

ANÁLISE DIMENSIONAL DE SEDIMENTOS FLUVIAIS: FORMAÇÃO DE ALVARÃES E DEPÓSITOS DE TERRAÇOS DA BACIA DO RIO LIMA (NW DE PORTUGAL)

M. I. CAETANO ALVES *

Resumo

Trata-se dum estudo das distribuições dimensionais de sedimentos fluviais Plio-Quaternários do NW de Portugal pertencendo: à Formação de Alvarães (enchimento da «bacia de Alvarães»), aos depósitos dos terraços do rio Lima e depósitos dos terraços dos afluentes deste rio. As distribuições dimensionais foram obtidas por: crivagem dos sedimentos >62µm num agitador mecânico de tipo RO-TAP, segundo uma escala dimensional com intervalos iguais a V2, e pipetagem das suspensões <62µm com a pipeta de Andreasen. A interpretação é baseada nos parâmetros estatísticos média, desvio padrão, assimetria e curtose, calculados segundo as fórmulas de FOLK-WARD (1957), e diagramas CM (PASSEGA 1957).

Palavras-chave: Distribuição dimensionais, parâmetros estatísticos, diagramas CM, fluvial, rio Lima, Formação de Alvarães, Plio-Quaternário, Minho, NW de Portugal.

Abstract

Grain size analysis of fluvial sediments: the Alvarães formation and the terrace deposits of the Lima river basin (NW Portugal). This is a grain size study of NW Portugal Plio-Quaternary fluvial sediments. The Alvarães Formation represents the sedimentary filling of the Alvarães basin, which is an important non-metallic reserve (kaolin, common and special clays, special sands). The terrace deposits of the studied Lima river basin occur in the terminal section of this basin; they are terraces deposits of the Lima river and terraces deposits of its tributaries. The particle grain size measurements were obtained by: sieving the particles >62µm on a RO-TAP equipment, following a V2 grade scale, and pipetting the particles <62µm with Andreasen pipette. The interpretation is based on the statistical parameters, graphic mean (Mz0), inclusive graphic standard deviation (si), inclusive graphic skewness (Ski), graphic kurtosis (KG), computed following the formulas of FOLK-WARD (1957), and on the CM diagrams (PASSEGA 1957).

Key-words: Grain size parameters, CM diagram, fluvial, Lima river, Alvarães Formation, Pliocene-Quaternary, Minho, NW Portugal.

1. INTRODUÇÃO

A Formação de Alvarães representa o enchimento sedimentar da «bacia de Alvarães», localizada no concelho de Viana do Castelo entre os rios Lima e Neiva (Fig. 1), conhecida como um importante jazigo de caulino (sedimentar e residual), barro vermelho, barro refractário e mais recentemente como fonte de areias especiais. O rio Lima é um dos principais rios minhotos (Fig. 1); na sua parte vestibular conservam-se os depósitos dos terraços deste rio e também de alguns dos seus afluentes. Em estudos anteriores (ALVES, 1995a, 1995b, 1996, 1997; PEREIRA & ALVES, 1993) foram reconhecidos quatro níveis de terraços na bacia do rio Lima, tendo sido apresentada uma proposta cronoestratigráfica de enquadramento regional destes e dos depósitos fluviais de Alvarães. Os sedimentos estudados pertencem a depósitos fluviais atribuídos ao Plio-Quaternário da região Minho (TEIXEIRA *et al.*, 1969, 1972, 1979; BARBOSA, 1983-85; ALVES, 1995a, 1995b, 1996, 1997; ZBYSEWSKI, 1958), assentes sobre granitos hercínicos de duas micas sinorogénicos que metamorfizaram metassedimentos do Paleozóico (TEIXEIRA *et al.*, 1969, 1972; DIAS, 1984, 1987; FERREIRA *et al.*, 1987; PEREIRA *et al.*, 1989; SIMÕES, 1992).

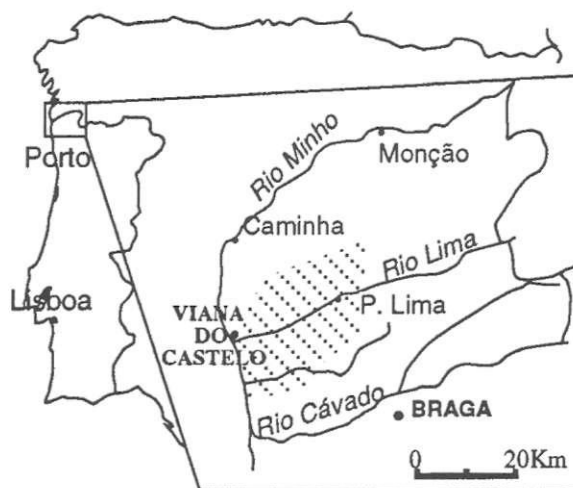


Fig. 1 — Localização da área estudada.
Fig. 1 — Location of the studied area.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A amostragem na bacia do rio Lima exclui o enchimento do actual leito de inundação deste rio e seus afluentes (Fig. 2), tendo-se separado nos resultados

* Departamento de Ciências da Terra, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4709 Braga Codex, Portugal
E-mail: icaetano@ci.uminho.pt

analíticos as amostras dos terraços do rio Lima das dos terraços de afluentes; é de referir também que algumas das manchas cartografadas na bacia do rio Lima não possuem espessura que permita a sua

amostragem. O número de amostras relativo à Formação de Alvarães é significativamente maior, resultante da maior extensão e espessura dos afloramentos (Fig. 3).

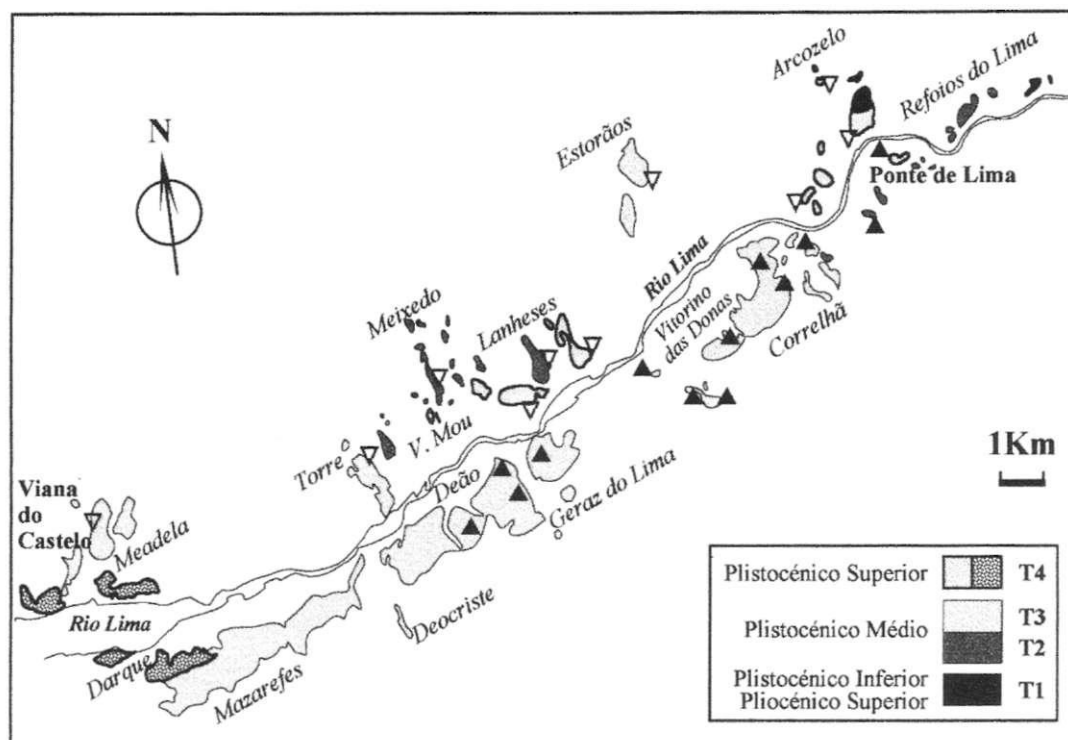


Fig. 2 — Localização da amostragem nos depósitos de terraços da bacia do rio Lima (ALVES, 1995a modificado). Triângulos a preto — terraços do rio Lima; triângulos a branco — terraços dos afluentes; a pontuação grosseira estão representados terraços marinhos.

Fig. 2 — Sample location in the terraces deposits of the Lima river basin (modified from ALVES, 1995a). Black triangles — Lima river terraces; white triangles — tributaries terraces; dotted pattern — marine terraces.

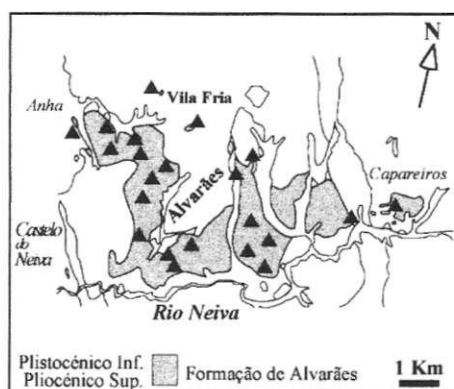


Fig. 3 — Localização da amostragem sobre um esboço geológico da Formação de Alvarães (ALVES, 1995a modificado).

Fig. 3 — Sample location in the Alvarães Formation (modified from ALVES, 1995a).

As distribuições dimensionais foram obtidas por: crivação dos sedimentos $>62\mu\text{m}$ num agitador mecâ-

nico de tipo RO-TAP, segundo uma escala dimensional com intervalos iguais a $\sqrt{2}$, e pipetagem das suspensões $<62\mu\text{m}$ dispersadas com hexametáfosfato de sódio, utilizando a pipeta de Andreasen e tempos de colheita calculados segundo a lei de Stokes.

3. CLASSIFICAÇÃO DIMENSIONAL

As principais classes dimensionais (seixo, areia, limo e argila) estão sempre presentes nestes sedimentos; a sua proporção relativa pode ser avaliada pelos domínios ocupados no diagrama de classificação da Fig. 4. A dimensão areia (LANE *et al.*, 1947) é dominante mas ocorre sempre associada a outras, quer maiores, areão e seixos pequenos, quer menores, limo e argila. Segundo a classificação proposta por FOLK (1954) os sedimentos variam desde cascalhos arenolodosos (C) a areias lodosas (F, I e M) e lodos arenosos (J e N) com e sem vestígios de seixos.

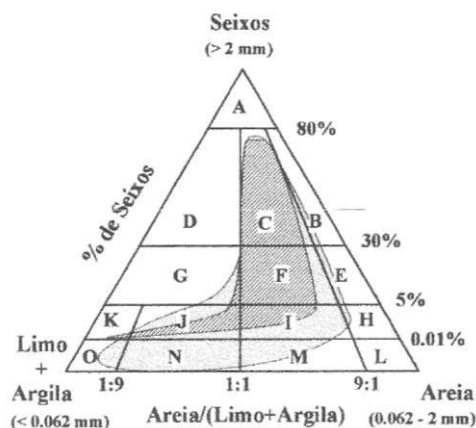


Fig. 4 — Classificação textural baseada em FOLK (1954). Trama com linhas oblíquas — depósitos de terraços da bacia do rio Lima; outra — formação de Alvarães.

Fig. 4 — Textural classification based on FOLK (1954). Oblique lines — terraces deposits of the Lima river basin; other — Alvarães Formation.

Os sedimentos da Formação de Alvarães distinguem-se pela maior densidade de pontos abaixo do limite 5% de seixos (domínios I, J, M, N e O). As dimensões mais pequenas, limo e argila, estão presentes em todas as amostras como matriz, mas como camadas de lodo (domínio O) existem somente na Formação de Alvarães.

Na fracção grosseira, fracção entre 16 e 180mm, dominam as dimensões de 16 a 32mm; ou seja, os cascalhos presentes são constituídos por elementos predominantemente finos, seixos pequenos grosseiros (LANE *et al.*, 1947). Em frequência relativa média as classes 16-22mm e 22-32mm encontram-se em proporções semelhantes nos depósitos dos terraços do rio Lima, nos depósitos de terraços dos afluentes do Lima são ligeiramente mais frequentes as dimensões 22-32mm e na Formação de Alvarães domina a classe 16-22mm; a média do somatório destas classes é respectivamente 77%, 73% e 86% (ALVES, 1995a). A distribuição das restantes classes dimensionais da fracção grosseira é semelhante.

4. PARÂMETROS ESTATÍSTICOS FOLK-WARD

A descrição, interpretação das fácies e reconstituição dos mecanismos sedimentares são facilitadas pela utilização de parâmetros estatísticos, calculados sobre as distribuições dimensionais dos sedimentos. Os parâmetros e fórmulas de cálculo variam segundo os autores. Neste estudo aplicam-se os parâmetros estatísticos média (MZ0), desvio padrão (sj), assimetria (Skj) e acuidade (KG), calculados segundo as fórmulas propostas por FOLK & WARD (1957),

tendo-se optado pela interpretação baseada na projecção destes parâmetros em diagramas ortogonais (Fig- 5).

A dispersão das amostras no diagrama média-desvio padrão realça dois aspectos importantes: primeiro, a nuvem de pontos ocupa um intervalo muito aberto nos valores da média, devido à grande variação dimensional existente nos depósitos; segundo, a maioria das amostras apresenta valores que ultrapassam 1,5 (calculado em unidades 0), reflectindo o carácter pouco a muito fracamente calibrado destes sedimentos. As manchas delineadas (Fig. 5) formam um «V» invertido, cujos lados se definem aproximadamente desde -2 a +20, e de +2 a 80, traçado pelas amostras com valores crescentes da média e simultaneamente do desvio padrão até um máximo no vértice do «V», cerca de 4,5 de desvio padrão, diminuindo este parâmetro a partir daí.

FOLK & WARD (1957) ao estudarem os sedimentos do rio Brazos concluíram que nas amostras localizadas nos extremos do «V» invertido, possuidoras dos menores valores de desvio, a dimensão da média coincidia com a dimensão das modas dominantes nos sedimentos; geologicamente, estas dimensões indicam as modas do material fornecido pelas áreas mãe e os respectivos valores de desvio padrão a selecção individual destas fracções (ob. cit.). As distribuições com valores de desvio padrão mais elevados projectavam-se no vértice do «V» invertido, e apresentavam valores de média iguais à média aritmética das dimensões das duas modas; estes valores do desvio padrão foram interpretados como o resultado da interacção entre as dimensões do material fornecido pela fonte e a eficácia da acção de calibragem por parte do agente de transporte, sobre aquele mesmo material (ob. cit.). Nos sedimentos estudados o declive dos braços do «V» invertido é semelhante, distribuindo-se os pontos preferencialmente no lado mais grosseiro do «V». Em termos gerais pode-se afirmar que as áreas mãe forneceram populações de: partículas grosseiras pouco a muito fracamente calibradas numa gama dimensional variada (-20 a +10), visível pela largura da extremidade inferior do braço esquerdo do «V»; e partículas finas (dimensão limo-argila), ligeiramente mais seleccionadas (fracamente calibradas). As condições de transporte/deposição destas populações detríticas permitiram a mistura destes materiais, resultando daí o aumento do desvio padrão visível nestes sedimentos.

Nos diagramas média-assimetria (Fig. 5) distinguem-se algumas particularidades: existe um claro predomínio de sedimentos com grande assimetria positiva; as distribuições simétricas são pouco frequentes; na Formação de Alvarães a curva de regressão marca um mínimo secundário da assimetria relativo aos sedimentos de média <0,00.

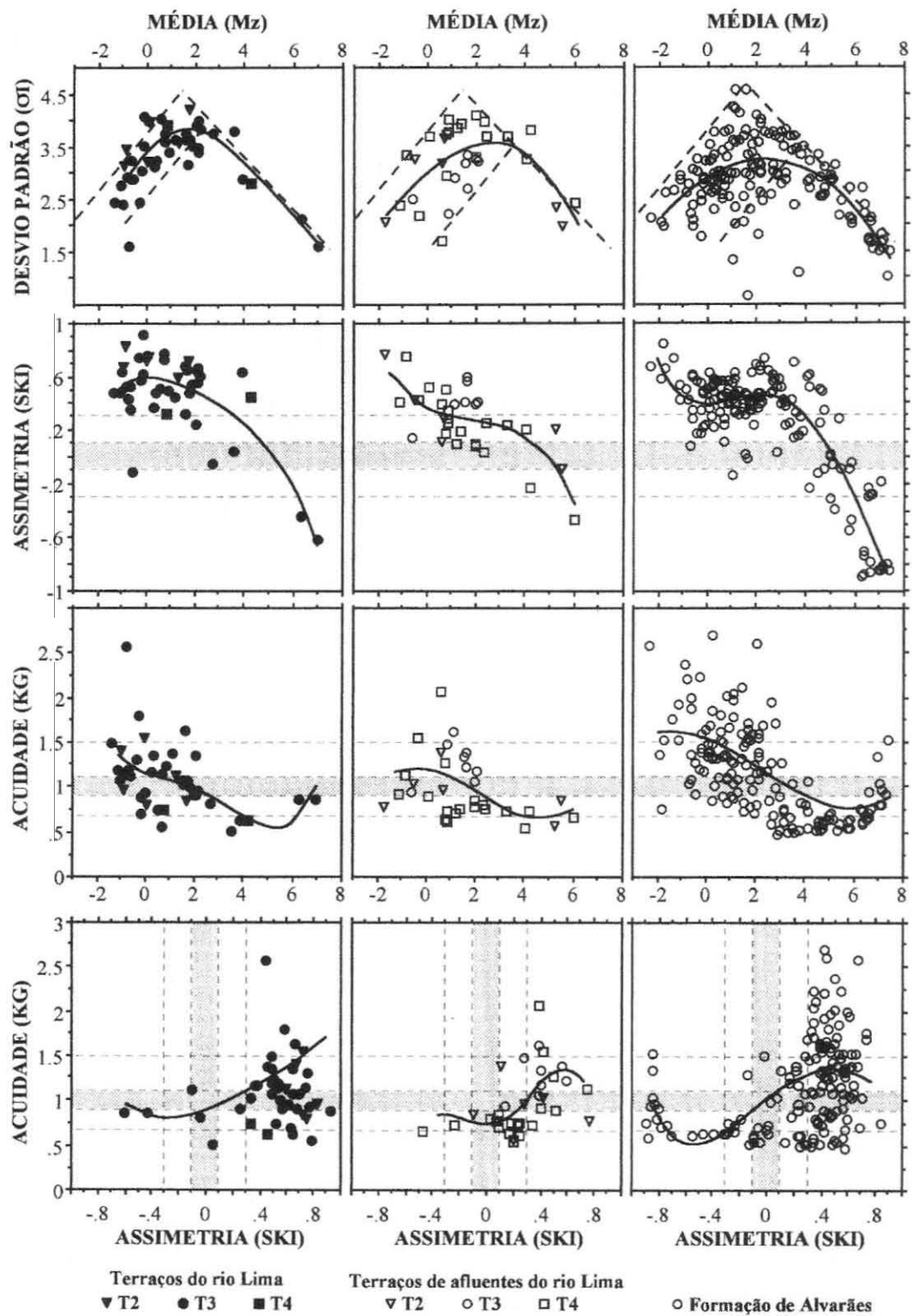


Fig. 5 — Diagramas ortogonais entre os parâmetros estatísticos e respectivas curvas de regressão (traço a cheio); assinalados a sombreado os domínios de distribuições granulométricas normais, baseados em FOLK & WARD (1957).

Fig. 5 — Scatter plots of statistical parameters (FOLK & WARD, 1957); pattern-filled area defines the range of the normal curve.

No conjunto as amostras distribuem-se desde valores de grande assimetria positiva, sedimentos de média mais grosseira, aos de grande assimetria negativa relativos aos sedimentos mais finos; o parâmetro assimetria é influenciada pela média, sendo uma função desta.

Por sua vez a acuidade como parâmetro que avalia a «normalidade» da distribuição, mede a relação entre a selectividade nos extremos da distribuição e a selectividade na parte central. A dispersão dos pontos para valores de acuidade muito superiores a 1,00, é sintoma de que à moda principal são adicionadas pequenas proporções doutra, 3 a 10% (FOLK & WARD, 1957), diminuindo a calibragem na cauda mas mantendo a boa calibragem na parte central da distribuição dimensional. Com o aumento na proporção desta moda subordinada, a distribuição adquire valores cada vez menores para a acuidade; quando as duas modas ocorrerem em quantidades aproximadamente semelhantes (qualquer proporção entre 25:75 e 75:25) origina-se um sedimento bimodal, a acuidade terá o seu valor mais baixo ($KG < 0,67$) e a curva dimensional será muito platicúrtica. Aumentando a proporção da moda subordinada gera-se uma inversão proporcional, e paralelamente um trajecto inverso ao descrito, culminando na outra situação extrema. Assim, quando a segunda moda atingir ou ultrapassar 90% das partículas no sedimento a curva torna-se novamente muito leptocúrtica (ob. cit.). Nos diagramas média-acuidade representados na Fig. 5 as amostras descrevem no seu conjunto este trajecto; a densidade de pontos para valores de média inferiores a +30, reflecte, mais uma vez, o predomínio duma população grosseira na maioria destes sedimentos. As curvas muito platicúrticas são mais frequentes na Formação de Alvarães, ocorrendo nas amostras com valores de média desde +3 a +7,50; a bimodalidade parece assim estar presente nas camadas mais finas, de areia a lodo.

Pelo que foi anteriormente descrito entende-se que a assimetria e acuidade são parâmetros sensíveis às proporções das modas presentes no sedimento. Projectando a assimetria versus acuidade verifica-se que a maioria das amostras figura fora dos domínios de distribuições «normais» (domínios sombreados, Fig. 5); os pontos projectados ocupam domínios semelhantes nos três diagramas. Com excepção de duas amostras de Alvarães as curvas aproximadamente simétricas e as mesocúrticas não pertencem a sedimentos unimodais. A aparente distribuição «normal» deve-se à mistura de partículas dum grande intervalo dimensional como se pode avaliar pelos valores de desvio padrão (diagramas média-desvio padrão, Fig. 5); as curvas mesocúrticas apresentam na realidade caudas, a maioria das vezes devido à presença de partículas mais finas. Os diagramas assimetria-

acuidade evidenciam não só a presença de mais que uma população dimensional, geralmente uma mais abundante sempre acompanhada por uma outra subordinada de dimensões opostas, mas simultaneamente a variação proporcional entre as modas; assim, as curvas adquirem uma grande assimetria positiva ou negativa, consoante a população dominante seja respectivamente grosseira ou fina, variando a acuidade desde muito platicúrtica a muito leptocúrtica, directamente relacionada com a abundância relativa entre as populações presentes. A maioria das amostras possui grande assimetria positiva, reflexo do excesso de fracção grosseira sobre a fina; somente um pequeno número de amostras da Formação de Alvarães e muito poucas dos terraços do rio Lima e terraços de afluentes apresentam grande assimetria negativa, representando a situação inversa. As distribuições muito platicúrticas e platicúrticas correspondem a sedimentos com mais que uma moda, e são por isso pior calibradas que as muito leptocúrticas, nas quais existe uma população dominante bem calibrada e outra subordinada menos calibrada, que constitui a cauda da distribuição. *

5. DIAGRAMAS CM (PASSEGA)

O leque de dimensões presente nos sedimentos depende entre outros factores do ambiente e condições de deposição das partículas detríticas. O diagrama logarítmico CM (PASSEGA, 1957) permite, com um pequeno número de amostras dos sedimentos dum determinado ambiente, interpretar a distribuição dos pontos, referentes aos pares de valores do 1.º centil (C) e da mediana (M), como produto do processo de deposição e principalmente do agente deposicional. Na Fig. 6 estão representados diagramas CM construídos com os pares dos valores do percentil 5 (5C) e da média (MZ). A utilização do valor 5C, admitida por PASSEGA (1957), deve-se ao facto de que durante a obtenção dos resultados da composição dimensional o crivo de maior dimensão utilizado ter sido o de 8mm e, nas amostras com maior frequência de partículas com dimensões superiores àquela, o primeiro valor na análise dimensional ser superior a 1%, nalgumas ainda superior a 5%. Por este mesmo motivo as amostras mais grosseiras, nas quais o primeiro valor da curva dimensional é superior a 5%, foram projectadas naqueles diagramas (Fig. 6) assumindo como 8mm o valor de 5C. Relativamente à projecção da média em lugar da mediana, RIVIÈRE (1977) afirma que existe uma correlação estatística linear muito elevada entre a mediana e a média, tendo-se optado por esta última.

Os diagramas (Fig. 6) indicam, em todos os casos, existência de correntes tractivas, capazes de transportar a carga quer por rolamento quer por suspensão.

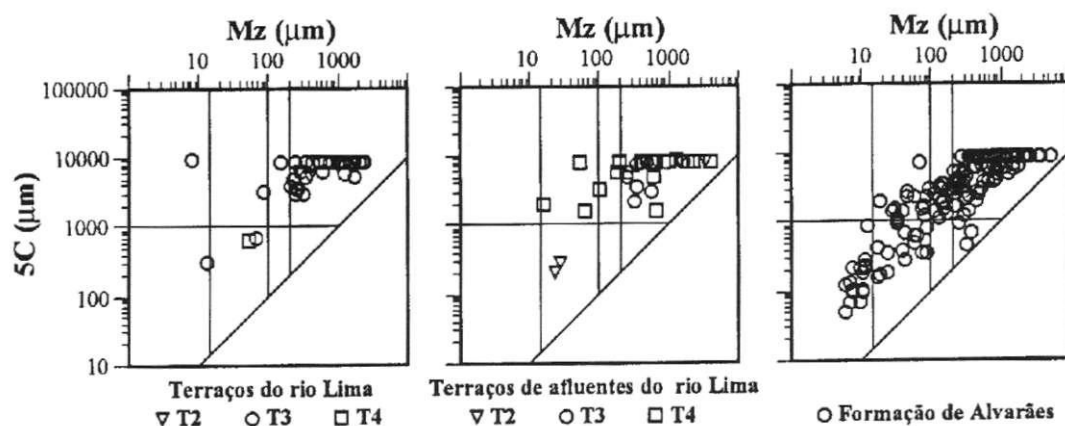


Fig. 6 — Imagem dimensional representada em diagramas C-M (PASSEGA, 1957; 1964; 1977; modificado) divididos segundo os limites dos tipos dimensionais de sedimentos (PASSEGA & BYRAMJEE, 1969).

Fig. 6 — Grain size image in CM diagrams (PASSEGA, 1957, 1964, 1977, PASSEGA & BYRAMJEE, 1969).

Os sedimentos dos terraços do rio Lima e dos terraços dos seus afluentes concentram-se no lado grosso (>125μm); estes diagramas CM (PASSEGA, 1957, 1964, 1977) são típicos das situações de transporte na secção principal do canal, onde o material mais grosso, média superior a 8mm nos terraços dos afluentes do rio Lima e superior a 5mm nos terraços do rio Lima, é transportado por rolamento e o restante, até cerca de 2,5mm, por suspensão graduada e rolamento junto ao leito. Os sedimentos finos, depósitos de suspensão graduada nítida são raros.

Na Formação de Alvarães é clara a independência entre os dois tipos de transporte, rolamento e suspensão. A maioria destes sedimentos apresentam valores de 5C proporcionais à média, definindo nitidamente um segmento QR, situação típica de transporte em suspensão graduada (PASSEGA, 1957, 1964, 1977). A corrente teve competência suficiente para transportar partículas grosseiras em suspensão, pelo menos temporariamente e provavelmente junto ao leito. Os valores máximo e mínimo para o segmento QR indicam a perda gradual de velocidade de modo a formar depósitos desde cascalho a limo muito fino; os materiais mais grosseiros, definindo um segmento PON horizontalizado, foram provavelmente deslocados por rolamento sobre o leito.

6. DIMENSÃO DOS SEDIMENTOS: SEU SIGNIFICADO DINÂMICO

A distribuição dimensional observada nos sedimentos é o resultado da interacção entre as dimensões das partículas fornecidas pela área de alimentação e as características do fluido de transporte, em particular a sua competência e regime.

A análise das distribuições dimensionais e respectivos parâmetros permitiu anotar dois factos: foi fornecido a estes depósitos um grande leque dimensional de partículas, desde seixos a argila; na maioria das vezes elas integram depósitos cujos sedimentos finais apresentam pior calibragem que os materiais de origem. O distanciamento dimensional entre as populações fornecidas pelas áreas-fonte é apreciado pelos valores extremos da assimetria e curtose, sendo o aumento nos valores de desvio padrão dos depósitos finais indicador da fraca selectividade do meio de transporte (FOLK & WARD, 1957), sujeito a flutuações de energia (ROYSE, 1968).

Nos rios identificam-se três modos de transporte: os grãos mais grosseiros (<+1,00) e por vezes entre +1,0 e +2,00 deslizam ou rolam; a saltação é activa em duas populações de partículas, uma grosseira entre +1,0 e +2,00 e outra mais fina entre +2,8 e +4,00; e a suspensão afectando grãos >+2,80 principalmente partículas >+4,00 (FRIEDMAN, 1967). Na realidade, durante a maior parte do tempo todo este material circula no canal, movimentando-se paralelamente entre si; em períodos de cheia são deslocados os clastos muito grandes e, simultaneamente, as águas podem alcançar a planície aluvial, depositando aí grande parte dos finos.

No diagrama média-desvio padrão o lado mais grosso do «V» diz respeito à deposição da carga de fundo, com crescente contributo da carga de suspensão posteriormente depositada em estádios de menor competência da corrente, e o outro lado à deposição do material fino da suspensão graduada. Por este motivo, a maioria das distribuições dimensionais das amostras estudadas possuem caudas referentes às fracções grosseiras e finas, que se identificam pelos valores da assimetria, respectivamente inferiores a

-0,10 e superiores a +0,10. Estas distribuições são típicas do meio fluvial, pois dada a proximidade da fonte os rios transportam frequentemente elementos grosseiros; além disso, a carga em suspensão é constituída por grande quantidade de sedimentos inferiores a 62µm, que podem ser ou não depositados na totalidade, mas dos quais estão sempre presentes vestígios (FRIEDMAN, 1967). Nestas condições, a Formação de Alvarães destaca-se por conter maior proporção de partículas inferiores a 62µm, o que poderá significar maior fornecimento destas dimensões e/ou condições de transporte e deposição diferentes das responsáveis pela génese dos depósitos de terraços na bacia do rio Lima.

Os diagramas CM mostram que o carácter bimodal, manifestado na maioria dos sedimentos pela tendência platicúrtica da curva de distribuição dimensional, se deve à mistura entre grãos transportados em suspensão e outros maiores como seixos rolados. As partículas sujeitas a rolamento devem ter-se depositado quer relativamente perto da fonte, principalmente no caso dos sedimentos dos terraços dos afluentes do rio Lima, quer num ambiente onde a deposição por suspensão foi escassa (PASSEGA & BYRAMJEE, 1969), o que parece ter acontecido nos depósitos de terraços do rio Lima. Na Formação de Alvarães existe gradação contínua entre material transportado por rolamento e por suspensão, com particular realce para o carácter de suspensão graduada bem evidenciado. Estes sedimentos devem ter sido depositados sob um fluxo, cuja energia atingiu níveis ainda mais baixos que os mínimos atingidos nos fluxos geradores dos depósitos de terraços na bacia do rio Lima.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor G. Soares de Carvalho, Professor jubilado da Universidade do Minho, pela cedência do programa informático que permitiu os cálculos dos parâmetros estatísticos Folk-Ward, e ao Centro de Informática da Universidade do Minho pelo apoio informático durante a utilização do referido programa. Ao Sr. José Luís Nunes, técnico de laboratório do Departamento de Ciências da Terra da UM, pela execução das crivações e pipetagens.

BIBLIOGRAFIA

- ALVES, M. I. C. (1995a)—*Materiais Plio-Quaternários do Alto Minho. Produtos de meteorização e depósitos fluviais na bacia do rio Lima e região de Alvarães*, Braga, ed. da autora, Tese de doutoramento, Univ. do Minho, 277p.
- ALVES, M. I. C. (1995b)—«Terraços fluviais do Alto Minho: bacia do rio Lima e depósitos de Alvarães», *Memórias Mus. Lab. Min. Geol.* Univ. Porto, 4, 395-399.

- ALVES, M. I. C. (1996)—«O Plio-quaternário das bacias do rio Lima e rio Neiva. Minho, NW de Portugal», in A. PEREZ ALBERTI et al. (eds.), *Dinâmica y Evolución de Médios Cuaternarios*, 261-272.
- ALVES, M. I. C. (1997)—«Visita aos depósitos de Alvarães (Viana do Castelo, Portugal)», I Jornadas do Quaternário de Portugal, Braga, 1-7.
- BARBOSA, B. P. (1983-85)—«Origem e idade dos caulinos portugueses em granitos», *Boletim das Sociedade Geológica de Portugal*, 24, 101-105.
- DLAS, G. T. (1984)—«Granitos hercínicos sintectónicos da área de Ponte de Lima (Norte de Portugal)— evolução geoquímica», *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol., Univ. Coimbra, 98, 9-33.
- DIAS, G. T. (1987)—*Mineralogia e petrologia de granitos hercínicos associados a mineralizações filonianas de Sn-W (Minho, Portugal)*, Braga, ed. da autora, Tese de doutoramento, Univ. do Minho, 304p.
- FERREIRA, N.; IGLESIAS, M.; NORONHA, E.; PEREIRA, E.; RIBEIRO, A.; RIBEIRO, M. L. (1987)—«Granitoides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico», in ed. RUEDA, *Geologia de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hesperico, Libro de Homenaje a L. C. GARCIA FIGUEIROLA*, Madrid, 37-51.
- FOLK, R. L. (1954)—«Distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature», *Jour. Geology*, 62, 345-351.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. (1957)—«Brazos River Bar: A study in the significance of grain size parameters», *Journal of Sedimentary Petrology*, 27 (1), 3-26.
- FRIEDMAN, G. M. (1967)—«Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands», *Journal of Sedimentary Petrology*, 37 (2), 337-354.
- LANE, E. W.; BROWN, C.; GIBSON, G. C.; HOWARD, C. S.; KRUMBEIN, W. C.; MATTHES, G. H.; RUBEN, W. W.; TROWBRIDGE, A. C.; STRAUB, L. G. (1947)—«Report of the Subcommittee on sediment terminology», *Transactions American Geophysical Union*, 28(6), 936-938.
- PASSEGA, R. (1957)—«Texture as characteristic of clastic deposition», *Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geologists*, 41(9), 1952-1984.
- PASSEGA, R. (1964)—«Grain size representation by CM patterns as a geological tool», *Journal of Sedimentary Petrology*, 34(4), 830-847.
- PASSEGA, R. (1977)—«Significance of CM diagrams of sediments deposited by suspensions», *Sedimentology*, 24, 723-733.
- PASSEGA, R.; BYRAMJEE, R. (1969)—«Grain-size image of clastic deposits», *Sedimentology*, 13, 233-252.
- PEREIRA, D. M. I.; ALVES, M. I. C. (1993)—«Estudo exoscópico de grãos de quartzo de depósitos de origem fluvial do Minho (Portugal)», *Actas da 2ª Reunião do Quaternário Ibérico*, 1989, Madrid, 111-118.
- PEREIRA, E.; RIBEIRO, A.; CARVALHO, G.; MONTEIRO, H. (1989)—«Carta geológica de Portugal, folha 1, escala 1/200 000», Serviços Geológicos de Portugal.
- RIVIÈRE, A. (1977)—*Méthodes granulométriques. Techniques et interprétations*), ed. MASSON.
- ROYSE Jr, C. F. (1968)—«Recognition of fluvial environments by particle-size characteristics», *Journal of Sedimentary Petrology*, 38 (4), 1171-1178.
- SIMÕES, P. M. M. P. (1992)—*Caracterização petrográfica, mineralógica e geoquímica de granitos de duas micas da região de Viana do Castelo-Vila Praia de Âncora (NW de Portugal)*, Braga, ed. do autor, Provas A. P. C. C., Univ. do Minho, 157 p.