

MARTIM PORTUGAL V. FERREIRA
Coordenação

A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos

VOL. 2 • RECURSOS GEOLÓGICOS E FORMAÇÃO



Coimbra • Imprensa da Universidade

O PORQUÊ DA SEDIMENTOLOGIA

G. SOARES DE CARVALHO ¹

PALAVRAS-CHAVE: sedimentologia, análise dimensional, diagramas de Friedman, areia de praia e duna, areias vermelhas de Maputo.

KEY WORDS: sedimentology, size analysis, Friedman plots, beach and dune sands, red sands of Maputo.

RESUMO

A Petrologia sedimentar na origem da Sedimentologia.

O progresso da Sedimentologia a nível internacional; revistas e reuniões.

A análise dimensional: evolução de metodologias e equipamentos. Aplicação ao caso da separação de areias de praia e duna e às Areias Vermelhas do Maputo (Moçambique) (aplicação dos diagramas de Friedman).

ABSTRACT: Sedimentology and its questioning

The sedimentary Petrology in the origin of Sedimentology.

The international progress of Sedimentology: journals and meetings.

The size analysis; evolution of methodologies and equipments. Application to the case of distinction of beaches and dunes sands and to the Red Sands of Maputo (Moçambique) (application of Friedman plots).

405

¹ Professor catedrático jubilado da Universidade do Minho, Rua Elísio de Moura, 62 r/c, 4710-422 Braga, soarescarvalho@oninet.pt.

I. INTRODUÇÃO

Justificar a razão da palavra Sedimentologia, como um domínio científico, faz-me voltar aos meus tempos de estudante e de assistente do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, ao ano de 1944, quando o Professor Anselmo Ferraz de Carvalho, meu professor de Geologia, me sugeriu, como tema para investigações científicas, as rochas sedimentares, e de modo particular as rochas do sistema Triásico, então motivo de polémica quanto à sua origem: continental ou marinha?

Posteriormente, o apoio e estímulo dos professores José Custódio de Morais e João Manuel Cotelos Neiva, sucessivos directores daquele Museu e Laboratório, levaram-me a organizar, naquela Universidade, um *Laboratório de Sedimentologia*.

Nos anos 40, a palavra Sedimentologia não era utilizada, até tinha sido rejeitada a sua utilização, em 1932, pela Comissão de Sedimentação dos Estados Unidos da América do Norte, por ser a “*ugly hybrid inappropriate word*” (GOLDMAN 1950).

O estudo das rochas sedimentares era abrangido, desde os princípios do século XX, pela designação de petrologia sedimentar, incluindo os aspectos meramente descritivos (composição mineralógica, dimensão dos grãos minerais, observação de lâminas delgadas, etc.).

Pouco a pouco, foi introduzida a interpretação da génese das rochas sedimentares e das suas transformações diagenéticas, à qual se associou o conceito da cronologia dos processos que as geraram.

Passou a tirar-se partido dos dados descritivos para as interpretações sedimentogenéticas, comparando-as com as de sedimentos actuais, cujo ambiente genético se pode delimitar nos nossos dias.

As preocupações actuais de aplicação prática da Sedimentologia tendem a valorizá-la para o desenvolvimento da sociedade actual (aplicações relacionadas com problemas ambientais e de ordenamento do território, com a indústria extractiva, incluindo as dos inertes para a construção civil, prospecção de hidrocarbonetos e recursos hídricos, etc.) (SELLEY 2000).

Entre nós, tem sido dado um certo relevo à Sedimentologia, como o prova a inclusão da disciplina na licenciatura de Geologia, reforma de 1964 (FERREIRA 1998) e noutras licenciaturas universitárias criadas posteriormente. Contudo, esta situação dentro das licenciaturas relacionadas com Ciências da Terra deve ser compreendida com a limitação de que os “*boundaries between scientific disciplines are largely a matter of conventional division of labour between scientists*” (BENOIT MANDLHOT in MCLANE 1995, p. 11).

Desde os anos 40, do séc. XX quando a Sedimentologia não fazia parte dos *curricula* universitários, a sua investigação tornou-se motivo de trabalho em muitas instituições.

Internacionalmente, os créditos da Sedimentologia foram crescendo como o provam as associações e revistas científicas que foram surgindo em torno daquele domínio científico.

Relembremos o papel da *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists* (SEPM) e da *International Association of Sedimentologists* (IAS).

A primeira iniciou a publicação do *Journal of Sedimentary Petrology* em Maio de 1931, tendo o título da revista sido alterado para *Journal of Sedimentary Research* a partir de Janeiro de 1995, passando a SEPM a ser considerada como a *Society for Sedimentary Geology*.

A IAS foi criada em 1952, quando do Congresso Internacional de Geologia de Argel, mantém a revista *Sedimentology* e promove congressos internacionais, tendo o XVI congresso sido realizado em Joahhnesburg, em 2002; o próximo congresso, o XVII Congresso Internacional de Sedimentologia, vai ser realizado em Fukuoka, no Japão, em Setembro de 2006 (CALVO 2002, TUCKER 2002).

Além disso, a IAS promove regionalmente *meetings*, no intervalo entre os seus congressos internacionais, sendo o 23rd *IAS Meeting of Sedimentology* na Universidade de Coimbra, em Setembro de 2004 (IAS NEWSLETTER 182, 2002).

O crescimento do peso da Sedimentologia nos domínios da investigação, na evolução de ideias quanto à sua aplicação e das técnicas analíticas dos sedimentos, pode evidenciar-se pela consulta de manuais que a ela têm sido dedicados.

Citam-se desde o clássico *Manual of Sedimentary Petrography* de KRUMBEIN e PETTIJOHN (1938) aos mais recentemente publicados como *The Analytical Sedimentology and Practical Sedimentology* de LEWIS e MACCONCHIE (1994) e *Sedimentology* de MCLANE (1995), passando pelos *Procedures in Sedimentary Petrology* de CARVER (1971), *Techniques in Sedimentology* de TUCKER (1988), além da *Sedimentary Petrology* de TUCKER (2001) e *Applied Sedimentology* de SELLEY (2000).

Por esta enumeração de títulos se vê quanto a Sedimentologia tem vínculos com a Petrologia Sedimentar.

A Sedimentologia pode ser definida como o ramo da Geologia que, a partir da descrição de rochas sedimentares, procura compreender a sua génese (sedimentogénese), as suas transformações (diagénese) e delimitar o tempo em que se formaram (ligação à Estratigrafia e Geocronologia). Fundamenta-se em dados obtidos por observações de campo (sequências estratigráficas e amostragem das suas unidades, estruturas sedimentares, paleo-alterações, paleosolos, etc) e em dados laboratoriais de natureza petrográfica (análise dimensional, associações de minerais pesados e minerais leves, morfoscopia e morfometria de indivíduos detriticos, exoscopia de grãos por aplicação do microscópio electrónico, etc).

Os objectivos da Sedimentologia podem ser sintetizados em: descrição, génese, cronologia, evolução e aplicação das rochas sedimentares.

Ao elaborar estas notas de homenagem ao Professor João Manuel Coteló Neiva, decidi incluir nelas alguns casos da minha experiência como sedimentólogo, que foi iniciada, na Universidade de Coimbra, com os problemas genéticos das formações do Triássico e do Plio-Quaternário da Orla Sedimentar Lusitânica.

Desde então a preocupação foi procurar ver até que ponto a análise dimensional de sedimentos (*size analysis*) pode contribuir para a compreensão da sedimentogénese de unidades de sequências sedimentares detríticas, desprovidas de indicadores genéticos de origem orgânica, e questionar se determinada camada ou conjunto de camadas se geraram num determinado ambiente; as questões giram, em geral, em torno de saber se o ambiente foi marinho, (costeiro), fluvial, eólico, estuarino, lagunar ou fluvio-glaciar. Procura-se, deste modo, compreender as mudanças ambientais que ocorreram numa determinada região, a partir da caracterização e interpretação de distribuições dimensionais de amostras de rochas detríticas, geradas num determinado período de tempo, limitado por indicadores cronostratigráficos ou geocronológicos.

O significado e interesse pela dimensão de indivíduos detríticos (grãos de areias, seixos, etc) nasce do facto de uma rocha do tipo areia ou arenito poder ser considerada uma *população arenosa* e simbolicamente representada por um índice, que inclui cinco propriedades físicas, expressas sob a forma da seguinte equação (GRIFFITHS 1967),

$$P = f(m,s,sh,o,p)$$

na qual

m = *mineral particles* = composição mineralógica ou frequências dos minerais

s = *size* = dimensão

sh = *shape* = forma dos indivíduos

o = *orientation* = orientação dos indivíduos dentro da rocha

p = *packing* = acondicionamento dos indivíduos

A análise dimensional refere-se à dimensão (*size*) dos indivíduos, cuja descrição é definida por estatísticos relativos a distribuições de frequência de tipos de grãos de areia, de limo = *silt*, de partículas de argila = *clay* e seixos.

As técnicas da análise dimensional têm evoluído, pela inovação de equipamentos laboratoriais para a obtenção de dados com os quais se organizam distribuições dimensionais, com a finalidade de vencer a morosidade de obtenção de dados. São exemplos a criação do *Sedigraph* (COAKLEY e SYWITSKI 1991), a balança ou tubo de sedimentação (SYWITSKI, ASPREY e CLATEMBERG 1991) e a aplicação de raios *laser* (AGRAVAL, MCCAVE e RIBY 1991).

Depois da aplicação de uma combinação do processo dos crivos com o processo da pipeta, temos recentemente dado preferência à combinação da crivação com o *sedigraph*.

Sob o ponto de vista de caracterização e interpretação genética, os dados obtidos por diferentes processos de análise dimensional não são comparáveis entre si, o que obriga a que quando da aplicação de dados dimensionais, sejam definidos os métodos aplicados na sua obtenção (SYWITSKI 1991).

As distribuições dimensionais são caracterizadas por *parâmetros estatísticos*, ou simplesmente *estatísticos*, de amostras colhidas em cada unidade de sedimentação (OTTO 1938) que se julgam representativas da população detrítica que constitui a unidade.

Os estatísticos são diversos como os de INMAN (1952), FOLK-WARD (1957) ou os calculados pelo método dos momentos desde KRUMBEIN e PETTIJOHM (1938) (GRIFFITHS 1967, FOLK 1966, FRIEDMAN 1967, 1979a, b, TUCKER 1988, LEWIS e MCCONCHIE 1994a, b e MCLANE 1995).

Os estatísticos de INMAN, que foram muito utilizados quando se aplicava o método gráfico para o cálculo de fractis e estatísticos, caíram em desuso, sendo substituídos pelos calculados pelo método dos momentos.

Hoje o recurso a programas informáticos facilita a aplicação do método dos momentos aplicado a distribuições de frequências cujos limites de classes correspondem aos termos da escala \emptyset , em que $\emptyset = -\log_2 \Sigma$, sendo Σ a dimensão de cada indivíduo (KRUMBEIN 1934, 1938, LEWIS e MCCONCHIE 1994, MCLANE 1995).

São frequentemente utilizados os seguintes estatísticos: média ($\bar{x}\emptyset$), desvio padrão ($\sigma\emptyset$), assimetria ($\alpha_3\emptyset$), acuidade ($\alpha_4\emptyset$) e outros (FRIEDMAN 1967, 1979, FRIEDMAN e SANDERS 1978).

A aplicação de computadores ao tratamento de dados e cálculo de estatísticos pelo método dos momentos reduziu o tempo de cálculo. Por isso, passou a ser utilizado em Sedimentologia, com frequência.

É exemplo disso um programa informático criado por HENRIQUES (1998 e 2003) que permite calcular os estatísticos de Folk-Ward e os estatísticos pelo métodos dos momentos, relativos a distribuições dimensionais obtidas pelo processo dos crivos em combinação com o processo das pipetas ou *sedigraph*; o mesmo permite o traçado de curvas cumulativas em papel de probabilidades além dos estatísticos para aplicar em diagramas de correlação destinados a interpretações sedimentogenéticas de formações detríticas, como é o caso dos diagramas de Friedman, a que me referirei a seguir.

2. AS DISTRIBUIÇÕES DIMENSIONAIS E A SEDIMENTOGÊNESE

A análise dimensional teve sempre em vista contribuir para a interpretação genética de sedimentos detríticos, cujas unidades se apresentem desprovidas de fósseis ou de outros indicadores genéticos.

Tem-se admitido que os estatísticos dimensionais podem servir para fixar a gênese de sedimentos.

Assim, FRIEDMAN (1967) admitiu que as areias finas e as areias muito finas ($\bar{x}_0 > 1.0 - 2.0\phi$) se apresentarem um $\sigma_0 < 3.5$ (areias muito bem calibradas) poderiam ser areias de cordões litorais, de dunas, de praias, areias lagunares, etc, mas se o mesmo estatístico tiver valores entre 0.80 e 1.40 (moderadamente calibradas) poderão, na maior parte, ser areias fluviais; para um valor de 1.40 – 2.00 (areias mal calibradas) as areias seriam fluvio-glaciares. Para areias grosseiras $\bar{x}_0 < 1.0\phi$ as areias das praias teriam um σ_0 entre 0.50 – 0.80 (areias moderadamente bem calibradas), mas se o valor do estatístico fosse superior a 0.80 (moderadamente calibradas e mal calibradas) as areias poderiam ser fluviais.

Os resultados que fui compilando durante anos coincidem com os que FRIEDMAN (1967) atribui às dunas (σ_0 no intervalo < 0.35 a 0.80) mas, para as areias de praia, o limite superior que tenho encontrado para o estatístico é de 1.40, semelhante ao de algumas areias fluviais segundo FRIEDMAN (CARVALHO 1983-85).

Também se tem procurado perceber se a assimetria das distribuições dimensionais ($\alpha_3\phi$) tem interesse nas determinações sedimentogenéticas.

Relativamente às areias das praias tem-se verificado que *tendem* a ter uma assimetria negativa enquanto as areias das dunas *tendem* a ter uma assimetria positiva; isto quer dizer que, apesar de geneticamente diferentes, podem aparecer, em cada uma delas, amostras com assimetrias positivas e negativas (MASON e FOLK 1958, FRIEDMAN 1967, CARVALHO 1983-85), donde a necessidade de se combinar os dados dimensionais com os dados obtidos com outras técnicas analíticas (GALE e HOORE 1991).

O que acabo de expor mostra que a análise dimensional é uma técnica que permite distinguir unidades arenosas umas das outras, mas os estatísticos aplicados, só por si, podem não ser suficientes para a sua determinação genética porque estatísticos da mesma ordem de grandeza podem caracterizar unidades geneticamente diferentes (CARVALHO 1983-85).

Nos ensaios, para ver até que ponto as análises dimensionais podem servir para determinar ambientes sedimentares, FRIEDMAN (1967) procurou relacionar as distribuições dimensionais caracterizadas por estatísticos com os ambientes sedimentares (rios, praias e dunas). Friedman criou diagramas de correlação entre estatísticos nos quais marcou uma linha de separação de dois ambientes diferentes (diagramas de Friedman).

410

Utilizou os seguintes estatísticos: média, desvio padrão, assimetria, desvio médio cúbico, desvio padrão gráfico inclusivo, assimetria gráfica inclusiva, acuidade gráfica, calibragem simples, assimetria simples (FRIEDMAN 1967, 1979a, b).

Ao aplicar os diagramas de Friedman, de que vamos apresentar alguns casos da nossa experiência, não devemos esquecer as precauções que aquele investigador sintetizou na frase: “*apesar dos recentes progressos na nossa compreensão das implicações genéticas das distribuições dimensionais, a correlação entre ambientes de acumulação e estatísticos dimensionais não deve conduzir a uma panaceia*” (FRIEDMAN 1967, p. 352).

3. APLICAÇÃO DOS DIAGRAMAS DE FRIEDMAN

Como tenho referido, um dos problemas da Sedimentologia é saber em que ambientes se acumularam as unidades arenosas das sequências estratigráficas, entre eles o fluvial, o marinho e o eólico.

Referiremos a seguir a aplicação dos diagramas de Friedman a este tipo de problemas: areias de praias actuais, areias de praias e dunas holocénicas e areias vermelhas do Maputo (Moçambique).

- AREIA DE PRAIAS ACTUAIS

Servindo-me dos estatísticos de algumas centenas de amostras (amostragens múltiplas), colhidas em praias de vários países, construí o diagrama de correlação da figura 1 (assimetria e desvio padrão).

No diagrama observa-se que a maior parte dos pontos (representam amostras) se encontra no campo das areias das praias; realmente, foram colhidas em praias.

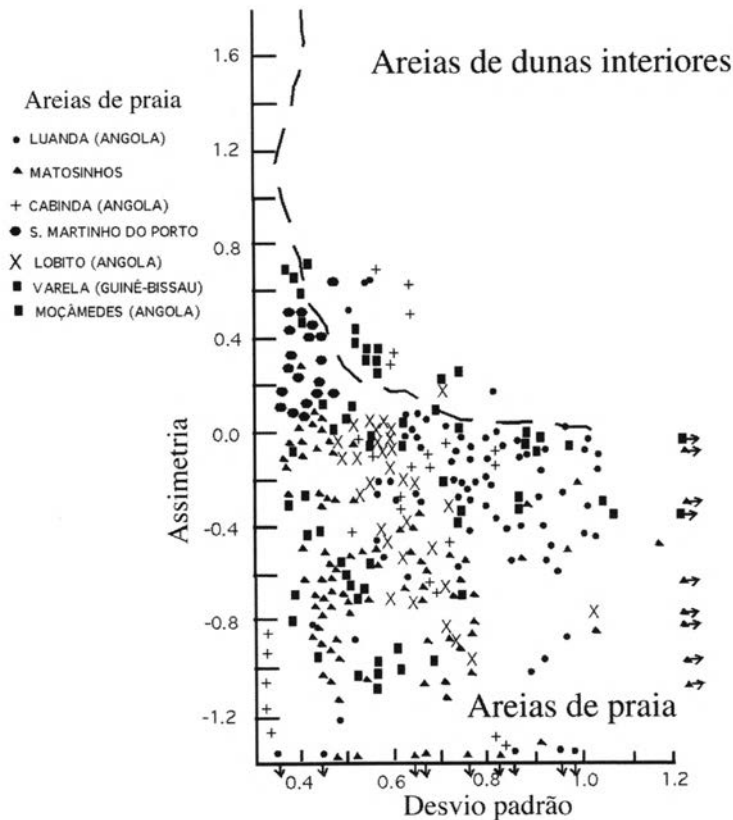
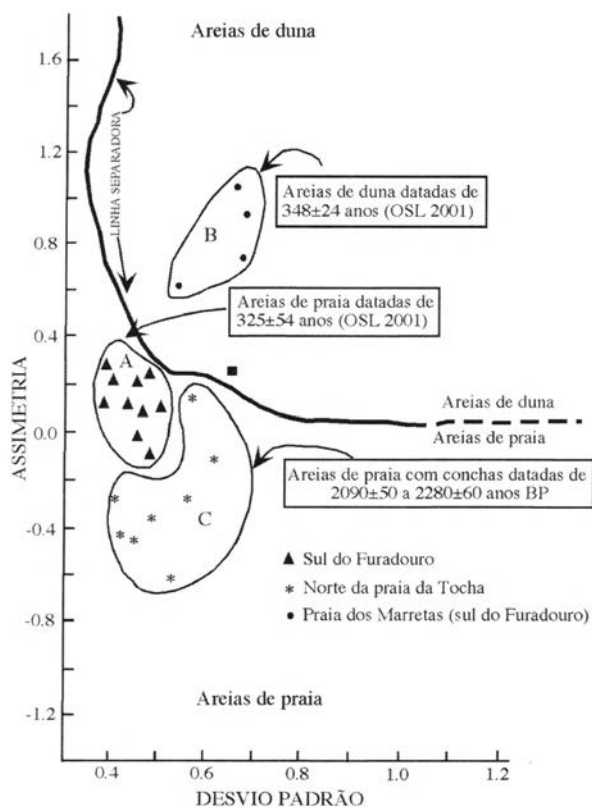


Fig. 1 - Aplicação do diagrama de Friedman (correlação entre o desvio padrão e a assimetria) a areias de praia de vários países (Portugal, Angola e Guiné-Bissau).

O facto mostra o interesse da aplicação dos diagramas de Friedman, dado que situações análogas se repetem com os outros diagramas de Friedman (FRIEDMAN 1967, 1979a, b).

- AS AREIAS HOLOCÉNICAS DA ZONA COSTEIRA DO NO DE PORTUGAL

Sobre as unidades lagunares do Holocénico (Formação de Aguçadoura e Formação de Silvalde) e sobre as unidades com um podzol truncado do Holocénico inferior (Formação de Cortegaça) (GRANJA 1990, 1999, 2000, GRANJA e CARVALHO 1994) encontra-se uma sucessão de duas unidades com estruturas sedimentares diferentes: as da unidade inferior são planares e gradativas e são atravessadas por figuras de bioturbação, iniciadas no horizonte B, negro, de um podzol truncado que suporta a unidade inferior; as da unidade superior são estruturas cruzadas.



BP Datações pelo método do radiocarbono (^{14}C)
 OSL Datações por luminescência (Optical Stimulated Luminiscence)

Fig. 2 – Aplicação do diagrama de Friedman (correlação entre o desvio padrão e a assimetria) a areias de praia e de duna holocénicas da zona costeira do NO de Portugal (entre a Praia do Furadouro e a Praia da Tocha).

A maior parte dos pontos estão dispersos no campo das areias das praias.

Os dados utilizados foram obtidos pelo processo dos crivos e correspondem a amostragens múltiplas colhidas na zona da meia-maré.

A aplicação do diagrama de Friedman (correlação entre o desvio padrão e a assimetria) mostra, pelas manchas de dispersão, que as areias inferiores são *areias de praia* (A e C na figura 2) e as areias superiores são *areias de duna* (B na figura 2).

- AS AREIAS VERMELHAS DO MAPUTO (MOÇAMBIQUE)

Uma grande extensão do território costeiro do sul de Moçambique apresenta uma cobertura arenosa cujas areias têm uma cor dominante vermelha.

Tem-se aceite que as areias são quaternárias e de origem eólica (BORGES 1944).

Para contribuir para a determinação da génese das areias vermelhas lancei os dados dimensionais de algumas dezenas de amostras em diagramas de Friedman (figs. 3, 4 e 5).

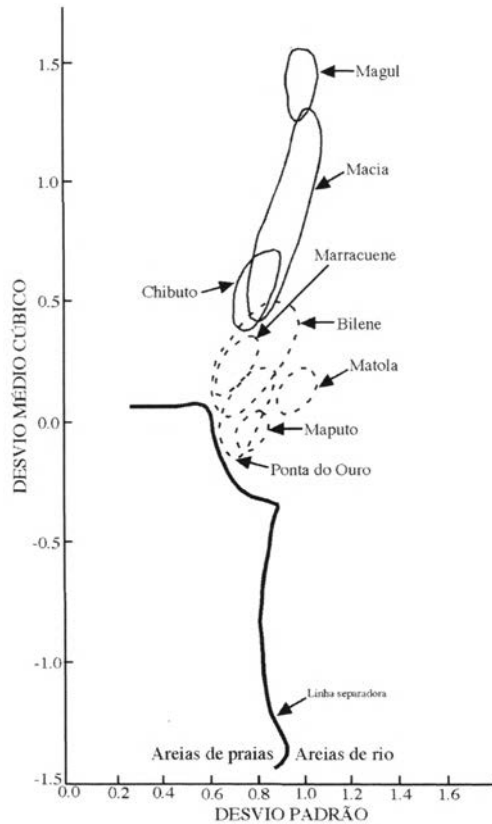


Fig. 3 – Aplicação do diagrama de Friedman (correlação entre o desvio padrão e o desvio médio cúbico) às amostras das areias vermelhas do Maputo, sugerindo que a sua origem é fluvial (linha separadora entre areias de praia e areias de rio).

As amostras, em número de 16 por cada corte, foram colhidas em fundações de imóveis, cortes de vias de comunicação e explorações de areias, em sulcos espaçados de 1 a 2 metros.

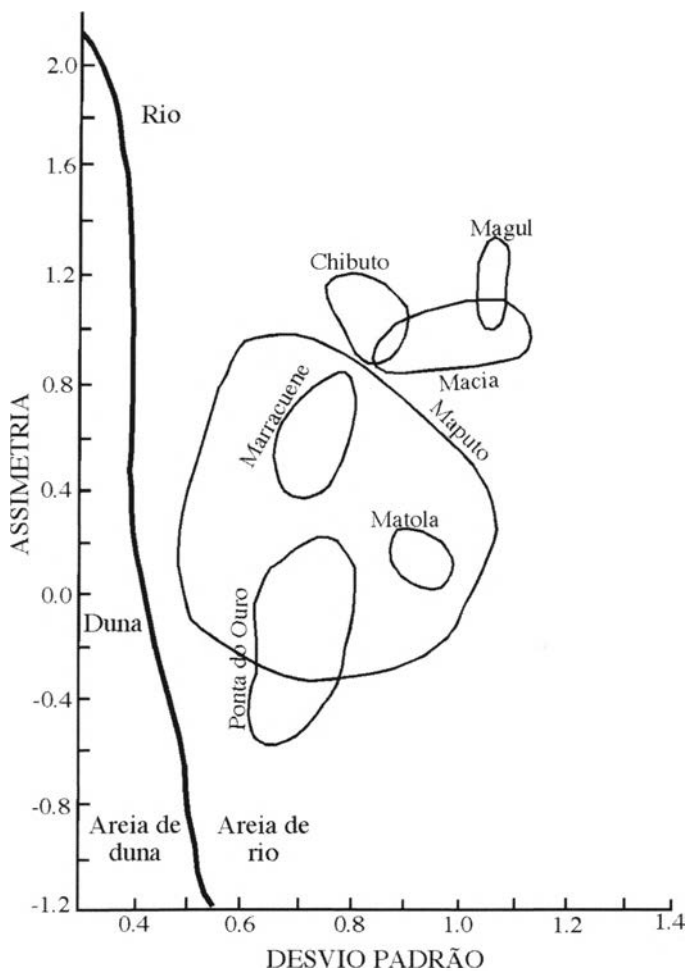


Fig. 4 – Aplicação do diagrama de Friedman (correlação entre o desvio padrão e a assimetria; linha separadora entre areias de duna e areias de rio) às amostras das areias vermelhas do Maputo, que sugere uma gênese fluvial.

A aplicação dos diagramas sugere que as areias vermelhas do Maputo são *areias fluviais*.

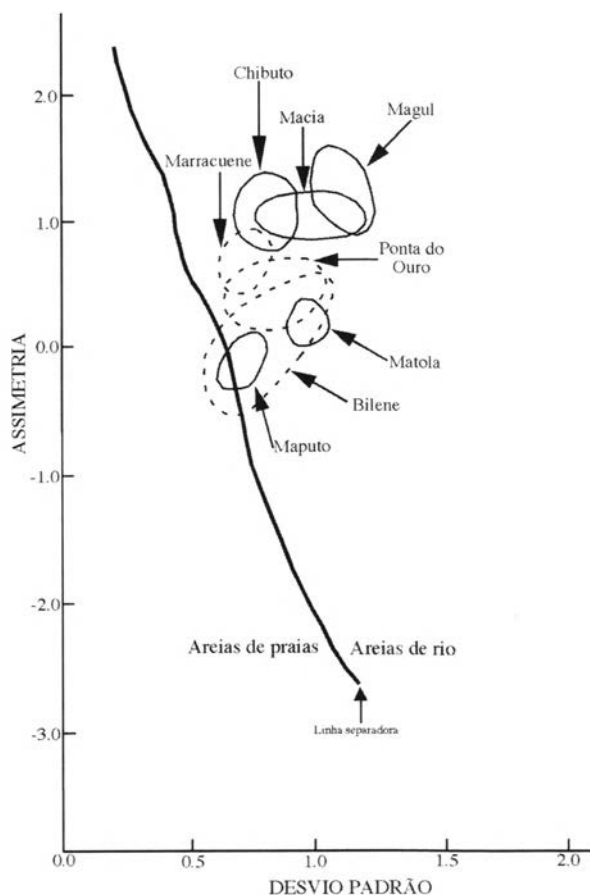


Fig. 5 – Aplicação do diagrama de Friedman (correlação entre o desvio padrão e a assimetria; linha separadora entre areias de praia e areias de rio) às amostras das areias vermelhas do Maputo, que sugere tratar-se de areias fluviais.

4. CONCLUSÕES

- A Sedimentologia não é mais do que a Petrologia Sedimentar com a preocupação da definição da gênese das unidades de sequências estratigráficas e acompanhada de informações colhidas no campo; está ligada à Estratigrafia;
- Os dados de análises dimensionais de unidades arenosas (amostragens múltiplas), acumuladas em ambientes actuais, comparadas com as dos ambientes do Passado podem contribuir para a fixação da gênese das últimas;
- A Sedimentologia justifica-se pelo leque de aplicações práticas em que pode ser envolvida.

BIBLIOGRAFIA

- AGRAWAL J. C., MCCAVE I. N. e RIBY J. B., 1991 – Laser diffraction size analysis. In Sywitski J. P. M. (ed), Principles, methods and application of particle size analysis. Cambridge University Press, p. 119-128
- BORGES A., 1944 – Estação e pré-história de Magude. Boletim dos Serviços de Indústria, Minas e Geologia 7:5-31, Maputo
- COAKLEY J. P. e SYWITSKI J. P. M. 1991 – Sedigraph technique. In Sywitski J. P. M. (ed), Principles, methods, and application of particle size analysis. Cambridge University Press p. 129-142
- CALVO J.-P., 2002 – 16th International Sedimentological Congress IAS 2002, Johannesburg, South Africa. Newsletter IAS (Internacional Association of Sedimentologists), 182:7-8
- CARVALHO G. S., 1983-1985 – Análise dimensional de areias e sedimentogénese (alguns exemplos de aplicação). I Congresso Nacional de Geologia. Boletim da Sociedade Geológica de Portugal XXIV:117-124
- CARVER R. E., 1971 – Procedures in Sedimentary Petrology, Wiley-Interscience, p. 653, New York
- FERREIRA M. R. P. V., 1998 – 200 Anos de Mineralogia e Arte de Minas. Desde a Faculdade de Filosofia (1772) até à Faculdade de Ciências e Tecnologia (1972). Universidade de Coimbra, p. 188
- FOLK R. L. e WARD W. C., 1957 – Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, 27:3-26
- FOLK R. L., 1966 – A review of grain-size parameters. Sedimentology 6:73-93
- FRIEDMAN G. M., 1967 – Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. Journal of Sedimentary Petrology, 37: 327-354
- FRIEDMAN G. M., 1979a – Differences in size distributions of populations of particle among sands of various origins. Sedimentology, 26:859-862
- FRIEDMAN G. F., 1979b – Address of the retiring President of the International Association of Sedimentologists: differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins. Sedimentology, 26:3-32
- FRIEDMAN G. M. e SANDERS J. E., 1978 – Principles of Sedimentology. John Wiley & Sons, New York
- GALE S. J. e HOARE P. G., 1991 – Quaternary Sediments. Petrographic Methods for the Study of Unlithified Rocks, John Wiley & Sons, Inc., p. 323, New York
- GOLDMAN M. I., 1950 – What is Sedimentology? Journal of Sedimentary Petrology, 20(2)
- GRANJA H. M., 1990 – Repensar a geodinâmica da zona costeira; o passado e o presente, que futuro? Tese de doutoramento, Universidade do Minho, p. 347, Braga
- GRANJA H. M., 1999 – Late Pleistocene and Holocene sea-level, neotectonic and climatic indicators in the northwest coastal zone of Portugal. Geologie en Mjnbouw, 77(3-4): 233-245, Kluwer Academic Publishers
- GRANJA H. M., 2000 – A Geologia do Holocénico aplicada ao ordenamento da zona costeira. Estudos do Quaternário, 3:73-90, APEQ (Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário)
- GRANJA H. M. e CARVALHO G. S., 1994 – How can the Holocene help to understand coastal zone evolution? Proceedings of the Second International Symposium – Littoral 94, Setembro, Lisboa 1:149-167, Associação EUROCOAST-PORTUGAL, Porto

- GRIFFITHS J. C., 1967 – Scientific methods in analysis of sediments. McGraw-Hill Book Company, p. 508, New York
- HENRIQUES R., 1998 – Propostas metodológicas para a monitorização das zonas costeiras. Aspectos sedimentológicos. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade de Engenharia do Porto, p. 185
- HENRIQUES R., 2003 – SEDMAC/SEDPC: programa informático de apoio à análise dimensional de populações detríticas (em publicação)
- INMAN M. L., 1952 – Measures for describing the size distribution of sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 22(3):125-145
- KRUMBEIN W. C., 1934 – Size frequency distribution of sediments. *Journal of Sedimentary Petrology* 4:65-77
- KRUMBEIN W. C., 1938 – Size frequency distribution of sediments and the normal phi curve. *Journal of Sedimentary Petrology* 8:84-90
- KRUMBEIN W. C. e PETTIJOHN F. J., 1938 – Manual of Sedimentary Petrology. Appleton-Century-Crofts, p. 549, New York
- LEWIS D. W. e MCCONCHIE D., 1994a – Practical Sedimentology. Chapman e Hall, 2^a ed., p. 213, New York
- LEWIS D. W. e MCCONCHIE D., 1994b – Analytical Sedimentology, Chapman e Hall, p. 197, New York
- MASON C. C. e FOLK R. L., 1958 – Differentiation of beach, dune and eolian flat environment by size analysis. *Journal of Sedimentary Petrology* 28(2):211-226
- MCLANE M., 1995 – Sedimentology, Oxford University Press, p. 423, New York
- OTTO G. H., 1938 – The sedimentation unit and its use in field sampling. *Journal of Geology* 46:5569-582
- SELLEY R. C., 2000 – Applied Sedimentology, Academic Press, p. 521, 2^a ed., San Diego
- SYVITZKI J. P. M. (ed), 1991 – Principles, methods, and application of particle size analysis. Cambridge University Press, p. 368
- SYVITZKI J. P. M., ASPREY K. W. e CLATTENBURG D. A., 1991 – Principles, design and calibration of settling tubes. In Syvitzki J. P. M. (ed), Principles, methods and application of particle size analysis, Cambridge University Press, p. 45-63
- TUCKER M., 1988 – Techniques in Sedimentology, Blackwell Scientific Publications, p. 394. Oxford
- TUCKER M. E., 2001 – Sedimentary Petrology. An Introduction to the origin of sedimentary rocks. Blackwell Science, p. 262, Oxford
- TUCKER M., 2002 – Fifty years of IAS and *Sedimentology* ..., Newsletter IAS (International Association of Sedimentologists), 178:3-4