050 réis o kilo, isto é, um total de 337\$400 réis. Em 1902, 3,2376 hectares produziam oleo na importancia de 1:037\$500 réis; em 1903, 2,7317 hectares rendiam 80\$5500 réis; em 1905, 2,4282 hectares rendiam 652\$500 réis de oleo.

### III

#### Depuração por leitos bacterianos de desnitrificação

Quando tratamos da desnitrificação (pag. 236) e indicámos alguns dos agentes que a determinam e as condições que lhe permitem e favorecem a produção, dissemos que essa destruição de compostos oxydados de azote póde ter utilidade para a depuração se se realisa n'um liquido em que se tenha previamente effectuado uma nitrificação intensa.

Porque assim é, algumas vezes fazem-se passar bons effluentes dos leitos de nitrificação atravez de filtros ou leitos de material de muito finos elementos, de escasso arejamento, onde a desnitrificação é favorecida. O nucleo de materia organica que sempre fica nos effluentes dos melhores leitos nitrificadores, de contacto ou insubmersiveis, e sobre o qual os germens oxydantes propriamente ditos já não teem acção, é destruido pelos germens desnitrificantes, por acções que são ainda afinal de oxydação, se bem que indirecta e consequencia de uma previa redução.

Deve porém dizer-se que só muito raras vezes se utilizam leitos onde voluntariamente se favorece a desnitrificação final dos effluentes dos leitos nitrificadores; e isto não só porque o grau de depuração d'estes é quasi sempre julgado sufficiente, mas tambem porque, no caso de se querer aproveitar agriculturalmente o liquido tratado, este baixa muito em valor pelo facto da perda de azote sob a fôrma de gaz, que se produz durante a destruição dos nitratos e nitritos.

de la ...

... de la ...

## IV

### Desinfecção dos efluentes do solo e dos leitos bacterianos

Geralmente, os efluentes do solo ou dos leitos biológicos são, segundo as regras da hygiene, lançados ás correntes naturaes a juzante da povoação de cujas aguas de esgoto proveem e a relativamente grande distancia do ponto onde essa povoação colhe a sua agua alimentar. Por isso, se a povoação marginal seguinte fica sufficientemente distante para permittir a efficaz realização de acções de depuração espontanea, pequeno será o mal que pôde advir da sobrevivencia de alguns pathogenicos no effluente rejeitado e do ligeiro augmento de polluição biologica da corrente natural.

Em alguns casos, porém, quando, por exemplo, os efluentes biológicos são lançados a leitos de cultura de agriões ou a parques de creação de ostras, ou rejeitados n'um curso de agua pura n'um ponto vizinho d'outro onde se colhe agua alimentar, a possivel sobrevivencia de alguns germens pathogenicos deixa de ser um pequeno inconveniente para se tornar um perigo para a saude publica.

É verdade que no caso de ostras (ou outro marisco) ou de agriões contaminados ha o recurso de prohibir a sua venda; mas esse meio pôde, quando as installações de cultura attinjam certa importancia, acarretar grandes perdas para os seus possuidores, e isso tanto mais injustamente quanto é certo que, quasi sempre, essas installações serão anteriores ás de depuração da agua residual.

Por isso, n'este caso das ostras e agriões infectados como no da contaminação da agua destinada á alimentação, torna-se necessario: ou desinfectar os productos contaminados ou impedir a sua contaminação por desinfecção previa dos effluentes biologicos.

É principio estabelecido por RIDEAL que a desinfecção deve ser limitada ás substancias destinadas a alimento (mariscos, agriões, agua) e effectuada o mais proximo possivel da occasião do consumo.

Seguindo esta orientação, a desinfecção feita pelo consumidor da agua (emprego do calor, da filtração, etc.) ou do marisco ou agriões (emprego do calor, de vinagre, etc.) apparece como a mais recommendavel. Para o caso de marisco ou agriões esta fórma de desinfecção particular é a unica pratica das que visam a actuar sobre os productos contaminados e naturalmente mais economica do que a da desinfecção dos effluentes biologicos. Para o caso da agua alimentar a desinfecção pelo consumidor é mais economica do que a desinfecção feita em installações centraes d'onde partam as canalizações distribuidoras, porque n'este caso não se limita já á agua alimentar a desinfecção, que se estende tambem ao maior volume de agua que é applicada para outros varios fins domesticos; aquelle modo de proceder por identicas razões é tambem mais economico do que o que consiste em desinfectar o effluente dos leitos biologicos antes da sua rejeição nas correntes naturaes.

Mas a desinfecção caseira, tanto para os mariscos e agriões como para a agua, póde não ser sufficientemente feita ou mesmo faltar por completo, em virtude de incuria ou ignorancia do consumidor. Portanto na pratica, sempre no caso de agriões e mariscos, e quando não haja installações centraes de depuração do liquido a distribuir no caso da agua alimentar, é uma necessidade recorrer á desinfecção previa da porção de effluente biologico que é lançada nos leitos ou parques de cultura, no primeiro caso, ou da onda total d'esse effluente que é lançada á corrente que fornece a agua de consumo, no segundo caso.

\*

Quando se queira desinfectar um effluente do solo ou de leitões biológicos, a acção do calor não é praticamente utilizavel. Ha que recorrer aos agentes chimicos, por vezes fazendo intervir tambem a acção da electricidade.

O agente chimico deverá ser energico bastante para exterminar os germens pathogenicos, sem que comtudo tenha acção nociva quer para os molluscos ou vegetaes cultivados (particularmente sensiveis nos primeiros periodos do seu desenvolvimento) quer para as pessoas que teem de utilizar a agua do curso onde o liquido depurado é lançado.

De entre todos os agentes chimicos, é o chloro o mais geralmente empregado, não só porque, mesmo em pequenas doses, é um bactericida poderoso, mas tambem porque a sua propriedade de oxydar a materia organica determina ao fim de certo tempo o seu desaparecimento, deixando o liquido tratado melhorado sob os dois pontos de vista biologico e chimico. O poder desodorizante do chloro e o seu fraco poder precipitante concorrem ainda para recommendar o emprego d'este agente.

O chloro póde ser fornecido por solutos electrolysados de compostos de chloro ou libertado chimicamente á custa do chloreto de cal.

O «oxychloreto», soluto de hypochlorito alcalino electrolysado, foi experimentado em Guildford por RIDEAL, para a desinfeção de effluentes de leitões de contacto.

Este autor verifica que mesmo nos effluentes de terceiro contacto se encontram alguns milhares de esporos, de entre os quaes varios resistem á acção da agua fervente. Estes esporos podem ser exterminados pelo chloro fornecido por solutos electrolysados; 50 mgr. de chloro util por litro são sufficientes

para esterilizar um bom effluente de previo tratamento biologico. A esterilização pôde mesmo conseguir-se com proporções menores de reagente, desde que a adjuncção d'este se faça em doses fraccionadas, de modo a impedir a sua rapida desappareição e garantindo a presença de um excesso de chloro util durante 8 a 18 horas.

Mas esta esterilização absoluta não tem vantagens que compensem o dinheiro, tempo e trabalho exigidos. Não só as quantidades de reagente requeridas para a exterminação d'esses esporos mais resistentes são relativamente elevadas, mas tambem o excesso de chloro que fique no liquido impede que este possa sem inconvenientes ser lançado em pontos onde existam peixes ou marisco, antes de ter soffrido uma demora ou um tratamento que assegure a desappareição completa do chloro. Além d'isso, como RIDEAL verificou, esses germens tão resistentes são inoffensivos, não produzem cheiro e tem uma acção notavel na destruição da materia organica.

Não havendo, portanto, vantagem em obter esta esterilização, pode e deve reduzir-se o papel do chloro ao de agente desinfectante, destruidor dos pathogenicos.

Uma pequena quantidade de chloro util, 15 mgr. por litro ou menos ainda, será então sufficiente para garantir a inoffensividade de um effluente final de um bom tratamento biologico, que se deseje lançar em parques de ostras ou leitões de cultura de agriões ou em rio d'onde seja retirada agua para bebida.

Em Guildford, no effluente de primeiro contacto 20 mgr. de chloro util por litro ao fim de quarenta minutos faziam baixar o coli de 400:000 por c. c. para menos de 1 por 5 c. c. e os esporos do *b. enteritidis sporogenes* de 20 por c. c. para 0 por 5 c. c. No effluente secundario 10,6 mgr. de chloro util por litro ao fim de duas horas faziam desaparecer o coli e o *enteritidis sporogenes* em amostras de 5 c. c. e faziam baixar o numero total de germens de 1.000:000 a 40 por c. c. No effluente terciario, 2,5 mgr. de chloro util por litro levavam o coli de 10:000 por c. c. a 0 por 5 c. c., em uma hora, e o *b. enteritidis sporogenes* a menos de 1 por 5 c. c. em 4 1/2 horas. Em todos os effluentes trata-

dos pelo reagente, notava-se uma melhoria chimica concomitante á bacteriologica, com augmento de ammoniaco livre e diminuição do ammoniaco albuminoide. Todos os effluentes antes de sujeitos á acção do reagente davam, depois de quatro dias de incubação, um cheiro muito apreciavel; mas nenhum cheiro apparecia no caso dos effluentes terem antes da incubação soffrido o tratamento pelo soluto electrolysado.

RIDEAL levou os seus estudos até ver a acção do agente desinfectante sobre agua destinada a bebida, mas infectada. Uma agua de torneira contendo 90 germens por c. c. e entre elles o *coli* (apparente em amostras de 4 c. c.) depois de tratada com 0,75 mgr. de chloro util por litro não revelava a existencia do *coli* ao fim de 5 horas, em amostras de 20 c. c.; o numero total dos germens reduzia-se a 14 por c. c. Uma porção da mesma agua adicionada de  $\frac{1}{500}$  de liquido d'um effluente terciario apresentava 100 *coli* por c. c., mas ao fim de uma hora de acção do «oxychloreto» na força de 0,8 mgr. de chloro util por litro o *coli* não apparecia já em amostras de 20 c. c. A agua tratada não retinha cheiro ou gosto ao reagente e os chloretos, apreciados em chloro, passavam apenas de 17,5 mgr. a 20 mgr. por litro. Notemos que esta agua usada como bebida continha mais germens (90 por c. c.) e particularmente *coli* (1 em 4 c. c.) do que os effluentes dos leitos depois de tratados pelo chloro (40 germens por c. c. do effluente secundario, nenhum *coli* por c. c. dos effluentes secundarios e terciarios); é este, pois, um exemplo de casos em que o liquido residual depurado é mais puro do que a agua utilizada como bebida.

Mas, como fonte de chloro, usa-se mais geralmente o chloreto de cal, que, quando em bom estado, fornece pouco mais ou menos  $\frac{1}{3}$  do seu peso de chloro activo.

Segundo KANTACK, 7,1 mgr. de chloro util, fornecido chimicamente, por litro de effluente dos leitos biologicos de Maidenhead, ao fim de um contacto de cinco minutos, reduziam as bacterias a 10-50 por c. c., exterminando por completo as pathogenicas.

Para se poder fazer uma idéa justa do grau attingido pela destruição dos germens, é conveniente, porém, não examinar apenas amostras de pequena quantidade de liquido, mas tambem operar com volumes consideraveis. Muitas vezes não apparecem microbios nas pequenas amostras apesar de se revelar a existencia d'elles quando se observam massas de liquido relativamente importantes.

SCHWARTZ tratando effluentes de leitos biologicos de Hamburgo por chloreto de cal na dose de  $\frac{1}{50.000}$  encontra vibrões vivos em duas de dez amostras de 1 litro, em uma de dez amostras de 50 c. c., mas não os encontra já em nenhuma de dez amostras de 1 c. c.; o mesmo autor verifica que os ditos germens morrem sempre sob a acção de  $\frac{1}{5.000}$  (e mesmo de  $\frac{1}{10.000}$  e de  $\frac{1}{20.000}$ ) de chloreto de cal, não se podendo revelar-lhes a existencia mesmo em amostras de 1 litro; quanto ao *coli* faltava em 82,5 % das amostras de 1 litro, em 95 % das amostras de 5 c. c., e em 100 % das amostras de 1 c. c. de effluente dos leitos sujeitado á acção de  $\frac{1}{2.000}$  de chloreto de cal, durante 4 horas.

Em Hamburgo tambem, SCHUMACHER verificou que, depois do tratamento de effluentes biologicos por chloreto de cal na dose de  $\frac{1}{5.000}$ , ao fim de 2 horas de contacto, 38 % das amostras de 1 litro ainda continham o *coli*; mas a destruição d'este era completa se o tempo de contacto era levado a 3 horas e meia.

RIDEAL verificou que o chloreto de cal na dose sufficiente para fornecer 17,7 mgr. de chloro util por litro de effluentes de leitos biologicos podia ao fim de 14 minutos de contacto dar um liquido que, semeado em placas de cultura, deixava estas absolutamente estereis ao fim de 3 dias e meio de incubação; notando que cerca de metade do chloro activo era gasto na destruição da materia organica ainda existente nos effluentes. Mas vulgarmente não se empregam doses tão elevadas de chloreto de cal, porque se não procura obter a esterilização dos effluentes. As doses habitualmente empregadas deixam sempre persistir alguns germens; notadamente resistem os esporos

de um certo numero de especies (*b. subtilis*, etc.) que são, porém, absolutamente inoffensivas.

O contacto de doses relativamente baixas de chloro com os effluentes dos leitos torna ao fim de algumas horas esses liquidos tão pobres em germens como a maior parte das aguas potaveis.

Em Madeleine, CALMETTE verifica que as 105:000 colonias microbianas de cada c. c. de effluente dos leitos insubmersiveis se reduziam a 77 e a 70 depois da acção, respectivamente, de 3 e 6 mgr. de chloro activo por litro.

Este autor, com PHELPS e CARPENTER, entende que, com 2 horas de contacto, 5 mgr. de chloro activo por litro de effluente de tratamento biologico dão um liquido liberto de todos os germens pathogenicos e que se póde ter por inoffensivo.

Em Lille 100 kilos de chloreto de cal custam 3\$240 réis, desde que se comprem quantidades superiores a 300 kilos. Partindo d'isto e calculando uma riqueza de  $\frac{1}{3}$  de chloro activo para o chloreto de cal commercial, CALMETTE acha que 100 kilos de chloro activo sahem a 9\$720 réis. Portanto, usando 5 mgr. de chloro activo por litro, 1:000<sup>m</sup> de liquido exigem 5 kilos de chloro activo ou uma despesa de 486 réis equivalendo a 18 a 36 réis por anno e habitante.

No caso de grandes installações poderá haver vantagem em produzir o chloro no proprio local, empregando-o no estado gázoso; realizar-se-ia assim, segundo PHELPS e CARPENTER, uma economia de metade no preço.

Entre outros agentes chimicos desinfectantes, teem tambem sido preconizados o permanganato de cal e o de sodio, o sulfato de cobre, etc.

O permanganato de cal, na dose de 20 mgr. por litro de effluente dos leitos insubmersiveis de Madeleine, faz descer os germens de 105:000 por c. c. para 400 por c. c.; 40 mgr. por litro reduzem o numero de germens a 350 por c. c.

O sulfato de cobre, actuando sobre o dito effluente nas doses de 100 mgr. e 200 mgr. por litro, reduz o numero das suas bacterias respectivamente a 10:000 e 9:000 por c. c.

Comparando estes resultados com os obtidos com o chloro, vemos que este agente é o que deve ser de preferencia empregado.

Quanto ao preço da desinfeccão por varios reagentes chimicos que não o chloreto de cal, vemos na seguinte tabela, de DUNBAR, que é sempre mais elevado do que quando se adopta este ultimo agente:

Desinfectantes	Preços da desinfeccão em cada caso, sendo o da desinfeccão pelo chloreto de cal tomado para unidade
Chloreto de cal.....	1
Cal.....	2
Chloreto de cobre.....	4
Permanganato de cal.....	6
«Chloros».....	6
Agua de Javelle.....	8
Acido sulfurico bruto.....	10
Acido phenico bruto.....	20
Sublimado corrosivo.....	25
Sulfato de ferro.....	40
Sulfato de cobre.....	150
Lysol.....	500
Formalina.....	500

\*

A mistura da substancia germecida ao liquido effluente dos leitos ou das bacias de decantação que a estes se sigam (no caso dos leitos insubmersiveis) poderá ser feita á entrada de bacias especiaes onde o liquido se demorará um certo tempo (2 horas em media) ao fim do qual será definitivamente evacuado.

APPENDICE

REVISED EDITION

A series of studies in the history of the  
United States from the first settlement  
to the present time.

REVISED EDITION

## MEDIDAS INGLESAS

A presente tabella de correspondencia de algumas medidas inglesas com as medidas do systema decimal poderá, talvez, em certos casos, ser util ao leitor.

### Comprimento

<i>In...</i> Inch ou pollegada.....	0 <sup>m</sup> ,02540
<i>Ft...</i> Foot ou pé — 12 in.....	0 <sup>m</sup> ,30479
<i>Yd...</i> Yard ou jarda — 3 ft.....	0 <sup>m</sup> ,91438
<i>Mi...</i> Mile ( <i>statute mile</i> ) ou milha — 1.760 yds...	1609 <sup>m</sup> ,3149

### Superficie

<i>In. q...</i> Square inch ou pollegada quadrada....	0 <sup>m2</sup> ,000645
<i>Ft. q...</i> Square foot ou pé quadrado.....	0 <sup>m2</sup> ,0929
<i>Yd. q...</i> Square yard ou jarda quadrada.....	0 <sup>m2</sup> ,8361
<i>Ac. ...</i> Acre — 4.840 yds. q.....	0 <sup>ha</sup> ,4047

### Capacidade (solidos)

<i>Cub. in...</i> Cubic inch ou pollegada cubica.....	0 <sup>m3</sup> ,000016
<i>Cub. ft...</i> Cubic foot ou pé cubico.....	0 <sup>m3</sup> ,028315
<i>Cub. yd...</i> Cubic yard ou jarda cubica.....	0 <sup>m3</sup> ,764513

### Capacidade (liquidos)

<i>Gal...</i> Gallon ou gallão (1).....	4 <sup>l</sup> ,5435
---	----------------------

### Pêso

<i>Gr...</i> Grain ou grão.....	0 <sup>gr</sup> ,0648
<i>Oz. . .</i> Ounce ( <i>avoir-du-poids</i> ) ou onça.....	28 <sup>gr</sup> ,349
<i>Lb...</i> Pound ( <i>avoir-du-poids</i> ) ou libra (2)—16 oz	453 <sup>gr</sup> ,593
<i>Ton...</i> Ton ou tonelada (3) — 20 <i>cwt</i> .....	1016047 <sup>gr</sup> ,541

\*

Um gallão de agua pesa 10 Lb.

Um gallão de lama com 90 0/0 de agua pesa cerca de 11 Lb.

Um grão por gallão = 0<sup>gr</sup>,01426 por litro.

Um gallão por jarda quadrada = 5<sup>l</sup>,4341 por m<sup>2</sup>.

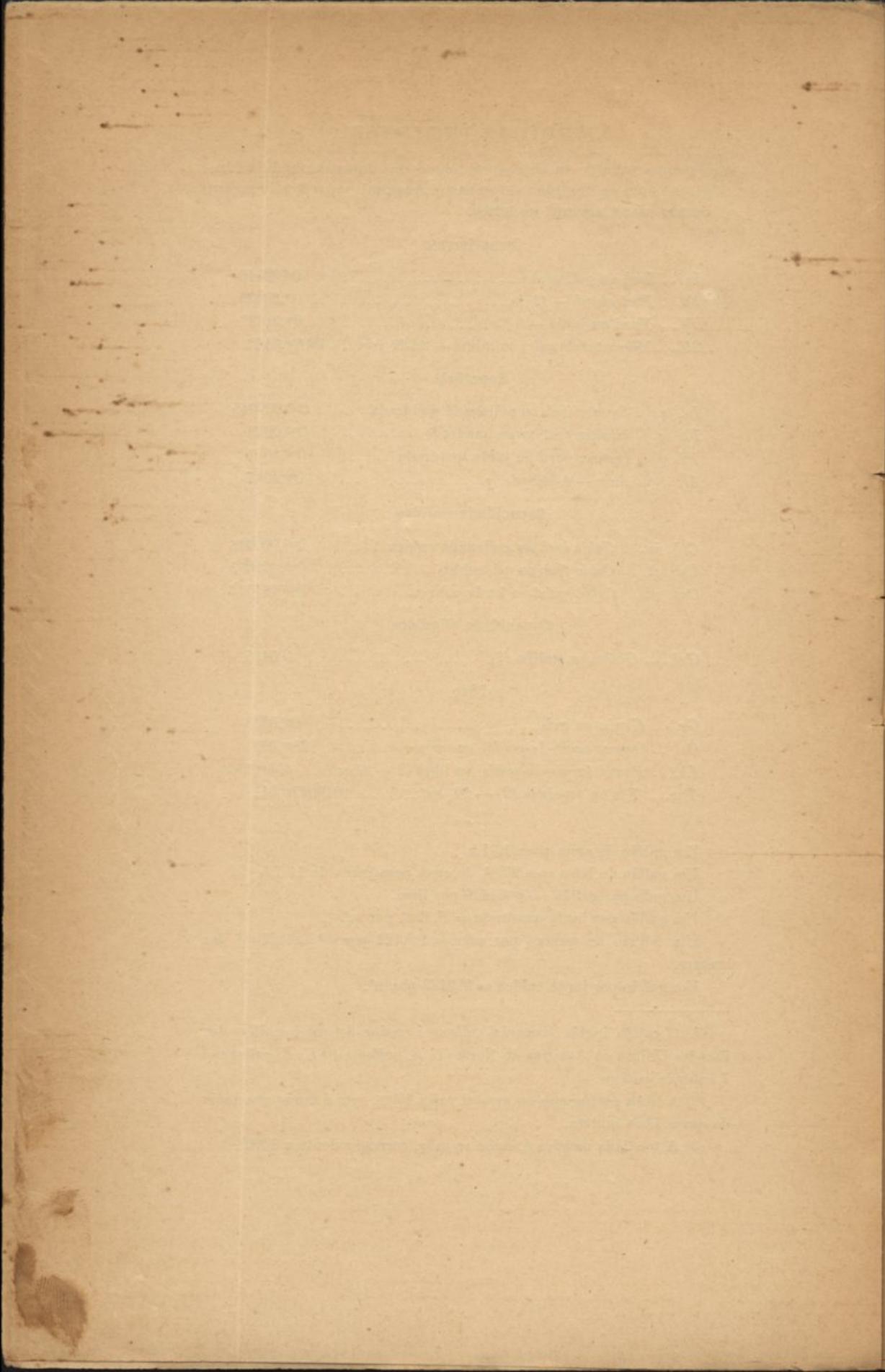
Um milhão de gallões por acre = 1<sup>m3</sup>,122 por m<sup>2</sup> = 11220<sup>m3</sup> por hectare.

Um gallão por jarda cubica = 5<sup>l</sup>,9429 por m<sup>3</sup>.

(1) O gallão inglês (*imperial gallon*) é maior do que o gallão dos Estados Unidos da America do Norte (*U. S. gallon*); 10 *U. S. gallons* = 7 *imperial gallons*.

(2) A libra portuguesa ou arratel valia 459<sup>gr</sup>, isto é um pouco mais do que a libra inglesa.

(3) A tonelada metrica é, como se sabe, correspondente a 1000<sup>l</sup>.



BIBLIOGRAPHIA

LIBRARY

## ABREVIATURAS

A. C. A. ....	<i>Annales de Chimie Analytique.</i>
A. H. P. M. L. ....	<i>Annales d'Hygiène Publique et de Médecine Légale.</i>
A. I. P. ....	<i>Annales de l'Institut Pasteur.</i>
A. M. E. ....	<i>Archives de Médecine Expérimentale.</i>
B. M. J. ....	<i>British Medical Journal.</i>
B. I. P. ....	<i>Bulletin de l'Institut Pasteur.</i>
C. R. A. S. ....	<i>Comptes rendus de l'Académie des Sciences.</i>
C. f. B. ....	<i>Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde.</i>
E. R. ....	<i>Engineering Record.</i>
G. I. ....	<i>Gesundheits-Ingenieur.</i>
J. I. D. ....	<i>The Journal of Infectious Diseases.</i>
J. R. S. I. ....	<i>Journal of the Royal Sanitary Institute.</i>
J. S. C. I. ....	<i>Journal of the Society of Chemical Industry.</i>
M. K. P. W. A. ....	<i>Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin.</i>
P. I. C. E. ....	<i>Proceedings of the Institution of Civil Engineers</i>
R. H. M. ....	<i>Revue Pratique d'Hygiène Municipale.</i>
R. H. P. P. S. ....	<i>Revue d'Hygiène Publique et de Police Sanitaire.</i>
R. S. ....	<i>Revue Scientifique.</i>
S. M. ....	<i>Semaine Médicale.</i>
S. R. ....	<i>The Sanitary Record.</i>
T. S. ....	<i>Technique Sanitaire.</i>
Tg. S. ....	<i>Technologie Sanitaire.</i>
e .....	edição.
p .....	pagina.
r .....	resumido.
s .....	serie.
t .....	tomo.
tr .....	traduzido.

**Deram elementos para o presente volume  
os seguintes trabalhos:**

- ADAMETZ — *Untersuchungen über die niederen Pilze der Ackerkrume.* (C. f. B., 1887, p. 8).
- ARNOULD — *L'épuration biologique des eaux d'égout en Allemagne.* (R. H. P. P. S., Mars., 1907).
- *L'épuration biologique des eaux d'égout en France.* (R. H. P. P. S., Fev., 1907).
- *Les microorganismes du sol.* (A. H. P. M. L., 3.<sup>e</sup> s., 14.<sup>e</sup> t., 1885, p. 40).
- *Traité d'Hygiène,* 5.<sup>e</sup> e. (Bailliére, Paris, 1907).
- Bacterial purification of sewage (The).* (B. M. J., Sep., 29-1900, Oct. 13-1900, Dec. 22-1900).
- Bacterial treatment of London Sewage. (The).* (B. M. J., Feb., 2-1901).
- BARDOU — *Étude biochimique de quelques bactériades thermophiles et de leur rôle dans la désintégration des matières organiques des eaux d'égout.* (1906., Lille, r. por RENAULT, in R. H. P. P. S., 1907, p. 76).
- BAUCHER — *Épuration biologique intensive des eaux résiduaires.* (Vigot Frères, Paris, 1907).
- BECHMAN — *Épuration des eaux d'égout.* (R. H. P. P. S., 1902, p. 923).
- BECHMAN  
CALMETTE  
HENRIOT  
TRELAT } *Épuration bactérienne des eaux d'égout au Congrès de Glasgow*  
(Discussion). (R. H. P. P. S., 1901, pags. 1002 e 1084;  
1902, p. 154).
- BEZAULT — *Discussion de la communication de Mr. le Dr. CALMETTE sur l'épuration biologique des eaux d'égout.* (R. H. P. P. S., 1906, pag. 104).
- *Du rôle de la fosse septique dans l'épuration biologique.* (T. S., 1908, p. 287).
- *Épuration biologique intensive. La comparaison avec le procédé de l'épandage.* (R. H. P. P. S., 1908, Juin.).
- *Études des désinfections des eaux d'égout.* (T. S., 1908, p. 112).
- *L'épuration biologique des eaux d'égout.* (R. H. P. P. S., 1908, Sept.).
- *Sur la question des fosses septiques* (T. S., 1910, p. 60).
- *Sur le Cinquième Rapport de la Commission Royal du Sewage en Angleterre.* (R. H. P. P. S., 1908, p. 1901).
- Biological treatment of sewage.* (B. M. J., 1904, Nov. 26).
- BOIDIN — *Sur la liquéfaction des empois de fécule et des grains* (C. R. A. S., 1906, 2.<sup>o</sup> sem., p. 511).

- BONJEAN — *Sur les fosses automatiques, septiques, et analogues.* (T. S., 1910, p. 90).
- BOULLANGER — *La nitrification.* (B. I. P., 1904, p. 841, 889).  
— *L'emploi des argiles des fossés de Fraustadt pour l'épuration des eaux résiduaires.* (R. H. P. P. S., 1909, p. 855).
- BOUTROUX — *Oxydation du glucose par les microbes.* (A. I. P., 1888, p. 309).
- CALMETTE — *Contribution à l'étude de l'épuration des eaux résiduaires des villes et des industries.* (A. I. P., 1904, Août, e Tg. S., 1905, Juin.).  
— *Discussion de la communication de Mr. le DR. CALMETTE, sur l'épuration biologique des eaux d'égout à la Société de Médecine Publique et de Génie Sanitaire.* (R. H. P. P. S., 1906, p. 182).  
— *L'épuration biologique des eaux d'égout.* (B. I. P., 1905, p. 673 e 713).  
— *Les procédés biologiques d'épuration des eaux résiduaires.* (R. H. P. P. S., 1901, p. 216).  
— *Sur le mécanisme biologique par lits bactériens de contact et par lits percolateurs.* (R. H. P. P. S., 1907, Juin.).  
— *Sur le mécanisme de l'épuration biologique par lits bactériens de contact et par lits percolateurs.* (T. S., 1907, p. 201).  
— *Sur l'épuration biologique des eaux d'égout.* (R. H. P. P. S., 1905, 2 Nov. e 1 Dec.).  
— *Valeur comparé de l'épuration biologique et de l'épandage agricole.* (R. H. P. P. S., 1906, Juin.).
- |            |   |   |
|------------|---|---|
| CALMETTE   | } | <i>Instructions générales relatives à la construction des égouts, à l'évacuation et à l'épuration des eaux d'égout.</i> (T. S., 1910, p. 53). |
| MASSON     |   |   |
| CALMETTE   | } | <i>Rôle de la fosse septique dans l'épuration biologique des eaux d'égout.</i> (R. H. P. P. S., 1908, p. 633).                                |
| ROLANTS    |   |   |
| CALMETTE   | } | <i>Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout.</i> (Paris, Masson, 5 vol., 1905-1907-1908-1909-1910).                 |
| ROLANTS    |   |   |
| CONSTANT   |   |   |
| BOULLANGER |   |   |
| MASSOL     |   |   |
- CHARDON — *Assainissement de Saint-Malo.* (T. S., 1908, p. 224).  
— *L'assainissement des villes.* (T. S., 1908, p. 25 e R. H. P. P. S., 1909, p. 69).
- CLARCK — *Filtres à sable, filtres de contact et sprinklers.* (T. S., suppl., 1908, p. 35).
- Comparaison de l'épandage et de l'épuration biologique des eaux d'égout.* (R. S., 1910, 1.º sem., p. 181).
- Congrès de Chimie appliquée.* (Section d'Hygiène). Londres, Mai-Juin, 1909. (H. A. G., 1909, p. 556).

- Congrès (XIV) internationale de Hygiène e Demographia*, Berlin. — *Les résultats de l'épuration mécanique chimique et biologique des eaux d'égout*. (H. G. A., 1907, p. 741).
- Contributions from the Sanitary Research Laboratory and Sewage Experiment Station, 1905-1906* (r. e tr. in R. H. P. P. S., 1907, p. 1050).
- CRITZMANN — *Épuration des eaux d'égout*. (A. H. P. M. S., 1899).
- Danger que peut présenter la consommation à l'état cru des légumes et des fruits provenant des champs d'épandage*. (Tg. S., 1905, 15 Mai).
- DEMOUSSY — *L'épuration biologique des eaux résiduaires par le «Septic-tank system»*. (R. H. M., 1903. *Bulletin technique*, p. 61).
- DEROUX — *L'épuration biologique et chimique des eaux d'égout*. (R. S., 1906).
- DEVREZ — *Le tout à l'égout et les fosses septiques*. (T. S., 1909, p. 128).
- DIBDIN — *Recent improvements in methods for the biological treatment of sewage*, 2.<sup>a</sup> ed. (Sanitary Publishing Company, London, 1907).
- DIDIER — *L'épuration des eaux d'égout*. (A. H. P. M. L., 1909, 4.<sup>a</sup> s. 11.<sup>o</sup> t., p. 132).
- DUCLAUX — *La distribution de la matière organique et des microbes dans le sol*. (A. I. P., 1893, p. 823).
- *Les microbes du sol. Rev. crit.* (A. I. P., 1887, p. 246).
- *Sur l'absorption des carbonates alcalins par les composants minéraux du sol*. (C. R. A. S., 1906, 1.<sup>o</sup> sem., p. 945).
- *Sur l'action des diastases*. (A. I. P., 1897, p. 793).
- *Sur les actions chimiques et microbiennes qui se produisent dans le sol. Rev. crit.* (A. I. P., 1890, p. 232).
- *Sur les fermentations de sucres divers. Rev. crit.* (A. I. P., 1892, p. 651).
- *Sur les relations du sol et de l'eau qui le traverse. Rev. crit.* (A. I. P., 1890, p. 172).
- *Sur une propriété des diastases*. (C. R. A. S., 1906, 2.<sup>o</sup> sem., p. 344).
- *Traité de microbiologie*, t. 1. (Paris, Masson, 1898).
- DUNBAR — *Leitfaden für die Abwässerreinigungsfrage*. (Oldenbourg. München und Berlin, 1907).
- *Reinigung von Abwässern mittels intermittierender Bodenfiltration*. (G. I., 1905, r. e tr. por ARSOULD in R. H. P. P. S., 1906, p. 1076).
- *Zur Abwässerreinigung in Oxydations Körpern mit Kontinuierlichen Betriebe*. (G. I., 1903, n.<sup>os</sup> 1, 2, 3, 4, analy. por RENAUT in R. H. P. P. S., 1904, p. 792).
- DZIERZGOWSKY — *Contribution au rôle de la fosse septique dans l'épuration biologique des eaux d'égout*. (Archives des Sciences biologiques de Saint Petersburg, ed. franc., 1907, p. 25, r. par RENAUT in R. H. P. P. S., 1909, p. 1162 e por GOLDSTEIN in. H. R. A., 1908, p. 364).

- DZIERZGOWSKY — *Zur Frage von der Bedeutung des Septik tanksfür die biologische Abwässerreinigung.* (G. I., 1907, r. e tr., in R. H. P. P. S., 1908, p. 341).
- Eaux d'égout de Paris et l'épandage (Les).* (R. S., 1910, 1.° sem., p. 812).
- EFFRONT — *Action de la levure de bière sur les acides amidés.* (C. R. A. S., 1908, 1.° sem., p. 779).
- E. F. L. — *Phénomènes du bassin septique.* (T. S., 1906, p. 183).
- Épuration biologique et chimique des eaux d'égout (L').* (R. S., 1906, 1.° sem., p. 298).
- Épuration des eaux d'égout à Crieff.* (R. H. P. P. S., 1909, p. 371).
- Épuration des eaux potables et des eaux résiduaires.* (Tg. S., 1904, 1 Août).
- Exclusion and elimination of pathogenic bacteria from sewage (The).* (B. M. J., 1901, April 13).
- Experiences de Columbus sur l'épuration des eaux d'égout.* (T. S., 1906, p. 161).
- FAVRE — *Zur Frage der Schlammverschwung in Faulkammer.* (G. I., 1907, r. e tr. in R. H. P. P. S., 1908, p. 339).
- FERNBACH — *Absence des microbes dans les végétaux.* (A. I. P., 1888, p. 567).
- FIXARY — *Suppression des vidanges et épuration des eaux résiduaires par les fosses septiques.* (Syst. GAULTIER). (T. S., 1906, p. 232).
- FOWLER — *Résultats de l'épuration mécanique, chimique et biologique des eaux d'égout.* (R. H. P. P. S., 1907, p. 921).
- FRANCKEL — *Action de l'acide carbonique sur la vitalité des microorganismes.* (r. e tr. in A. I. P., 1888, p. 672).
- *Recherches sur la présence des microorganismes dans les diverses couches du sol.* (r. e tr. in A. I. P., 1888, p. 496).
- GODLEWSKI — *Sur la nitrification.* (A. I. P., 1896, p. 414).
- GRANCHER et DESCHAMPS — *Recherches sur le bacille typhique dans le sol.* (A. M. E., 1889, t. 1.°).
- GUIMBERT — *Les bactéries dénitrifiantes et le mécanisme de la dénitrification.* (B. I. P., 1904, p. 937).
- HELBRIGER et WILFARTH — *Recherches sur la nourriture azotée des graminées et des légumineuses.* (r. e tr. A. I. P., 1889, p. 82).
- HOUSTON } *A discussion as to wether modern system of sewage treatment can*  
 THRESH } *be depended upon to remove the bacillus typhosus and allied*  
 etc. } *organisms.* (B. M. J., 1900, Aug. 18).
- IMBEAUX — *L'alimentation en eau et l'assainissement des villes.* 2.° v. (Bernard, Paris, 1902).
- *L'épuration des eaux d'égout aux Etats Unis.* (T. S., 1910, p. 138).
- *Project d'épuration souterraine des eaux d'égout de New-York.* (T. S., 1909, p. 135).

- IMBEAUX — *Recherches sur le meilleur mode de distribution de l'eau d'égout sur les lits bactériens.* (T. S., 1909, p. 35).
- Inauguration des nouveaux champs d'épandage de la ville de Paris.* (A. H. P. M. L., 1899).
- JOHNSTON — *The organic colloids of sewage.* (J. R. S. I. v. 2. 7, n.° 10, 1906).
- KAPROUSKINE — *Purification des eaux d'égout par la filtration biologique* (analyse crit. par BROIDOUX). (R. H. P. P. S., 1901, p. 379).
- KAYSER — *Études sur la fermentation lactique.* (A. I. P., 1894, p. 737).
- KINNICUT — *L'épuration des eaux d'égout.* (R. H. P. P. S., 1902, p. 804).
- KOTZYNE — *Examen bactériologique de légumes provenant de champs d'épandage des eaux d'égout de Moscou.* (H. G. A., 1907, p. 488).
- KÖVESSI — *Sur la prétendue utilisation de l'azote de l'air par certains poils spéciaux des plantes.* (C. R. A. S., 1909, 2.° sem., p. 56).
- KRAUS — *Contribution à la connaissance des phénomènes d'oxydation dans le sol.* (A. I. P., 1888, p. 672).
- KURPJUWEIT — *Zur Frage der Desinfektion ungerinigter und gereinigter städtischer Abwässer mit Chlorkalk.* (M. K. P. W. A., Heft. 7, r. e tr. par ARNOULD in R. H. P. P. S., 1908, p. 1085).
- LAINÉ } *L'utilisation des tourbières pour la production intensive de nitrates.*  
MUNTZ } (C. R. A. S., 1906, 1.° sem., p. 1299).
- *Rôle de la matière organique dans la nitrification.* (C. R. A. S., 1906, 1.° sem., p. 430).
- LAUNAY — *L'épuration bactérienne des eaux d'égout.* (R. H. P. P. S., 1901, p. 240).
- *L'épuration biologique.* (T. S., 1906, p. 87).
- *Réflexions sur l'épuration bactérienne des eaux d'égout.* (R. H. P. P. S., 1900, p. 406).
- LAUTERBONE — *Die Verunreinigung der Gewässer und die biologische Methode ihrer Untersuchung.* (Hofbuchdruckerei Ludwigs-hafen a. Rhein, 1908).
- LAYERAN — *Au sujet des fosses septiques.* (T. S., 1909, p. 199 e 251).
- LIBORIUS — *Contribution à l'étude des besoins des bactéries en oxygène.* (Rev. crit. in A. I. P., 1887, p. 311.).
- LIDY — *L'épuration des eaux d'égout au VI<sup>e</sup> Congrès de Chimie Appliquée.* Rome. (T. S., 1906, p. 140).
- MACÉ — *De la décomposition des albuminoïdes par les Cladothrix.* (Actinomyces). (C. R. A. S., 1905, 2.° sem., p. 147).
- *Traité de Microbiologie.*
- MACÉ }  
IMBEAUX } *Hygiène Générale des villes et des agglomérations communales*  
BLUZET } (in *Traité d'Hygiène de Chantemesse et Mosny*, vol. XII, 1910).
- ADAM }

- MAQUENNE — *Sur l'absorption des carbonates alcalins par les composants minéraux des sols.* (C. R. A. S., 1906, 1.° sem., p. 347).
- MARTIN — *Purification of sewage at Leicester.* (B. M. J., 1900, July 21 e Aug 11).
- Massachusetts Institute of Technologie, Boston — *Contributions from the Sanitary Research Laboratory and Sewage Experiment station, 1905-1906.* (r. e tr. por WOIRHAYE in R. H. P. P. S., 1907, p. 1052).
- MAZÉ — *Influence de l'azote nitrique et de l'azote ammoniacal sur le développement des maïs.* (A. I. P., 1900, p. 26).
- *Le procédé d'épuration des eaux d'égout par le procédé du syndicat des «Reservoirs Septiques» d'Exeter et de Westminster.* (A. I. P., 1900, p. 632).
- MAZÉ } *Recherches sur l'assimilation de quelques substances ternaires par*  
 PERRIER } *les végétaux à chlorophylle.* (A. I. P., 1904, p. 721).
- MESNIL — *L'épandage des matières de vidange.* (A. H. P. M. L., 1896, 3.° s., t. 35, p. 404).
- MICHEL — *Épuration des eaux usées.* (T. S., 1907, p. 212).
- *Quelques considérations sur l'épuration biologique des eaux usées.* (T. S., 1910, p. 84 e 101).
- MOLLIARD — *Les amines constituent-elles des aliments pour les végétaux supérieurs?* (C. R. A. S., 1909, 2.° sem., p. 685).
- MUNTZ } *L'épuration des eaux d'égout.* (C. R. A. S., 1907, 1.° sem., p. 466).
- LAINÉ } — *Recherches sur la nitrification intensive.* (C. R. A. S., 1905, 2.° sem., p. 861).
- *Sur la utilité de la tourbe pour l'épuration des eaux d'égout.* (C. R. A. S., 1908, 1.° sem., p. 53).
- NICOLARDOT — *Le symbole de l'azote. Az ou N?* (R. S., 1910, 12 Mars).
- NIERVENGLOWSKI — *L'épuration des eaux d'égout et la méthode biologique.* (R. S., 1.° sem., p. 213).
- PARKES — *Practical Hygiene.* (London, 1891).
- PÉRÉ — *Combustion anérobie de corps ternaires.* (A. I. P., 1896, p. 417).
- PÉRISSÉ — *L'épuration biologique des eaux usées dans la fosse même de l'habitation pour les envoyer à l'égout public ou au jardin.* (R. H. P. P. S., 1909, p. 1386).
- *L'épuration des eaux usées.* (R. H. P. P. S., 1906, p. 529).
- PFEIFFER — *Rôle de la capillarité du sol dans le transport des bactéries* (analy.-crit. in A. I. P., 1887, pag. 134).
- POTÉVIN — *L'épuration des eaux d'égout par les filtres à tourbe.* (C. R. A. S., 1907, 1.° sem., p. 768).
- PROUST — *Traité d'Hygiène.* (Paris, 1902).
- PUECH — *Épuration biologique des eaux d'égout.* (R. H. P. P. S., 1906, p. 904).

- RAZOUS — *Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles*. (Dunod et Pinat, Paris).
- RELLA — *L'épuration biologique des eaux d'égout*. (T. S., 1906, p. 117).  
*Report of an investigation of water and sewage purification plants in Ohio, 1906-1907*. (Columbus, Ohio, 1908; r. e tr. par ROLANTS in R. H. P. P. S., 1909, p. 836).
- RIDEAL — *Sewage and the bacterial purification of sewage*, 3.<sup>e</sup> ed. (The Sanitary Publishing Co., London, 1906).
- ROLANTS — *De l'épuration biologique des matières hydrocarbonées dans les eaux résiduaires industrielles*. (R. H. P. P. S., 1902, p. 1057).  
 — *L'épuration des eaux d'égout*. (R. S., 1910, p. 104).  
 — *Les matières organiques colloïdales dans les eaux d'égout*. (R. H. P. P. S., 1909, p. 775).  
 — *Traitement des eaux d'égout dans les pays chauds*. (R. H. P. P. S., p. 126).
- ROLANTS } *La nitrification dans les lits bactériens aérobie*. (R. H. P. P.  
 GALLEMAND } S., 1901, p. 968).
- Rôle de la fosse septique dans l'épuration biologique des eaux d'égout*. (R. S., 1910, 1.<sup>o</sup> sem., p. 812).
- ROSENBLATT } *Sur l'influence paralysante exercée par certains acides sur la*  
 ROSENHAND } *fermentation alcoolique* (C. R. A. S., 1909, 2.<sup>o</sup> sem., p. 309).
- ROUCHY — *Eaux d'égout de Paris*. (ROUSSET, Paris, 1907).  
 — *L'épuration des eaux d'égout et la méthode biologique; épuration par lits de contact sans septic-tank*. (H. G. A., 1908, p. 92).  
 — *L'épuration des eaux d'égout et la méthode biologique; épuration par septic-tank avec lits de contact*. (H. G. A., 1907, p. 385).  
 — *L'épuration des eaux d'égout et la méthode biologique; traitement des eaux d'égout sur la colonne épuratrice*. (H. G. A., 1908, p. 265).
- ROUSSY — *Sur la vie des Champignons en milieux gras*. (C. R. A. R., 1909, 2.<sup>o</sup> sem., p. 482).
- ROYAL COMMISSION ON SEWAGE DISPOSAL — *IV, V Reports*. (WYMAN and SOHS, London, 1904 e 1908).
- SAMPIETRO — *De la vitalité et de la virulence des bactéries intestinales conservées dans le sol*. (S. M., 1908, p. 215).
- SCHVEEN — *Abwasserreinigungsanlage für das Kgl. Kadettenhaus Bensberg*. (G. I., t. xxxiii, p. 73).
- SCHLESING } *Recherches sur la fixation de l'azote libre par les plantes*. (A.  
 LAURENT } I. P., 1892, p. 65).
- SCHREIBER — *Ueber den Fettreichtum der Abwässer und das Verhalten des Fettes in Boden der Rieselfeder Berlins*. (A. f. H., t. xiv, 1902; analy. par ARNOULD in R. H. P. P. S., 1904, p. 758).
- SCHULTZ — *Recherches sur l'influence des microorganismes sur les phénomènes d'oxydation du sol*. (A. I. P., 1889, p. 500).

- SCHWARTZ — *Ueber der Desinfektion von Abwässern* (G. I., 1906; r. e tr. por ARNOULD, in R. H. P. P. S., 1907, p. 1123).
- SENDERENS — *Catalyse des acides forméniques*. (C. R. A. S., 1909, 2.º sem., p. 213).
- Sewage Disposal*. (B. M. J., 1904, Oct. 29).
- Sewage Disposal in India*. (S. R., 1908, Ags. 13).
- Société de Médecine Publique. — *Discussion de la communication du DR. CALMETTE sur l'épuration biologique des eaux d'égout*. (Séance du 31 Janvier 1906).
- STOWAL JONES } *The elimination of suspended solids and colloidal matters*  
OWEN TRAVIS } *from sewage*. (P. I. C. E., v. 164, Part. 2, n.º 1, 1905).
- SYDNEY BARWISE — *Expériences de filtration des eaux d'égout à Duffield*. (S. R., 1909, r. e tr. por ROLANTS in R. H. P. P. S., 1909).
- THOINOT — *L'assainissement de la Seine*. (A. H. P. M. L., 1899).
- TRAVIS — *The Hampton interpretation of the operation of sewage purification*. (B. M. J., 1908, Ag. 29).
- TRILLAT SANTON — *Action des gas putrides sur les microbes*. (C. R. A. S., 1909, 2.º sem., p. 87).
- Twenty five annual report of the State Board of Massachussets. Sewage and its purification* (r. e tr. por WOIRHAYE in R. H. P. P. S., 1906, p. 343).
- VENABLE — *Methods and devices for bacterial treatment of sewage*. (John Wiley and Sons, New-York).
- VESTEA — *Absence des microbes dans les végétaux*. (A. I. P., 1888, p. 670).
- VINCEY — *Discussion de la Communication de Mr. le DR. CALMETTE à la Société de Médecine Publique et de Genie Sanitaire*. (R. H. P. P. S., 1906, p. 187 e 523).
- *La lutte contre la tuberculose bovine dans les champs d'épandage*. (R. H. P. S., 1907, fev.).
- VINCEY } *Traitement préliminaire des eaux d'égout. Action des fosses*  
ROLANDEZ } *septiques dans les expériences de Columbus (Ohio) et de la*  
                  } *Madeleine*. (H. G. A., 1908, p. 140).
- V. VAN LINT — *L'épuration des eaux d'égout des grandes villes*. (T. S., 1906, p. 160).
- WINOGRADWSKY — *Contribution à la morphologie des organismes de la nitrification*. (A. I. P., 1892, p. 459).
- *Recherches physiologiques sur les sulfo-bactéries*. (A. I. P., 1889, p. 49).
- *Recherches sur les organismes de la nitrification*. (A. I. P., 1890, p. 213, 257, 760; e 1891, p. 92, 577).
- WINSLOW and BILCHER — *Changes in the bacterial flora of sewage during storage*. (J. I. D.; 1904; n.º 1, p. 170-192, r. e tr. por WOIRHAYE in R. H. P. P. S., 1905, p. 552).

- WOLF — *Sur la spécificité des oxydases.* (C. R. A. S., 1909, 2.º sem., p. 467).  
— *Sur quelques sels minéraux qui peuvent fixer le rôle de peroxydases.*  
(C. R. A. S., 1908, 1.º sem., p. 142).
- WOLF } *De l'influence de quelques composés minéraux sur la liquéfaction*  
FERNBACH } *des empois de féculé.* (C. R. A. S., 1906, 2.º sem., p. 363).
- *Sur le mécanisme de l'influence des acides, des bases et des sels dans  
la liquéfaction des empois de féculé.* (C. R. A. S., 1906, 2.º sem., p. 380).

FIM DO SEGUNDO E ULTIMO VOLUME.

## ERRATAS

A paginas	linhas	onde se lê	deve ler-se
25	15	maior	menor
65	24	(fig. 12)	(fig. 13)
66	—	(fig. 12)	(fig. 13)
74	13	61,4 %	71,4 %
77 (nota)	1	1908	1909
134	5	g)	h)
136	5	h)	i)
145	12	evacuação rapida	evacuação
154 (quadro)	—	6.589\$965	5.929\$680
158 (2.º quadro)	—	6.589\$965	5.929\$680
158 (2.º quadro)	—	7.044\$525	6.384\$240
158 (2.º quadro)	—	7.198\$750	6.538\$465
160 (nota)	2	4\$750	4\$725
160 (nota)	11	é possível quasi nunca	seja possível
183	27	11,2	112
204	15 e 24	nitrosomas	nitrosomonas
205	18 e 22	nitrosomas	nitrosomonas
243	4	pag. 184	pag. 184 do 1.º volume
317	14	360.000	365.000
321	28	Portanto	Portanto, com o sistema unitario,
416	15	por litro	por litro (em N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
419 (quadro)	—	41	35,7
419 (quadro)	—	60	56,6

A pag. 248 e seguintes, *sewage-farm* e *sewage-farms* apparecem em alguns pontos erradamente como, respectivamente, *sewage farme* e *sewage-farmes*

Por vezes tambem, o nome de DZIERGOWSKY apresenta falta do *r* ou do segundo *z*.

Uma insufficiente revisão deixou escapar ainda alguns erros typographicos que o leitor desculpará e que se não especificam por virtude da sua pequena importancia, facilidade de correção e nulla alteração que trazem ao sentido.

