

leito e que se dissolve no liquido; só o 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 CO_2 ; ao fim de seis horas, a analyse dos gazes do leito mostra que o oxygeneo é igual a zero e que o 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^{mgr.},7 de nitratos (em N₂O₃) 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 CO₂ e de outros productos das combustões realizadas, que veem assim prejudicar os germens nitrificadores e oppor-se á continuacão 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^m,5 de fundo. A 0^m,457, 0^m,914 e 1^m,371 abaixo da superficie encontra CO₂ 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^m,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 transformacão notavel das suas materias organicas proprias; é preciso não esquecer que a grande riqueza em nitratos d'um effluente não é signal certo de depuracão 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^m 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 CO₂, 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂: 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 CO₂ 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^{mgr.} 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^{mgr.},3 de ammoniaco livre e apenas 11^{mgr.},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 CO₂, 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 primarios, mais facéis de perder o arejamento pela accumulacão de materias, são extemporaneas, porque trazem uma alteracão da ordem desejavel para a marcha dos phenomenos biologicos (1).

Nos leitos submersiveis, com a alteracão dos periodos de plenitude e de vazio produzem-se condiçoes que conveem alternadamente aos germens anærobios e aos germens ærobios. Ora se á primeira vista póde parecer favoravel uma disposiçao em que n'um mesmo meio se realizam acções de hydrolyse seguidas de acções oxydantes, logo depois se vé 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 condiçoes 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 separacão 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 desnitrificacão, 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 CO_2 e outros products das combustões que se vão realizando.

Poderiam os leitros 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 leitros 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 leitros de contacto um arejamento continuo, porque, se o periodo de vazio é necessario para a oxydção 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 leitros 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 N_2O_5)	33	35

As experiencias de DUNBAR, atraz citadas, mostram tambem quão rapidamente se faz, geralmente, a fixação.

D'esta fórma, o encurtamento do periodo de contacto acompanhado da multiplicação do numero de contactos em leitros seguidos, pouco profundos e faceis de arejar nos periodos de vazio, trará, naturalmente, comsigo a obtenção de effluentes melhor depurados.

Comtudo 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 oxydação 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 leitons não submersiveis são arejados artificialmente, de um modo intensivo, e por vezes providos de aquecimento artificial; mas na grande maioria os leitons funcionam á temperatura normal e com o arejamento natural. Estudaremos successivamente uma e outra d'estas duas especies de leitons.

B) Leitons não submersiveis com arejamento artificial

1) Leitons 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^{mm} - 152^{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

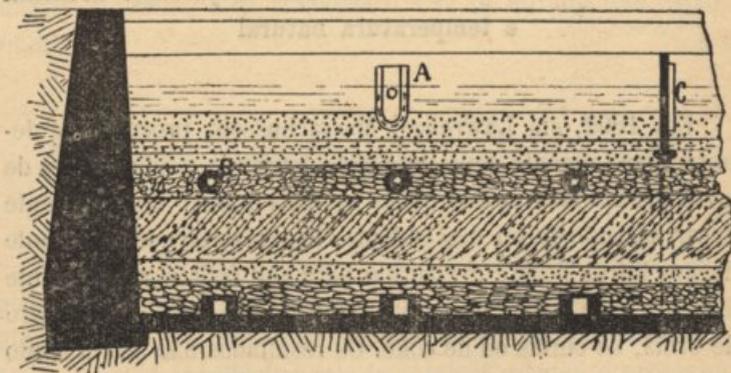


Fig. 33 — Filtro de Lowcock

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^{mm} de agua, em um filtro de uma profundidade total de 0^m,914 e no qual o ar (ou oxygeneo) é introduzido a uma distancia de 457^{mm} 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^m3,296 por m² e dia, na dóse capaz de fornecer os melhores resultados; n'esta proporção, a área necessaria para tratar 1.000 m³ diarios seria de 3.378 m². 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 m² 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^m 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^{mm} 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^m³,304 por m² 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, permittindo ás impurezas accumuladas uma desaparicação 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^m,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

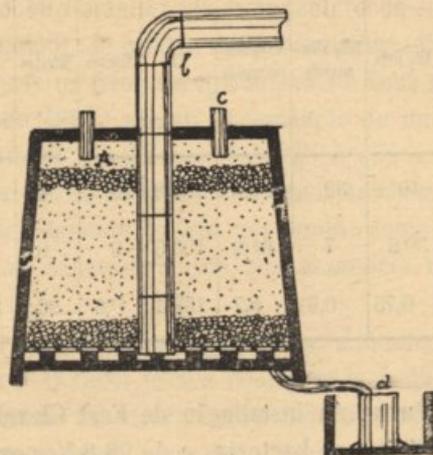


Fig. 34 — Filtro de Waring

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^m³ por hectare e dia; os arejadores tratam uma onda média equivalente a 10.000^m³ por hectare e dia.

Em 1897 foi feita uma instalação d'este genero em Willow Grove Park, junto de Philadelphia, para tratar 350^m³ diarios de agua de esgoto; no mesmo anno construiu-se uma instalação semelhante em Homewood (arredores de Brooklyn) para 120^m³ 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 instalação de Homewood:

Em mgr. por litro

	NH ₃ livre	NH ₃ albu- minoide	Oxygeneo consumido	Cl	Nitritos	Nitratos	Grau de depuração, por cento	
							Referido ao NH ₃ 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° 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

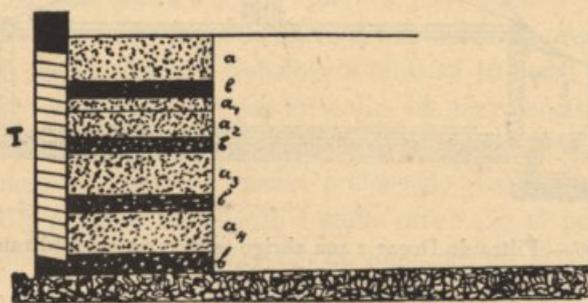


Fig. 35 — Material filtrante do filtro de Ducat

reversivel automatica, n'um filtro (figs. 35 e 36) de cerca de $2^m,5$

de altura, constituído (*fig. 35*) por camadas de escórias (a, a_1, a_2, a_3, a_4) de 6^{mm} a 12^{mm} de diametro, assentes sobre uma camada (b) de seixos de 25^{mm} 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^{mm} de diametro, que, sobrepostos e unidos por cimento de Portland e ligeiramente inclinados de fóra para dentro (a extremidade interna está 76^{mm} 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

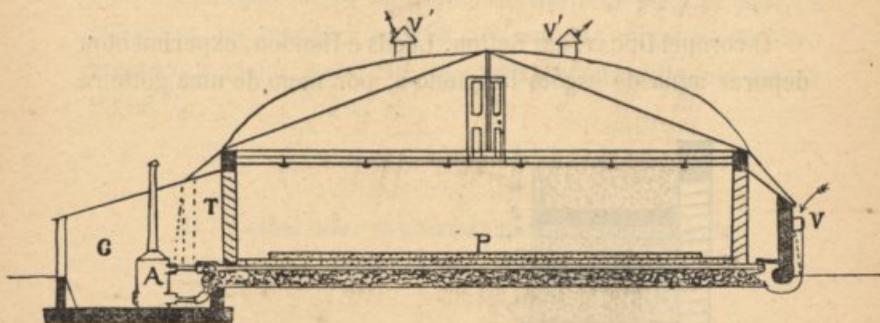


Fig. 36 — Filtro de Ducat e seu abrigo (sem o material filtrante)

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 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 m² 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^m,5, de 18^m,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^m,60 de pedras partidas, a que se seguem outras de 1^m,82 de coke ordinario inteiro, bem separado de pequenos fragmentos, coberto de uma pequena espessura (0^m,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^m para atravessar o leito e sair depurado. 800^m² de superficie podem chegar para tratar 900^m³ 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 ₃ albumi- noide	Oxigeno consu- mido em 4 horas	N nitroso e nitrico	Cl	Porcentagem de depuração	
		mineraes	volateis	mineraes	volateis					referida ao NH ₃ albuminoide	referida ao oxigeno consumido
25 janeiro 1899											
Agua de esgoto bruta	7°,3	220	300	530	320	10,6	104	—	120	—	—
Effluente septico	10°,6	30	30	410	320	4,1	42	—	82	61,2	59,6
Effluente do filtro de WHITAKER..	7°,6	0	30	260	440	1,6	11	23	74	85	89,4
27 janeiro 1899											
Agua de esgoto bruta	6°,4	190	300	500	360	19,2	163	—	125	—	—
Effluente da fossa	11°,7	10	40	490	290	5,7	40,7	—	88	70,4	75,1
Effluente do filtro	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 ₃ livre	2,52	0,003	0
NH ₃ 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^m,52 de altura, obteve os seguintes resultados:

	mgr. por litro	
	Água de esgoto	Efluente do filtro
NH ₃ livre	38,5	0,013
NH ₃ 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 m² 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.

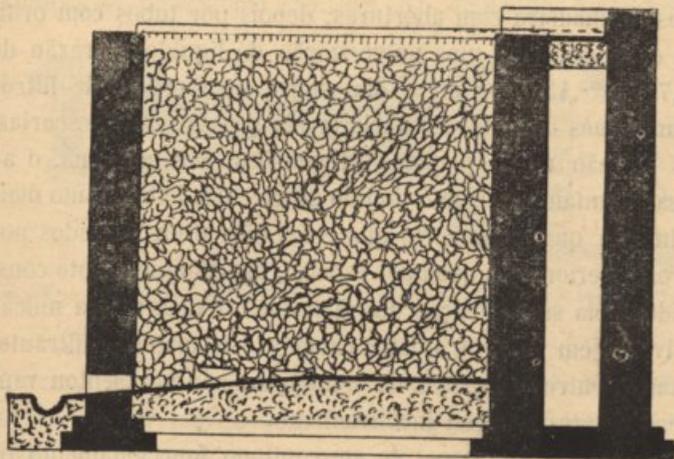


Fig. 37 — Filtro de STODDART

A altura do filtro (*fig. 37*) preconizada pelo autor é de 1^m,82 e as dimensões do material, não soluvel e pouco friavel, variarão entre 38^{mm} e 49^{mm} (nunca menores do que 13^{mm}). 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^{m³},5-6^{m³} por m² e dia; a depuração conseguida attinge 89 % referida ao oxygeneo consumido, e 91 % referida ao NH₃ 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^{m³},715-5^{m³},430 por m² 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 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 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

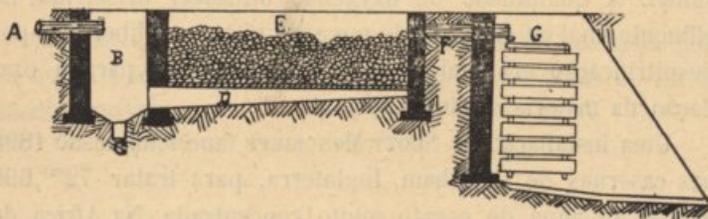


Fig. 38 — Apparelho de SCOTT MONCRIEFF; filtro anærobio e leitos ærobiaes

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^{mm} de diametro, occupando uma espessura de 177^{mm} e uma área de 0^{m²},0929; entre cada dois taboleiros o espaço era de 76^{mm}; 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^{m³},122 por 4^{m²} 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^{mgr},09 por litro, e um augmento de 91,6 % na oxydação de azote (1) do qual o azote nitroso vae de 0^{mgr}. a 0^{mgr},313 e o nitrico de 0^{mgr},4 a 64^{mgr},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^{m³},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 0/0 de peroxydo de ferro e oxydo magnetico, 6 0/0 de alumina, 7 0/0 de magnesia, 25 0/0 de silica, 2 0/0 de cal e 6 0/0 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^m,30 a 1^m,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 calcareo.

GHYSEN, a respeito da utilização da turfa, conclue, depois de largos estudos, que:

1.^o é indispensavel que a turfa a empregar seja bem permeavel para que se obtenham bons effluentes;

2.^o 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^{mm} ou menos de diametro), fino (6^{mm} de diametro) ou medio (12 a 25^{mm} de dia-

metro) produzem incontestavelmente melhores efluentes do que os leitos de material grosseiro (75^{mm} 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^{mm}, 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^{mm} a 19^{mm} 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^{mm} e 38^{mm}, com resultados lisongeiros.

STODDART recommendava elementos cujo diametro nunca fosse menor do que 13^{mm} e que se escolhessem de preferencia aquelles que tivessem 19 a 38^{mm}.

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-

tos 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^{mm}, ou menos, de diametro) tal como areia, desde que se não tratem muito grandes massas de liquido por m³ 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 leitões construídos pelo enchimento de covas abertas no solo, comprehende-se também perfeitamente que as paredes de alvenaria, de bacias especialmente construídas ou anteriormente utilizadas para a sedimentação ou precipitação, que no caso dos leitões de contacto constituem as melhores superficies limitantes, estão no caso dos leitões 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, constituídas 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 substituídas. 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^{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^m,13; os de Stoddart 1^m,82; os leitos de Baltimore (de pedras partidas) 2^m,74; os leitos de escorias em Madeleine 1^m,75.

D'um modo geral, pode dizer-se que a altura nunca deve ser inferior a 1^m e estabelecel-a em media em 1^m,75. Quando os materiaes usados sejam pouco porosos e muito volumosos, ou quando as aguas de esgoto sejam muito concentradas adoptaremos 2 a 2^m,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 atenção 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 afflua 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

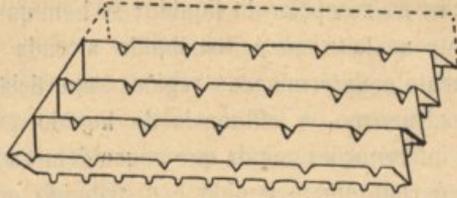


Fig. 39 — Placa de distribuição do leito de STODDART

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^{mm}. 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 logar 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.

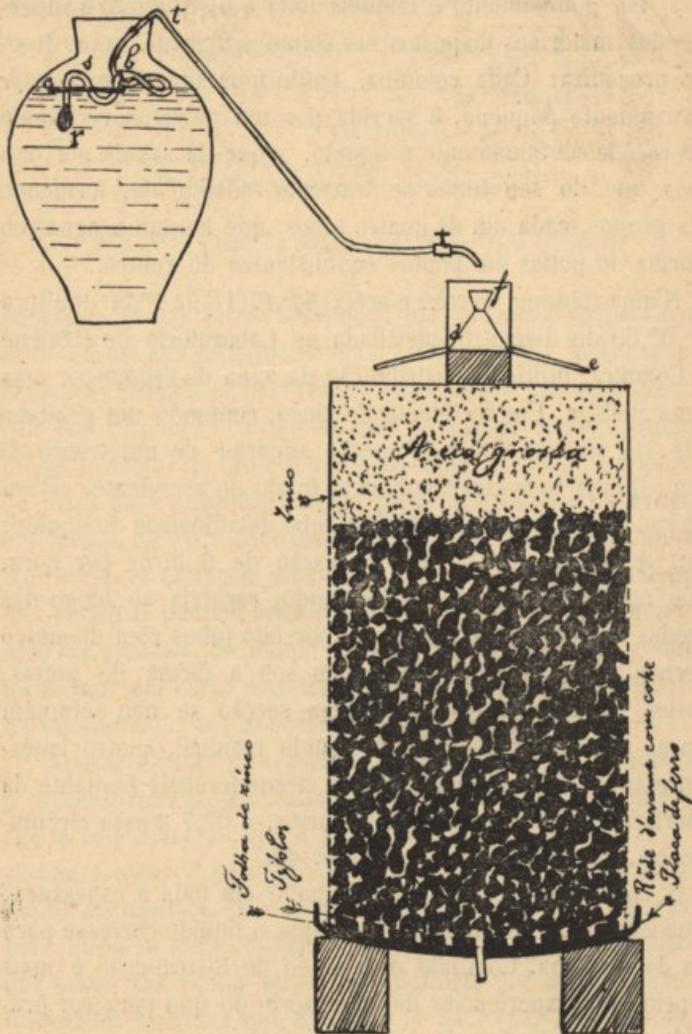
β) Por gottejamento é tambem feita a distribuição á superficie dos materiaes dispostos em columna filtrante, como ROUCHY preconiza: Cada columna, tendo uma superficie circular relativamente pequena, é servida por um pequeno recipiente que recebe continuamente o liquido, a que dá sahida por oito tubos 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 practicado 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

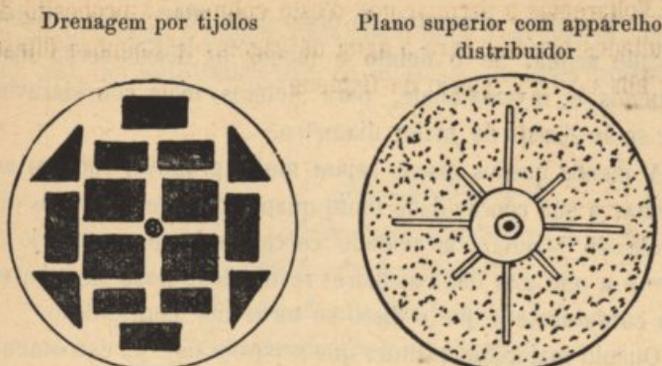


Fig. 41 — Planos superior e inferior da columna da fig. 40

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^{mm} 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^m,35.

3.º A distancia vertical entre o tubo de escoamento do liquido e a superficie do leito será a maior possivel: 0^m,60 é sufficiente; 1^m,20 dá melhores resultados e 1^m,80 melhores ainda.

4.º A altura da queda do liquido sobre o disco será de 0^m,60 a 1^m,20; em cada caso especial determinar-se-á experimentalmente a altura mais conveniente.

5.º O melhor diametro do disco é de 75^{mm}, 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^{mm} uma concavidade correspondente a um raio de 50^{mm} 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^m,50 em 1^m,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-

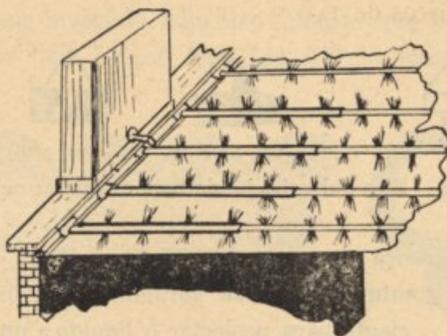


Fig. 42 — Distribuição por tubos perfurados e syphão intermittente, de CORBETT

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

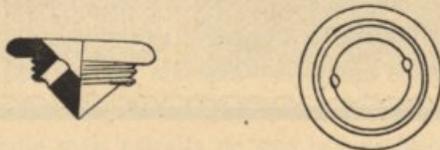


Fig. 43 — *Simplex Sprayer*

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 m^2 .



Fig. 45 — Bico pulverizador usado em Birmingham

β) O *Ham Backer and C^o'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

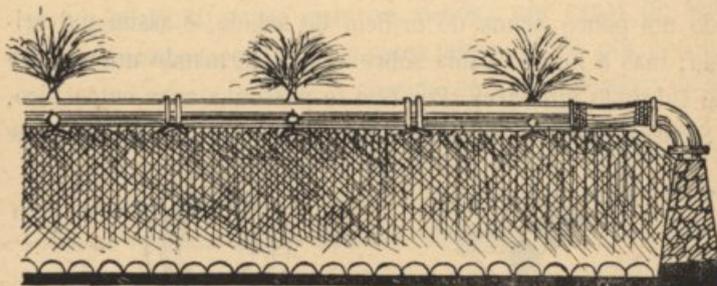


Fig. 46 — Secção de um leito de Birmingham

que $1^{\text{m}},30$); a quantidade media de liquido distribuida por 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^{mm},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

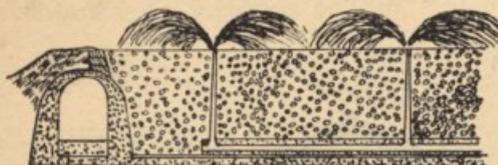


Fig. 47 — Seção de um leito de Columbus

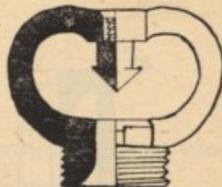


Fig. 48 — Bico pulverizador de Columbus

n'este cone, espalha-se e, depois de subir até 1^m,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^m,52 com descarga de 61 litros por minuto, e no minimo de 0^m,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^m,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 diámetros 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-

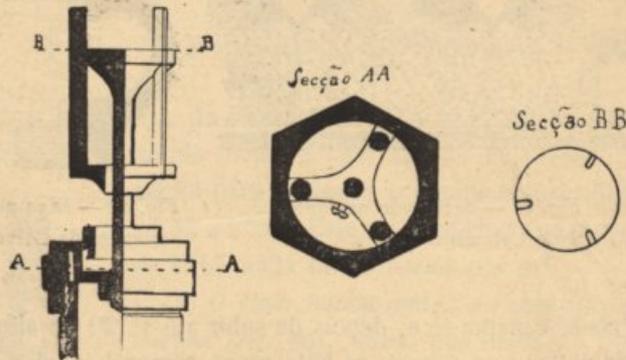


Fig. 49 — Bico pulverizador usado em Waterbury

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 515m^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^m,83 em 1^m,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^m,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^m² 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^m.

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* descripto 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^m de diametro) e nos mais pequenos (de 3^m a 12^m 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^m,5 de diametro) de Worcester (61^m de diametro), de Accrington (fig. 50), etc. Os dis-

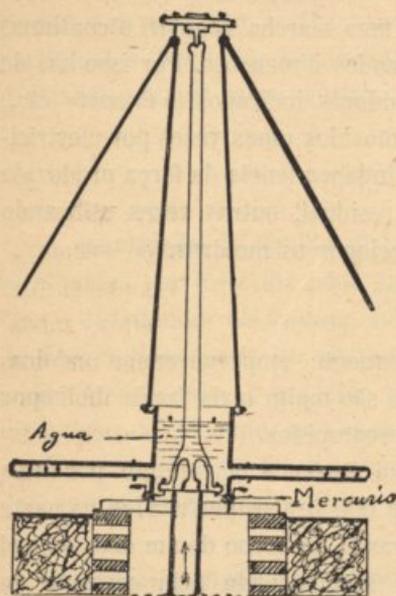


Fig. 50 — Torniquete distribuidor de WHITAKER, em Accrington

tribuidores ADAMS (fig. 51) são de varios typos; n'um d'elles — «o Cresset» — usado nos leitos insubmersíveis de Derby (30^m de diametro), de Birmingham (36^m,5 de diametro), de Hulford (42^m de diametro), etc., a rotação faz-se n'uma camara de ar entre duas juntas hydraulicas.

Na maior parte d'estes distri-

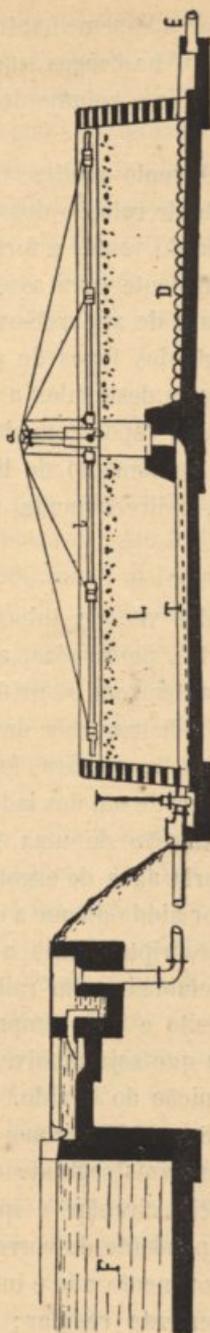


Fig. 51 — Leito insubmersível com distribuidor rotativo ADAMS, precedido de fossa

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 aparelhos 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^{mm} acima do centro da superficie do leito; comtudo se o debito é constante a pressão não deverá ser menor do que 228^{mm} e só poderá lutar com vantagem contra um vento medio quando acima de 304^{mm}; 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^{mm} a 228^m, 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 *SCOTTS 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 effcaz 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^m,5 de diametro 157\$500 réis, para leitos de 15^m de diametro 247\$500 réis, para leitos de 30^m de diametro 450\$000 réis.

As despesas feitas com o distribuidor «Jenning's», são — para leitos de 7^m,5 de diametro 112\$500 a 180\$000 réis, para leitos de 15^m de diametro 225\$000 a 252\$000 réis, para leitos de 30^m 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^{cm.} 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

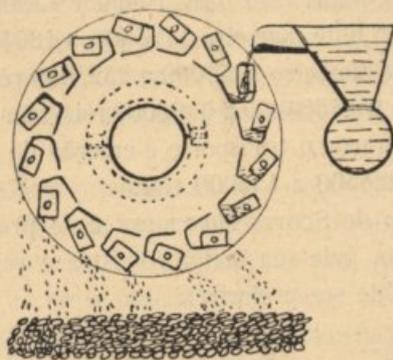


Fig. 52—Secção do distribuidor FIDDIAN

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^m 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^{mm}.

O debito pôde variar muito e ser mesmo apenas de 0^{m³},544 por m² e dia, sem que o movimento cesse. Com debito de 1^{m³},20 por m² e dia CALMETTE obtem uma depuração de 80-92 %.

Em Wednesbury são lançados 454^{m³},350 diariamente sobre um leito de 38^m de comprimento e 8^m de largura (304^{m²}).

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^m 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^m,5 de diametro 225\$000 réis, para leitos de 15^m de diametro 477\$000 réis, para leitos de 30^m 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 conteudo, voltando a conduzir á primitiva posição o primeiro compartimento; e assim successivamente. A maxima differença de nivel necessaria é de 355^m, 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^m,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^m.

A «*amorçage*», feita em tempo (10 a 15 minutos) regulavel por um diaphragma, dá logar á evacuação, feita em 30-50 segundos, de um volume liquido que pôde variar de 20 litros a 1^m3.

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^m,50 de altura e 7^m2 de superficie; o debito correspondia a 1^m3 por m² 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^m,58 de altura e 400^m2 de superficie. Cada syphão para se encher demora pelo menos 10^m (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 comprimento, espaçados de 0^m,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 sahir, 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^{cm} umas das outras; mas as aberturas obstruam-se facilmente. Telhas especialmente construidas, de bordos elevados (até 10^{cm}), 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^{mm} de diametro interno, perfurados, de 25 em 25^{cm}, de orificios lateraes de 6^{mm} e de tubos cylindricos de argilla cosida de 30^{cm} 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 obstruiveis; 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^m,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^{m3} todos os 10 minutos ou 144^{m3} por dia, bastam muito bem para 2 leitos de 5:000^{m2}

cada, onde se haja de tratar uma média de 10:000^m3 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 fórma 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^{mm}

ou mais de diametro), uma agua de esgoto simplesmente decantada das suas areias e detriectos 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^l 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^l 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^l ou mesmo até 1.188^l 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^{mm} a 25^{mm} de diametro) e a agua de esgoto apenas é liberta dos seus detriectos 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^l 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^l por m³ 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^l por m³ 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^l por m³ 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^{mm} 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^l por m³ 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^l por m³ 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^{mm} de diametro 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^l por m³ 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^l por m³ 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^l por

m³ 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^{mm} 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^{cm}, 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 intermitentemente.

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^l, as vegetações impermeabilizantes desenvolvidas á superficie d'um leito insubmersivel de 10^{m2}. 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 putrefazião-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 m² 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 logar 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 m³ 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^3 de material varia, para cada uma d'estas especies de liquido, proximamente na razão inversa da concentração.

119 a 148^l de agua de esgoto bruta d'uma concentração de cêrca de 1700 (1) ou 356^l de agua de esgoto bruta d'uma concentração de 600 podem ser tratados, com bons resultados, por dia e por m^3 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^l, por m^3 de material e dia, com bom resultado.

Um leito insubmersivel de material grosseiro ou médio e de 1^m,86-2^m,75 de profundidade poderá tratar com exito, por m^3 de material e dia, 475^l d'um effluente septico de 1130 de concentração ou 890^l 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 eficazmente por m^3 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.^a 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^l. d'um effluente de precipitação de concentração média (500 a 600) ou 1188 a 1485^l 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^l 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^l 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^{m³} por hectare ou 2^{m³},250 por m² 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^{m³},629 por m² e dia, em Accrington 1^{m³},236 por m² e dia, em Sheffield pouco mais de 1^{m³},140 por m² e dia; em Horfield um affluxo maior do que o correspondente a 1^{m³},086 por m² e dia dá um effluente em que a oxydação da materia organica começa a baixar.

Em França, na installação de Madeleine, com effluents septicos de aguas bastante concentradas, CALMETTE depura 0^{m³},980-1^{m³},200 por m² e dia.

Podemos dizer que com as aguas de esgoto continentaes se poderá tratar, em média, 1^{m³} por m² e dia em leitos não submersíveis de 1^m,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^{m³}, 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^{m³}, substituiu recentemente os seus 26^{hect.},3055 de leitos de duplo contacto por 6^{hect.},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 relativamente 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 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 necessario 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^l 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^l 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 oxygeneo 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 leitões insubmersíveis podem conter poucas materias em suspensão, mas podem também 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 ebullicão por 10 minutos, 603 mgr. de chloro, 91mgr.,8 de ammoniaco, 5 mgr. de nitratos (em 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 ebullicão por 10 minutos, 461 mgr. de chloro, vestigios de ammoniaco, 150 mgr. de nitratos (em 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 ebullicão 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 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 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 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 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.

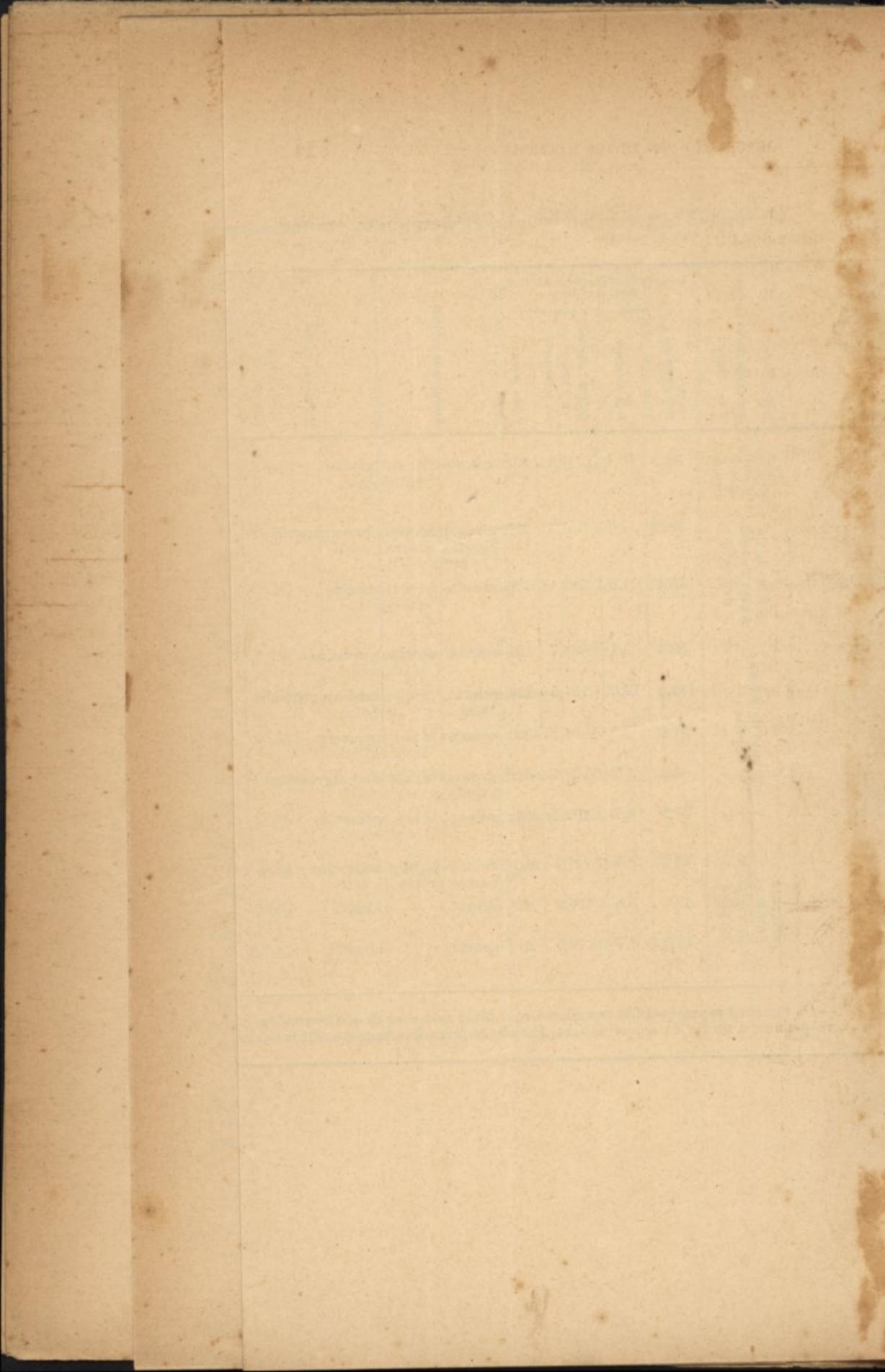
É provavel que a existencia da alta camada de areia á superficie do coke fôsse tambem prejudicial, já porque, introduzindo-se nos espaços existentes entre o coke subjacente, prejudicaria o bom arejamento da columna, principalmente na parte axial, já porque, pela sua facil impermeabilização, dificultava a passagem do liquido; de modo que, a fazerem-se experiencias semelhantes, parece-me recommendavel suprimir 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 m³ 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 affluente aos leitos	Analyse do affluente aos leitos, mgr. por litro				Material usado nos leitos	Dimensões de material	Altura occupada no leito pelo material filtrante	Distribuição	Forma porque o liquido affluente	Quantidade de liquido tratado por m ² de leito, diariamente	Quantidade de liquido tratado por m ³ de material, diariamente	Analyse do effluente final, em mgr. por litro, sem sedimentação final							Estado dos leitos
		Azote ammoniacal	Azote albuminoide	Oxygenio consumido em 4 horas á custa do permanganato	Solidos suspensos								Azote ammoniacal	Azote albuminoide	Azote oxydado	Oxygenio consumido em 4 horas á custa do permanganato	Prova da incubação (pelo cheiro)	Oxygenio dissolvido desapparecido em 24 horas	Solidos suspensos	
Hendon	agua de esgoto bruta	30	10	110,1	239	escorias	medio	2 ^m ,43 a 3 ^m	por gotteiras com pontas	continuamente	679 ^l	238 ^l	10,6	2,8	23,7	26,5	3 + em 3	6,2	63	O leito de 2 ^m ,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 ^m ,22	por material fino	intermittente-mente	113 ^l	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 ^m ,28	por gotteiras com pontas	continuamente	263 ^l ,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 ^m ,76 a 2 ^m ,13	por torniquetes hydraulicos	idem	2309 ^l ,5	832 ^l	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 ^m ,52	por tubos perforados	intermittente-mente	277 ^l	182 ^l	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 ^m ,83	por gotteiras de Stoddart	continuamente	5434 ^l	2969,5	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 ^m ,52	por material fino	intermittente-mente	503 ^l	331 ^l	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 ^m ,75	por torniquete hydraulico	continuamente	2304 ^l	838 ^l	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 ^m ,91	por material fino	intermittente-mente	2853 ^l	3120 ^l	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 ^m ,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 ^m ,91	idem	idem	343 ^l	377,5	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 possível, 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, comtudo, 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^{mm}) 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^m3 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^mgr.,74 por litro e o effluente apenas uma media de 7^mgr.,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^mgr.,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^mgr.,5 de oxygeneo por litro: 5 mgr. de oxygeneo consumido por litro de

effluente dos leitos insubmersíveis (baixa de 82,83 %) e 9^{mgr.},7 de oxigeneo consumido por litro de effluente do segundo contacto (baixa de 64 %).

Materia organica medida pela oxydabilidade á custa do permanganato, com ebullicão 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 soluçãõ acida e em soluçãõ alcalina, obtem 12,7 e 22,1 em soluçãõ acida e 12,7 e 18,5 em soluçãõ 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 soluçãõ acida e em soluçãõ alcalina.

Na mesma installaçãõ 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 soluçãõ acida e de 56,8, 20,9, 9,55 em soluçãõ alcalina, respectivamente para o effluente aos leitos (effluente da fossa septica), effluente do segundo contacto e effluente dos leitos insubmersíveis; portanto, reduçãõ 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 soluçãõ 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 realizaçãõ 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^{mgr.},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 $41^{\text{mgr.}},45$ 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 $13^{\text{mgr.}},1$, $4^{\text{mgr.}},2$ 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^{mgr.},87 (expressos em N₂O₅) por litro e de 15^{mgr.},51 (em N₂O₅) 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^{mgr.},8 e 16^{mgr.},4 (em N₂O₅) 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 1 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^{mgr.},6 de carbono organico dissolvido por litro dava um effluente de leito insubmersível contendo 9^{mgr.},7 (baixa de 78,8%) e um effluente de segundo contacto contendo 18^{mgr.},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^{mgr.},2 por litro de effluente de leitos insubmersíveis, ao passo que um duplo contacto dava effluentes contendo 7^{mgr.},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 póde 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^{mgr.},67 e 1^{mgr.},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^{mgr.},6 e 2^{mgr.},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 effluentes 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 m² 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^{m3} 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 vá 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 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 ^{m3}(1).

(1) O calculo é feito proporcionalmente aos numeros dados pela Commissão Real para a hypothese da onda de tempo secco ser de 4543^{m3},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^m,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 ³ de material	Volume de material necessario para o tratamento de mil m ³ diários (onda de tempo secco)
Sedimentação quiescente..	700	50 a 80	0 ^m 3,590-0 ^m 3,742	1500
Sedimentação em onda corrente.....	800	100 a 150	0 ^m 3,442-0 ^m 3,592	1934
Precipitação chimica quiescente.....	500	10 a 40	1 ^m 3,040	961,5
Precipitação chimica em onda corrente.....	600	30 a 60	0 ^m 3,891	1122
Passagem por fossa septica	800	100 a 150	0 ^m 3,442-0 ^m 3,592	1934

O seguinte quadro, imitado de Kershaw, mostra o custo da construção dos leitos insubmersíveis necessários para tratamento da onda de tempo sêcco de 1:000 m³ diários de agua residual da nossa hypothese. O calculo inclue 15 % para despesas imprevistas e plantas de engenharia.

Processos preliminares	Preço de construção dos leitos para tratar mil m ³ de agua residual de tempo sêcco, 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 m³ 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 ²	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 m³, 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 annuidades 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 ³
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 m³ 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^m3,5 da hypothese da *Royal Commission*.

Processos preliminares	Custo dos reparos dos torniquetes em réis	
	Por anno	Por mil m ³
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 empréstimo, trabalho manual e vigilância:

Processos preliminares	Custo da depuração nos leitos insubmersíveis, em réis							
	Por anno				Por mil m ³ (onda do tempo secco)			
	Encargos do empréstimo para a instalação	Trabalho e vigilância em relação com o funcionamento dos leitos	Reparos dos torniquetes distribuidores	Total	Encargos do empréstimo para a instalação	Trabalho e vigilância 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-

siveis, obtemos os seguintes resultados para o custo total do tratamento completo (em fossas e leitos insubmersiveis) de uma onda de 1000 m³ de tempo secco:

Processos preliminares	Despesa total do tratamento completo (em fossas e em leitos insubmersiveis) de uma onda diaria de tempo secco de 1000m ³ , em réis						Por habitante e anno suppondo a população de 6-666 hab. (1), em réis
	Por anno			Por mil m ³ (onda diaria de tempo secco)			
	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 submersiveis e insubmersiveis, nas condições da hypothese feita.

Vê-se que, na base adoptada, a purificação da agua residual (depois de tratamento preliminar) por meio de leitos insubmersiveis 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 affirmar 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 addicionada 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 «oxychloro» 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 chloro 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^m 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 chemicos 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 tables for the purpose of determining the amount of water vapor in the atmosphere at any given time and place, and for determining the amount of water vapor in the atmosphere at any given time and place, and for determining the amount of water vapor in the atmosphere at any given time and place.

TABLE I

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 ^m ,02540
<i>Ft...</i> Foot ou pé — 12 in.....	0 ^m ,30479
<i>Yd...</i> Yard ou jarda — 3 ft.....	0 ^m ,91438
<i>Mi...</i> Mile (<i>statute mile</i>) ou milha — 1.760 yds...	1609 ^m ,3149

Superficie

<i>In. q...</i> Square inch ou pollegada quadrada....	0 ^{m2} ,000645
<i>Ft. q...</i> Square foot ou pé quadrado.....	0 ^{m2} ,0929
<i>Yd. q...</i> Square yard ou jarda quadrada.....	0 ^{m2} ,8361
<i>Ac. ...</i> Acre — 4.840 yds. q.....	0 ^{ha} ,4047

Capacidade (solidos)

<i>Cub. in...</i> Cubic inch ou pollegada cubica.....	0 ^{m3} ,000016
<i>Cub. ft...</i> Cubic foot ou pé cubico....	0 ^{m3} ,028315
<i>Cub. yd...</i> Cubic yard ou jarda cubica.....	0 ^{m3} ,764513

Capacidade (liquidos)

<i>Gal...</i> Gallon ou gallão (1).....	4 ^l ,5435
---	----------------------

Pêso

<i>Gr...</i> Grain ou grão.....	0 ^{gr} ,0648
<i>Oz. . .</i> Ounce (<i>avoir-du-poids</i>) ou onça	28 ^{gr} ,349
<i>Lb...</i> Pound (<i>avoir-du-poids</i>) ou libra (2)—16 oz	453 ^{gr} ,593
<i>Ton...</i> Ton ou tonelada (3) — 20 <i>cwt</i>	1016047 ^{gr} ,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^{gr},01426 por litro.

Um gallão por jarda quadrada = 5^l,4341 por m².

Um milhão de gallões por acre = 1^{m3},122 por m² = 11220^{m3} por hectare.

Um gallão por jarda cubica = 5^l,9429 por m³.

(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^{gr}, isto é um pouco mais do que a libra inglesa.

(3) A tonelada metrica é, como se sabe, correspondente a 1000^l.

