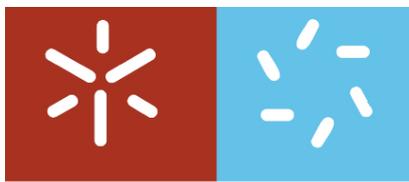




Universidade do Minho
Escola de Ciências

Vânia Rita Monteiro Gonçalves de Oliveira

O Ambiente Fluvial.
Perspectiva Geomorfológica e
Sedimentológica.
Exemplos na bacia do rio Neiva



Universidade do Minho

Escola de Ciências

Vânia Rita Monteiro Gonçalves de Oliveira

**O Ambiente Fluvial.
Perspectiva Geomorfológica e
Sedimentológica.
Exemplos na bacia do rio Neiva**

Tese de Mestrado
Ciências do Ambiente, Ramo Qualidade Ambiental

Trabalho efectuado sob a orientação de
Professora Doutora M. Isabel S. R. Caetano Alves

Outubro, 2007

DECLARAÇÃO

Nome: Vânia Rita Monteiro Gonçalves de Oliveira

Endereço electrónico: vani-vani@portugalmail.com

Telefone: 964980538

Número do Bilhete de Identidade: 11433325

Título dissertação/tese:

O Ambiente Fluvial. Perspectiva Geomorfológica e Sedimentológica. Exemplos na bacia do rio Neiva.

Orientadora:

Professora Doutora M. Isabel S. R. Caetano Alves

Ano de conclusão: 2007

Designação do Mestrado:

Mestrado em Ciências do Ambiente, Ramo Qualidade Ambiental

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura: _____

Agradecimentos

À minha orientadora, Professora Doutora Isabel Caetano Alves, que, pela sua forma crítica, criativa e exigente me encaminhou e facilitou o alcance dos meus objectivos. Agradeço ainda a sua amizade, disponibilidade irrestrita e o estímulo constante.

Aos meus pais, pela sólida formação e por todas as oportunidades que me têm proporcionado ao longo destes anos. Agradeço também todo o apoio, carinho e compreensão que sempre me transmitiram.

À minha irmã, Sara, pela sua compreensão silenciosa, alegria e boa disposição ao longo de todo este tempo.

A todos os meus amigos por suportarem pacientemente uma pessoa distante e por me terem proporcionado momentos de descontração no decorrer deste trabalho.

Agradeço à Professora Doutora Filomena Louro as sugestões de correcção ao abstract.

A todos o meu muito obrigada.

Este trabalho foi desenvolvido no Núcleo de Ciências da Terra da Universidade do Minho e no Centro de Ciências da Terra (FCT), unidade de investigação inserida no Programa de Financiamento Plurianual da FCT, inscrito no Programa Operacional, Tecnologia e Inovação (POCTI) inserido no III Quadro Comunitário de Apoio, co-financiado pelo Governo Português e pela União Europeia, através do Fundo Europeu para o Desenvolvimento Regional (FEDER).

O Ambiente Fluvial. Perspectiva Geomorfológica e Sedimentológica. Exemplos na bacia do rio Neiva.

Vânia Oliveira, 2007, Tese de Mestrado, Universidade do Minho.

Resumo

A área de trabalho desta dissertação é o rio Neiva. O rio Neiva foi estudado a várias escalas, tendo sido descrito: o traçado do rio, em planta, a forma da secção transversal e a geometria longitudinal; as características morfológicas do canal, identificando os tipos de canal; a morfologia e as características sedimentológicas dentro do canal.

No trabalho de campo foram: identificados, descritos e classificados os tipos de canais; seleccionados os sectores no rio Neiva representativos da variedade de canais; colhidas amostras de sedimentos no leito do rio. Na classificação dos tipos de canal aplicaram-se as classificações de Montgomery & Buffington (1997) e de Rosgen (1994, 1996). O estudo sedimentológico incluiu: a análise granulométrica; a composição, litológica e mineralógica obtidas por observação macroscópica e à lupa binocular; as medições necessárias para cálculo do índice de desgaste; a interpretação parcial e conjunta dos dados.

A integração das observações de campo, a interpretação geomorfológica e sedimentológica mostraram que o rio Neiva apresenta ao longo do seu percurso vários tipos de canal, repetindo alguns tipos a partir de Azenhas do Neiva (Panque), local de rotura de declive nítida no perfil longitudinal e de mudança na composição das barras fluviais.

A metodologia utilizada é útil em estudos de monitorização e de reabilitação fluvial e de áreas ribeirinhas.

Palavras-chave: Rio Neiva, geomorfologia, sedimentologia.

The Fluvial Environment. A Geomorphological and Sedimentological Study. Examples in the Neiva river basin.

Vânia Oliveira, 2007, MSc. Thesis, University of Minho.

Abstract

The study object in this dissertation is the Neiva river. This river was studied and described at various degrees: the river course, in chart, the shape of the cross section and longitudinal geometry, the morphological characteristics of the channel, identifying the types of channel, the morphology and sedimentological characteristics within the channel. The fieldwork identified, collected, described and classified the following features: the types of channels; selected river sectors representative of the variety of channels; samples of sediment in the river bed. To classify the types of channel the classifications of Montgomery & Buffington (1997) and Rosgen (1994, 1996) were used. The sedimentological study included: the analysis of size, the mineralogical and lithological composition obtained by macroscopic observation and binocular microscope; the measurements needed to calculate the roundness index, the partial and joint interpretation of data. The integration of the field observations, the geomorphological and sedimentological interpretation showed that the Neiva river presents along its course various types of channels; some types reappear downstream from Azenhas of Neiva (Panque), a place of rupture featuring a knick in longitudinal profile and change in the composition of the river bars. This methodology is useful in studies of monitoring and rehabilitation of river and riparian areas.

Key-words: Neiva River, geomorphology, sedimentology.

Índice geral

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	iv

CAPÍTULO 1 – Introdução 1

1.1. Apresentação do tema de tese	1
1.2. Objectivos	2
1.3. Metodologia de trabalho	3

CAPÍTULO 2 – A bacia do rio Neiva - Descrição das principais características..... 5

2.1. Localização geográfica.....	5
2.2. Geologia e geomorfologia	6
2.2.1. Enquadramento geológico.....	6
2.2.2. Enquadramento geomorfológico.....	11
2.3. Clima	15
2.4. Recursos hídricos e qualidade das águas.....	16
2.5. Ocupação pelo homem	17
2.6. Tipos de solo, vegetação e agricultura	18
2.7. Ecossistemas ripícolas	20

CAPÍTULO 3 – O sistema fluvial..... 23

3.1. Escalas de análise: temporal e espacial.....	23
3.2. Bacia, rede e padrão de drenagem	25
3.3. Zonamento morfológico do sistema fluvial.....	27
3.4. Controlos da morfologia e variabilidade fluviais.....	29
3.5. Classificação dos sistemas fluviais.....	33
3.5.1. Classificação de SHUMM	34

3.5.2. Classificação de MONTGOMERY & BUFFINGTON	38
3.5.3. Classificação de ROSGEN.....	42
3.5.4. Diferenças entre as classificações de ROSGEN e de MONTGOMERY & BUFFINGTON	46
3.5.5. Correspondência entre as classificações de ROSGEN e de MONTGOMERY – BUFFINGTON	46

CAPÍTULO 4 – O rio Neiva – Características geomorfológicas e sedimentológicas49

4.1. O rio Neiva, da nascente à foz	49
4.2. Tipos de canais e controlos	69
4.3. Tipos de canais	73
4.4. Classificação do rio Neiva quanto ao tipo de canal	76
4.4.1. Aplicação da classificação de MONTGOMERY– BUFFINGTON	76
4.4.2. Aplicação da classificação de ROSGEN	79
4.5. A zona ripícola.....	81

CAPÍTULO 5 – Amostragem sedimentar.....85

5.1. Amostragem em rios com leito de cascalho	85
5.2. Localização e critérios de amostragem	87

CAPÍTULO 6 – Estudo dos sedimentos93

6.1. Características das partículas sedimentares terrestres	93
6.1.1. Classes texturais: terminologia, limites e unidades.....	93
6.1.2. Propriedades das partículas <i>versus</i> dimensão	97
6.2. Sistema de classificação dos sedimentos detríticos	99
6.2.1. Classificações texturais	99
6.2.2. Sistema de classificação proposto por FOLK (1954)	100
6.3. Metodologia adoptada para a análise dos sedimentos	102

6.4. Classificação textural dos sedimentos.....	103
6.5. Análise granulométrica: distribuição dimensional	105
6.6. Parâmetros estatísticos	109
6.6.1. Parâmetros estatísticos de FOLK & WARD (1957).....	109
6.6.2. Aplicação dos parâmetros estatísticos e interpretação.....	114
6.7. Interpretação da curva de frequência acumulada, traçada na escala de probabilidades.....	118
6.8. Composição das partículas, por observação à lupa binocular	127
6.9. Dimensão, composição e desgaste da fracção grosseira	131
6.9.1. Distribuição dimensional e respectiva composição	132
6.9.2. Espectro litológico total	137
6.9.3. Índice de desgaste de 1ª ordem, $(2r_i/L) \times 1000$	139

CAPÍTULO 7 — Conservação e reabilitação do ambiente fluvial.....149

7.1. O Ambiente Fluvial, o Homem e a Natureza: a coexistência	149
7.2. O Ambiente Fluvial - Ecossistema Dinâmico	150
7.3. O rio Neiva: ambiente fluvial e suporte de ecossistemas	159

CAPÍTULO 8 — Conclusões..... 165

Referências Bibliográficas..... 169

Anexos..... 179

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados o enquadramento do trabalho e do tema da dissertação, os principais objectivos e a metodologia utilizada para a concretização dos mesmos. É ainda referida a estrutura da dissertação e uma breve descrição dos assuntos tratados.

1.1. APRESENTAÇÃO DO TEMA DE TESE

Nas últimas décadas do século XX a taxa de perda dos recursos naturais do planeta tem vindo a aumentar significativamente. Incluem-se nestas perdas a desflorestação, a diminuição de espécies nos oceanos e o aumento da poluição nos rios e lagos, dos quais depende uma população crescente e cada vez mais exigente. Desde sempre, o Homem retira do ambiente natural todos os recursos necessários à sua sobrevivência. Desta forma, assistimos à alteração do equilíbrio natural dos ecossistemas como consequência da intervenção humana na Natureza. Cresce a necessidade de se fazer uma gestão sustentável dos recursos.

Apesar de cada um de nós contribuir apenas com uma pequena parcela, o conhecimento e a reflexão nestes assuntos, pode alertar as populações, tornando-as mais conscientes e activas no que diz respeito à: importância do ambiente natural e da sua qualidade; valor do nosso património natural e necessidade de o preservar com qualidade.

No nosso país é notório um aumento da preocupação com o meio ambiente. A Educação Ambiental começou a dar os primeiros passos, aumentando a informação e a sua qualidade, a qual se pretende chegue a todos os cidadãos. Contudo, muitas vezes estes esforços acabam por ser ultrapassados, projectando-se para um plano secundário. A ânsia do desenvolvimento é importante e ao mesmo tempo preocupante, porque

é um dos factores de *stress* dos recursos naturais dos quais todos nós dependemos: ar, água, solo e biota.

Os rios são recursos essenciais do território. A importância dos cursos fluviais é irrefutável, quer para o quotidiano das populações humanas quer para os ecossistemas fluviais, reflectindo-se no desenvolvimento de um país. A degradação do ambiente fluvial constitui um problema actual e do futuro. Para mudar este cenário, é necessário que as populações actuais e futuras tomem consciência do valor do ambiente fluvial e da necessidade da sua conservação/reabilitação, para que compatibilizem de modo sustentado os diversos usos. Este assunto integra-se nos conteúdos do *Mestrado em Ciências do Ambiente, Ramo Qualidade Ambiental*, ministrado na Universidade do Minho, e justifica a escolha do tema desenvolvido nesta tese intitulada "*O ambiente fluvial, Perspectiva geomorfológica e sedimentológica. Exemplos na bacia do rio Neiva*".

1.2. OBJECTIVOS

O conhecimento do sistema fluvial é nos dias de hoje vital para todos, para que o uso dos recursos naturais, nos quais se incluem os fluviais, se faça de modo sustentado e assim se mantenham/reabilitem os seus ecossistemas, pelos quais o público em geral cada vez mais se interessa pela sua protecção.

A dinâmica dos subsistemas que compõem os sistemas fluviais e os processos neles intervenientes, tem sido estudados por equipas diversas, existindo actualmente uma vasta informação multidisciplinar publicada em livros e artigos científicos. O público não procura, em geral, a literatura de especialidade, mas a atenção e o interesse sobre o tema são cativados, mais rapidamente, quando o assunto se refere a um rio próximo, conhecido pela população. Foi assim escolhido o rio Neiva.

A dissertação tem como principais objectivos os seguintes:

- usar as geoformas e os sedimentos fluviais, observados a várias escalas, como indicadores da dinâmica fluvial;
- relacionar as geoformas e sedimentos fluviais, com a dinâmica fluvial e o tipo de processos geológicos em sectores do rio Neiva escolhidos como áreas—tipo;
- interpretar a variedade de ambientes fluviais;
- correlacionar a dinâmica do sistema fluvial à escala da bacia;
- contribuir para o conhecimento do papel da morfogénese e dinâmica fluvial;
- redigir uma tese que proporcione aos futuros leitores, quer sejam professores do Ensino Básico e do Ensino Secundário, alunos e outros, formação científica complementar e motivação para o exercício dos seus deveres de cidadania de forma consciente.

1.3. METODOLOGIA DE TRABALHO

O trabalho desenvolveu-se segundo várias etapas:

- pesquisa bibliográfica sobre o ambiente fluvial, nas suas diversas vertentes, e sobre a bacia do rio Neiva em particular;
- reconhecimento do rio de montante a jusante e, simultaneamente, a identificação de potenciais áreas—tipo a eleger para o trabalho;
- selecção das áreas—tipo a estudar;
- planeamento do trabalho de campo, incluindo o tipo de amostragem a realizar em cada área—tipo;
- descrição geomorfológica e recolha de amostras, nas áreas seleccionadas;
- estudo sedimentológico das amostras;
- interpretação dos resultados laboratoriais;
- integração das observações de campo, interpretação geomorfológica e sedimentológica;
- redacção da tese.

A pesquisa de informação incluiu a consulta de livros e publicações periódicas em papel e por via electrónica. Os trabalhos de campo e os respectivos planeamentos foram realizados após estudos de gabinete, quer o primeiro reconhecimento quer o restante de pormenor, tendo como base em todas as etapas a cartografia da área da bacia do rio Neiva, nomeadamente a cobertura: topográfica às escalas 1:25000 e 1:50000; geológica às escalas 1:50000 e 1:200000.

O trabalho laboratorial, sedimentológico, foi executado nos laboratórios do *Departamento de Ciências da Terra, da Universidade do Minho*.

Os sedimentos amostrados foram sujeitos aos tratamentos iniciais de secagem e fraccionamento. O seu estudo sedimentológico incluiu: a análise granulométrica; a composição, litológica e mineralógica obtidas por observação macroscópica e à lupa binocular; as medições necessárias para cálculo do índice de desgaste; a interpretação parcial e conjunta dos dados.

A descrição pormenorizada da malha e do modo de amostragem, assim como dos procedimentos técnicos - analíticos serão descritos ao longo da tese.

CAPÍTULO 2 – A BACIA DO RIO NEIVA

Descrição das principais características

O rio Neiva delimitou, à semelhança de outros rios no início da nacionalidade, uma área geográfica de origem eclesiástica conhecida por Terra de Neiva, que abrangia as freguesias do seu vale. Todavia, no que respeita à agricultura o seu aproveitamento foi mínimo nas zonas do vale onde o rio corre encaixado. A água era utilizada na indústria da moagem e do linho. Até meados do século passado os moinhos de água ainda laboraram, instalados preferencialmente nas zonas mais estreitas do vale e de fundo muito inclinado. Actualmente poucos se conservaram, no entanto são marcos de grande interesse do património arquitectónico fluvial.

2.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A bacia hidrográfica do rio Neiva (Fig. 2.1) fica localizada na região Norte de Portugal. É limitada a norte pela bacia do rio Lima e a sul pela bacia do rio Cávado e bacia do rio Homem.

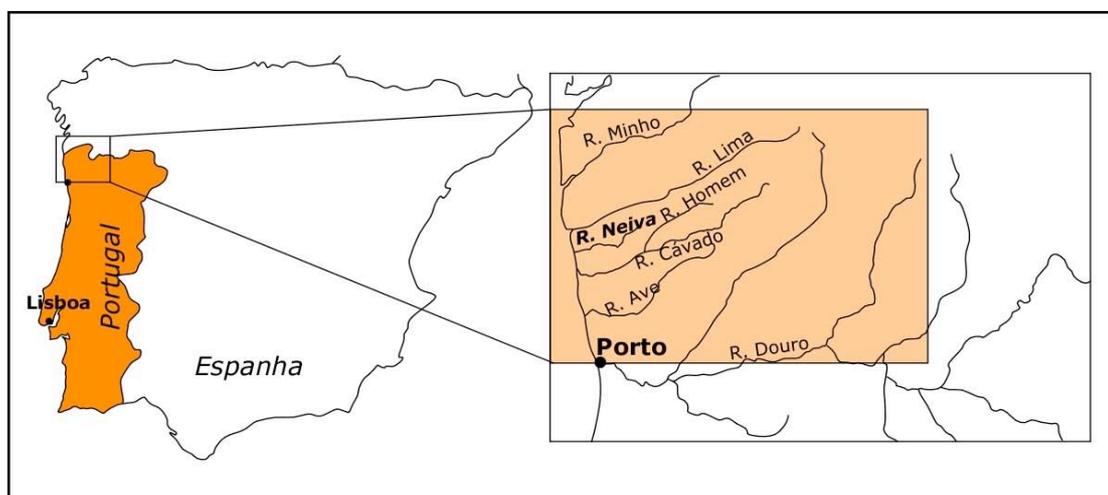


Fig. 2.1. Localização do rio Neiva, a sul do rio Lima e a norte do sistema fluvial Cávado - Homem.

A região possui várias zonas com qualidade paisagística, repousantes devido à paisagem envolvente, o que em grande parte se relaciona com a vasta biodiversidade existente.

O rio Neiva nasce no monte Oural a + 709 m de altitude. O seu percurso é de 40 km aproximadamente e atravessa cinco áreas administrativas. A área da bacia está sob jurisdição dos seguintes municípios: Vila Verde, Ponte de Lima, Barcelos, Viana do Castelo e Esposende. As povoações mais próximas são: Godinhaços, Duas Igrejas, Goães e Arcozelo (Vila Verde); Anais, Calvelo, Vilar das Almas e Sandiães (Ponte de Lima); Panque, Cossourado, Balugães, Aguiar, Durrães, Tregosa e Fragoso (Barcelos); Carvoeiro e Vila de Barroselas (Viana do Castelo); Vila de Forjães (Esposende), S. Romão do Neiva (Viana do Castelo); Antas (Esposende). O rio desagua no oceano Atlântico em Castelo do Neiva, cerca de 8 km para sul da cidade de Viana do Castelo.

2.2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

2.2.1. Enquadramento geológico

A bacia do rio Neiva localiza-se no Maciço Hespérico, na zona Centro Ibérica, dominando as rochas graníticas, hercínicas, que intruem rochas do Câmbrio e principalmente do Silúrio. Encontram-se ainda rochas pliocénicas, plistocénicas e holocénicas. Na figura 2.2 está representado um extracto da Folha 1, da carta geológica de Portugal à escala 1/200000 (PEREIRA 1989; modificada com base em ALVES 1999), tendo delimitada a bacia hidrográfica do rio Neiva, para facilitar a sua localização. É com base nos trabalhos de PEREIRA (1989, 1992) e de ALVES (1999) que se descreve sucintamente a geologia da bacia em estudo.

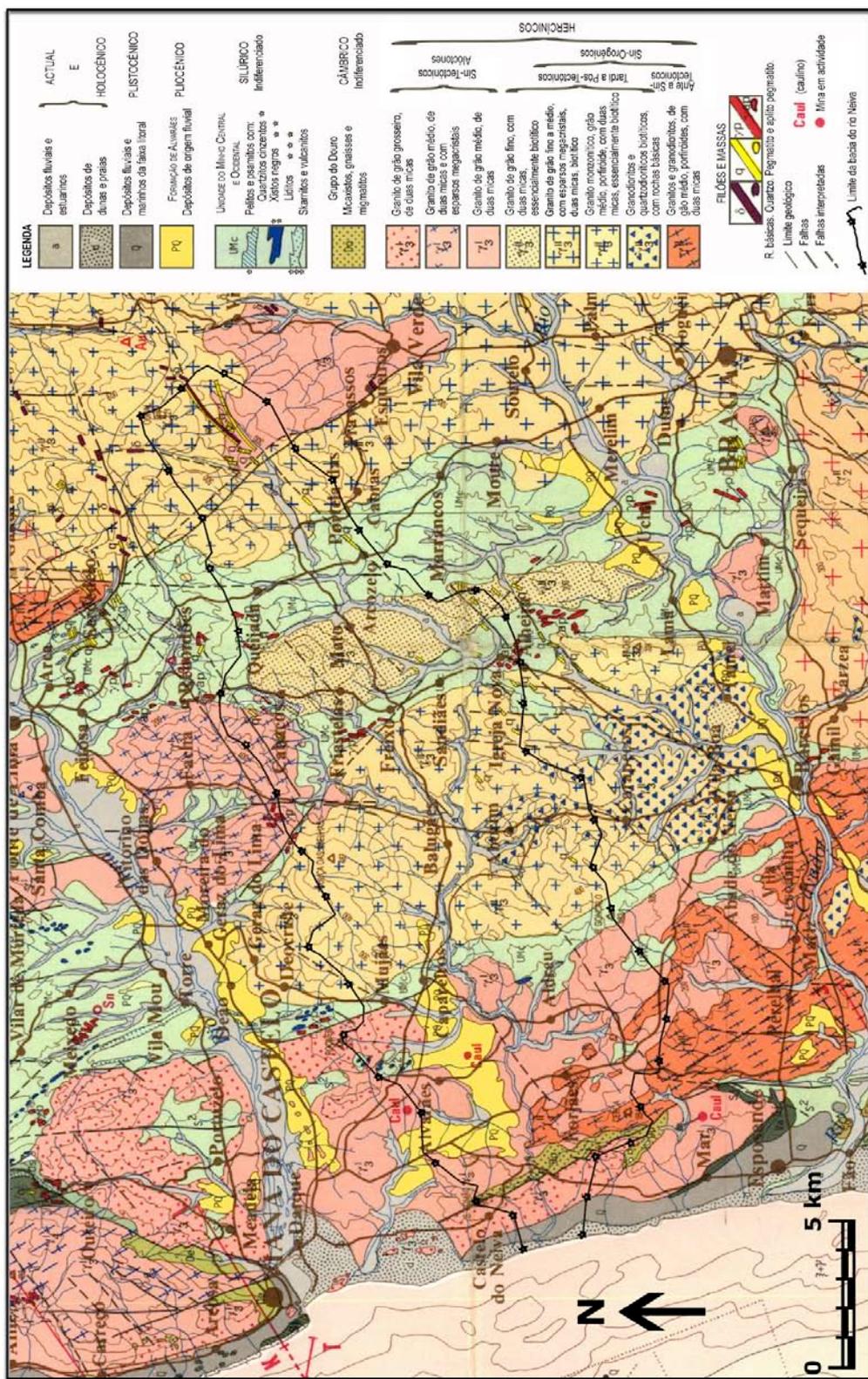


Fig. 2.2. Extracto da carta geológica de Portugal, escala 1/200 000, Folha 1 (PEREIRA Coord. 1989) modificada com base em ALVES (1999), com legenda referente à área da bacia do rio Neiva.

As rochas do Câmbrio fazem parte da antiforma Castelo de Neiva-Esposende, afloram no sector terminal da bacia (Fig. 2.2). As rochas câmbrias pertencem ao Grupo do Douro e são micaxistos, gnaisses e migmatitos.

Relativamente às rochas metamórficas silúricas, a mancha mais extensa é atravessada pelo rio Neiva na região de Arcozelo. Segundo a interpretação em PEREIRA (1989, 1992), estas rochas constituem a Unidade do Minho Central e Ocidental e foram atribuídas ao Silúrico (Indiferenciado). Elas ocorrem também noutros sectores como, por exemplo, Sandiães e Mujães.

A Unidade do Minho Central e Ocidental está separada do autóctone pelo carreamento de Vila Verde. No que se refere à sequência litoestratigráfica, da base para o topo, encontra-se um nível de xistos ampelitosos aos quais se sobrepõem xistos negros andaluzíticos, apresentando na parte superior níveis finos de liditos; segue-se uma sequência monótona de xistos cinzentos; na parte superior destacam-se grés negros e uma alternância centimétrica espessa e monótona de filitos e metagrés; por fim, aparecem novamente xistos negros, grés negros e ampelitos (PEREIRA 1992).

As rochas graníticas são as mais abundantes e diversificadas, tendo sido agrupadas na carta coordenada por PEREIRA (1989, 1992) por etapas da orogenia, em alóctones sin-tectónicas e em sin-orogénicas, sendo estas relacionadas com a fase F_3 : ante a sin-tectónicas, tardi a pós-tectónicas e sin-tectónicas relativamente a F_3 . Distinguem-se pela textura, composição mineralógica e química.

Na cabeceira da bacia, no monte Oural, a nascente do rio Neiva ocorre no granito de Braga. É um granito de grão fino a médio, com esparsos megacristais de plagioclase e microclina, com duas micas, essencialmente biotítico. Este pertence ao grupo de granitóides com

plagioclase cálcica, sin-orogénicos, tardi a pós-tectónicos, relativamente a F₃.

Encontra-se ainda nesta zona uma pequena mancha de granito monzonítico, de grão médio, porfiróide, com duas micas, essencialmente biotítico, aparecendo uma outra banda do mesmo, nas regiões de Sandiães e Balugães. Como constituintes principais, destacam-se a microclina, plagioclase, o quartzo e a moscovite.

Na área de cabeceira existe ainda outro tipo de rocha granítica, granito de grão médio, de duas micas, que se estende para sul de Vila Verde. Este tipo de granito aflora também no sector terminal da bacia, nomeadamente em Alvarães—Aldreu, revela uma certa constância no que se refere à deformação, fracturação e alteração. Possui textura hipidiomórfica granular, microclina, plagioclase e quartzo xenomorfo.

Entre a região de Arcozelo e Sandiães, intercalada na Unidade do Minho Central e Ocidental, destaca-se um granito de grão fino, com duas micas, essencialmente biotítico. Este granito apresenta plagioclase e microclina, podendo aparecer no contacto entre os dois feldspatos a mirmequite.

Em Forjães encontram-se granitos e granodioritos de grão médio, porfiróides, com duas micas. Apesar do granito de duas micas dominar, pode ocorrer variação percentual e aparecer uma fácies mais biotítica com ou sem moscovite ou vice-versa. Estas rochas fazem parte do grupo de granitóides com plagioclase cálcica, sin-orogénicos, ante a sin-tectónicos, relativamente a F₃.

Na região de Castelo de Neiva encontra-se outra variedade de rocha granítica, o granito de Perre, que aflora também na região de Mujães. O granito é de grão grosseiro e duas micas. Apresenta textura hipidiomórfica granular, com ligeira deformação e fracturação. As

rochas graníticas descritas, neste parágrafo, fazem parte do grupo de granitos de duas micas, alóctones e sin-tectónicos relativamente a F₃.

Os filões e massas de quartzo, pegmatito e aplito-pegmatito existem em toda a área da bacia do rio Neiva. Destaca-se, pela sua extensão, os de quartzo e de rocha básica cartografados na zona da nascente do rio Neiva.

Na bacia do rio Neiva, região de Alvarães, sobre o substrato granítico e metamórfico ocorre a Formação de Alvarães, que merece um destaque especial já que segundo ALVES (1999) "os vestígios da sedimentação continental cenozóica são muito reduzidos na região do Minho". Inicialmente descritos e referidos por depósitos de Alvarães foram alvo de variados estudos de cariz geológico e geomorfológico citados na publicação antes referida.

A Formação de Alvarães, representa depósitos de origem fluvial, afloram desde Capareiros até próximo da Vila de Anha. A Formação de Alvarães contem dois membros: o Membro de Chasqueira e o Membro de Teodoro. O Membro de Chasqueira é lutítico, caulínítico, goetítico, o que lhe confere coloração vermelha manchada, e bioturbado; são depósitos resultantes de acreção vertical gerados na dependência dum sistema flúvio-lacustre. O Membro de Teodoro ravina o Membro de Chasqueira, é igualmente caulínítico com teor em goetite muito variável, mas com características claramente fluviais; é predominantemente arenoso, associado a litofácies lutíticas e alguns conglomerados. No que respeita a ilações relativas ao ambiente deposicional, o estudo da composição desta formação e o conteúdo paleontológico, remetem para "condições climáticas que favoreceram a meteorização química das rochas nas áreas fonte e manutenção dessas condições durante e após deposição dos sedimentos" (ALVES 1999). Segundo o mesmo autor os sedimentos resultaram do desmantelamento de mantos de alteração caulíníticos cuja

sedimentação se efectuou em condições climáticas marcadamente oxidantes. A composição da Formação de Alvarães e o facto de ela ter sido depositada antes do encaixe da rede hidrográfica actual, assim como o estudo dos fósseis levam os investigadores a atribuí-la como do Pliocénico superior, ao Placenciano (ALVES 1999). Esta formação tem interesse económico, porque é uma jazida importante, à escala nacional, de caulino, barro vermelho e areias especiais (quartzo). A conhecida louça artística de Viana do Castelo utiliza como matéria prima caulino desta jazida.

Na parte terminal o rio atravessa depósitos de praias antigas do Plistocénico, praias e dunas do Holocénico e Actual (PEREIRA 1989, 1992).

2.2.2. Enquadramento geomorfológico

A grande fragmentação do relevo e a existência de vales largos, amplos, com fundo aplanado e com orientação ENE-WSW é característica desta região. O relevo do Minho Ocidental é caracterizado por depressões alinhadas, modeladas pela drenagem fluvial. Seguem alinhamentos tectónicos de orientação preferencial, dos quais se destacam os alinhamentos ENE-WSW, direcção geral dos principais rios minhotos. Destaca-se ainda outra direcção preferencial que varia entre N-S e NW-SE, a qual ao intersectar a orientação ENE-WSW gera uma quadrícula de blocos. Segundo as interpretações de FERREIRA (2004) parecem ter sido movimentados ao longo de falhas, com movimento principalmente vertical, visto que não foram encontrados sinais evidentes de desligamentos.

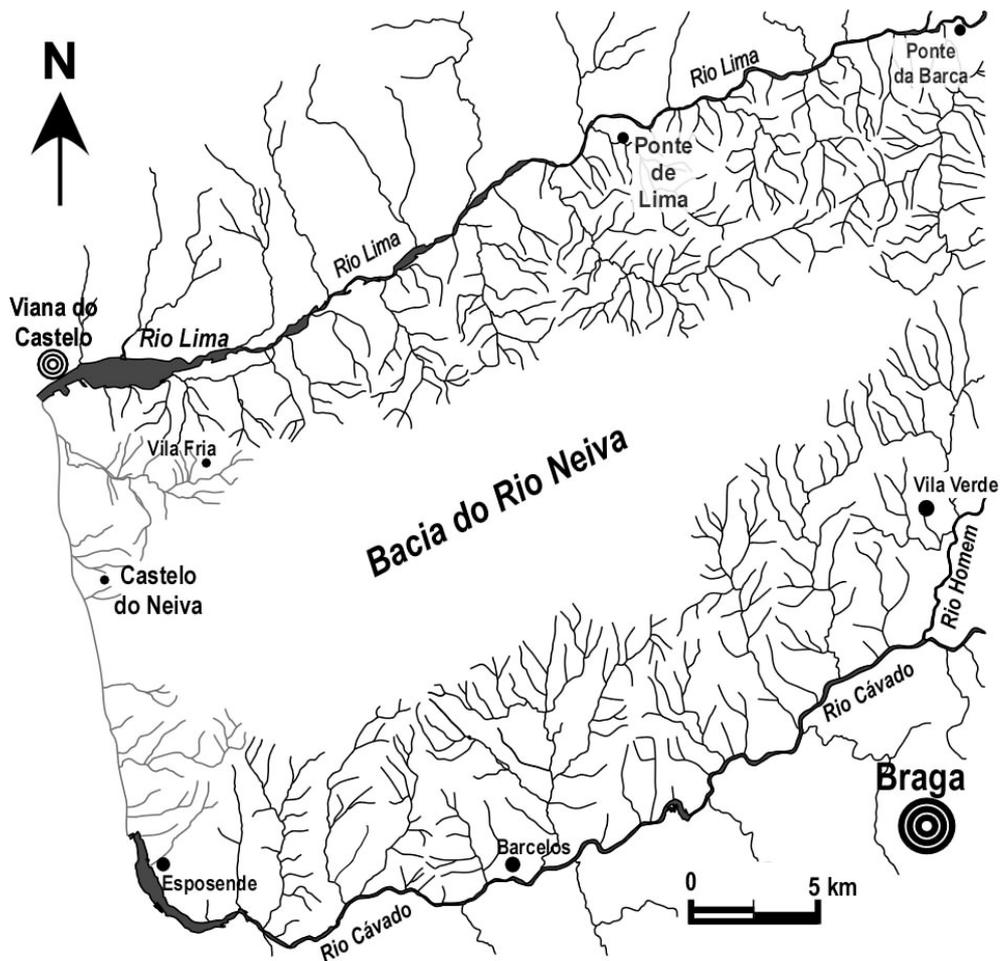


Fig. 2.3. Desenho esquemático representando em branco a área da bacia do rio Neiva, circundada pelos afluentes da margem direita do rio Cávado e do rio Homem, a sul, e os da margem esquerda do rio Lima, a norte. A cinza estão representadas as ribeiras litorais que estrangulam o troço da bacia do Neiva perto da foz.

A bacia hidrográfica do rio Neiva (Fig. 2.3) situa-se a sul da bacia do rio Lima e a norte da bacia do rio Cávado e do rio Homem, tem orientação dominante WSW-ENE e área total de 241,4 km².

A nascente do rio Neiva é no monte Oural, em rocha granítica, no granito de Braga, e no seu percurso de 40 km, aproximadamente, em direcção ao oceano Atlântico desaguando junto a Castelo do Neiva, o rio atravessa diversas litologias (Fig. 2.2).

Ao longo do seu percurso, o rio Neiva recebe vários afluentes. O ribeiro de Ameda, o ribeiro do Souto e outros de menor dimensão, colectam as águas do monte Oural confluindo todos na margem direita do rio Neiva, no troço a montante de Duas Igrejas (Fig. 2.4). Próximo de Arcozelo e

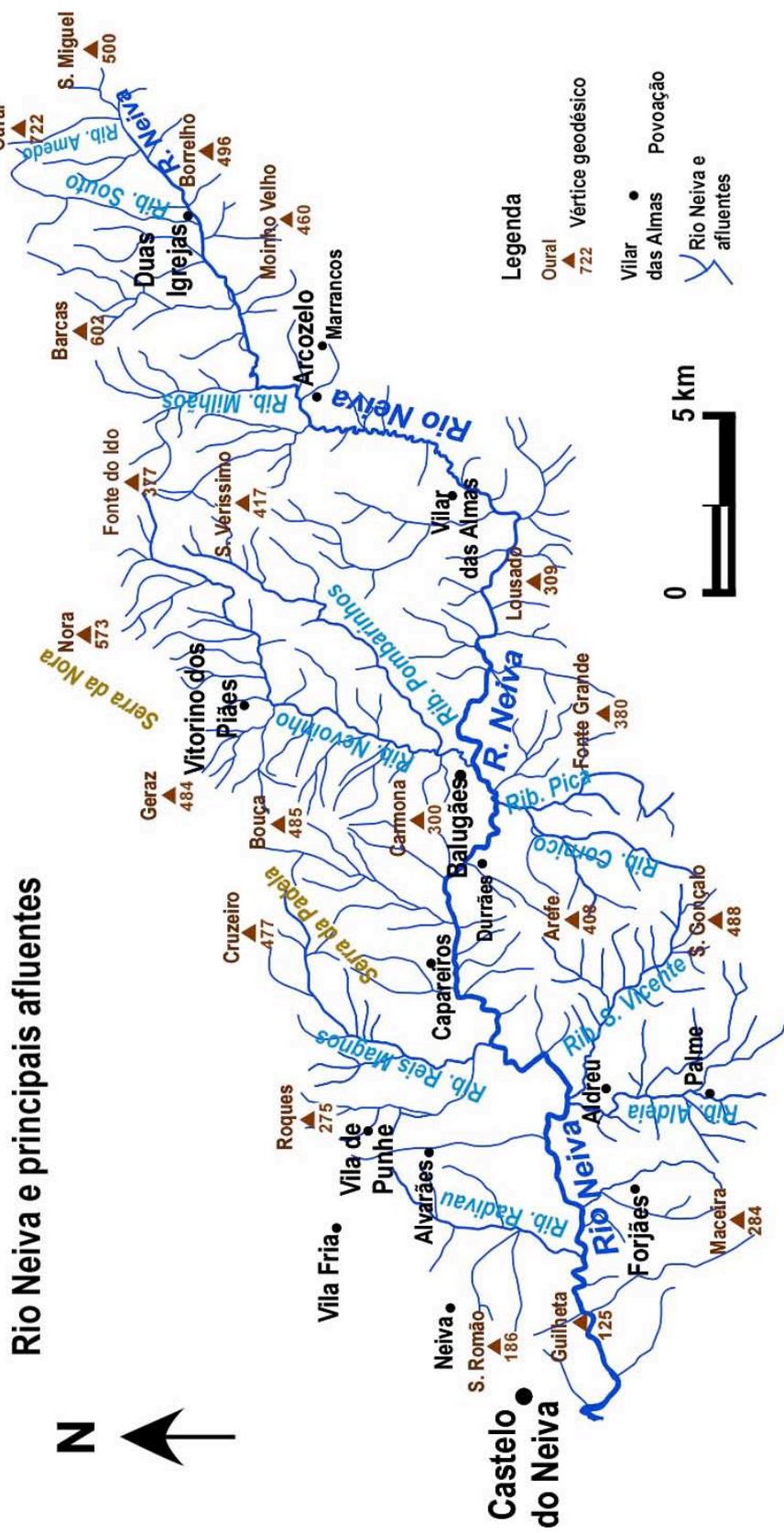


Fig. 2.4. Rede de drenagem da bacia do rio Neiva, com indicação dos principais afluentes. Desenho esquemático realizado sobre as cartas corográficas à escala 1/50 000, folhas 5-A, 5-B e 5-C da Série M 7810, Edição 2, IGCP.

também na margem direita, destaca-se o ribeiro de Milhões, entre outros de menor dimensão. Na zona de Balugães salientam-se o ribeiro de Pombarinhos e o ribeiro de Nevoinho, confluindo ambos antes de desaguar na margem direita do rio Neiva. Na margem esquerda encontram-se o ribeiro de Cornico, afluente do ribeiro de Pica e este por sua vez desagua no rio Neiva. A sul de Capareiros corre o ribeiro dos Reis Magnos, afluente na margem direita do rio Neiva, na zona de Aldreu. Na margem esquerda, o rio Neiva tem como afluentes o ribeiro de S. Vicente e o ribeiro de Aldeia. De referir ainda outro afluente da margem direita do rio Neiva, o ribeiro de Radivau, a sul de Aldreu (Fig. 2.4).

O traçado do rio tem orientação variada, com troços condicionados pela litologia e rede de fracturação das rochas que atravessa. A orientação do troço inicial junto à nascente é NNW, alterando bruscamente para NNE ao alcançar um dos filões quartzosos de Godinhaços, a 10 km da sede do concelho de Vila Verde. Em Duas Igrejas, o rio Neiva continua com trajecto de orientação NNE até à confluência do ribeiro de Milhões, onde muda repentinamente para N-S. Na zona de Arcozelo, corre com orientação NNE, mas num curto troço, retomando novamente a orientação N-S até próximo de Vilar das Almas. Entre Arcozelo e Vilar das Almas o rio Neiva corre sobre rochas silúricas, da Unidade do Minho Central e Ocidental, e sobre o granito de Friastelas, um granito de grão fino, biotítico. Neste troço o traçado é meandriforme até atingir os metassedimentos silúricos, no alvéolo de Igreja Nova. Na zona de Balugães, o vale é muito largo, provavelmente devido à erosão relacionada com a posição relativa, traçado dos afluentes e do próprio rio Neiva. Para jusante corre por vezes encaixado no substrato granítico. No sector de Panque o leito desce abruptamente em altitude. Em tempos esta descida do leito foi aproveitada e encontram-se ainda restos de moinhos de água, em maior número que noutros pontos do curso longitudinal do rio Neiva. Na região de Fragoso — Alvarães

(Costeira) o leito é pouco inclinado. Próxima de Guilheta, na zona de Castelo de Neiva, o declive do leito aumenta. Aqui o rio atravessa as rochas câmbricas do Grupo do Douro, a bacia sofre um estrangulamento. Até à foz o rio corre num vale estreito, seguindo as fracturas do substrato. A mesma situação acontece noutros sectores a montante onde o canal está modelado no substrato rochoso e aproveita as direcções de fractura existentes, conferindo-lhe um padrão de drenagem de aspecto rectangular.

2.3. CLIMA

As condições climáticas na região da bacia do rio Neiva são influenciadas pela sua proximidade ao oceano Atlântico e pela disposição das serras do Noroeste de Portugal. O clima é super húmido, de tipo marítimo, fachada atlântica, caracterizado pela ocorrência de invernos suaves e chuvosos e de verões moderados, com pequena falta de água no ano. A bacia hidrográfica do rio Neiva vem descrita no Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Lima, sendo as características a seguir descritas provenientes do referido documento, produzido pelo Instituto da Água (IA 2000). A evapotranspiração potencial anual média, segundo a classificação climática de Thornthwaite, é de 708 mm, variando entre 648 mm e 728 mm. A temperatura anual média do ar é próxima dos 14 °C, variando entre 11,2 °C e 14,6 °C, nas zonas a jusante e intermédias da bacia, sendo cerca de 9 °C na zona montante, devido à altitude e afastamento do oceano. A precipitação não revela um padrão preciso de variação, mas salienta-se o seu aumento nos sectores localizados mais a montante, o mesmo aplicando-se ao escoamento total médio anual. Na bacia do rio Neiva calcula-se que a precipitação anual média seja de 1923 mm, que corresponde a 464 hm³, sendo o escoamento superficial médio anual de 259 hm³.

2.4. RECURSOS HÍDRICOS E QUALIDADE DAS ÁGUAS

O rio Neiva possui o caudal médio anual de 3,3 m³/s. A região é, em média, no que diz respeito às disponibilidades hídricas uma das zonas mais ricas, apresentando um valor anual médio de cerca de 1445 mm, bastante superior à média do país mais húmido da Europa, a Irlanda, que apresenta cerca de 700 mm. No que diz respeito às disponibilidades brutas de recursos hídricos é elevada e essencialmente de origem superficial (IA 2000). A utilização da água, de 14,665 hm³/ano, reparte-se 89% para a agricultura, 8% para abastecimento das populações e os 3% restantes dividem-se quase equitativamente pela indústria e agropecuária.

A seca poderá acontecer em anos menos pluviosos, no entanto, não interfere com a necessidade das utilizações da água, que tendem a aumentar com o decorrer dos anos.

Quanto às cheias naturais, a bacia do rio Neiva é caracterizada por apresentar um regime torrencial, resultado da sua pequena dimensão, localização e vizinhança do oceano, pois trata-se de uma bacia exorreica. Importa destacar que nas zonas onde o vale é bastante mais largo e cujo fundo é pouco inclinado há probabilidade de ocorrerem inundações, podendo causar danos que merecem consideração. Nas zonas em que o rio Neiva e seus afluentes correm mais encaixados, os respectivos vales são mais estreitos e profundos, e aí o risco de inundações é de uma maneira geral baixa.

No que respeita à qualidade das águas superficiais verifica-se, quanto aos teores em oxigénio dissolvido (OD), fosfatos e coliformes fecais, uma lenta degradação das características gerais e pontualmente valores expressivos de nitratos e de coliformes fecais. Ao longo do rio Neiva existem duas estações de amostragem, uma em Forjães e outra em Barrocelas, tendo sido os valores ali recolhidos referentes à década de

90 utilizados no Plano de Bacia Hidrográfica do rio Neiva (IA 2000). Segundo o referido documento, em Barroselas, o rio Neiva obteve a classificação de "Classe E" – Extremamente Poluído, por uma situação pontual associada a excesso de sólidos suspensos totais (SST), num reduzido número de determinações analíticas em 95/96. A zona de Barroselas insere-se, assim, numa zona crítica. Em Forjães o rio obteve a classificação de "Classe B – Fracamente Poluído" (IA 2000). Nesta bacia, a poluição urbana é bastante superior à poluição industrial. Esta situação deve-se aos baixos níveis de atendimento com tratamento de águas residuais urbanas e também industriais.

O rio Neiva é um rio onde existem captações com vista à produção de água para consumo humano. Por isso requer ainda uma caracterização específica no que diz respeito à presença de compostos fitofarmacêuticos.

Em relação à aptidão para utilizações qualitativamente exigentes as informações disponíveis para a bacia do Neiva, na publicação do IA (2000), referem que existe de uma maneira geral compatibilidade com a rega; relativamente à vida piscícola não existe compatibilidade com a vida de salmonídeos a montante da ponte da EN 103 entre Viana do Castelo e Barcelos, zona definida legalmente para essa utilização; quanto aos ciprinídeos apenas existe alguma compatibilidade em anos de maior pluviosidade. Na zona da foz as praias apresentaram água de qualidade adequada para fins balneares.

2.5. OCUPAÇÃO PELO HOMEM

Na bacia do rio Neiva predomina o povoamento difuso, verificando-se uma tendência para a dispersão, exceptuando-se alguns centros urbanos. Ao redor dos maiores aglomerados, áreas artificializadas com características mais urbanas, são visíveis maiores transformações, enquanto que nas restantes zonas se verifica o aparecimento de numerosos, mas pequenos espaços urbanos, relacionando-se com

pequenas populações. De uma maneira geral, pode-se referir que esta região tem vindo a perder população, o que se acentua do litoral para o interior. No entanto, verifica-se que o número de habitações cresce, a uma velocidade superior ao aumento do número de famílias (IA 2000). Caminhando do litoral para o interior, aumenta a população residente que se dedica às actividades agrícolas e diminui aquela que tem emprego na indústria. Pode dizer-se que os concelhos situados no interior apresentam menor indústria relativamente aos do litoral, sendo esta essencialmente da alimentação, da madeira e cortiça e produtos metálicos e vestuário (IA 2000). Verifica-se ainda um crescimento do sector terciário, nomeadamente o emprego no comércio e reparações, a administração pública e o ensino.

Esta é uma região bastante rica do ponto de vista arquitectónico. Destacam-se vários bens patrimoniais, que vão desde complexos centros históricos até templos isolados. No troço médio e jusante do rio Neiva e na Ribeira de Nevoinho, podem encontrar-se várias azenhas. Existem várias estações megalíticas (antas), alguns povoados castrejos, castelos, igrejas, pontes e casas/torre do período românico. De referir ainda o património etnológico, musical e gastronómico que é o típico da região minhota (IA 2000).

2.6. TIPOS DE SOLO, VEGETAÇÃO E AGRICULTURA

Na área da bacia do rio Neiva os tipos de solos são, por ordem decrescente de frequência, regossolos, de seguida antrossolos e leptossolos e por fim fluviosolos. Os regossolos aparecem principalmente na zona oriental da bacia, os antrossolos na parte central e ocidental, os leptossolos na zona oriental e ocidental e os fluviosolos na parte ocidental (IA 2000).

Os regossolos representam solos de materiais não consolidados, excluindo-se os materiais com textura grosseira ou com propriedades flúvicas. Os antrossolos são aqueles que pela actividade humana

sofreram uma modificação profunda. Os leptossolos são solos limitados em profundidade ou por rocha cristalina ou outra com característica de rocha coesa, são e pouco permeável. Os fluviosolos são os que apresentam propriedades flúvicas, pela sua proximidade ao rio e facilidade de inundação (DRAEDM 1995).

Os solos são ocupados principalmente por floresta e agricultura. Os materiais abaixo dos horizontes de solo, o subsolo, apresentam geralmente baixo teor de matéria orgânica e a permeabilidade destes é inferior à do solo. Quando o solo é erodido, o subsolo não absorve a água com a mesma facilidade, ocorre maior escoamento superficial e infiltração de menor quantidade de água, haverá menor disponibilidade para a vegetação.

Tanto as encostas como as áreas que rodeiam os campos agrícolas encontram-se, na sua maioria, revestidas por pinheiro bravo e/ou eucalipto. Destacam-se apenas algumas zonas de vertente e cumes com floresta degradada, vegetação de pequeno porte ou mesmo ausência desta.

A rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Neiva atravessa predominantemente maciços graníticos e como tal apresenta uma reduzida quantidade de sais dissolvidos, o que se reflecte numa baixa produtividade biológica (IA 2000).

As zonas de qualidade elevada estão preferencialmente situadas no fundo do vale e nas margens. São áreas estreitas que seguem o contorno do rio, excepto a jusante de Vilar das Almas, onde alargam e constituem planícies cultivadas e férteis. Digno de nota é o pequeno troço final do rio, a partir de Gândara, já bastante largo, onde as margens, afastadas e planas, apresentam vegetação herbácea alta, característica de sapal (IA 2000).

2.7. ECOSISTEMAS RIPÍCOLAS

Os ecossistemas ribeirinhos e zonas húmidas adjacentes, estas habitualmente designadas por pauis, têm um papel de destaque no ambiente fluvial sob o ponto de vista biológico. Parte da vegetação é condicionante de outra e até da existência de condições propícias para habitats de animais. A vegetação que ocupa as margens dos rios, onde sobressaem os habitats constituídos por salgueiros (*Salix sp.*), freixos (*Fraxinus angustifolia*), amieiros (*Alnus glutinosa*) e choupos (*Populus sp.*), proporciona as condições necessárias à existência de muitas outras espécies vegetais e animais (FREITAS & MARTINS 1997). Para além disto, a vegetação ripícola desempenha outras funções importantes, sendo responsável na maioria das vezes pela manutenção da estrutura física da margem, dando-lhe uma flexibilidade impossível de conseguir em margens artificializadas. Este tipo de vegetação constitui uma elevada biomassa que retira benefícios e se serve dos recursos disponíveis no meio, tendo a capacidade de resistir à eventual indisponibilidade sazonal dos mesmos. Tais habitats garantem ainda um maior equilíbrio do sistema solo/biomassa vegetal/água, reduzindo a eutrofização do sistema fluvial e dificultando a invasão de espécies exóticas.

Relativamente às zonas húmidas que possam existir na proximidade, estas caracterizam-se por serem habitats que apresentam grande diversidade de espécies, abrigarem grande variedade de animais e nomeadamente serem locais procurados para nidificação de aves.

Tanto numa como noutra zona é notória a capacidade de adaptação das espécies vegetais às condições anóxicas de curta ou longa duração.

Nas margens do rio Neiva ocupadas por um denso e frondoso arvoredado identificam-se desde espécies arbóreas, como o pinheiro bravo (*Pinus pinaster*), o carvalho alvarinho (*Quercus robur*), o amieiro (*Alnus glutinosa*), o salgueiro branco (*Salix alba*), o choupo-negro (*Populus*

nigra), a faia (*Fagus sylvatica*), a mimosa (*Acacia dealbata*), o freixo (*Fraxinus angustifolium*), até à vegetação herbácea, como a erva-traqueira (*Silene vulgaris*), o selo-de-salomão (*Polygonatum officinale*), o feto real (*Osmunda regalis*), o lírio-amarelo-dos-pântanos (*Iris pseudacorus*), o feto macho (*Dryopteris filix-mas*), a anémone-dos-bosques (*Anemone trifolia*), a aquilégia (*Aquelegia vulgaris*), todas contribuem para um cenário calmo e verdejante.

Na bacia hidrográfica do rio Neiva existem espécies animais e vegetais de interesse comunitário cuja conservação exige a designação de Zonas Especiais de Conservação (ZEC), definido no Anexo B – II Decreto – Lei n.º49/2005. O Decreto-lei n.º49/2005 é a primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 140/99 que procedeu à transposição para a ordem jurídica interna da Directiva n.º 92/43/CEE relativa à preservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens (directiva habitats).

No rio Neiva está presente o Mexilhão-de-rio, Mexilhão-de-rio do norte (*Margaritifera margaritifera*). Esta espécie pode ter sido o animal aquático mais abundante dos rios da região holártica, tendo sofrido uma regressão notável no último século (cerca de 90% na Europa) devido à acção do Homem (QUESADA 1999, ARAÚJO & Ramos 2001, REIS 2004 *in* ICN 2006).

Após ter sido dada como extinta em Portugal (BAUER 1986, YOUNG *et al.* 2001b *in* REIS 2004), a redescoberta da *M. margaritifera* é sem dúvida um acontecimento marcante a nível europeu. A recuperação das populações nos rios Cávado, Neiva e Paiva é absolutamente indispensável no contexto do cumprimento das obrigações portuguesas perante a União Europeia no âmbito da Directiva Habitats (ICN 2006).

Existem ainda a Boga-comum (*Chondrostoma polylepis*) e o Ruivaco (*Rutilus macrolepidotus*). Quanto ao primeiro, a partir da entidade anteriormente considerada como *C. polylepis*, foram descritas duas novas espécies: a Boga do norte (*C. duriense*) e a Boga do Guadiana (*C. willkommii*). Todas deverão ser consideradas em conjunto com *C.*

polylepis para efeitos da Directiva, mas como três entidades separadas para efeitos de medidas de conservação (ICN 2006). O *C. duriense* está presente na bacia hidrográfica do rio Neiva e apresenta um estatuto de conservação nacional pouco preocupante (ICN 2006).

Relativamente ao *Rutilus macrolepidotus*, esta espécie encontra-se no Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal, em preparação, e tem um *Least concern* (LC) pouco preocupante. Segundo o ICN (2006), poderá ocorrer no rio Neiva.

CAPÍTULO 3 – O SISTEMA FLUVIAL

No presente trabalho o objectivo de estudo relaciona-se com os efeitos da acção de correntes aquosas que circulam em canais naturais, as correntes fluviais, tratando exemplos do rio Neiva. A dinâmica fluvial depende quer de factores à escala da bacia de drenagem quer à escala da partícula sedimentar. Estes temas têm sido investigados desde o séc. XIX e foram adquirindo independência como ramos científicos (FERREIRA 1999; EUGEN & SEYBOLD 2002). O sistema fluvial é estudado nos domínios científicos da Geomorfologia Fluvial e da Sedimentologia.

3.1. ESCALAS DE ANÁLISE: TEMPORAL E ESPACIAL

O sistema fluvial muda em resposta ao clima, aos eventos geológicos e características geomorfológicas que ao longo do tempo vão ocorrendo nos diversos pontos da bacia hidrográfica, desde das vertentes na zona da cabeceira até aos locais de fundo de vale mais a jusante. Muitas variáveis hidrológicas podem ser estudadas em tempo real, por monitorização. Mas, na apreciação do comportamento dinâmico dum rio importa tirar partido da análise integrada da variedade do traçado do canal fluvial, do tipo de canal, dos sedimentos, pois são indicadores dos controlos geológicos e geomorfológicos quer à escala espacial quer à escala temporal (SCHUMM 2005; LEOPOLD 1997, 2005). Na prática, estes indicadores estudados ou usados numa perspectiva histórica informam sobre tendências evolutivas do rio. São úteis na gestão dos recursos fluviais, no ordenamento territorial, na manutenção e na requalificação quer dos rios quer das áreas ribeirinhas (ROSGEN 1996; THORNE *et al.* 1997; SCHUMM 2005; LEOPOLD 2005).

A morfologia dos canais fluviais e os processos fluviais evoluem ao mesmo tempo ajustando-se mutuamente até atingirem um auto equilíbrio (ROSGEN 1994, 1996). Significa que é fundamental definir, no estudo de qualquer sistema geomórfico incluindo o sistema fluvial, a escala temporal assim como a escala espacial (SCHUMM & LICHTY 1965).

A escala temporal varia desde milhões e milhares de anos, várias décadas a uma década de anos e intervalos ainda menores. Na primeira, expressa em milhões ou milhares de anos, só grandes acontecimentos geológicos serão significantes. Estão relacionados com eventos geológicos cíclicos como a formação de montanhas, mudanças climáticas com efeitos na posição do nível do mar e outros. Num período de décadas de anos a algumas dezenas de anos o rio pode adaptar-se a determinadas condições da bacia hidrográfica, ajustando-se função do fornecimento de água e da carga de sedimentos. O sistema fluvial estará numa situação designada de equilíbrio dinâmico. Por último, um curto período diz respeito a intervalos de alguns anos ou de minutos. A actividade diária do rio é reconhecível à escala de minutos enquanto que, por exemplo, a alteração na morfologia do traçado dos canais só passados semanas, meses, ano, século, dependendo do comprimento do canal e dimensão da bacia do respectivo rio (SCHUMM & LICHTY 1965; SCHUMM 2005).

O comprimento do rio, comprimento e largura dos canais fluviais que o constituem variam, desde dezenas de quilómetros a pequenos cursos e canais de apenas alguns metros. Um sistema fluvial, na maioria dos casos, não envolve apenas o, ou os canais constituintes do rio, eles integram uma rede de drenagem. Portanto, não só é importante a escala temporal como também a escala espacial nos estudos sobre a acção das correntes fluviais.

Nesta dissertação de mestrado foi escolhido o rio Neiva tendo como intervalo temporal um ano, o ano de 2006. Ao longo do trabalho de campo realizado e após interpretação foram escolhidos seis locais do seu percurso longitudinal. As observações e estudos realizados centraram-se nos processos que ocorreram mais recentemente, não deixando, no entanto, de se fazer as devidas extrapolações, quando necessárias e a propósito.

3.2. BACIA, REDE E PADRÃO DE DRENAGEM

A bacia de drenagem dum rio ou bacia fluvial do rio "A" é a área geográfica que inclui todos os locais onde a água que aí precipita é drenada para o mesmo curso de água, o rio "A", cujo limite com outras áreas adjacentes são linhas imaginárias designadas por divisórias (Fig. 3.1), traçadas sobre os pontos de maior altitude do relevo interbacias (JACKSON 1997). Na região do Minho usa-se frequentemente na toponímia local o termo portela geograficamente aplicado para a zona do relevo divisório entre duas bacias fluviais.

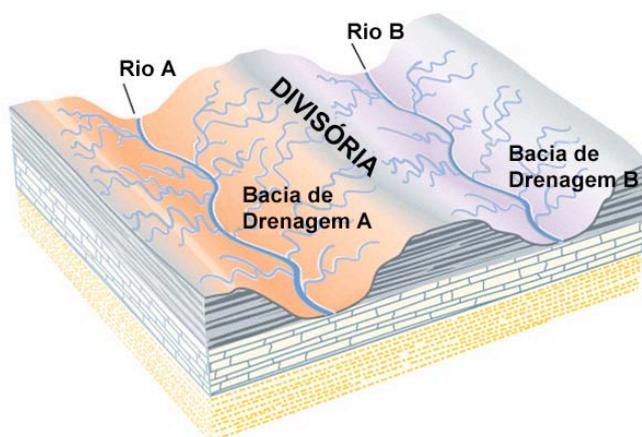


Fig. 3.1. Desenho esquemático, adaptado de PRESS & SIEVER (2001), representando um sector de duas bacias de drenagem e o relevo que as separa (divisória ou portela).

Num rio com afluentes, a bacia de drenagem do rio principal inclui todas as bacias dos rios afluentes, pois cada um deles tem uma bacia de drenagem própria. Em planta as bacias de drenagem (Fig. 3.2)

apresentam geometria variada, desde forma mais alongada a circular. O rio e os afluentes formam a rede de drenagem ou sistema de drenagem, que drena a área geográfica da bacia.

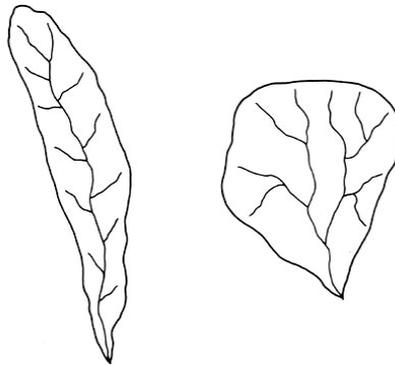


Fig. 3.2. Geometria de duas bacias de drenagem. A do lado esquerdo é uma bacia alongada, os afluentes desaguam directamente no rio principal e ao longo deste. Na da direita os afluentes vão confluindo, formando uma rede de organização mais complexa, sendo o rio principal resultante da confluência de dois únicos afluentes.

A organização do rio e seus afluentes formam o padrão de drenagem (Fig. 3.3).

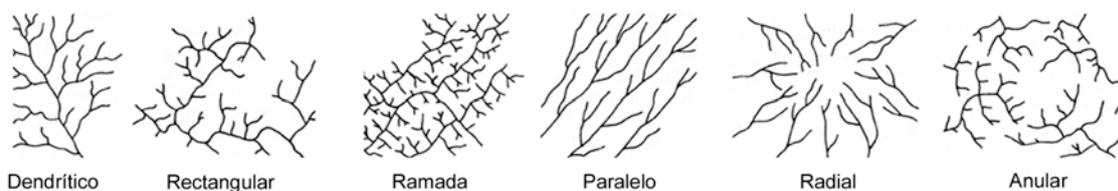


Fig. 3.3. Tipos de padrão de drenagem, exemplos, adaptado de BLOOM (1999).

A bacia do rio Neiva tem forma alongada (Fig. 2.3 e Fig. 2.4), contendo afluentes hierarquizados entre si e outros que confluem directamente no rio Neiva. A rede de drenagem, foi descrita no capítulo anterior, é condicionada pela litologia e direcção das fracturas. O padrão de drenagem resultante é predominantemente rectangular com troços do tipo paralelo.

3.3. ZONAMENTO MORFOLÓGICO DO SISTEMA FLUVIAL

O sistema fluvial, como definido por SCHUMM (2005), contém três zonas morfológicas (Fig. 3.4.a) importantes: a área fonte (1), a de transferência (2) e a de deposição (3).

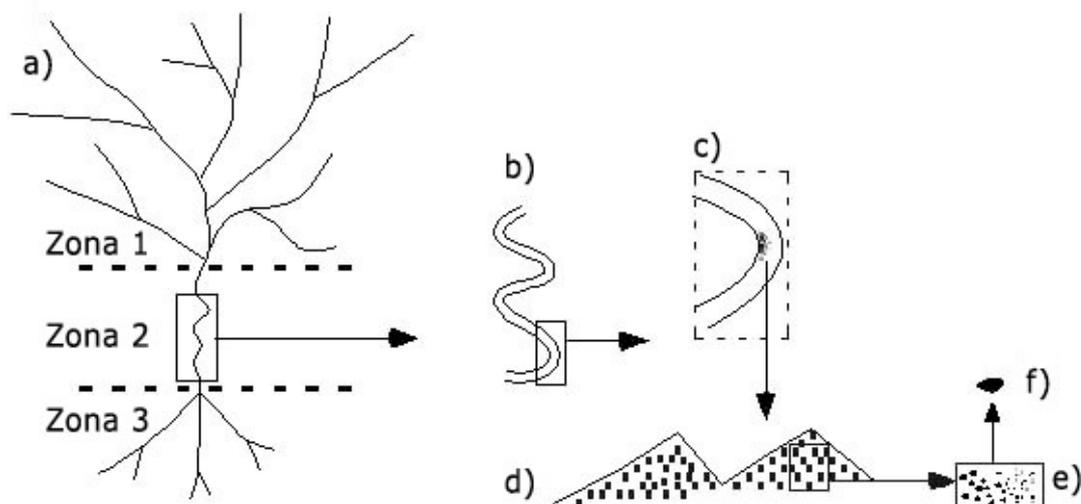


Fig. 3.4. Zonas componentes do sistema fluvial segundo SCHUMM (1977, citado em SCHUMM 2005).

A bacia de drenagem é a zona 1, a área geográfica colectora de água e fonte dos sedimentos. Dada a sua ligação próxima à vertente é em primeiro lugar uma zona de produção de sedimentos, embora ocorra também aqui o seu armazenamento. A zona 2 é a de transferência, onde, para um canal estável, o fornecimento (*input*) de sedimentos pode igualar a erosão (*output*). A zona 3 corresponde à área de deposição de sedimentos, a qual pode acontecer quer na planície aluvial quer na foz.

Em situação real é frequente os sedimentos serem armazenados, erodidos e transportados nas três zonas, mas identifica-se em cada uma delas um dos processos como dominante (Fig. 3.4.a). Na zona 1 predomina a erosão a qual fornece a carga sedimentar à corrente fluvial (Fig. 3.5.a). Na zona de transferência (zona 2, exemplo na Fig. 3.5.b) a mobilidade dos sedimentos depende das condições hidrológicas na bacia.



Fig. 3.5. Exemplos no rio Neiva: da zona 1 (3.5.a) próxima da nascente, aqui a erosão das vertentes domina, a qual fornece à corrente clastos angulosos; e da zona 2 (3.5.b), zona de transferência em Vilar das Almas, onde a mobilidade dos clastos depende da competência da corrente.

Na situação de maior disponibilidade de água o caudal aumenta e com ele a transferência dos sedimentos para jusante da posição inicial. Nesta situação haverá reorganização das áreas de armazenamento que, função do acréscimo no fornecimento de sedimentos, poderão provocar alterações morfológicas no canal para facilitar a transferência. Na zona 3 a deposição é o processo dominante, conduzindo ao aumento no volume de sedimentos acumulados nessas áreas.

O conhecimento do sistema fluvial a várias escalas, espacial (Fig. 3.4.b a 3.4.f) e temporal como antes descrito, e distinguir entre causa e efeito são os pilares fundamentais em projectos de reabilitação fluvial. Caso, por exemplo, o problema seja a estabilização do canal, a área de estudo será essencialmente na zona de transferência. Para a minimização ou a resolução do problema, pode ser apenas necessário modificar algo num dos bancos do canal. Qualquer que seja o plano de intervenção, pela dinâmica própria do sistema fluvial, ele poderá resolver um problema de instabilidade local mas interferirá na transferência de sedimentos para montante e para jusante do mesmo. Estes efeitos potenciais não podem ser negligenciados (THORNE *et al.* 1997; SCHUMM 2005).

3.4. CONTROLOS DA MORFOLOGIA E VARIABILIDADE FLUVIAIS

No sistema fluvial devido à interacção que existe entre os vários componentes deste, a várias escalas, qualquer mudança progressiva numa variável pode causar alterações bruscas no sistema. Por exemplo, se a corrente fluvial erodir a margem podem não ser visíveis efeitos imediatos. No entanto, a continuidade do processo de erosão da margem, partícula a partícula, criará um défice a não ser que seja continuamente reposto no local o mesmo volume de sedimentos. Trata-

se da equação do balanço entre a erosão e a deposição (SCHUMM 2005).

As questões a responder são: qual o intervalo nas condições do fluxo da corrente que permitem o equilíbrio ao longo da margem, ou seja, que ela se comporte como estável; quais os pontos críticos na margem, para o referido intervalo de condições, pois nessas a margem não será estável, podendo o balanço pender para a erosão ou deposição de sedimentos.

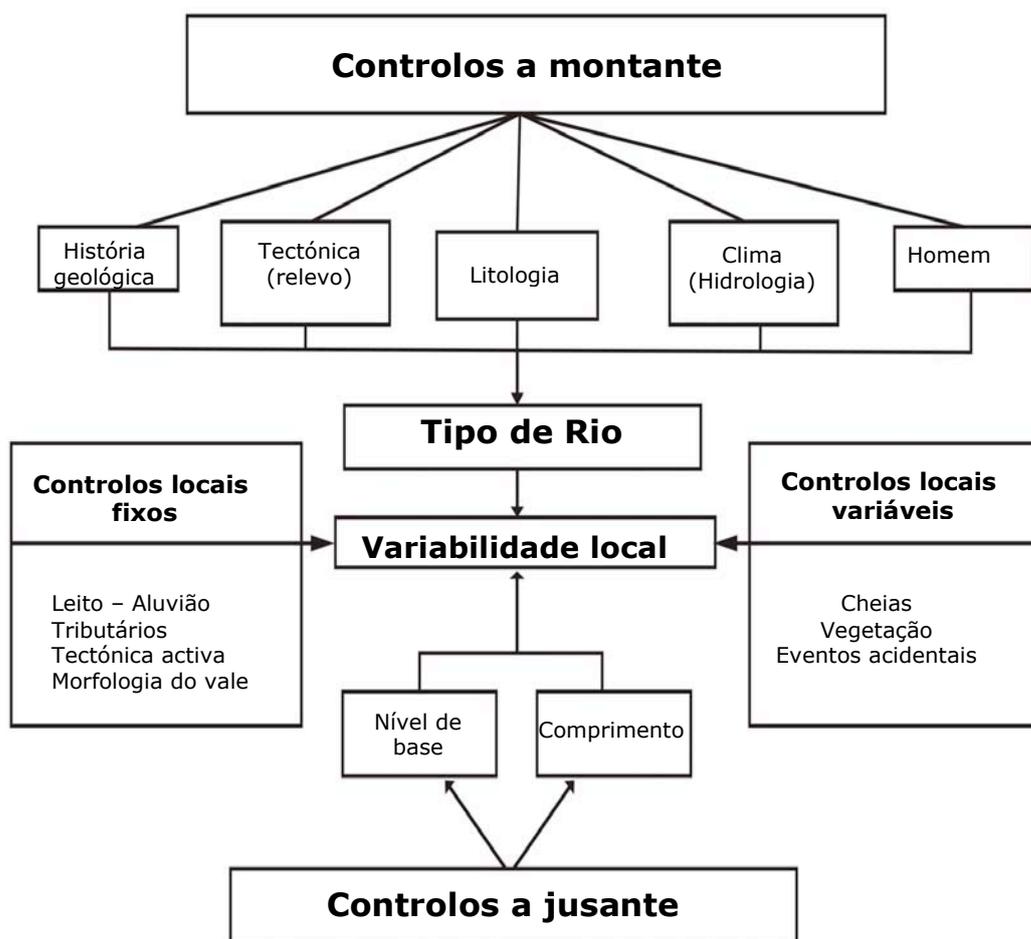


Fig. 3.6. Diagrama ilustrando os controlos que condicionam os tipos de rio e a sua variabilidade local, adaptado de SCHUMM (1977, citado em SCHUMM 2005).

No diagrama da figura 3.6 estão representadas as variáveis que determinam o tipo de rio e a variabilidade dos canais. Existem três tipos de controlos sobre qualquer troço do canal: a montante; locais; a jusante. As variáveis principais são as que condicionam o tipo de rio, isto é, o padrão do canal (entrançado, com meandros, rectilíneo). O nível de base e o comprimento do rio, por exemplo, modificam os efeitos dos controlos anteriores. No entanto, numa dada extensão do rio os controlos locais poderão ser dominantes, quer sejam de tipo variável, como a vegetação, quer de carácter fixo como a natureza do leito, rochoso — aluvião.

No que diz respeito à variabilidade local e seus controlos, o rio Neiva apresenta sectores onde a vegetação é diversa, desde árvores e arbustos, nas margens, nas barras, no meio do canal, seja o leito rochoso ou aluvião (Fig. 3.7). Nalguns locais têm um papel estabilizador das margens, nas condições de fluxo existentes, mas noutros impedem a circulação do fluxo aquoso e são a causa de instabilidade das margens. O crescimento da vegetação, muitas vezes para dentro do canal, aumenta a carga sobre a margem daí resultando o desmoronamento local desta.

Outro tipo de situação que foi também observada em vários sectores do rio Neiva, são os ramos e troncos partidos transportados durante a última cheia obstruindo o canal e interferindo no escoamento da corrente. Estes detritos orgânicos (*wood debris*) permanecem ainda actualmente retidos no canal quer pela vegetação viva, afloramentos e blocos nas margens e meio do canal quer pelos pilares das pontes. Nestes casos, os locais deviam ser alvo de uma limpeza dos *wood debris*, pois eles formam um entrançado que funciona como armadilhas para outros detritos, dos tipos natural e antrópico.



a) Vegetação a crescer no aluvião no leito do canal; nas margens arbustos e árvores. Cossourado.



b) Vegetação arbórea crescendo nas margens para dentro do canal. Balugães.



c) Barra longitudinal central, com vegetação arbórea e arbustiva. Arcozelo.



d) *Wood debris* retidos pelos blocos no leito e nas margens do canal. Arcozelo.



e) *Wood debris* retidos pelos pilares da ponte. Tregosa.



f) Vegetação: dentro do canal, na margem à direita; na barra central à esquerda da foto, ainda com abundantes *wood debris* retidos nas árvores, atrás da figura humana. Tregosa.

Fig. 3.7. Controlos locais em vários sectores do rio Neiva, alguns exemplos.

Os rios possuem em toda a extensão sectores de características próprias, por vezes muito diversas, que se podem repetir ou não ao longo do trajecto desde a nascente até à foz. Cada um dos sectores morfologicamente distintos dos adjacentes deverão ser, como tal, descritos e classificados individualmente. Importa pois, conhecer os diferentes tipos de rios e algumas das classificações dos sistemas fluviais.

3.5. CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS FLUVIAIS

A classificação dos sistemas fluviais é uma ferramenta importante, quer no reconhecimento e descrição dum rio quer quando se extrapola e aplica no planeamento de intervenções de reabilitação e previsão de evolução. Na literatura destacam-se vários autores que se dedicaram à investigação destes assuntos, citam-se por exemplo SCHUMM (1977, 2005), BRICE (1983), MOSLEY (1987), ROSGEN (1994), THORNE (1997).

Tendo em conta a perspectiva do investigador a classificação dos rios irá depender da variável mais significativa. Por exemplo, a divisão clássica em entrançado, com meandros e recto (LEOPOLD *et al.* 1992) centra-se num modelo que apresenta limites para os três tipos, baseado na descarga e no gradiente do leito fluvial. BRICE (1983) acrescentou ao trio o tipo anastomosado e distingue-o entre dois tipos de canais com meandros (quadro 3.1). Esta, revela-se uma distinção prática muito importante: entre canais meandriformes activos e passivos (THORNE 1997). Um canal com a sinuosidade e a largura muito semelhantes dá a impressão de possuir grande actividade, mas, de facto, pode ser relativamente estável (BRICE 1983). Este autor explicou também, como a largura, o gradiente, a sinuosidade do canal, o tipo de carga sedimentar e a estabilidade das margens variam com o padrão fluvial.

Quadro 3.1. Tipos de canais fluviais

CANAIS EM REGIME	OUTROS CANAIS
Padrão do canal	
Rectilíneo	Substrato
Meandriforme (passivo/activo)	Confinado
Divagante	Constrito
Entrançado	
Anastomosado (pode ser qualquer um dos anteriores)	Instável
Hidrologia	Acreção (transporte limitado)
Efémero	Degradação (fornecimento limitado)
Intermitente	Avulsão
Perene	
Interrompido	

3.5.1. Classificação de SCHUMM

Os estudos de SCHUMM (1977, 2005) em diversas zonas resultaram na proposta de classificação fluvial baseada no tipo de carga sedimentar transportada pela corrente e na estabilidade do canal fluvial. Este autor estudou rios aluviais e neles observou que os sedimentos no leito dos canais não variavam de forma significativa; o tamanho dos grãos não estava relacionado com a morfologia do canal mas sim o modo de transporte da carga (em suspensão, mista, de fundo).

As observações em meio fluvial natural levaram-no a desenvolver paralelamente estudos experimentais. Destes ele concluiu que existem cinco tipos básicos de modelos de canais, quando o gradiente permite que a carga sedimentar seja transportada como carga de fundo, junto ao leito do canal (Fig. 3.8). Estes cinco tipos podem ainda ser alargados função do tipo de carga transportada, mista e em suspensão, o que resulta em treze modelos: de 1-5 são de canais com transporte no leito, como definido; de 6-10 são canais modelados por correntes que

transportam carga mista; de 11-13 são os canais onde o modo de transporte dominante é por suspensão.

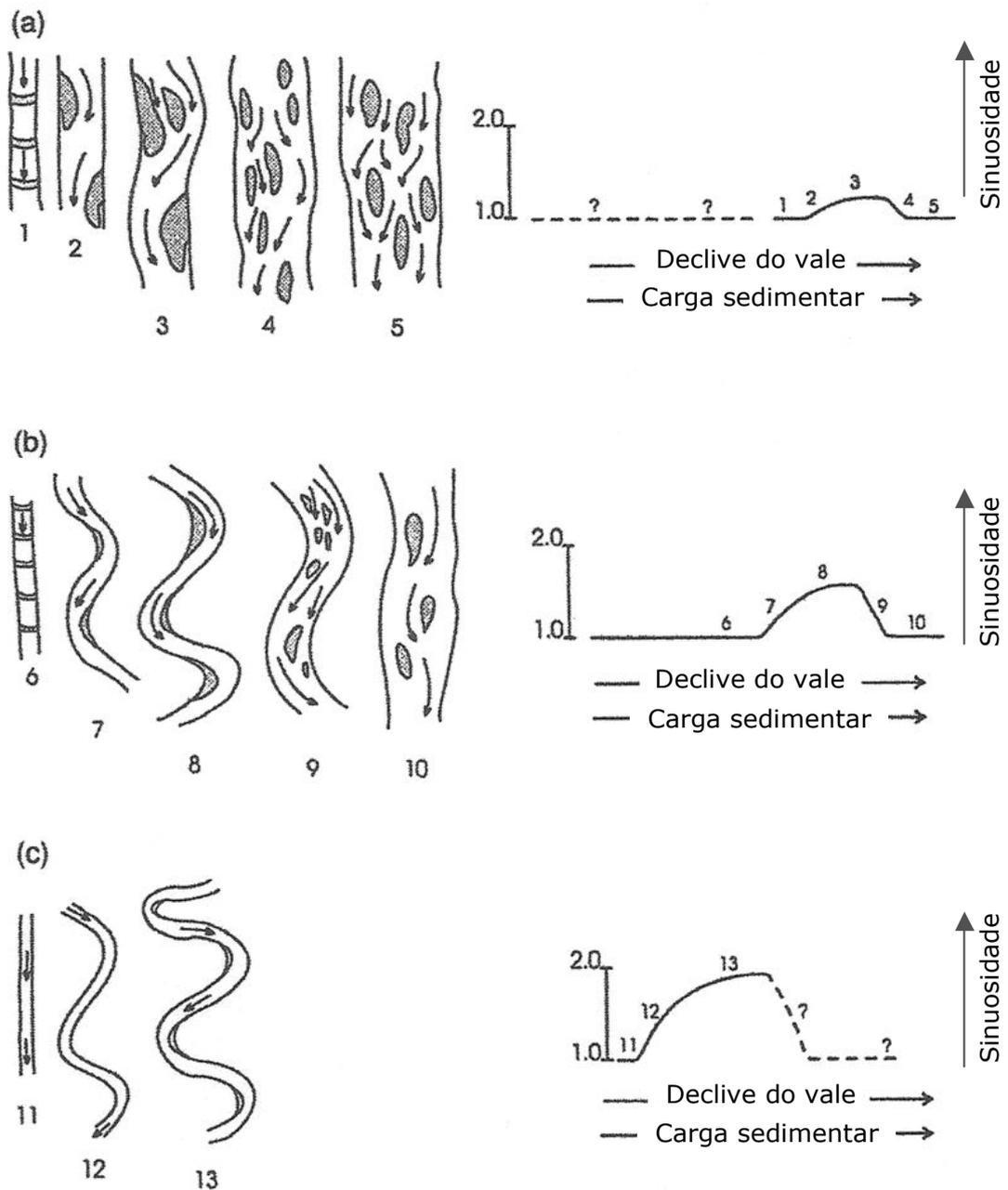


Fig. 3.8. Padrões fluviais função da carga sedimentar e declive. Modelos de canais com: a) carga de fundo; b) carga mista; c) carga em suspensão. Adaptado de SCHUMM (2005).

Estes modelos sofrem alterações em resposta ao aumento do declive do vale, da força da corrente e aumento da carga de sedimentos para cada tipo de canal.

Os canais de carga mista são relativamente estreitos e profundos, e com grande estabilidade das margens, quando comparados com os cinco tipos de canais de carga de fundo (Fig. 3.8), que apresentam relação largura/profundidade elevada (quadro 3.2).

O grau mais elevado de estabilidade das barras permite a manutenção de canais rectos, estreitos e profundos (modelo 6). As barras alternadas estabilizam, por serem de sedimentos finos, e daí resulta o aparecimento de canais levemente sinuosos (modelo 7). O esquema 8 corresponde a um canal verdadeiramente meandriforme, amplo nas curvas e relativamente estreito nas outras zonas, sujeito a encurtamento do traçado por *chute cutoff*, ou seja por o canal adoptar uma posição entre as cristas da barra de meandro. O modelo 9 mantém a sinuosidade de um canal meandriforme mas, devido ao transporte de sedimentos maiores, surgem barras dentro do canal que lhe dão uma aparência sinuosa entrançada. O modelo 10 é de um canal entrançado com ilhas, que é relativamente mais estável que o canal 5, no qual domina a carga de fundo.

Os canais de carga em suspensão (Fig. 3.8) são estreitos e profundos. O modelo 11 é de canal recto, estreito e profundo. Apenas com pouca quantidade de carga de fundo, este tipo de canal poderá ter a sinuosidade maior de todos (modelos 12 e 13) mas, não obstante, pode ser muito estável.

Quadro 3.2. Classificação dos canais aluviais

TIPO DE CANAL E MODO DE TRANSPORTE DA CARGA SEDIMENTAR	CARGA DE FUNDO (% DA CARGA TOTAL)	ESTABILIDADE DO CANAL		
		ESTÁVEL (CORRENTE GRADUADA)	EM DEPOSIÇÃO (EXCESSO DE CARGA)	EM EROSÃO (DÉFICE DE CARGA)
CARGA EM SUSPENSÃO	<3	Canal estável com carga em suspensão Largura/profundidade <10 sinuosidade >2.0 declive suave	Deposição (carga em suspensão) Deposição principal nas margens causando estreitamento do canal; início de deposição no leito	Erosão (carga em suspensão) Predomínio de erosão no leito; início de alargamento do canal
CARGA MISTA	3 - 11	Canal estável com carga mista 40 < Larg./profund. > 10 2.0 < sinuosidade > 1.3 declive moderado	Deposição (carga mista) Início de grande deposição nas margens, seguida de deposição no leito	Erosão (carga mista) Início de erosão no leito seguida de alargamento do canal
CARGA DE FUNDO	>11	Canal estável com carga de fundo Largura/profundidade >40 sinuosidade <1.3 declive elevado	Deposição da carga de fundo Deposição no leito e formação de ilhas	Erosão (carga de fundo) Pequena erosão no leito, predomínio de alargamento do canal

(adaptado de SCHUMM 1977 *in* SCHUMM 2005)

Os modelos de canais descritos são de rios aluviais, o que significa que o canal não está confinado pelas rochas do leito ou por terraços, mas encontra-se rodeado pela planície de inundação. Este tipo de canais é conhecido também por canais em regime. Esta designação foi apresentada por LINDLEY (1919 *in* SCHUMM 2005) ao descrever pela primeira vez o uso desta expressão na frase, aplicada aos canais a construir na Índia e Egito, "quando o leito e a margem de um canal são erodidos e preenchidos, mudando a profundidade, o gradiente e a largura, até ser atingido um estado de equilíbrio...diz-se que o *canal está em regime*".

3.5.2 Classificação de MONTGOMERY & BUFFINGTON

A classificação anterior aplica-se aos canais livres característicos de rios aluviais, cuja carga sedimentar é principalmente de areia, limo e argila, correspondendo aos canais em regime, um dos tipos identificados no estudo de MONTGOMERY & BUFFINGTON (1997). Estes investigadores desenvolveram uma classificação para descrever os rios do Noroeste do Pacífico. As montanhas de vertentes íngremes e a uma curta distância da costa do Pacífico possuem a seguinte sequência de formas: na cabeceira da bacia hidrográfica colinas com vertentes íngremes e vales com fundo e vertentes muito inclinadas, vales suaves na zona intermédia da bacia e vales com baixo gradiente na parte final. Ao estudarem estas bacias classificaram desde os tipos de canais de montanha com leito rochoso aos canais aluviais. O sistema de classificação proposto relaciona a diversidade e a relação entre rios/relevo/canais (Fig. 3.9), diferenciando cinco tipos organizados por ordem decrescente do gradiente do rio.

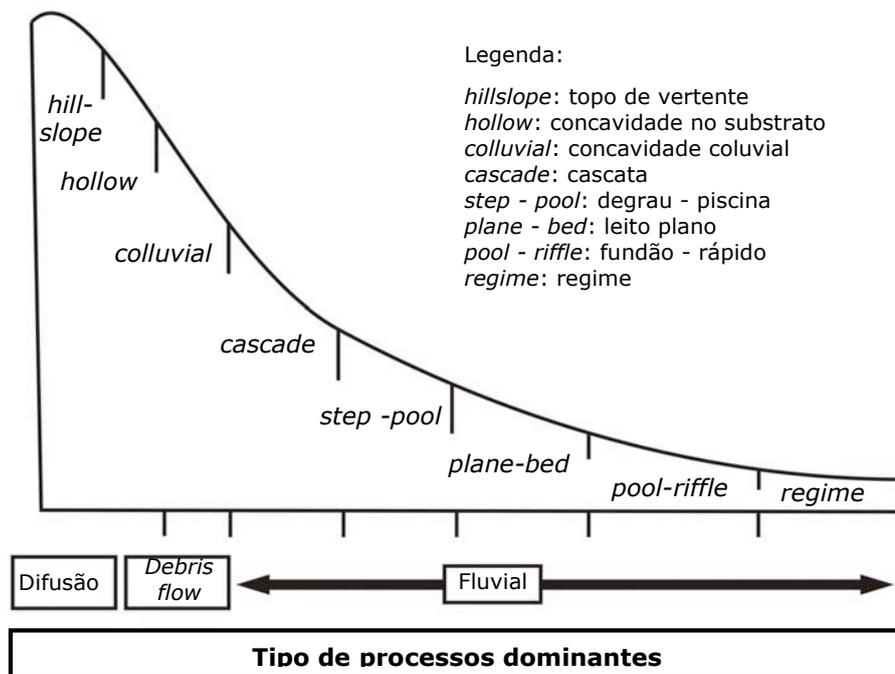


Fig. 3.9. Perfil longitudinal esquemático, desde o topo da vertente até aos canais aluviais, mostrando a distribuição geral dos tipos de canais e dos processos nas bacias de drenagem de montanha (adaptado de MONTGOMERY & BUFFINGTON 1997).

Os investigadores MONTGOMERY & BUFFINGTON (1997) iniciaram a descrição/classificação no topo do relevo divisório da drenagem (*hillslope*) em direcção a jusante (Fig. 3.9), catalogando concavidades, em substrato rochoso (*hollow*) e coluviais (*colluvial*), rampas, e os canais do tipo aluvial. Enquanto que, na cabeceira, junto ao relevo divisório, predominam a difusão e os processos coluviais, os canais aluviais têm génese por processos fluviais. Os processos dominantes estão intimamente relacionados com o declive do sector (Fig. 3.9 e Fig. 3.10), reflectindo-se nas características dos sedimentos, isto é na respectiva dimensão e forma. Os sedimentos em associação com o declive condicionam o tipo de canal e ainda a distribuição das áreas de deposição/erosão e espaçamento destas.

No domínio dos processos fluviais os autores (*op. cit.*) identificaram cinco tipos morfológicos de canais: *cascade*, *step - pool*, *plane - bed*, *pool - riffle* e *dune - ripple (regime)*. Estes canais apresentam forma distinta (Fig. 3.10), porque a interacção entre o comportamento hidráulico da corrente e os processos sedimentares, particularmente a quantidade de energia dissipada pela turbulência da corrente, diferem em cada um dos tipos de canais. Embora a dimensão do material do leito geralmente decresça das cascatas (*cascade*) para os canais aluviais com dunas e *ripples (dune - ripple)*, este não é um aspecto discriminativo da classificação. As ilustrações representando a forma em secção longitudinal e em planta destes canais podem ser observadas na figura 3.10, assim como o gradiente e o espaçamento entre as poças, piscinas e fundões, consoante os casos.

A maioria destes canais (do tipo *non - regime channels*) são muito dependentes de factores externos, podendo ser confinados pelas vertentes do vale e terraços, em contraste com os canais em regime.

A dimensão do canal e a sua localização relativamente aos controlos do substrato condicionam a morfologia dos rios de montanha bem como o seu comportamento.

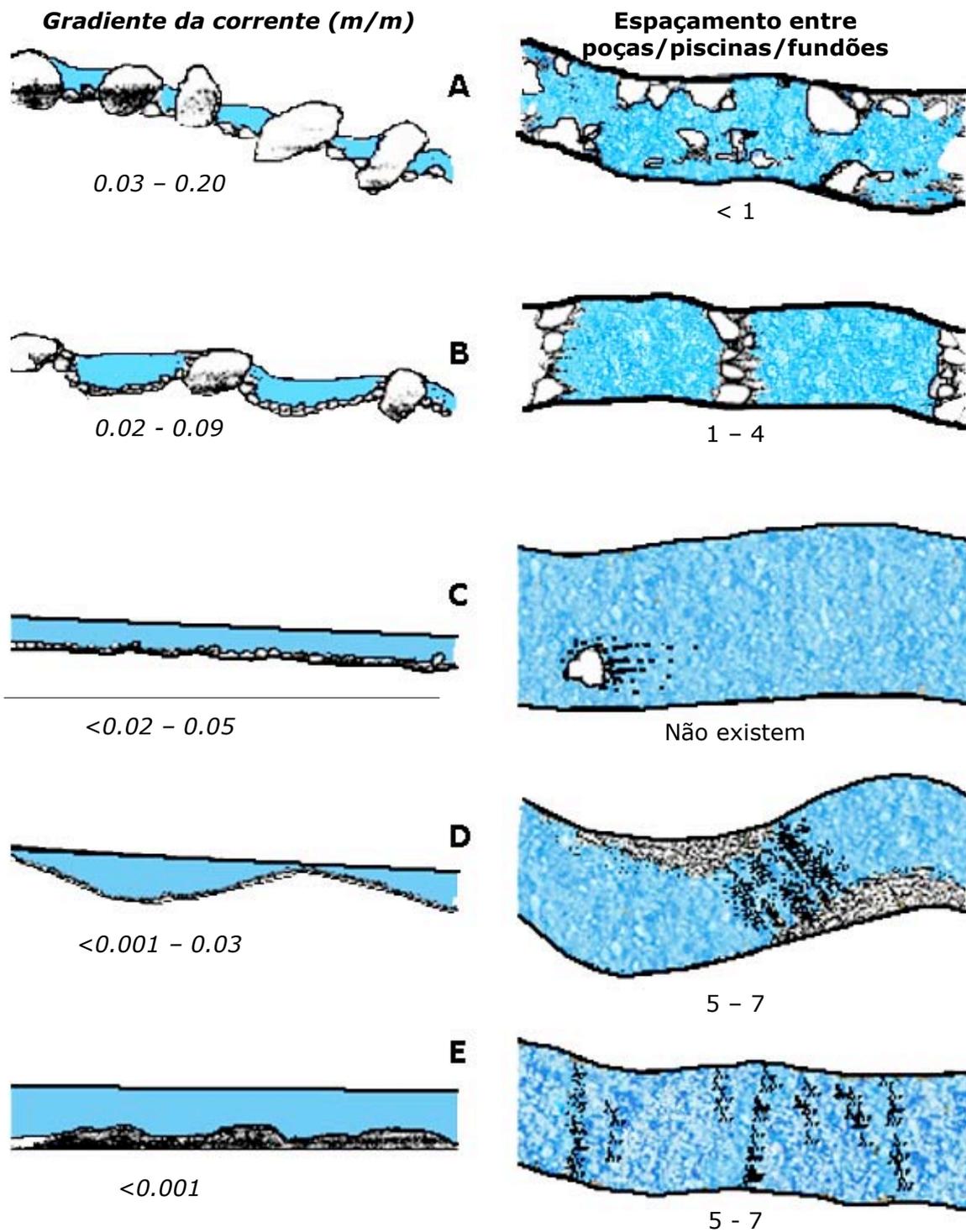


Fig. 3.10. Morfologia em secção longitudinal e a correspondente vista em planta de cada tipo de canal em regime de fluxo baixo: A — *cascade*; B — *step - pool*; C — *plane - bed*; D — *pool - riffle*; E — *dune - ripple*. Adaptado de MONTGOMERY & BUFFINGTON (1997).

A classificação de MONTGOMERY e BUFFINGTON (1997) dos canais de montanha ilustra bem esse tipo de controlos (Fig. 3.9). Os processos dominantes nos canais mais pequenos são do tipo *debris flow*, processos que muitas vezes não estão presentes ou têm um impacto reduzido na maioria dos rios aluviais. Os canais de montanha formam um contínuo desde o controlo total pelo substrato até ao canal em regime. Seguindo esta classificação, os cursos de montanha podem ser divididos simplesmente em três grupos: confinados, constrictos e em regime.

Um canal confinado é totalmente controlado pelo substrato, rochoso ou aluviões antigos das margens e do leito. Tais canais não são reajustáveis e o conhecimento dos comportamentos dos canais em regime, frequentes nos sectores de declive menos acentuado da bacia, não podem ser directamente aplicados na interpretação dos canais dos tipos confinado e constricto (quadro 3.1). O canal confinado permanece em equilíbrio estático a curto prazo, embora, ao longo do tempo geológico, o rio modifique o seu vale, aprofundando-o e alargando o fundo. Apesar de poderem ser estabelecidas relações geométricas e hidráulicas entre a largura do vale (canal) e descarga, isto não significa de forma alguma que o canal esteja em regime.

O canal constricto é sujeito a todos os tipos de controlo referidos anteriormente para o canal do tipo confinado, os quais determinam as dimensões e a forma do canal. Também as relações estabelecidas para os canais em regime não podem ser extrapoladas para este tipo de canal. Na representação da figura 3.9 o grau de controlo diminuirá da esquerda para a direita.

O carácter hidrológico do rio é outro factor de controlo importante na morfologia do canal. Os rios podem apresentar diferentes fluxos, classificados em correntes efémeras, intermitentes e perenes. As descargas repentinas têm um impacto maior e diferente do que aquele que se verifica em canais com fluxos relativamente uniformes.

As classificações dos rios baseiam-se no regime ou em canais considerados estáveis embora ao longo do tempo mudem de posição, mas apesar disso mantêm uma morfologia padrão. A aplicação de uma única classificação, qualquer que seja, poderá ser inadequada. O mais sensato é usar classificações diferentes para os canais entrançados, meandriformes e rectilíneos (Fig. 3.8).

3.5.3. Classificação de ROSGEN

Embora as classificações sejam inicialmente úteis para facilitar a comunicação e sirvam como um índice dos numerosos tipos de canais que existem são as características de um canal individual que são realmente importantes (ROSGEN 1994). Numa perspectiva prática, as medições geomorfológicas, do gradiente, da sinuosidade, da relação entre a largura do canal e a profundidade, do tipo de sedimentos no leito e margens, quando combinadas com as medições dos técnicos de engenharia, da descarga, da velocidade do fluxo, da potência da corrente, providenciam a informação necessária para compreender um rio e o conhecimento requerido para prever mudanças futuras. Quando existem informações quantitativas disponíveis sobre os sistemas fluviais, as classificações são de menor valor no desenho da estabilidade dos canais e na previsão das mudanças. É claro que a variabilidade de um rio aluvial terá muitas causas.

A dinâmica fluvial relaciona-se com algumas destas variáveis, de entre as quais, se salientam, o modelo e o declive do canal e a geometria deste vista em planta.

Os rios e os canais são dinâmicos e modificam continuamente a sua posição, forma e outras características morfológicas função da variação da descarga e ao longo do tempo. As suas características são determinadas pela descarga de água, a quantidade e carácter da descarga de sedimentos, a composição do leito e material que compõe

as margens do canal, o controlo geológico, a variação destes parâmetros no tempo e as actividades do homem.

Para prever o comportamento de um rio em estado natural ou afectado por actividades humanas é de extremo interesse compreender as suas características.

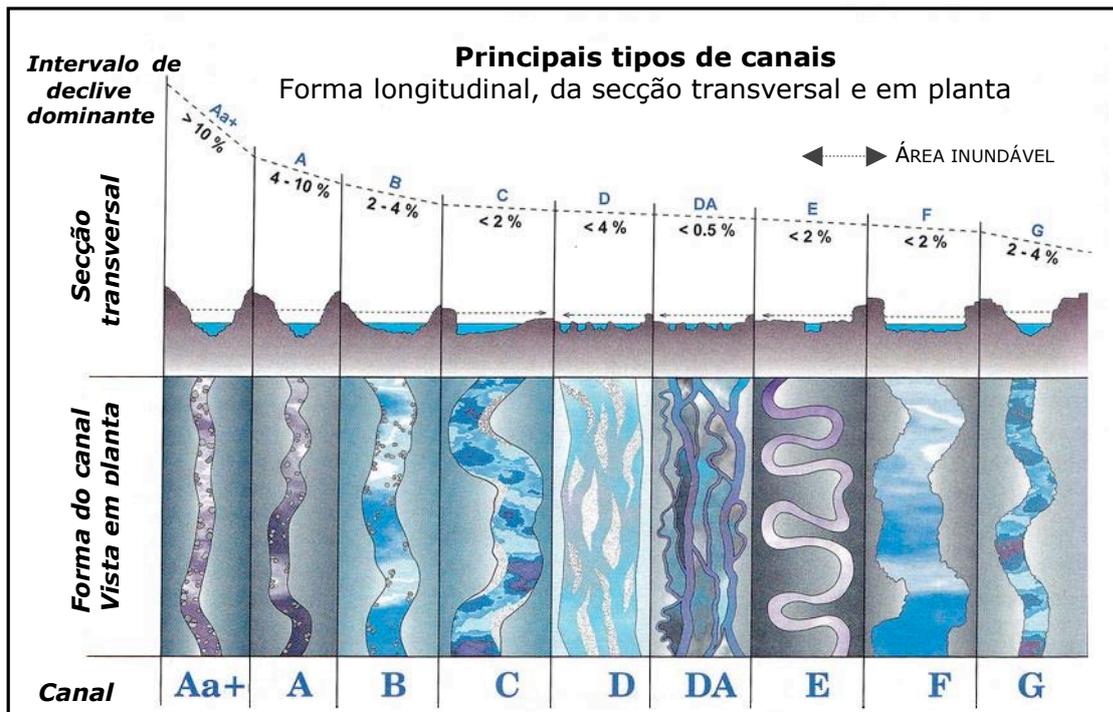
O modelo do canal descreve a forma do canal visto em planta. Os tipos primários de formas de canal são meandriforme, entrançado e rectilíneo. Estas formas estão, por sua vez, dependentes do declive, da descarga e da acumulação de sedimentos.

No estudo dos rios merecem destaque também, as formas do relevo aluvial. Este fornece-nos informação adicional acerca das inundações que ocorrem na margem, que não dependem somente da magnitude da cheia.

A classificação de ROSGEN (1994, 1996) usa um código alfanumérico para classificar canais (Fig. 3.11) baseados em cinco parâmetros morfométricos do canal fluvial e da superfície de cheia:

- taxa de entrincheiramento, que é basicamente a contenção vertical do rio e o grau de incisão no fundo do vale;
- razão largura/profundidade, descreve o factor forma e dimensão como a relação entre a largura em situação de cheia e a profundidade média do canal;
- sinuosidade, relação entre o comprimento do rio relativamente ao comprimento do vale;
- declive do leito;
- tamanho médio das partículas da superfície do leito.

Estes cinco parâmetros são usados para distinguir sete principais tipos de canais identificados por letras de **A** a **G**. Cada tipo de canal principal tem um número designado que reflecte o tamanho das partículas do



Canal	A	B	C	D	DA	E	F	G
Material do leito								
1 Substrato								
2 Blocos								
3 Seixos >64mm								
4 Seixos >2mm								
5 Areia								
6 Silte + argila								
Entrincheiramento	<1.4	1.4-2.2	>2.2	N/A	>2.2	>2.2	<1.4	<1.4
Sinuosidade	<1.2	>1.2	>1.4	<1.1	1.1-1.6	>1.6	>1.4	>1.2
Largura/Profundidade	<12	>12	>12	>40	<40	<12	<12	<12
Declive	0.04 a 0.099	0.02 a 0.039	<0.02	<0.04	<0.005	<0.02	<0.02	0.02 a 0.039

Fig. 3.11. Classificação baseada em critérios morfométricos. Estão esboçados quarenta e um tipos de canais função da secção longitudinal e transversal dos canais, a vista em planta do traçado dos canais e a relação com os materiais do leito. Adaptado de ROSGEN (1994; 1996).

material do leito. Canais com leito de blocos, seixos grandes e pequenos apresentam os números **2**, **3** e **4**, respectivamente, e são os únicos a que se aplicam estes critérios. As letras minúsculas **a**, **b** e **c** são usadas para especificar os gradientes de canais fora do intervalo típico para um determinado tipo de corrente.

Na figura 3.11 podem ser observadas a secção longitudinal e transversal dos canais, a vista em planta da forma dos canais, a relação com os materiais do leito e os critérios morfométricos para os quarenta e um tipos de canais esboçados. Por exemplo, um rio classificado como **Bc** é um rio tipo B (**B**), com leito de seixos grandes (**3**) mas um gradiente entre os 0,001 - 0,02, que é mais típico dos rios tipo C (**c**). No quadro 3.3 estão resumidas as características morfológicas dos principais tipos de canais da classificação de ROSGEN.

Quadro 3.3. Características morfológicas dos principais tipos de canais segundo a classificação de ROSGEN	
TIPO DE CANAL	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
A	Degrau - piscina (<i>step - pool</i>) e cascata : piscinas de cascata e de erosão, energia elevada, baixo armazenamento de sedimentos, estável;
B	Rápidos (<i>riffles & rapids</i>): alguns poços/piscinas de erosão, barras raras, estável;
C	Sequências fundo - rápido (<i>pool - riffle</i>): meandriforme, barras de meandro, planície de inundação bem desenvolvida, margens estáveis ou instáveis;
D	Entraçado : múltiplos canais, barras móveis, erosão, deposição, grande fornecimento de sedimentos, margens erodíveis;
DA	Anastomosado : canais múltiplos, fundos - rápidos, planície de inundação com vegetação, zonas húmidas adjacentes, margens estáveis;
E	Meandros livres : planície de inundação bem desenvolvida, fundos-rápidos, transporte de sedimentos relativamente alto;
F	Meandros incisivos : meandros talhados nos vales, planície de inundação pobre, fundo - rápido, margens estáveis ou instáveis;
G	Ravinas : talhados em vertentes e veigas, grande fornecimento de sedimentos, margens instáveis, <i>step - pool</i> .

3.5.4. Diferenças entre as classificações de ROSGEN e de MONTGOMERY – BUFFINGTON

Estas duas classificações diferem em alguns pontos, nomeadamente, os fundamentos base para estabelecer a classificação, o aspecto do sistema de classificação e a sua aplicabilidade.

A classificação de ROSGEN baseia-se em parâmetros morfométricos e diferencia com precisão os canais com diferentes gradientes de inclinação, taxa de largura - profundidade, sinuosidade e entrincheiramento. A classificação de MONTGOMERY & BUFFINGTON é baseada em tipos de canais encontrados essencialmente no Noroeste do Pacífico, onde os rios percorrem uma distância relativamente curta entre os precipícios das nascentes e o nível do mar, numa sucessão de diferentes tipos de canais. Do terreno íngreme ao pouco inclinado, estes canais mostram a resposta morfológica às mudanças na quantidade de água e no fornecimento de sedimentos.

A classificação de ROSGEN apresenta um código alfanumérico não intuitivo e o grande número de canais classificados pode ser desencorajador para investigadores com pouca experiência. Já a classificação de MONTGOMERY & BUFFINGTON expõe cinco tipos de canais usando uma terminologia fluvial mais conhecida e habitual.

No que diz respeito à aplicabilidade, o sistema de classificação de ROSGEN, baseado em parâmetros morfométricos, é aplicável a qualquer tipo de leito de rio. A classificação de MONTGOMERY & BUFFINGTON é mais indicada para descrever rios com leito de seixos e blocos em zonas montanhosas.

3.5.5. Correspondência entre as classificações de ROSGEN e de MONTGOMERY – BUFFINGTON

Os canais do tipo degrau - piscina (*step - pool*), leito plano (*plane - bed*), e fundão - rápido (*pool - riffle*), distinguidos pela classificação de MONTGOMERY & BUFFINGTON (1997) correspondem geralmente aos canais tipo A, B e C na classificação de ROSGEN (1994, 1996).

Os gradientes de inclinação observados para estes três tipos de canais na classificação de MONTGOMERY & BUFFINGTON correspondem razoavelmente bem aos gradientes assinalados nos tipos A, B e C por ROSGEN (Fig. 3.12). A classificação de MONTGOMERY & BUFFINGTON fornece um grande intervalo de inclinações, que podem sobrepor tipos de canais, juntando desta forma canais com diferenças morfométricas num único tipo, caso os processos hidráulicos e sedimentares sejam semelhantes. A classificação de ROSGEN como tem numerosos subgrupos permite distinguir entre tipos de canais com diferenças morfométricas insignificantes.

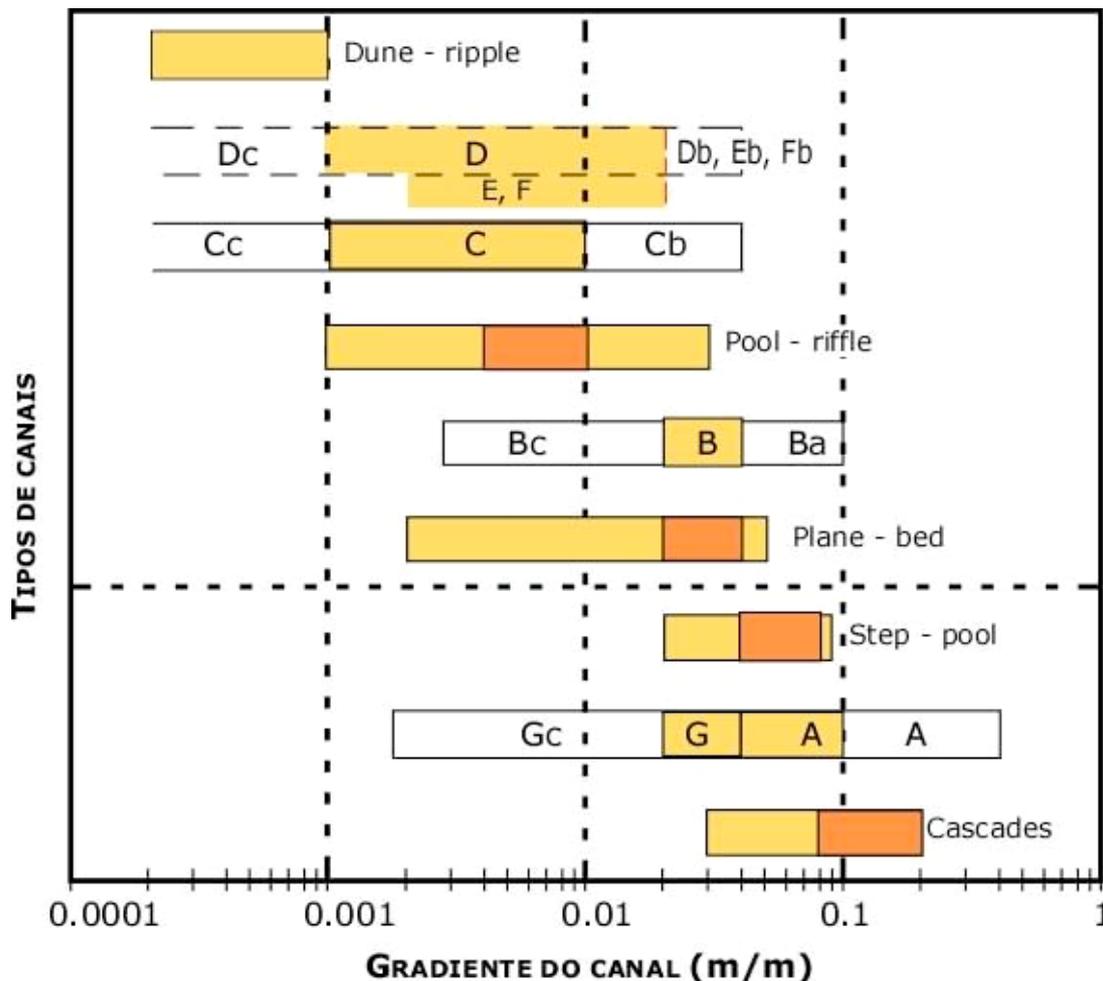


Fig. 3.12. Comparação dos gradientes nas classificações de Montgomery-Buffington (1997) e de Rosgen (1994, 1996). Classificação de Montgomery-Buffington representados pelos tipos fundo - rápido (*pool - riffle*), leito plano (*plane - bed*), degrau - piscina (*step - pool*) e cascatas (*cascades*). A cor amarelada indica o intervalo dos gradientes observados e a cor mais laranja indica a moda. As letras referem-se à classificação de Rosgen. A cor amarelada representa o tipo principal de canal, e os domínios em branco os subtipos com gradientes mais fortes ou mais suaves. As caixas em aberto representam gradientes "maiores que" e "menores que".

CAPÍTULO 4 — O RIO NEIVA

Características geomorfológicas e sedimentológicas

No capítulo 2 foram apresentadas as características da bacia do rio Neiva e no capítulo 3 descritas algumas das ideias fundamentais para a abordagem do sistema fluvial, em geral. Este capítulo é dedicado à descrição do rio Neiva, sob a perspectiva geomorfológica e sedimentológica. O objectivo é o reconhecimento e classificação dos tipos de canais existentes, quais os sectores no rio representativos dessa variedade de canais, incluindo a ocupação do canal por vegetação e outras que existam ao longo do rio.

4.1. O RIO NEIVA, DA NASCENTE À FOZ

O monte Oural, com 722 metros de altitude, é partilhado por três bacias hidrográficas, nomeadamente do Rio Neiva, do Rio Lima, do Rio Cávado incluindo neste o seu maior afluente o Rio Homem. A vegetação observada na parte superior do monte Oural é do tipo rasteira e arbustiva, constituída por tojo, urze e giesta (Fig. 4.1). A vegetação arbórea é rara e não é nativa, são eucaliptos. Relativamente à fauna, para além de alguns cavalos selvagens e um ou outro corvo, não foram avistados outros vertebrados.

A litologia dominante no monte Oural é granítica. Nas áreas de cabeceira na bacia do rio Neiva (Fig 2.2) aflora granito de grão fino a médio, com esparsos cristais de feldspato, de duas micas, essencialmente biotítico (PEREIRA Coord. 1989), por vezes alterado. Neste sector da bacia destacam-se os pântanos do Oural (Fig. 4.1). São áreas mais encharcadas próximas da nascente de vários cursos de água, mas afastadas relativamente à acção das correntes nos canais

fluviais, o que permite a presença de sedimentos finos, por vezes bastante coesos.



Fig. 4.1. Vegetação arbustiva e rasteira na cabeceira da bacia do Rio Neiva. Pântanos do monte Oural.

Na cabeceira, da bacia de drenagem do rio Neiva, os cursos de água distribuem-se num padrão radial a partir do monte Oural, reunindo-se mais abaixo do monte formando ribeiros. Um dos mais importantes é o ribeiro do Souto no qual desaguam a maioria dos cursos resultantes da água colectada no monte Oural. O referido ribeiro é, nesta área, o afluente do rio Neiva mais comprido e próximo do limite entre as bacias do rio Neiva e rio Lima.

O ribeiro do Souto atravessa a povoação de Porrinhoso. Aqui, o canal é ladeado por silvas e fetos que densamente vegetam as margens impedindo a visibilidade. A profundidade de água é variável, entre os cinco e dez centímetros, nalguns locais é maior mas de grandeza semelhante. O canal é modelado no granito local, contém sedimentos

muito angulosos e de grande dimensão, desde blocos a seixos, e matriz de areia grosseira (Fig. 4.2).



Fig. 4.2. Pormenor do leito do canal granítico, à vista nas rampas terminando em pequenas piscinas com blocos, seixos e matriz de areia.

Nas zonas onde a inclinação do talvegue é maior o leito é de rocha à vista, pois a corrente acelera nestas rampas graníticas evacuando os sedimentos, que se concentram no fundo da rampa no ponto de ruptura para pendor mais suave. As rochas graníticas das margens estão por vezes alteradas e cobertas por musgos. A vegetação é em muitos locais a armadilha para os restos de vegetação transportada pelo canal, em períodos em que o caudal é de cheia. Nestes locais o canal é visualmente identificado na paisagem pela vegetação na margem, frequentemente silvas e os destroços associados, ramos de árvores, entre outros.

Neste ribeiro funcionaram outrora vários moinhos de água dos quais ainda restam alguns (Fig. 4.3) actualmente inactivos.



Fig. 4.3. Moinho de água em Porrinhoso.

Percorrendo o ribeiro do Souto para montante em direcção à nascente verifica-se que o declive do leito do canal e a largura deste variam (Fig. 4.4). Nalguns sectores existem zonas amplas onde se acumulam sedimentos finos e de natureza lodosa. À medida que se caminha para montante os sedimentos no canal tendem a ser mais angulosos e a matriz de areia muito grosseira (Fig. 4.5). Próximo da nascente o canal é modelado em sedimentos tendo no leito alguns seixos, predominantemente graníticos e algumas rochas metamórficas.

O trajecto do ribeiro do Souto para jusante da povoação de Porrinhoso, é mais rectilíneo, com direcção aproximada N10°E, ladeando por W o Monte Sabroso. Este ribeiro reúne-se próximo de Duas Igrejas ao troço mais a montante do rio Neiva, cujo trajecto é aproximadamente N50°E, seguindo grosseiramente a direcção dum dos longos filões de quartzo a sul de Godinhaços.

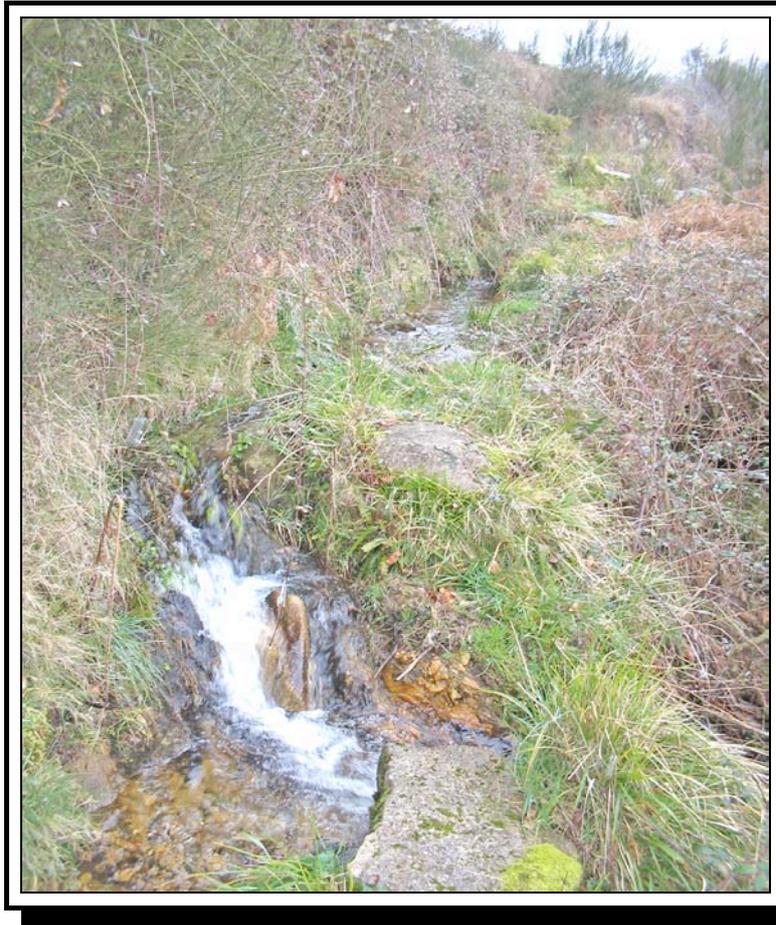


Fig. 4.4. Canal do ribeiro do Souto a montante de Porrinhoso.



Fig. 4.5. Canal do ribeiro do Souto, próximo da nascente. Os sedimentos do leito são grosseiros e angulosos.

O rio Neiva a montante da localidade de Godinhaços corre num canal único, estreito, modelado em granito duro. Neste sector a rocha granítica difere da anterior. Trata-se de granito de grão médio, de duas micas, cujo maciço se prolonga para sul até Vila Verde (Fig. 2.2). A distância entre as margens é em média 1,20 metros, no entanto este valor depende e varia bastante consoante o local. A maioria dos sedimentos são graníticos, a dimensão frequente dos clastos é seixo grande (Fig. 4.6). O desgaste dos clastos é baixo, predominam os subangulosos com uma pequena população de clastos menores mais desgastados. O rio tem água límpida, pouco profunda, vendo-se no leito também alguma areia entre os seixos. Nesta zona, além dos *wood debris*, encontram-se alguns lixos antrópicos, plásticos, também retidos pela vegetação nas margens, dominadas por silvas, ervas rasteiras e musgo. A vegetação arbórea é de alguns carvalhos, localizados principalmente na bordadura dos campos agrícolas.



Fig. 4.6. Rio Neiva, na região de Godinhaços. Canal único modelado no granito local. O leito é coberto por sedimentos grosseiros, a maioria pouco desgastados. Vista do troço do rio na foto do canto superior direito.

O rio Neiva na região de Duas Igrejas corre num canal único mais profundo. Nas margens do canal crescem, para dentro do canal (Fig. 4.7), amieiros e vegetação arbustiva, silvas e fetos.



Fig. 4.7. Rio Neiva na região de Duas Igrejas. Corre num só canal com vegetação arbórea e arbustiva crescendo das margens para dentro do canal.

No troço médio do percurso do rio Neiva, na região de Arcozelo, o talvegue tem menor declive e a relação largura/profundidade do rio é bastante maior. A distância entre as margens é aproximadamente quatro metros. Aqui o rio Neiva atravessa a faixa de metassedimentos silúricos pertencendo à Unidade do Minho Central e Ocidental (Fig. 2.2). A corrente circula com velocidade e trajectórias variáveis, sobre o substrato metamórfico coberto por aluviões (Fig. 4.8), originando a acumulação nalguns locais junto às margens mas, preferencialmente, em barras longitudinais na parte central do canal. Os sedimentos encontrados englobam-se na classe dos seixos, mas de dimensão inferior aos da zona a montante, e estão contidos numa matriz arenosa.

A composição dos clastos é diversificada. Encontram-se seixos de rochas metamórficas e graníticas, todos apresentando desgaste.

As barras centrais mais extensas estão estabilizadas pela vegetação, amieiros e até videiras (Fig. 4.9). O fluxo aquoso dividido em dois circuitos, circunda estas barras, que sendo centrais não se desenvolvem em posição de perfeita simetria relativamente às margens do rio. Nos dois canais formados a velocidade da corrente é distinta. Esta é reconhecida pelo tipo de aluviões encontrados, maior quantidade de areia/seixos e maior desgaste num dos canais.

Numa ou noutra zona as árvores, sobretudo amieiros, apresentam-se com as raízes a descoberto, indicando erosão localizada.

A zona marginal da planície de inundação foi muito cultivada mas actualmente este uso está em abandono.



Fig. 4.8. Vista dos aluviões no leito do canal e da vegetação na margem duma barra central (lado esquerdo da foto), com as raízes parcialmente expostas. Rio Neiva na região de Arcozelo.

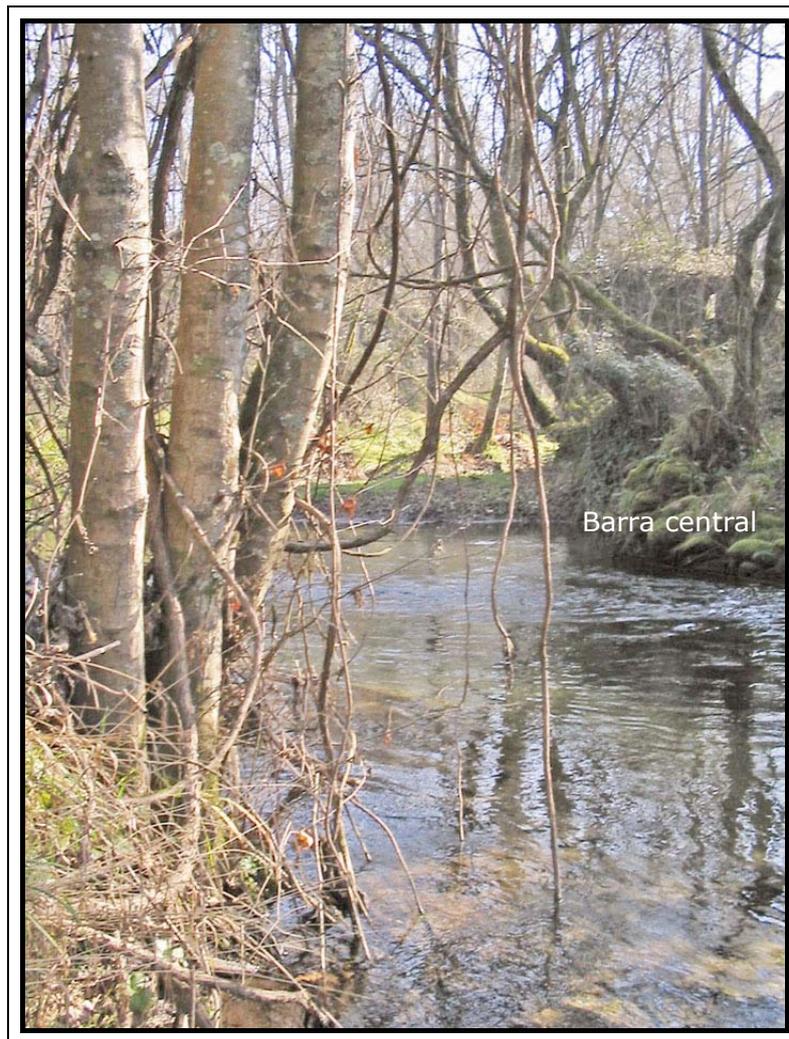


Fig. 4.9. Rio Neiva na região de Arcozelo, fotografia dum dos canais que circunda a barra central, no lado direito, referida na figura anterior.

No troço médio é onde o rio Neiva possui maior largura, aumentando para cerca do dobro, oito metros entre as margens, próximo da localidade de Vilar das Almas, para jusante de Arcozelo. Neste sector o rio corre sobre granito de grão fino, com duas micas essencialmente biotítico (Fig. 2.2). A corrente fluvial é mais fraca, observando-se barras arenosas, por vezes com *ripples* na superfície, bem individualizadas dos aluviões (Fig. 4.10) mais grosseiros no leito do canal. Esporadicamente encontra-se material lodoso em concavidades marginais, afastadas do trajecto da corrente.

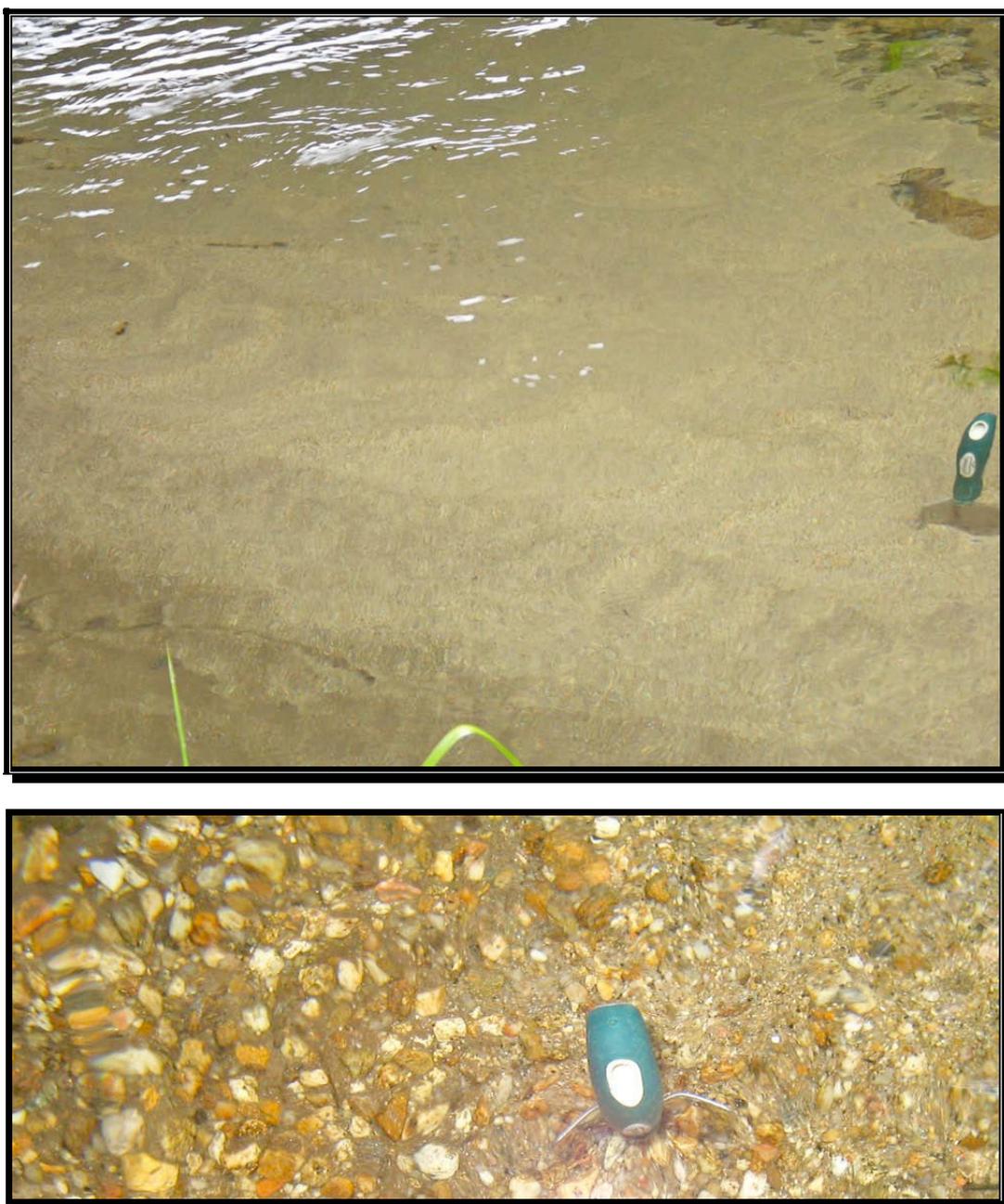


Fig. 4.10. A foto superior é de uma barra arenosa com *ripples* e a inferior dos aluviões no fundo do canal, observando-se a diversidade composicional dos seixos. O punho da colher mede 15 cm. Rio Neiva, Vilar das Almas, Lugar do Talho.

A planície de inundação desenvolve-se adjacente ao canal, para ambos os lados, é larga e cultivada em ambas as margens. O canal é delimitado nalguns locais por ramadas de videiras, mas o mais frequente são amieiros e arbustos que crescem preferencialmente para dentro do canal (Fig. 4.11).

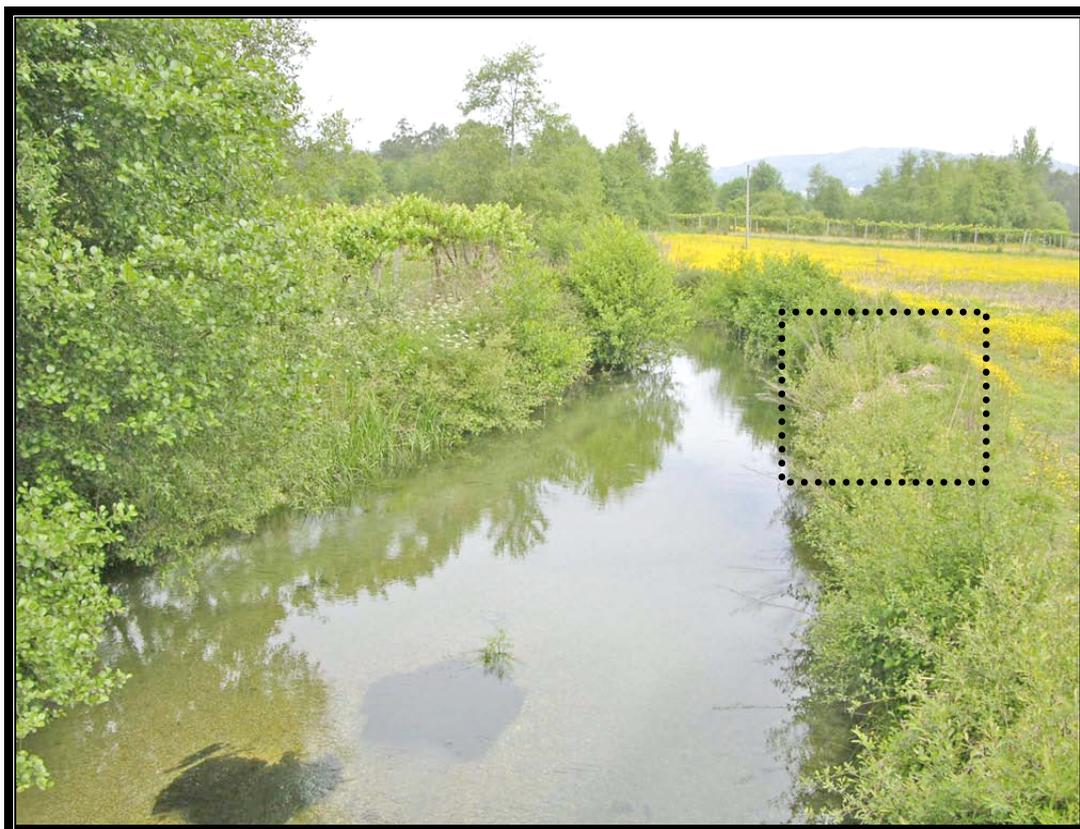


Fig. 4.11. Rio Neiva e planície de inundação cultivada de ambos os lados do canal. A foto inferior é um pormenor dos detritos presos na vegetação das margens. Vilar das Almas.

Nos ramos da vegetação encontram-se vestígios dos níveis de cheia (Fig. 4.11). São do tipo *wood debris*, transportados quer de áreas a montante quer dos campos agrícolas cultivados na planície de inundação.

O vale do rio Neiva não se mantém até à foz aberto e de fundo largo, modifica-se antes de chegar a Panque. O vale estreita e o declive do talvegue aumenta. O canal fluvial é confinado em rocha granítica, contendo vários blocos do granito local (Fig. 4.12). A rocha é granito monzonítico, de grão médio, porfiróide, com duas micas, essencialmente biotítico, do maciço que o rio Neiva atravessa desde Sandiães a Capareiros (Fig. 2.2). Nalguns pontos do vale os blocos ocupam toda a largura do canal, sendo o trajecto da corrente por entre os blocos. Neste sector do rio a corrente tem maior velocidade devido à relação largura/profundidade do canal. Nalguns troços o canal é do tipo *step - pool*. Os sedimentos mais finos são raros, praticamente não se observam partículas de dimensão areia. Nas margens, mesmo sendo de rocha granítica dura, assim como entre os blocos e ressaltos no leito do canal cresce vegetação arbórea e arbustiva. Aqui, são mais frequentes os detritos indicadores dos níveis mais elevados atingidos em situação de cheia. Os ramos e troncos partidos estão actualmente entrancados e presos entre as armadilhas naturais, de blocos e vegetação. Nestas, ficaram também presos outros detritos transportados pela corrente, lixo antrópico (Fig. 4.12).

Estes locais são potencialmente favoráveis para a instalação de minihidráulicas. O Homem soube no passado aproveitar a energia da corrente para a moagem. Neste sector do vale encontram-se vários moinhos de água, agora inactivos e em ruínas, instalados na margem do canal fluvial. Dos moinhos de outrora, vários foram reconstruídos e reconvertidos em habitações de lazer.



Fig. 4.12. Rio Neiva próximo de Panque. As fotos de cima mostram o vale do rio Neiva, os blocos e vegetação dentro e nas margens do canal. A foto inferior é um pormenor do canal fluvial, de montante para jusante (a-árvore comum nas duas fotos), vendo-se os detritos orgânicos e lixo retidos na vegetação (pormenor na foto da direita).

Para jusante da localidade de Panque, diminuem os blocos no canal e o declive do leito e aumenta a razão largura/profundidade. A zona tem menor declive, há maior distância entre as margens do canal, distando elas entre si aproximadamente 12 a 13 metros. A corrente é mais lenta. As áreas marginais do rio Neiva são usadas como terrenos de cultivo. Este sector do rio atravessa uma área populacional onde existem explorações de gado, por isso o rio encontra-se ligeiramente poluído mas ainda existe fauna piscícola.

Na zona de Cossourado o canal é coberto por aluviões de dimensão seixo com matriz arenosa, essencialmente de quartzo. Por vezes, avistam-se algumas partículas maiores, subangulosas de dimensão bloco, mas menores que 40 cm. O afastamento das margens do vale, o alargamento do canal e o menor declive do talvegue condicionam o tipo de aluviões encontrados (Fig. 4.13). Esta é uma bonita zona, merecedora de um melhor aproveitamento do ponto de vista turístico, encontrando-se um pouco esquecida.

O declive do talvegue, para jusante da zona anterior, tende a diminuir e com ele a velocidade da corrente. Na localidade de Balugães, à semelhança da anteriormente descrita, o leito do canal é coberto por aluviões mais finos, havendo grande quantidade de areia. O fundo do canal tende a ser do tipo fundo plano, com alguma vegetação aquática dentro do canal (Fig. 4.14). O traçado do canal é sinuoso, com acumulação de areia formando barras laterais, de pouca altura mantendo-se emersas mesmo em regime baixo. Nas margens continuam a ser muito frequentes os amieiros. Elas estão em muitos locais reforçadas por blocos graníticos, da rocha local, pela sua posição ladeando o canal e na bordadura dos campos foram ali colocados pelos agricultores.



Fig. 4.13. Rio Neiva em Cossourado. Canal com leito e margens de aluvião. A vegetação é abundante, invade o canal e nela ficam retidos os destroços e lixo (visível na foto inferior, pormenor do campo assinalado na primeira).



Fig. 4.14. Rio Neiva em Balugães. O canal é ladeado por amieiros e blocos graníticos retirados dos campos agrícolas. No leito do canal acumulam-se barras arenosas, no lado esquerdo da foto, sempre imersas.

Em Tregosa o rio Neiva atravessa outro tipo de granito, de grão médio, de duas micas. A grosso modo o canal parece ter características semelhantes às descritas atrás. A profundidade da água no canal principal é pequena, não atinge meio metro nesta zona, e durante a época estival. As barras tendem a ser mais volumosas e emersas. O rio Neiva corre entre abundante vegetação, que cresce nas margens e no canal, bifurca-se ladeando uma grande barra longitudinal, de cascalho e areia, observada da ponte para jusante (Fig. 4.15). Para montante avista-se o canal fluvial com uma extensa barra lateral de areia (Fig. 4.16). O leito do canal é constituído por sedimentos de dimensão seixo e areão.

Esta zona é mais rica em termos de vegetação, encontrando-se por exemplo, alguns lírios de água.

O declive do talvegue sofre algumas variações na região. Nalguns troços do rio o declive aumenta, surgem os rápidos.



Fig. 4.15. O canal principal do rio Neiva, com leito de cascalho (local da colheita), contornando do lado direito uma extensa barra longitudinal. A vegetação abundante reteve *wood debris* (pormenor na foto lateral). Rio Neiva em Tregosa, visto da ponte para jusante.



Fig. 4.16. Rio Neiva em Tregosa, visto da ponte para montante. A barra lateral (pormenor na foto esquerda), arenosa, é utilizada como praia fluvial. Pormenor do leito do canal principal na foto da direita.

No lugar da Ponte, em Fragoso, o canal é bastante mais largo, a distância entre as margens é aproximadamente de 25 metros. Encontra-se grande quantidade de areia de origem granítica e os sedimentos grosseiros são pouco frequentes. O talvegue tem pouco declive, a corrente é mais lenta pois o canal é mais profundo.

Para além dos amieiros é possível observar alguma vegetação sub - aquática e nas margens aparecem nalguns locais lírios de água e vime.

Em S. Paio (Antas) o rio Neiva corre lentamente num canal profundo e com margens facilmente inundáveis. A jusante existe um açude e um moinho. A distância entre as margens é aproximadamente 18 metros. Vêm-se raros blocos de rocha granítica de grande dimensão, acompanhados por material arenoso. Este local é bastante sombrio, com árvores muito altas (amieiros, mimosas, plátanos e eucaliptos), algumas apresentando as raízes a descoberto. O canal é escavado em granito e em xisto.

Perto da capela de Sta. Tecla (Fig. 4.17), as margens estão muito urbanizadas, havendo construções situadas praticamente em cima do rio. Há novamente um açude e o rio aqui é significativamente mais largo. Em termos de sedimentos, predomina a areia e quase não se observam sedimentos grosseiros, os quais se encontram sobretudo nas margens. Para jusante as margens são mais facilmente inundáveis (Fig. 4.18).

A zona seguinte é já próximo da foz. A vegetação é completamente diferente. Existem espécies características das dunas, observando-se por exemplo, muitos cactos e junto do canal um canavial (Fig. 4.19). A corrente fluvial é fraca quase ausente. Abundam os sedimentos arenosos. O canal fluvial tem grande largura, distando as margens cerca de 40 metros sendo estas muito vulneráveis às inundações.



Fig. 4.17. Construções nas margens do rio, no tramo final, em Santa Tecla.



Fig. 4.18. Largura do canal fluvial, de notar a grande distância entre as margens.

À medida que o rio Neiva se aproxima da foz os sedimentos são cada vez mais ricos na dimensão areia e os clastos ligeiramente mais grosseiros são polidos e muito rolados.



Fig. 4.19. Rio Neiva, muito perto da sua foz em Castelo do Neiva. Aqui as margens do canal têm vegetação do tipo canavial.

4.2. TIPOS DE CANAIS E CONTROLOS

A descrição feita no item anterior mostrou que ao longo do perfil longitudinal do rio Neiva o tipo de canal varia.

A velocidade da corrente é dependente do declive e da forma do canal. A acção dos fluxos aquosos manifesta-se por erosão, transporte e sedimentação fluviais. A relação entre a velocidade da corrente e a taxa de erosão/transporte é directamente proporcional, isto é, quando aumenta a velocidade da corrente ela causa mais erosão e é capaz de transportar partículas de maior dimensão. A velocidade das correntes naturais varia dentro dos canais onde circulam, e com ela a capacidade e a competência das correntes. Além disso, num canal visto em secção transversal, a zona de maior velocidade situa-se próximo do meio do canal. Junto das margens e do leito, o atrito da água com essas superfícies provoca a diminuição da velocidade. Num canal sinuoso ou simplesmente com curvaturas esporádicas, a zona de maior velocidade de fluxo é deslocada pela força centrífuga para a margem côncava.

A área de cabeceira do rio Neiva é a zona da bacia onde o declive é mais acentuado, pois coincide com o terreno mais acidentado. Aqui, o controlo dominante na acção da corrente é o declive do canal, o qual faz aumentar a velocidade da água. Nestas zonas íngremes o fluxo aquoso poderia ser bastante mais activo, no que respeita à erosão das margens, formação de barras e transporte de sedimentos. No caso, como o fluxo aquoso circula essencialmente sobre substrato granítico não alterado a acção erosiva é retardada pela resistência da rocha. Assim, há a acrescentar outro tipo de controlo, a litologia do canal. Nesta zona da bacia do rio Neiva as correntes aproveitam superfícies de fractura e percursos em rocha mais meteorizada. A erosão e transporte pelo fluxo aquoso é menor, comparativamente ao que acontece noutras

zonas do rio Neiva onde o canal é modelado em rocha alterada e aluviões, principalmente quando estes são materiais finos, arenosos.

As mudanças na velocidade do fluxo aquoso podem originar grandes alterações no tipo de sedimentos que são transportados ao longo do rio. É o que se observa em determinadas zonas, onde se encontram alguns blocos de maiores dimensões no seio de matriz de cascalho (com seixos pequenos e grandes) e em locais onde existe cascalho envolto em matriz de características arenosas, por exemplo, na zona dos moinhos (azenhas) do Neiva e perto de Tregosa.

A velocidade do curso de água controla a erosão, transporte e sedimentação no canal, mas estes processos estão dependentes ainda da relação entre a largura e profundidade da secção do canal e do caudal de descarga. No que se refere à largura do canal e para o mesmo declive do talvegue, podemos dizer que, de uma maneira geral, quando aumenta a largura do canal a velocidade da corrente tende a diminuir, devido ao aumento do espaço disponível para se movimentar. No rio Neiva verifica-se esta relação. A velocidade das águas é notavelmente mais lenta nas zonas onde a largura do canal é superior.

A descarga é o volume de água que atravessa a secção do canal por unidade de tempo. A velocidade da corrente varia ao longo do rio, dependendo da área da secção do canal e do declive deste. A dinâmica fluvial responde às variações do caudal mas não de igual modo à escala espacial da bacia nem ao mesmo tempo. O efeito sobre a energia da corrente depende das características hidrológicas da bacia, nomeadamente do afluxo de água ao canal pelos afluentes, número de afluentes, contributo de descarga de cada um deles, sua localização na bacia e posição relativamente ao canal colector, entre outras.

No caso do rio Neiva os afluentes distribuem-se ao longo da bacia (Fig. 2.4), sendo o caudal do rio acrescentado em vários pontos do seu trajecto, aumentando em direcção à foz. A área de bacia de cada um

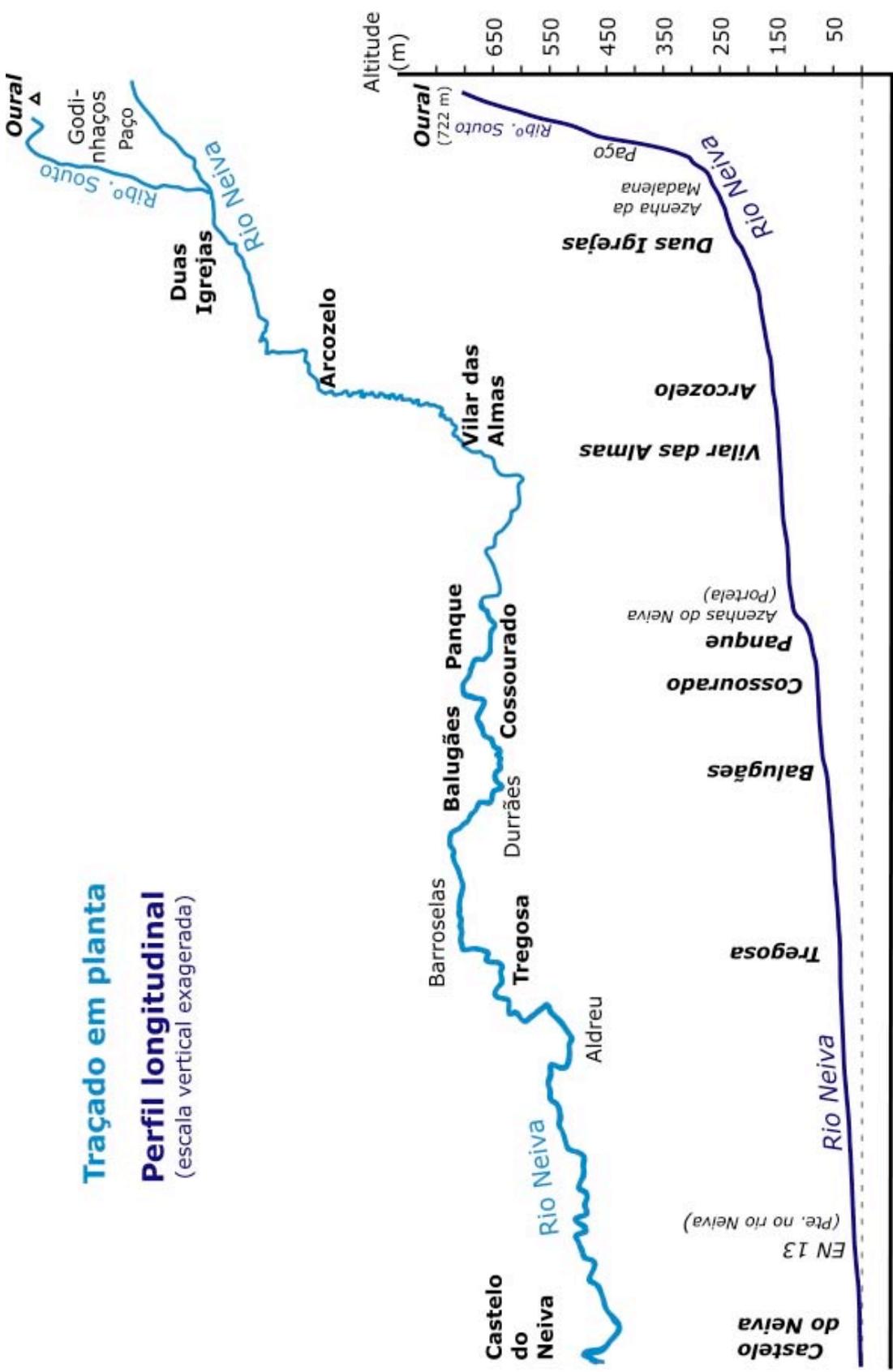
dos afluentes é variável. As maiores são do ribeiro Nevoinho e do ribeiro Pombarinhos, que confluem num só, desaguando no rio Neiva perto de Balugães. Na bacia do Neiva este é um local importante de acréscimo da descarga fluvial.

O traçado do rio Neiva em planta tem, a grosso modo, um contorno sinuoso (Fig. 4.20), mas, em quase toda a extensão, seguindo um padrão rectangular observável a várias escalas, indicador da influência de estruturas geológicas existentes no substrato.

A sinuosidade, representa a geometria em planta da forma do canal, é um parâmetro usado vulgarmente para descrever o grau de actividade dum canal com meandros. O parâmetro sinuosidade define-se como a razão do comprimento do canal pelo comprimento do vale. Assim, um canal perfeitamente recto terá uma sinuosidade de 1.0, enquanto um canal com uma sinuosidade de 3.0 ou mais será claramente meandriforme.

O vale do rio Neiva a partir de Duas Igrejas e até Arcozelo é um vale aberto e de fundo largo. O rio tem um traçado irregular com troços mais rectilíneos (Fig. 4.20), fazendo cotovelos bem marcados. Estas mudanças repentinas do traçado fluvial são paralelas e por vezes seguem as direcções de falha cartografadas na bacia (Fig. 2.2). Deste modo, estas mudanças bruscas do traçado, ao longo de todo o percurso do rio, são entendidas como efeito da instalação do seu canal segundo a direcção das estruturas geológicas presentes no substrato granítico e metassedimentar.

Entre Arcozelo e Vilar das Almas o canal é meandriforme, seguindo o vale um traçado geral rectilíneo. Este troço é o que apresenta meandros mais livres, vagueando o rio nos aluviões por entre os campos da planície de inundação.



Traçado em planta

Perfil longitudinal
(escala vertical exagerada)

Fig. 4.20. Traçado em planta e perfil longitudinal do rio Neiva na orientação real, W do lado esquerdo e E do lado direito.

Os troços demasiadamente rectos de rios aluviais são muito raros na natureza, embora um segmento do rio possa manter um alinhamento próximo do rectilíneo por um longo período de tempo. No rio Neiva há alguns segmentos com percurso recto, no entanto, em comprimento cada um é inferior a um quilómetro. No segmento do rio Neiva entre Arcozelo e Vilar das Almas o contorno rectilíneo do vale está relacionado com uma direcção de falha, segundo a qual em etapas mais antigas o vale foi modelado. Actualmente o canal corre nos seus aluviões (Fig. 2.2; Fig. 4.20) e mostra meandros não condicionados por qualquer estrutura geológica.

A partir de Vilar das Almas (Fig. 4.20), a sinuosidade é mais concordante com a orientação da fracturação. A seguir, próximo de Balugães o traçado mostra novamente sinuosidade muito semelhante ao tipo existente entre Arcozelo e Vilar das Almas. É possível observar com toda a clareza os meandros, identificando na margem mais activa a erosão provocada pelo movimento do fluxo aquoso e na oposta a barra de meandro resultante da acumulação de sedimentos arenosos.

O modelo entrançado é caracterizado por uma divisão do fluxo por múltiplos canais. A maioria dos canais entrançados apresenta um gradiente relativamente elevado e os leitos são construídos pela carga de fundo. No rio Neiva, há alguns locais, referidos no item anterior, onde a corrente se bifurca, acumulando os sedimentos em barras no meio do canal com crescimento de tendência longitudinal.

4.3. TIPOS DE CANAIS

Os canais fluviais podem ter leitos de composição dimensional diversa. Nos casos em que os sedimentos do leito sejam em média maiores que areia muito grosseira e areão, os canais distinguem-se pela dimensão das partículas, seixo e bloco, e distribuição do tamanho das partículas no canal.

Nos canais com cascalho pouco grosseiro, os clastos são de dimensão seixo pequeno, ou seja o tamanho médio das partículas pertence ao intervalo desde 2 mm a 64 mm. Nos canais com cascalho mais grosseiro, os seixos são de dimensão superior a 64 mm até 256 mm (quadro 4.1). Os canais cujos leitos sejam de sedimentos com tamanho médio bastante superior aos anteriores, são os que contêm partículas de dimensão bloco, acompanhados geralmente de algumas com a dimensão de seixo grande. Nestes canais (quadro 4.1) o tamanho médio das partículas é superior a 256 mm.

Quadro 4.1. Tipos de leito dos canais função do tamanho médio dos clastos.	
Tipo de aluvião no leito do canal	Dimensão das partículas no leito (mm)
Areia e areão	0,062 mm a 2 mm e 2 mm a 4 mm
Seixo pequeno	4 mm a 64 mm
Seixo grande	64 mm a 256 mm
Bloco	256 mm a 4096 mm

Esta descrição dos tipos de leito função da dimensão dos sedimentos é entendida como uma indicação da dinâmica das correntes. O que acontece é que, além da população dominante depositada, existe sempre uma fracção considerada subordinada com dimensão distinta daquela.

Os canais com leito de cascalho, de seixos pequenos e grandes, contêm algum areão e areia numa percentagem cujos valores são normalmente inferiores a 10%. Nos rios de áreas montanhosas os canais podem ainda apresentar blocos. Deste modo, o intervalo total em que se situa o tamanho das suas partículas pode abranger vários intervalos de classes. A presença de partículas de tamanhos tão diversos no leito do canal causa interacções complexas entre elas durante os processos de erosão, transporte e deposição. O efeito é a heterogeneidade espacial

dos materiais que constituem o leito, o que dificulta a definição da rede de amostragem.

Os canais com leito de cascalho diferem dos outros dois tipos de canais, com leito arenoso e com leito de blocos, não apenas pelo tamanho das suas partículas, mas também pela morfologia do canal e pela topografia da área onde se inserem. Os que apresentam leito arenoso, geralmente têm baixo gradiente e localizam-se em vales amplos e em grandes áreas aplanadas. A maior parte dos rios com leito de blocos, possuem canais muito inclinados e são encontrados em áreas íngremes de montanha. Contudo, há exceções para ambos.

Os canais com leito de cascalho são frequentes em vales de montanha com declive moderado.

A distinção entre estes quatro tipos está incluída na classificação fluvial proposta por ROSGEN (1994, 1996).

O rio Neiva apresenta claramente características que se inserem em vários tipos. É frequente o canal ter leito de cascalho (seixos pequenos e grandes), este é o tipo dominante, no entanto, varia função do sector em análise. Nalgumas zonas podem encontrar-se no leito partículas de maior e de menor dimensão, populações de sedimentos de dimensão bloco e outra de areias, respectivamente em zonas próximas da nascente e a partir de Vilar das Almas, em zonas com declive menos acentuado.

Os blocos que aparecem no leito do rio, a maioria são da litologia local existente nas vertentes do vale, deslocados por acção da gravidade. Na parte mais a montante, mais próximo da área de cabeceira da bacia, observa-se que os blocos no canal possuem sempre alguma matriz com dimensão de seixo e areão.

Nas áreas mais planas o rio Neiva corre num vale amplo, o canal é largo, a distância entre as duas margens aumenta e o declive é menor. Nestes a corrente é lenta e no leito do canal abundam seixos, com

matriz de areão e areia. Verifica-se que a percentagem da fracção de dimensão areia tende a aumentar para jusante.

4.4. CLASSIFICAÇÃO DO RIO NEIVA QUANTO AO TIPO DE CANAL

Os canais com leito de seixos diferem significativamente dos que apresentam blocos, nomeadamente no seu gradiente, na distribuição do tamanho das partículas constituintes do leito, no conteúdo em restos vegetais, na secção transversal da forma do canal e na morfologia em planta do seu traçado.

As classificações dos canais fluviais são uma importante ferramenta de estudo, pois uniformizam a terminologia usada e, desta forma, facilitam a comunicação entre os investigadores.

Da variedade de classificações disponíveis, existem dois sistemas de classificações mais recentes, que foram apresentadas neste trabalho, a classificação de MONTGOMERY & BUFFINGTON (1997) e a classificação de ROSGEN (1994, 1996).

4.4.1. Aplicação da Classificação de MONTGOMERY–BUFFINGTON

Nas áreas de cabeceira dos afluentes do rio Neiva, no monte Oural, em época de chuva a água escoar na superfície granítica, do tipo escoamento superficial difuso. A água infiltrada exsurge à superfície, em vários locais da vertente e adicionada ao escoamento superficial tende a concentrar-se em concavidades e chãs do substrato, preenchidas com coluviões, muitas vezes constituídas por partículas de dimensão fina. Esta situação é a identificada nos pântanos do Oural, já referidos nesta dissertação. A topografia menos íngreme e a presença das coluviões são um suporte à fixação da vegetação, a qual tem um papel activo posteriormente na retenção de sedimentos finos removidos da área adjacente pelo escoamento difuso e concentrado. Esta combinação permite a manutenção dos pântanos do Oural mesmo em anos de pluviosidade fraca. Em resumo, nestes locais os processos

activos estão dependentes da dinâmica da água nas vertentes, isto é, do escoamento difuso e concentrado.

O domínio dos processos fluviais começa ainda no sector próximo das cabeceiras, mais ou menos próximo do limite de bacia dependendo de cada afluente, quando a água passa a ter um escoamento canalizado.

Aplicando ao rio Neiva os critérios de descrição morfológica da classificação de MONTGOMERY & BUFFINGTON (1997), existem no rio Neiva (Fig. 4.21; quadro 4.2) canais dos tipos A, B, C, D e E.

O tipo referido como A (o tipo *cascade*) é reconhecido na área próxima da nascente onde o fluxo é canalizado e corre num canal único mas íngreme. O leito do canal tem blocos subangulosos com matriz de seixos pequenos e grandes. A dimensão e distribuição dos blocos é irregular no canal, estando os maiores quase totalmente emersos. Os blocos são obstáculos que interferem no escoamento do fluxo aquoso tornando-o mais turbulento. Este tipo de canal confere com o descrito por MONTGOMERY & BUFFINGTON como o tipo *cascade* (Fig. 3.10), para canais em regime de fluxo baixo, observa-se no troço das Azenhas do rio Neiva antes de Panque (Fig. 4.12; Fig. 4.21). Nas Azenhas do rio Neiva, figuras antes referidas e quadro 4.2, o rio apresenta também o canal do tipo B, degrau — piscina (*step - pool*). Aparecem nos troços onde ocorre mudança brusca na inclinação do canal, degraus no leito devido: à presença de grandes blocos que ocupam toda a largura do canal; outras vezes a irregularidades do leito granítico conjuntamente com blocos formando uma barreira à corrente. Nestes sítios origina-se uma sucessão de degraus e piscinas, nos quais a velocidade da água varia, sendo o fluxo muito rápido e mais lento respectivamente. Este tipo de canal B, degrau — piscina (*step - pool*) é também observado no sector mais a montante do rio Neiva, na região de Godinhaços (Fig. 4.6; Fig. 4.21).

Os canais do tipo A e do tipo B existem no ribeiro de Souto (Fig. 4.21; quadro 4.2) próximo de Porrinhoso (Fig. 4.2; Fig. 4.4). Neste ribeiro um dos sectores possui características variáveis (quadro 4.2) entre dois tipos e foi classificado como A/B.

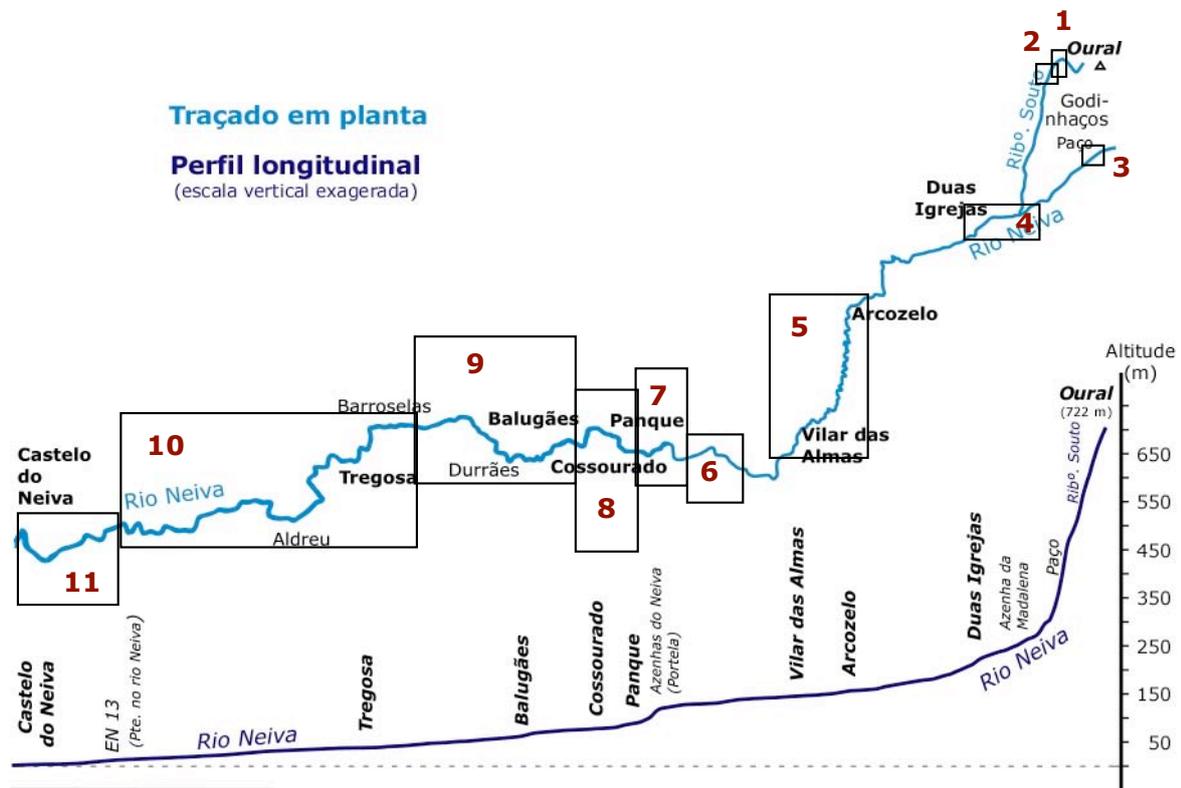


Fig. 4.21. Localização e designação numérica dos sectores onde foram aplicados os critérios morfométricos, referidos no texto e no quadro 4.2. A Distância aproximada Oural - Castelo do Neiva é de 40 Km.

O tipo C, leito plano (*plane – bed*), observa-se no troço do rio Neiva em Duas Igrejas (Fig. 4.7) e em Cossourado (Fig. 4.13). No entanto, neste último o declive (Fig. 4.21; quadro 3.2) por ser baixo é mais frequente em canais do tipo D. Localmente o canal é tipicamente do tipo C, tendo sido atribuída a classificação C/D.

O canal do tipo D fundão - rápido (*pool – riffle*) está presente quase em todo o restante curso do rio Neiva. Nalgumas zonas, o rio apresenta barras laterais, por vezes barras de meandro, e barras centrais, não atingindo a característica de um escoamento de tipo entrançado (*braided*). O canal do tipo D é observado no troço do rio entre Arcozelo

(Fig. 4.8 e Fig. 4.9) e Vilar das Almas (Fig. 4.10 e Fig. 4.11) e para jusante de Tregosa até à Ponte do Neiva (EN 13). Nos segmentos do rio próximos de Balugães (Fig. 4.14) e de Tregosa (Fig. 4.15 e 4.16) as barras somente constituídas por areia são menos frequentes que as de carga mista. Além disso, nas barras de carga mista está instalada vegetação variada incluindo arbórea. Estas são testemunhos de episódios mais antigos e não se podem considerar como indicadores recentes da actividade do canal. Acrescenta-se ainda que no segmento de Balugães acontece o oposto ao descrito em Cossourado, isto é, o canal possui declive mais frequente nos canais descritos do tipo C, daí a classificação ter sido atribuída como D/C.

Depois da Ponte na EN 13 o rio Neiva corre num vale apertado contornando o monte de Guilheta, pelo lado sul, a seguir o vale torna-se muito mais largo até à foz. Próximo da foz, o canal apresenta leito arenosos com *megaripples* e *ripples*, frequente em canais do tipo E *dune-ripple*. Este tipo não é o tipo de canal mais frequente no rio Neiva relativamente aos anteriores. No entanto, o declive do canal é elevado, comparativamente ao medido nos canais deste tipo (MONTGOMERY & BUFFINGTON 1997) e as formas do leito não atingem claramente dunas, por isso ele foi classificado como do tipo D/E.

4.4.2. Aplicação da Classificação de ROSGEN

Os critérios da classificação de ROSGEN (1994, 1996) aplicados aos sectores do rio delimitados na figura 4.21 são apresentados no quadro 4.2. Neste quadro estão também representados os tipos de canal segundo a classificação de MONTGOMERY & BUFFINGTON (1997).

O tipo de canal segundo a classificação de ROSGEN para os troços 1, 2 e 3 exprimem alguma concordância com o observado no campo e com os tipos obtidos segundo a classificação de MONTGOMERY & BUFFINGTON.

Quadro 4.2. Tipos de canais no rio Neiva, aplicando as classificações de MONTGOMERY-BUFFINGTON (1997) e a de ROSGEN (1994; 1996)

Nº do troço no perfil	Tipos de canal		Entrincheiramento	Sinuosidade	Largura/Profundidade	Declive
	Mont. — Buff.	Rosgen				
1 Porrinhoso	A	A	1,5	1,022	1,71	0,070
2 Porrinhoso	A/B	A Aa+	1,2	1,029	0,5	0,104
3 Godinhaços	B	A/Aa+	1,07	1,027	3	0,046
4 Duas Igrejas	C	—	Sem limite	1,129	1,1	0,014
5 Arcozelo V. Almas	D	*DA	1,27 0,20	1,559	4 5	0,002
6 Azãs Neiva	A	*Aa+	1,50	0,966	4,3	0,233
7 Panque	B	*A	2,00	1,190	6,7	0,053
8 Cossourado	C/D	*A	1,35	1,116	7,7	0,032
9 Balugães	D/C	*A	3,30	1,130	8,3	0,054
10 Tregosa	D	—	1,53	1,082	4,3	0,031
11 Cast. Neiva (foz)	D/E	—	2	1,109	15	0,015

Critérios da classificação proposta por ROSGEN (1994, 1996)									
Tipo de canal	Aa+	A	B	C	D	DA	E	F	G
Entrincheiramento	<1,4	<1,4	1,4-2,2	>2,2	N/A	>2,2	>2,2	<1,4	<1,4
Sinuosidade	<1,1	<1,2	>1,2	>1,4	<1,1	1,1-1,6	>1,6	>1,4	>1,2
Largura/Profundidade	<12	<12	>12	>12	>40	<40	<12	<12	<12
Declive	>0,10	0,04 a 0,099	0,02 a 0,039	<0,02	<0,04	<0,005	<0,02	<0,02	0,02 a 0,039

Entrincheiramento (Largura do canal no plano traçado a 2xProfundidade do canal de cheia, a dividir pela largura do canal em situação de cheia). **Sinuosidade** (Comprimento do rio/Comprimento do vale). **Largura/Profundidade** (Largura do canal de cheia/Profundidade do canal em cheia). **Declive** (Declive do canal, em %).

Nos restantes sectores os valores de entrincheiramento calculados não são consistentes com os restantes critérios. Mais detalhadamente, os valores calculados para os critérios morfométricos dos troços em

estudo, em comparação com os do quadro de classificação de ROSGEN, mostram o seguinte:

- foi possível obter combinações entre a sinuosidade, largura/profundidade e declive, excepto para os troços assinalados com os números 4, 10 e 11 (Fig. 4.21);
- o grau de entrincheiramento não tem qualquer semelhança com os tipos de canal sugeridos nas combinações obtidas entre os restantes critérios;
- os tipos de canal reconhecidos, com as restrições acima indicadas, são apresentados no quadro 4.2 com um asterisco antes da sigla, não correspondem às características observadas no campo.

Conclui-se que a classificação de ROSGEN não é aplicável ao rio Neiva.

4.5. A ZONA RIPÍCOLA

Os ecossistemas são caracterizados pelos seus componentes bióticos e abióticos, estes últimos são dependentes de factores físicos e químicos. Os componentes interactivam e num ecossistema em equilíbrio são interdependentes. Assim, da mesma maneira que os elementos bióticos como a flora e a fauna, são influenciados pela luz, temperatura e humidade, também a actividade biológica interfere no sistema abiótico modificando as suas características.

Nos ecossistemas fluviais a interacção entre o rio (sistema abiótico) e os elementos bióticos é sobretudo visível no corredor ripícola. Este corredor, zona ripícola compreende as áreas próximas do canal fluvial do rio que afectam e que são afectadas por ele. Apresentam uma vegetação característica, desde arbórea, arbustiva e herbácea, bem como fauna permanente e de passagem, que se deslocam à zona para se alimentarem ou simplesmente aproveitarem as sombras.

Esta zona de interacção não deve ser definida como tendo uma largura particular ou ser considerada apenas a margem afectada pela água do

canal. As influências podem ser estendidas a zonas mais distantes do canal ou podem estar limitadas a uma pequena porção ao longo da margem do canal (LEOPOLD 1997).

A vegetação ripícola desempenha papéis importantes no rio, nomeadamente a promoção da estabilidade das suas margens e a sombra proporcionada pelas plantas determina em grande parte a temperatura da água. Como bônus, o rio suporta a vegetação ripícola, fornecendo-lhe água tanto à superfície em situações de maior fluxo como na parte subterrânea, através dos sistemas radiculares.

Para além disso, a zona ripícola é conhecida pela sua beleza do ponto de vista estético e confere ao rio características únicas. Contudo, estas áreas enfrentam muitas vezes graves problemas. Muitas delas acabam por ser destruídas porque os solos são utilizados para cultivo e noutros casos, a canalização artificial do rio, construção de represas, zonas de recreio e outras estruturas com uma conseqüente diminuição no contributo hídrico para a zona, acabam por causar graves danos no habitat ripícola.

O rio Neiva ainda apresenta muitas destas zonas praticamente intactas e quase em estado selvagem. Em grande parte dos locais, salvo aqueles cujas margens constituem campos agrícolas e as que são constituídas por material rochoso, é possível observar este tipo de vegetação povoando e embelezando as margens.

Há zonas em que para além da componente arbustiva e arbórea, existem por exemplo espécies que são menos frequentes ao longo do seu trajecto e que aparecem apenas em determinadas áreas como os lírios de água (Fig. 4.22), observados no troço de Tregosa.



Fig. 4.22. Lírrios de água em Tregosa.

A vegetação é também um problema em vários locais. Existem sítios onde a vegetação que ocupa as margens atingiu um tal estado de desenvolvimento que dificulta o normal movimento das águas (Fig. 4.23) ou até atravessa todo o canal de margem a margem.



Fig. 4.23. Falta de limpeza no canal e vegetação arbórea invadindo o canal.

A zona ripícola é uma parte essencial do sistema fluvial e um emblema da alma artística dos seres humanos (LEOPOLD 1997).

A vegetação desempenha também um papel importante em qualquer das zonas do rio Neiva e não deve ser esquecida quando estudamos o trajecto do curso de água.

CAPÍTULO 5 – AMOSTRAGEM SEDIMENTAR

A amostragem tem como finalidade obter amostras representativas do meio fluvial, de modo a fornecerem informação sobre a distribuição do tamanho das partículas no leito do rio. O estudo da distribuição granulométrica dos sedimentos num canal fluvial é necessária para uma variedade de objectivos, entre os quais se destacam: a monitorização do canal com vista a detectar impactos na bacia hidrográfica, a análise dos habitats ao longo do troço e a diminuição dos impactos com vista à reabilitação; a medição do fluxo da corrente hidráulica, o controlo da taxa de transporte, capacidade de transporte e competência da corrente para analisar e prever o comportamento do canal; e conhecer melhor os processos que ocorrem nos canais fluviais.

A forma da partícula é outro indicador importante na previsão da estabilidade do leito, bem como do comportamento dos canais mais estreitos face a correntes mais fortes, da fonte dos sedimentos e da distância que estes percorrem.

5.1. AMOSTRAGEM EM RIOS COM LEITO DE CASCALHO

Os estudos realizados sobre os processos fluviais quantificam o tamanho das partículas do material do leito, analisando a frequência da distribuição do tamanho das partículas das amostras representativas dos materiais do leito (LEWIS & McCONCHIE 1994a). Contudo, o método de amostragem depende da granulometria dos sedimentos do leito, pois os constituídos por cascalho, ou seja com partículas desde o tamanho de seixo pequeno a grande, é diferente da realizada em canais com leito quer arenoso quer com blocos (BUNTE & ABT 2001).

Os que apresentam leito arenoso, por exemplo, podem ser amostrados tirando uma amostra de sedimentos de alguns locais distribuídos mais

ou menos sistematicamente ao longo do leito do canal. Geralmente não é necessário amostrar em separado os sedimentos superficiais e os que se encontram abaixo. Desta forma, amostrar em rios com canais deste tipo torna-se uma tarefa relativamente simples. ASHMORE *et al.* (1988) propuseram metodologia detalhada para recolher amostras neste tipo de rios.

No rio Neiva a amostragem no percurso onde o leito é, na sua maioria, constituído por cascalho e alguns blocos de grandes dimensões nas zonas a montante, merece atenção especial. Fazer a amostragem de materiais neste tipo de canais, revela-se um empreendimento mais complicado e o investigador tem que tomar uma série de decisões devidamente fundamentadas acerca dos métodos de estudo, os quais dependem do objectivo da investigação e das condições fluviais. Por vezes, não é fácil encontrar áreas que são ao mesmo tempo espacialmente homogéneas e suficientemente largas para colher uma amostra superficial (ASHMORE *et al.* 1988; LEWIS & McCONCHIE 1994a; BUNTE & ABT 2001). Em todo o caso, é da responsabilidade do investigador arranjar um esquema espacial de amostragem que condiga com os objectivos do estudo e com as características e condições do rio. Isto requer uma decisão da extensão da área do leito que se pretende amostrar e o modelo espacial com que as partículas serão seleccionadas.

A amostragem, nalguns métodos sistemáticos pode estender-se por toda a área (especialmente integrada), pode ser em locais representativos para uma área particular do leito ou amostrar espacialmente focando áreas do leito de interesse. Em alternativa, a extensão do leito pode ser segregada em sub - áreas que são amostradas individualmente (especialmente segregadas).

A amostragem deveria ainda ser feita tendo em consideração a precisão estatística dos resultados. Num trabalho ideal, o desejo de uma precisão elevada está sempre presente antes do estudo começar. As

diferentes relações entre o tamanho das amostras e a precisão podem ser consultadas, há estudos sobre este assunto, para determinar o quanto deve ser amostrado, em números de partículas, de peso dos sedimentos, ou quantas amostras paralelas necessitam de ser recolhidas. Os investigadores são frequentemente surpreendidos pelo grande número de amostras necessárias, neste tipo de sedimentos tão grosseiros. O número de partículas a ser colhidas depende da sua dimensão. No caso de clastos de dimensão seixo grande, devem ser colhidas algumas centenas de partículas, por exemplo, enquanto a massa de amostras volumétricas necessárias pode ser de algumas centenas de kg ou mais. Por outro lado, o acto físico de recolher amostras representativas neste tipo de rios é frequentemente um desafio. As partículas mais finas isoladas entre clastos maiores no leito podem ser difíceis de retirar e alguns seixos e blocos ser excessivamente pesados ou estar demasiado imbricados e presos no leito para os conseguirmos desalojar. A água fria torna difíceis os trabalhos com as mãos em rios de montanha além da velocidade da corrente e até a profundidade do canal. O número de amostras necessárias para uma exactidão estatística é usualmente elevada e os sítios de amostragem podem não ter acesso fácil por carro, de modo a transportar o total de amostras recolhidas.

5.2. LOCALIZAÇÃO E CRITÉRIOS DE AMOSTRAGEM

Numa primeira fase, e ainda antes da amostragem decidiu-se quais as áreas representativas a serem seleccionadas. Neste estudo tentou-se abranger, de uma maneira geral, todas as zonas possíveis de variação no tamanho das partículas e foram recolhidas em alguns casos mais do que uma amostra no mesmo ou próximo do local, para verificar por exemplo se há diferenças que sejam relevantes dentro de uma mesma área (quadro 5.1.). A recolha de amostra poderia ser relativa a uma área bastante extensa do leito ou centrar-se apenas numa pequena

sequência, por exemplo em determinados baixios ou em fundões. Optou-se por recolher as amostras em vários locais, desde a zona da nascente até perto da foz, sendo efectuada tanto no leito do canal nas áreas que o permitissem bem como nas barras.

Os locais de amostragem estão marcados na Fig. 5.1 relativamente à sua posição no perfil longitudinal do rio Neiva.

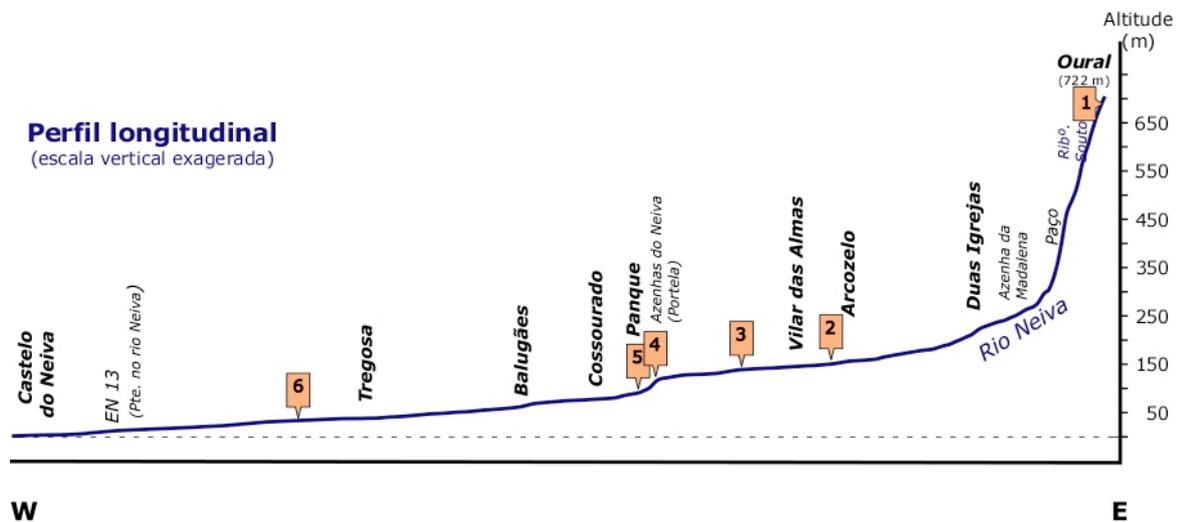


Fig. 5.1. Locais de amostragem situados no perfil longitudinal. A Distância aproximada Oural – Castelo do Neiva é de 40 Km.

No quadro 5.1 estão listadas as amostras colhidas por local, acompanhadas de indicação da localidade próxima, para as situar geograficamente.

Os rios com leito de cascalho e blocos, como é o caso de vários troços do rio Neiva, normalmente apresentam sedimentos superficiais mais grosseiros do que os que se encontram por baixo. O grau de diferenciação entre os sedimentos superficiais e os que estão logo por baixo destes, está relacionado com o tipo de carga transportada, dependendo do regime das correntes e do tipo de sedimentos provenientes de montante. Desta forma, o investigador necessita de identificar a camada de material do leito a ser amostrada, tendo em conta o propósito do estudo. Alguns requerem a amostragem de

partículas expostas à superfície, na interface com a corrente fluvial. Outros privilegiam amostras da camada superficial, isto é, contendo a porção que vai desde a superfície até uma pequena profundidade e há ainda outros estudos que comparam, por exemplo, os sedimentos de diferentes camadas dentro do mesmo leito. Por outro lado, as várias partículas que horizontalmente ocupam posições diferentes no leito do rio são amostradas utilizando técnicas distintas. Por exemplo, podemos utilizar a técnica da contagem de seixos para amostrar partículas superficiais e estudar os sedimentos sub - superficiais logo que as anteriores tenham sido removidas.

Quadro 5.1. Lista das amostras recolhidas, referências usadas e posição geográfica		
Localidade Próxima	Nº Local de amostragem	Amostras – local no canal (referências)
Nascente (Porrinhoso)	1	1.A1.1 – leito do canal 1.A1.2 – leito do canal 1.A2 – leito do canal 1.A3 – leito do canal
Arcozelo	2	2.A4 – leito do canal
Vilar das Almas	3	3.A5 – leito do canal 3.A6 – barra lateral, no canal 3.A7 – leito do canal, margem
Az^{as} Neiva (Panque)	4	4.A8 – leito do canal, piscina
Panque (Praia fluvial)	5	5.A9 – leito do canal
Tregosa	6	6.A10 – leito do canal 6.A11 – leito do canal 6.A12 – barra central no canal 6.A13 – barra lateral no canal

Podemos ainda optar por colher as partículas superficiais utilizando uma rede e de seguida efectuar o estudo, ou recolher todas as partículas que se encontram dentro de uma pequena área (amostra de areia) ou

abranger áreas mais alargadas. A superfície do rio pode ainda ser analisada com o recurso à fotografia, topografia, com a colaboração de especialistas nestes assuntos.

Em suma, existe um número de sub - procedimentos para amostrar cada camada e os equipamentos e técnicas que podem ser usados na amostragem dos vários sedimentos dependem do objectivo da amostragem, do tamanho do material do leito e ainda se o leito do rio se encontra inundado ou seco.

Aqui foi dado especial destaque ao intervalo de partículas que ocupam a parte mais superficial até uma pequena profundidade. Para as partículas que se encontravam à superfície foi utilizada a contagem de seixos, enquanto que as recolhidas em profundidade (essencialmente material arenoso) foram alvo de estudo em laboratório.

Este tipo de rios pode ainda apresentar uma distribuição relativamente uniforme do tamanho das suas partículas ao longo de um percurso com uma determinada largura e nesta situação deparamo-nos com um leito homogéneo ou, em alternativa, o leito pode ser composto por vários locais que apresentam distribuições diferentes do tamanho das suas partículas, ou até áreas nas quais a distribuição do tamanho das partículas se altera do grosseiro para o fino e nestes casos encaramos este leito como sendo heterogéneo.

No caso do rio Neiva, podemos considerar o seu leito homogéneo, já que, na zona da nascente ele é essencialmente constituído por cascalho e alguns blocos graníticos (materiais grosseiros) havendo pouca porção arenosa, e à medida que nos dirigimos para jusante a dimensão dos sedimentos sofre alteração, sendo o seu leito relativamente arenoso.

Durante a recolha das amostras, de referir que em alguns sítios, nos mais próximos da nascente, a água se encontrava bastante fria, o que dificultou por vezes a recolha do material e na maioria dos locais os

difíceis acessos não permitiram a utilização de qualquer veículo. Na zona mais a jusante o problema encontrado em algumas áreas relacionou-se com a profundidade observada em determinados sítios, demasiada para recolher qualquer tipo de amostra sem outro tipo de equipamento.

CAPÍTULO 6 – ESTUDO DOS SEDIMENTOS

A Sedimentologia é uma ciência que se foi desenvolvendo ao longo do tempo, em grande parte devido à importância que o conhecimento das características ambientais durante as quais se depositaram os sedimentos tem para outras áreas. Mas, foi sobretudo com o desenvolvimento da Oceanografia Geológica, que a Sedimentologia conseguiu grandes avanços. Estes progressos foram essencialmente conquistados, tendo em conta que a Oceanografia, assim como muitos outros domínios é uma ciência interdisciplinar (abrangendo a Física, Química, Geologia e Biologia) e a vasta quantidade e qualidade de sedimentos que existem no meio marinho e a dificuldade em ter acesso aos mesmos.

6.1. CARACTERÍSTICAS DAS PARTÍCULAS SEDIMENTARES TERRESTRES

A descrição e interpretação de algumas das propriedades físicas das partículas sedimentares são essenciais no estudo dos depósitos sedimentares bem como no estudo do ambiente que os originou (FOLK & WARD 1957; FRIEDMAN 1967; FRITZ & MOORE 1988; LEWIS & McCONCHIE 1994a, 1994b). Dessas propriedades, salienta-se a dimensão das partículas que constituem os sedimentos e, de uma forma simples, podemos quantificá-las por classes dimensionais (análise textural). No estudo do meio fluvial é também útil conhecer a forma, o desgaste e a composição das partículas.

6.1.1. Classes texturais: terminologia, limites e unidades

As classificações fundamentadas na dimensão das partículas que os constituem datam já do século XIX. Das mais conhecidas merecem destaque as de WENTWORTH e de ATTERBERG. No entanto, as

denominações atribuídas aos sedimentos, designando a sua dimensão, podem variar muito, até dentro da própria comunidade científica.

Quadro 6.1. Terminologia usada na descrição das classes texturais. Tradução baseada nas designações das classes apresentadas por LANE *et al.* (1947), da autoria de SOARES de CARVALHO (in ALVES 1995).

CLASSIFICAÇÃO DIMENSIONAL DAS PARTICULAS

Terminologia	Limites (mm)
BLOCOS	4096
	..... muito grandes
	..... grandes
	..... médios
	..... pequenos
SEIXOS GRANDES	
SEIXOS PEQUENOS	64
	..... muito grosseiros
	..... grosseiros
	..... médios
	..... finos
AREAO	
AREIA	2
	..... muito grosseira
	..... grosseira
	..... média
	..... fina
	..... muito fina
LIMO	0,062
	..... grosseiro
	..... médio
	..... fino
	..... muito fino
ARGILA	0,004
	..... grosseira
	..... média
	..... fina
	..... muito fina
	0,00024

Uma das limitações principais relacionada com a classificação dos sedimentos assenta na inexistência de definições que sejam aceites por todos acerca dos limites das dimensões das classes texturais. Nas classes mais grosseiras não há qualquer acordo, nem nos limites dimensionais, nem na designação. Para além disso, no nosso país, não há ainda unanimidade no que respeita à tradução dos termos ingleses.

Neste trabalho, os limites das classes usadas são as apresentadas por LANE *et al.* (1947). A designação de cada classe textural será a tradução para português, da autoria do Prof. Doutor Gaspar Soares de Carvalho (quadro 6.1) apresentada em (ALVES 1995), da terminologia em língua inglesa, proposta por LANE *et al.* (1947).

Na linguagem corrente os sedimentos constituídos maioritariamente por clastos de dimensão seixo, variando de seixo pequeno a seixo grande, são frequentemente designados por cascalho, por vezes distinguindo-se cascalho fino e grosseiro.

A utilização da escala métrica é difícil pois nas classes mais finas a dimensão das partículas é inferior ao milímetro. A desvantagem da representação gráfica e cálculo de fracções de milímetro foi resolvida por KRUMBEIN ao propor em 1934 a escala ϕ (fi). Este investigador observou que os limites de classe textural podiam ser expressos como potências de 2. Ele propôs a utilização do logaritmo na base 2 do diâmetro, em vez do próprio diâmetro da partícula e, para evitar os valores negativos nos materiais mais finos (<2mm), a multiplicação do logaritmo por -1 (FRITZ & MOORE 1988; LEWIS & McCONCHIE 1994b). Deste modo, foi criada a escala **logarítmica inversa de base 2 (escala ϕ)** obtida pela expressão

$$\phi = - \log_2 x e \text{ (mm)}$$

(em que **e** = diâmetro da partícula).

Quadro 6.2. Limites das classes texturais em unidades da escala \emptyset .

BLOCO		
SEIXO	Grande	-8 \emptyset
	Pequeno	-6 \emptyset
AREÃO		-2 \emptyset
AREIA	Muito grosseira	-1 \emptyset
	Grosseira	0 \emptyset
	Média	+1 \emptyset
	Fina	+2 \emptyset
	Muito fina	+3 \emptyset
LIMO	Grosseiro	+4 \emptyset
	Médio	+5 \emptyset
	Fino	+6 \emptyset
	Muito fino	+7 \emptyset
ARGILA		+8 \emptyset

Há diversas vantagens em utilizar a escala \emptyset , nomeadamente:

- os limites de classe da escala de Wentworth são uma progressão geométrica de base 2, e são transformados pela equação

fundamental da escala ϕ numa progressão aritmética, ou seja, os diâmetros das partículas podem ser representados numa escala aritmética de intervalos iguais;

- os limites da escala de Wentworth correspondem a números inteiros simples na escala ϕ ;
- a cada unidade ϕ corresponde um intervalo de classe na escala de Wentworth.

A desvantagem é a projecção da dimensão das partículas da esquerda para a direita, respectivamente de maior para menor dimensão, que corresponde a uma variação dos valores de ϕ de valores negativos para valores cada vez maiores positivos. No entanto, as vantagens fizeram desta escala um êxito no seio dos sedimentólogos, sendo ainda actualmente a escala de trabalho por excelência em sedimentologia. No quadro 6.2 estão representados os limites das classes texturais em unidades da escala ϕ .

6.1.2. Propriedades das partículas *versus* dimensão

As restantes propriedades das partículas variam função da dimensão. Existe alguma afinidade entre algumas classes texturais contíguas. Por isso, muitas vezes, os sedimentos são agrupados em cinco classes texturais principais (quadro 6.3.), as quais entre si têm propriedades físicas diferentes, são elas: bloco, cascalho, areia, limo e argila.

No quadro 6.3 são apresentadas em resumo algumas das propriedades distintivas entre classes texturais. Por exemplo, a coesão entre partículas é muito distinta nas cinco classes texturais. Na areia, embora se verifique que quando está seca não existe coesão, no estado húmido as partículas aderem umas às outras. Relativamente às partículas com a dimensão de limo e de argila apresentam coesão, mesmo que estejam

secos, e esta é maior no caso das argilas. A coesão não existe entre os clastos do cascalho.

Quadro 6.3. Principais características das partículas função da dimensão.					
Classes Texturais	Blocos	Cascalho	Areão + Areia	Limo	Argila
Dimensão mm	4096 a 128	128 a 4	4 a 2 + 2 a 0,062	0,062 a 0,004	0,004 a 0,00024
Elementos terrígenos	Geralmente poliminerálicos (fragmentos de rochas)		Monominerálicos (geralmente, predomina o quartzo)	Mono – minerálicos variados	Essencialmente formados por minerais das argilas
Coesão entre partículas	Sem	Não existe coesão nem quando molhados	Ausência de coesão quando seca, com coesão quando húmida	Coesão mesmo quando seco	Elevada coesão mesmo secos
Transporte	Deslizamento/rolamento	Deslizamento/rolamento	Saltação e Suspensão (partículas mais finas)	Suspensão	Suspensão
Porosidade	Grande	Grande	Média a pequena (dependendo do arranjo das partículas)	Muito pequena	Muito reduzida Em geral impermeáveis
Fenómenos de capilaridade	Sem	Não propiciam, em geral, capilaridade significativa	Existente	Intensos	Inexistente
Plasticidade	Nula	Nula	Nula	Alguma	Elevada
Adsorção	Nula	Em geral nula	Nula a pequena	Existem	Fenómenos de adsorção e de absorção frequente

A porosidade é outra característica que diferencia as classes texturais. Ela pode ser muito elevada, média ou pequena no cascalho, tendo em conta a maneira como as partículas se organizam umas em relação às outras; muito pequena no limo e muito reduzida na argila.

A plasticidade varia também em função da dimensão das partículas. Por exemplo, materiais de dimensão cascalho e areia não apresentam

plasticidade. Nas partículas mais finas a plasticidade aumenta, as de dimensão limo já apresentam alguma plasticidade e as de argila elevada plasticidade. A dimensão argila é muito rica em minerais de argila. Esta particularidade composicional confere aos sedimentos desta dimensão plasticidade e impermeabilidade elevadas.

6.2. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS DETRÍTICOS

6.2.1. Classificações texturais

As classificações baseadas em classes texturais (LEWIS & McCONCHIE, 1994a; 1994b) são mais precisas quando aplicadas a sedimentos cuja dimensão possui claramente uma classe dominante. Nestes casos podem-se retirar as devidas ilações quanto à gênese de sedimento e características do ambiente sedimentar. A situação mais frequente no ambiente fluvial é grande diversidade dimensional, característica das variações da energia do fluxo aquoso.

Na concepção da classificação baseada na textura, é assumido que a área fonte tem disponibilidade em fornecer partículas de todas as classes texturais. A diferenciação eficaz entre os vários sedimentos e a sua nomenclatura é feita mediante descrições que tem por base critérios relacionados com as razões entre classes texturais. De qualquer forma, como é óbvio, para evitar qualquer tipo de ambiguidade, é necessário deixar bem claro qual é o esquema classificativo utilizado no trabalho.

Os diagramas de classificação utilizados são frequentemente triangulares (FRITZ & MOORE 1988; LEWIS & McCONCHIE 1994a), mas nem todos têm três variáveis. A classificação proposta por FOLK (1954) tem somente duas variáveis.

6.2.2. Sistema de classificação proposto por FOLK (1954)

Os sedimentos estudados são misturas de partículas com dimensão desde limo a seixo, segundo os limites da classificação de LANE *et al.* (1947).

Perante a diversidade dimensional a classificação adoptada nesta dissertação foi a proposta por FOLK (1954).

A classificação de FOLK assenta graficamente num diagrama triangular (Fig. 6.1), no qual são representados em percentagem os conteúdos em seixo (partículas >2 mm), em areia (2 mm a 62 µm) e em limo + argila (lodo <62 µm).

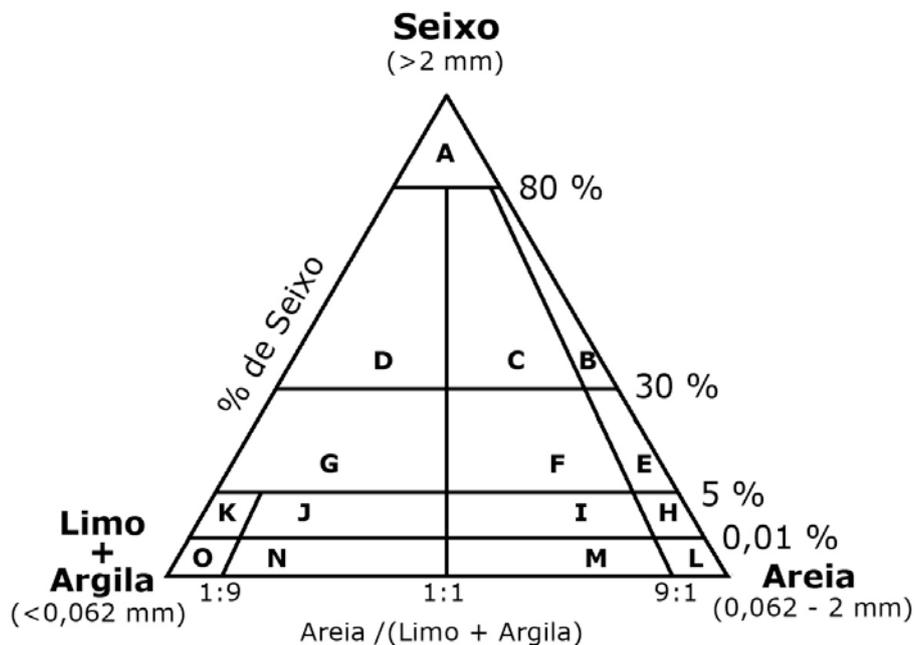


Fig. 6.1. Diagrama triangular de FOLK (1954).

Para aplicar esta classificação torna-se necessário conhecer duas grandezas: a quantidade percentual de seixo, utilizando-se as fronteiras de 80%, 30%, 5% e traços (<0,01%) e a razão areia/(limo+argila), usando-se as fronteiras proporcionais 9:1, 1:1 e 1:9.

Na sua classificação FOLK faz uso de vários princípios científicos, dando, por exemplo, relevância à população de sedimentos mais grosseiros que existe num sedimento, a qual é indicadora da competência máxima da corrente. A existência de partículas de dimensão seixo, mesmo sendo apenas uma pequena quantidade, é extremamente relevante. Essa população reflecte a velocidade máxima de transporte atingida pela corrente fluvial.

A relação areia/lodo depende directamente da energia da corrente, é indicadora das condições durante a deposição e a capacidade de remobilização pela corrente. A deposição de partículas finas, de limo e argila, requerem ausência de agitação ocorrendo por queda gravítica.

A classificação de FOLK foi proposta para uso fácil, até no campo, e é ainda hoje utilizada (LEWIS & McCONCHIE 1994b). Tem por base um triângulo dividido em domínios por projecção de duas variáveis, primeiro a % de seixo e a segunda a razão areia/lodo. Esta classificação diz respeito aos sedimentos grosseiros, na qual são definidos 15 campos, aos quais corresponde uma nomenclatura (Fig. 6.1). Na versão portuguesa é a que se descreve a seguir:

A — cascalho	I — areia lodosa com raros seixos
B — cascalho arenoso	J — lodo arenoso com raros seixos
C — cascalho areno-lodoso	K — lodo com raros seixos
D — cascalho lodoso	L — areia
E — areia com seixos	M — areia lodosa
F — areia lodosa com seixos	N — lodo arenoso
G — lodo com seixos	O — lodo
H — areia com raros seixos	

A classificação dos sedimentos mais finos, sem partículas de dimensão seixo, é realizada tendo em conta o conteúdo percentual em areia e a razão argila/limo. No caso em estudo não existiam sedimentos em abundância destas dimensões para utilizar esta classificação.

6.3. METODOLOGIA ADOPTADA PARA A ANÁLISE DOS SEDIMENTOS

Foram recolhidas um total de catorze amostras, algumas delas no mesmo local, mas em sítios diferentes do canal (margem direita, margem esquerda, leito do rio, por exemplo).

O número que antecede a amostra diz respeito ao local onde foi recolhida e é essa referência que está no mapa de localização. Assim, por exemplo, para a amostra 6.A10, sabe-se que foi recolhida na paragem seis, num sector do rio Neiva próximo da localidade de Tregosa. O quadro resumo e mapas com a localização amostras foram já apresentados.

As técnicas que se utilizam no estudo dos sedimentos diferem caso estes sejam consolidados ou não consolidados. Neste trabalho vamos tratar essencialmente os sedimentos não consolidados.

A distribuição granulométrica nos sedimentos é muito variada o que obriga a adoptar métodos distintos para a análise da mesma amostra quando constituída por sedimentos com uma população abundante de clastos grosseiros.

Nos sedimentos com fracção grosseira dominante, a população de cascalho foi amostrada em separado e sobre estas amostras foram realizados os seguintes estudos individualmente em cada clasto: dimensão; composição; desgaste de 1ª ordem.

A matriz das amostras referidas no parágrafo anterior foram tratadas conjuntamente com as restantes e sobre elas realizou-se: análise dimensional, obtida por crivação durante 15 minutos num agitador mecânico de tipo RO-TAP, segundo uma escala dimensional com intervalos iguais a $\sqrt{2}$; observação à lupa binocular da composição.

6.4. CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DOS SEDIMENTOS

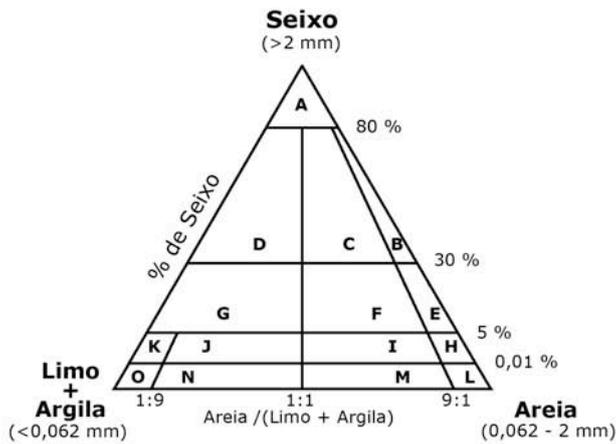
Nos locais amostrados prevalecem partículas com dimensão da areia, associadas a seixos e mais finas principalmente limo, seguindo os limites de classe da escala dimensional de LANE *et al.* (1947).

O triângulo FOLK (1954) foi escolhido para classificar as amostras nesta dissertação (Fig. 6.2.) porque permite a classificação de sedimentos de dimensão desde seixo a lodo (limo + argila).

Optou-se por não representar as amostras 2.A4, 5.A9 e 6.A10, porque estas são constituídas exclusivamente por partículas grosseiras e projectam-se todas no campo **A** do triângulo com elevada % de seixos. São amostras de cascalho. Das restantes amostras todas elas ocupam os domínios mais à direita do referido triângulo (Fig. 6.2.).

Os valores relativos às percentagens de partículas de seixo (> 2 mm), de areia (2 mm a 62 µm) e lodo (< 62 µm) são apresentados no quadro 6.4. Os quadros dos dados de crivação estão nos Anexos ao capítulo 6.

Quadro 6.4. Percentagens relativas entre as principais classes texturais.			
Amostras	Cascalho	Areia	Lodo
1.A1.1	52,50	46,69	0,82
1.A1.2	5,21	90,13	4,66
1.A2	25,01	74,56	0,43
1.A3	48,07	50,35	1,58
3.A5	0,98	96,40	2,62
3.A6	1,84	98,09	0,06
3.A7	54,20	45,56	0,24
4.A8	44,93	54,04	1,03
6.A11	77,53	22,37	0,10
6.A12	56,67	42,69	0,65
6.A13	23,28	76,10	0,63



- Legenda
- A – Cascalho
 - B – Cascalho arenoso
 - C – Cascalho areno-lodoso
 - D – Cascalho lodoso
 - E – Areia com seixos
 - F – Areia lodosa com seixos
 - G – Lodo com seixos
 - H – Areia com raros seixos
 - I – Areia lodosa com raros seixos
 - J – Lodo arenoso com raros seixos
 - K – Lodo com raros seixos
 - L – Areia
 - M – Areia lodosa
 - N – Lodo arenoso
 - O – Lodo

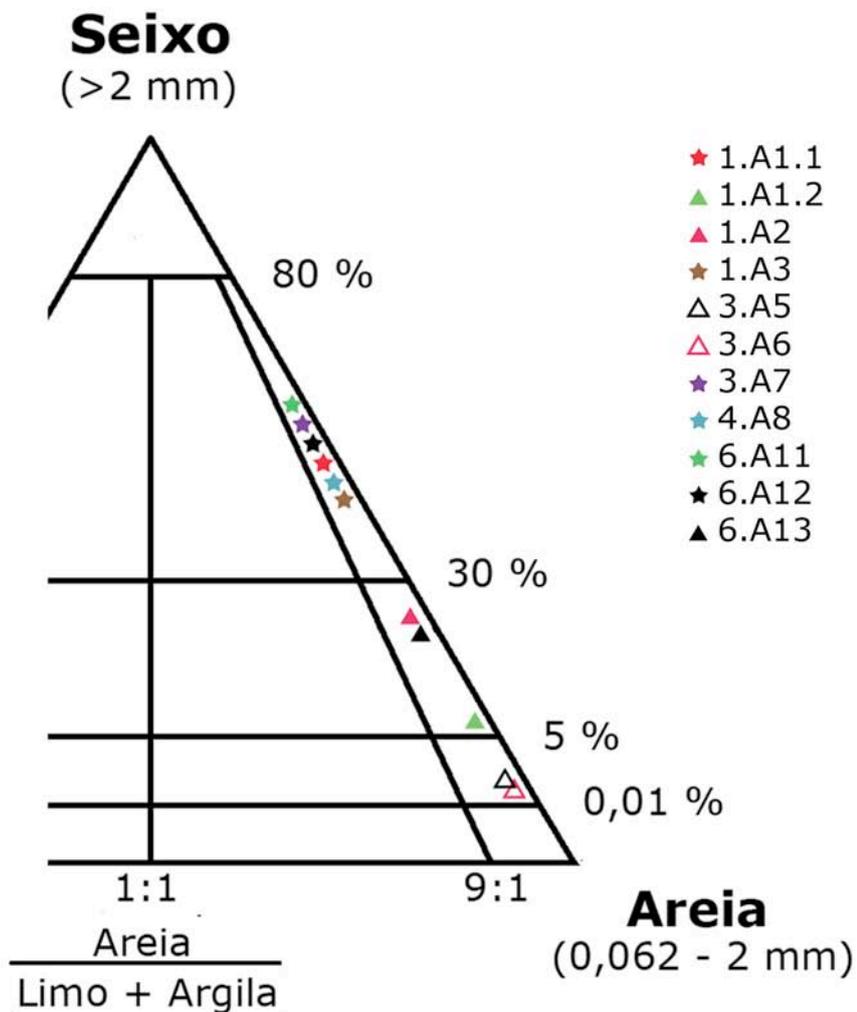


Fig. 6.2. Projecção das amostras no diagrama de classificação proposto por FOLK & WARD (1957).

As amostras 1.A1.1, 1.A3, 3.A7, 4.A8, 6.A11 e 6.A12 projectam-se na área correspondente ao "B", que se refere ao cascalho arenoso. As amostras 1.A1.2, 1.A2 e 6.A13 projectam-se no campo "E", areia com seixos. Por fim, as amostras 3.A5 e 3.A6 projectam-se no campo "H" e classificam-se como areia com raros seixos.

6.5. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA: DISTRIBUIÇÃO DIMENSIONAL

O estudo da distribuição da dimensão iniciou-se pela crivação das amostras durante 15 minutos num agitador mecânico de tipo RO-TAP, usando uma coluna de crivos segundo uma escala dimensional com intervalos iguais a $\sqrt{2}$.

Os pesos obtidos em cada crivo foram convertidos em valores percentuais. Os resultados da frequência relativa e frequência acumulada são apresentados em anexo. A interpretação da distribuição dimensional baseou-se na análise dos resultados obtidos e tratados estatisticamente, nomeadamente: histogramas da frequência relativa; curvas de frequência acumulada traçadas em papel de probabilidades; parâmetros estatísticos FOLK & WARD. O tratamento dos dados granulométricos foi feito usando o programa SEDMAC da autoria de HENRIQUES (2003, 2004).

O conjunto das amostras de cascalho (2.A4, 5.A9 e 6.A10) serão descritas adiante visto terem sido sujeitas a outra metodologia de estudo.

Nas páginas seguintes apresentam-se os histogramas (Fig. 6.3, Fig. 6.4, Fig. 6.5) calculados para cada amostra, com base nos valores obtidos por crivação (Anexos ao capítulo 6). Os gráficos mostram a distribuição relativa do tamanho das partículas, projectada em unidades \emptyset , estando assinalado entre as linhas verticais a tracejados o intervalo correspondente à classe areia.

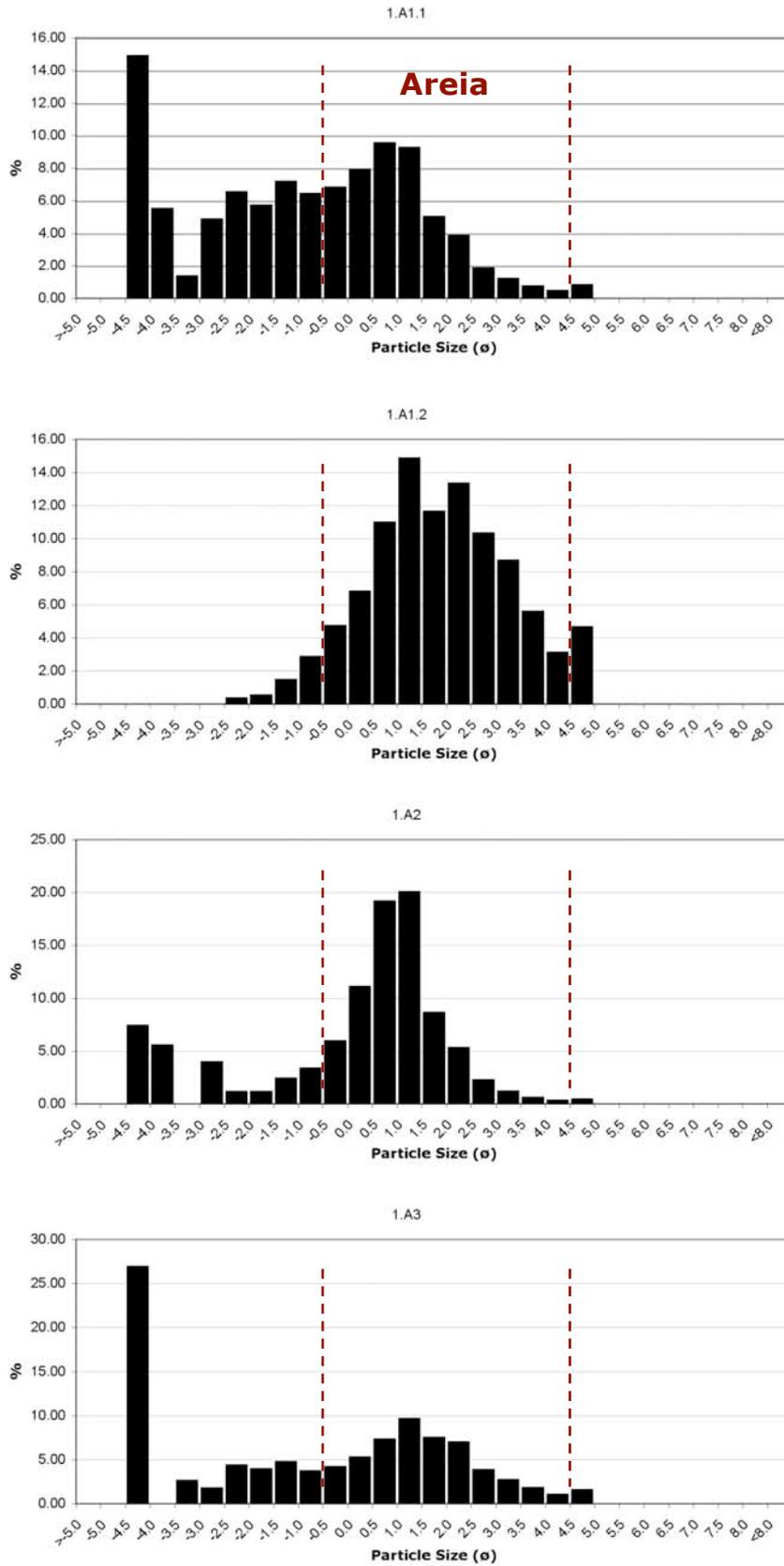


Fig. 6.3. Histogramas da distribuição da dimensão, nas amostras do local 1. A classe textural areia é o espaço entre as linhas verticais a tracejado.

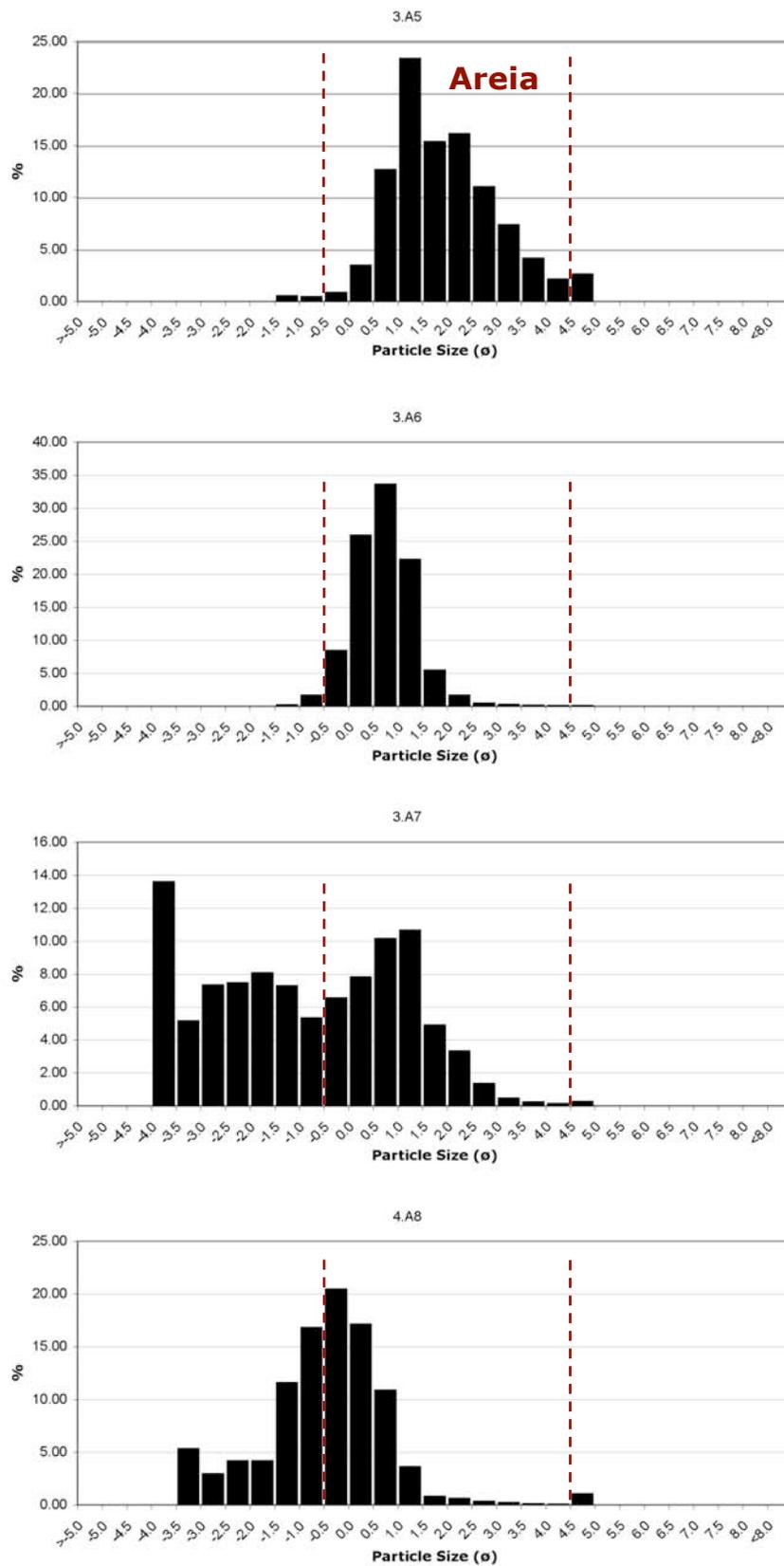


Fig. 6.4. Histogramas da distribuição da dimensão, nas amostras dos locais 3 e 4. A classe textural areia é o espaço entre as linhas verticais a tracejado.

No conjunto de todas as amostras, é notória que a distribuição das dimensões ocupam um grande número de intervalos de classe e a geometria é assimétrica.

Outra característica é a % de fracção menor que 62 µm raramente atinge 1%. São excepções a amostra 1.A1.2 (5% de lodo) e a amostra 3.A5 ($\approx 3\%$).

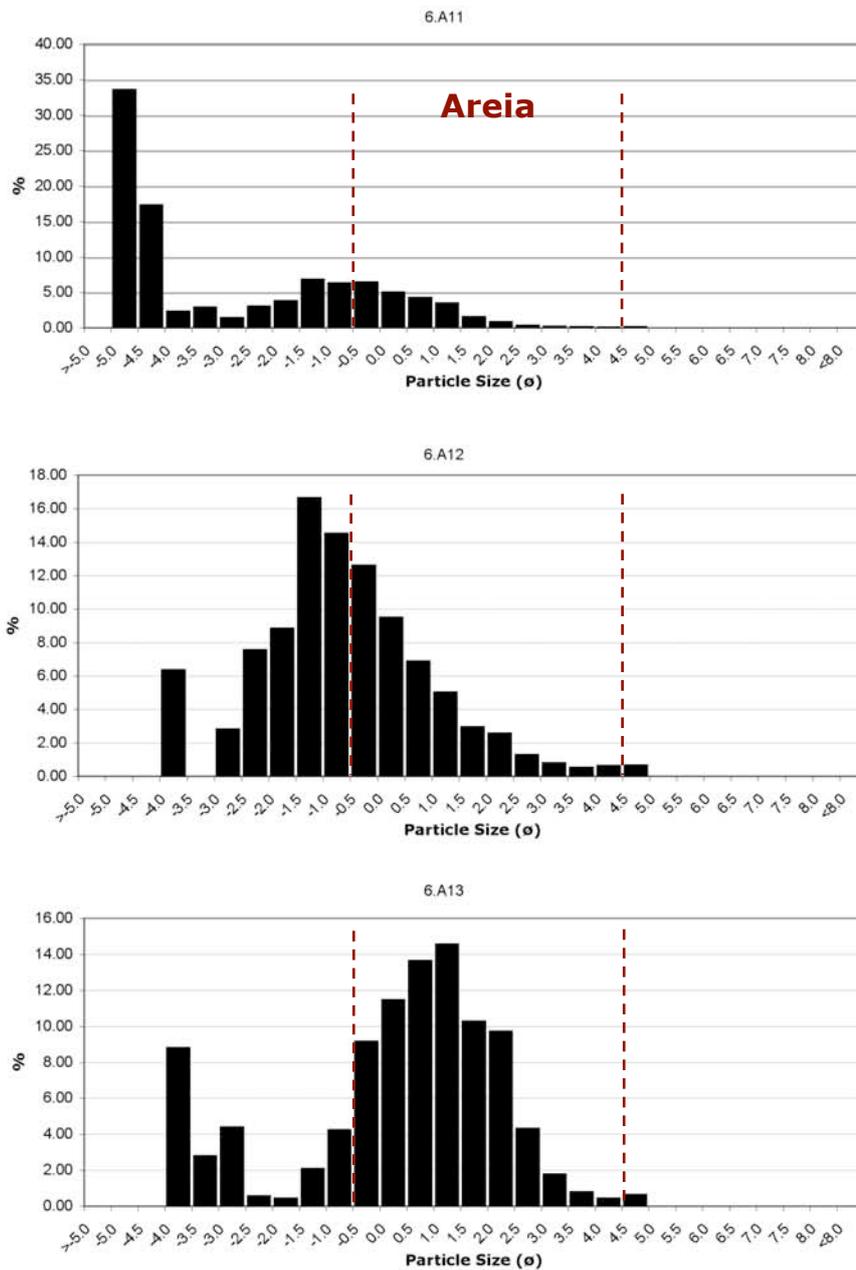


Fig. 6.5. Histogramas da distribuição da dimensão, nas amostras do local 6. A classe textural areia é o espaço entre as linhas verticais a tracejado.

Algumas distribuições mostram estender-se por menos intervalos na escala dimensional mas, mesmo nessas, como por exemplo a amostra 3. A6, apresentam caudas.

As amostras no sistema de classificação FOLK & WARD (Fig. 6.2) ficaram agrupadas em quatro conjuntos: cascalho (2.A4, 5.A9 e 6.A10) discutidas adiante; cascalho arenoso (1.A1.1, 1.A3, 3.A7, 4.A8, 6.A11 e 6.A12); areia com seixos (1.A1.2, 1.A2 e 6.A13); areia com raros seixos (3.A5 e 3.A6).

Em cada um dos grupos verifica-se que as semelhanças quantitativas na relação percentual entre classes texturais são aparentes. De todas, entre os três grupos somente as amostras 1.A1.1 e 3.A7 possuem semelhança no tipo de distribuição da dimensão dos sedimentos.

6.6. PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

A comparação simultânea de amostras, tendo em vista a descrição e interpretação das fácies e reconstituição dos mecanismos sedimentares, é facilitada pela utilização de parâmetros estatísticos, calculados sobre as distribuições dimensionais dos sedimentos. Os parâmetros e fórmulas de cálculo variam segundo os autores, tendo alguns apresentado estudos comparativos testando a sua eficácia (ALVES 1995).

6.6.1. Parâmetros Estatísticos de FOLK & WARD (1957)

Neste trabalho vão ser utilizados os parâmetros estatísticos propostos por FOLK & WARD (1957); média ($M_z\emptyset$), desvio padrão (σ_1), assimetria (SK_1) e acuidade (K_G), optando-se pela sua projecção em diagramas ortogonais. Tendo em conta que se usa a escala dimensional em unidades \emptyset (em anexo) no cálculo dos parâmetros estatísticos, os valores mais positivos correspondem às dimensões mais finas, sendo os valores muito negativos de sedimentos com dimensão muito grosseira

dominante (FOLK & WARD 1957; FRIEDMAN 1967; LEWIS & McCONCHIE 1994).

São usados geralmente quatro tipos de parâmetros: tendência central (mediana, média e moda); dispersão (calibração); assimetria da curva e acuidade da curva (FOLK & WARD 1957; FRIEDMAN 1967; LEWIS & McCONCHIE 1994b; BUNTE & ABT 2001).

As medidas de tendência central dão-nos indicações se as partículas que fazem parte de uma distribuição são muito ou pouco grosseiras do que as de outra distribuição dimensional. Estas diferenças relacionam-se com a energia da corrente e da sua competência como agente de transporte.

A calibração (desvio padrão) esta varia com a maior ou menor concentração de partículas à volta da média, as quais representam a constância ou irregularidade dos níveis de energia do fluxo aquoso.

A assimetria mostra se a população dimensional dominante sofreu enriquecimento em sedimentos finos ou grosseiros, que causam desvios em relação à simetria da forma da curva normal. O enriquecimento em partículas de dimensão mais fina que a população dominante é o efeito de declínio na energia de transporte. A presença de uma população subordinada de partículas com dimensão mais grosseira reflecte um aumento na energia de transporte.

As medidas da acuidade relacionam-se com o comprimento das caudas (partes laterais) da curva em relação à curva normal, isto é, evidenciam a calibração das partes laterais da curva em relação à calibração da zona central.

A fórmula para cálculo da média proposta por FOLK & WARD (1957) inclui a mediana e é designada por Média Gráfica (M_z)

$$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

No que diz respeito à calibração, os mesmos autores elaboraram uma fórmula que pondera os 68% centrais da distribuição (representando duas vezes o desvio padrão) e os 90% centrais da mesma distribuição (representando 3,3 vezes o desvio padrão)

$$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

No quadro 6.5 estão listadas as classes de calibração propostas por FOLK & WARD (1957) bem como os seus valores limite.

Quadro 6.5. Classes de calibração propostas por FOLK & WARD (1957).

Desvio Padrão (σ_I)	Designação
< 0,35	muito bem calibrado
0,35 a 0,50	bem calibrado
0,50 a 0,71	moderadamente bem calibrado
0,71 a 1,0	moderadamente calibrado
1,0 a 2,0	mal calibrado
2,0 a 4,0	muito mal calibrado
> 4,0	extremamente mal calibrado

Duas curvas de distribuição granulométrica podem ter valores de média e calibração idênticos, mas, apresentar formas significativamente diferentes, é a assimetria da curva. O parâmetro assimetria (SK_I) de FOLK & WARD (1957) é obtido segundo a fórmula

$$SK_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

A assimetria pode ter valor positivo ou negativo variando entre +1,00 e -1,00 (quadro 6.6). Os valores de assimetria próximos dos extremos (+1,00 e -1,00) são indicadores de sedimentos com partículas de dimensão variada, possuindo uma população de dimensão dominante acompanhada por outra população subordinada de dimensão oposta. As curvas de distribuição da dimensão presente nos sedimentos adquirem grande assimetria positiva ou negativa, consoante a população dominante seja respectivamente grosseira ou fina. A grande assimetria positiva reflecte o excesso de fracção grosseira sobre a fracção fina, isto é a curva possui uma cauda que se situa à direita da média.

Quadro 6.6. Classes de assimetria propostas por FOLK & WARD (1957).	
Assimetria (SK_I)	Designação
+1,00 a +0,30	muito assimétrica no sentido dos finos
+0,30 a +0,10	assimétrica no sentido dos finos
+0,10 a -0,10	aproximadamente simétrica
-0,10 a -0,30	assimétrica no sentido dos grosseiros
-0,30 a -1,00	muito assimétrica no sentido dos grosseiros

A acuidade gráfica (K_G) também conhecida como curtose gráfica e acuidade, refere-se ao maior ou menor achatamento relativamente à curva normal. Este parâmetro pode ser determinado mediante a comparação dos comprimentos das caudas da distribuição em relação à sua parte central. A fórmula proposta por FOLK & WARD (1957) é a seguinte:

$$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44 (\phi_{75} - \phi_{25})}$$

Segundo a equação anterior, as curvas com distribuição normal apresentam valores de curtose (K_G) igual a 1,00, as leptocúrticas superior e as platicúrticas inferior a 1,00 respectivamente, Para designar as curvas que se aproximam da normal usa-se o termo mesocúrtico (quadro 6.7).

As fórmulas propostas por FOLK & WARD para cálculo dos parâmetros estatísticos já referidos, apresentam a vantagem de incluírem tanto a classe dimensional média como as classes externas, reduzindo de forma significativa o erro introduzido pelo afastamento destas curvas em relação à curva normal. Em adição, o cálculo dos referidos parâmetros, concretizado a partir da curva cumulativa traçada em papel de probabilidades, torna-se mais rigoroso e é independente do operador.

Quadro 6.7. Classes de acuidade gráfica (K_G) propostas por FOLK & WARD (1957).	
Acuidade (K_G)	Designação
<0,67	muito platicúrtica
0,67 a 0,90	platicúrtica
0,90 a 1,11	mesocúrtica
1,11 a 1,50	leptocúrtica
1,50 a 3,00	muito leptocúrtica
>3,00	extremamente leptocúrtica

6.6.2. Aplicação dos Parâmetros Estatísticos e Interpretação

No quadro 6.8 são apresentados os resultados dos parâmetros estatísticos FOLK & WARD.

Quadro 6.8. Parâmetros estatísticos das amostras, calculados segundo as fórmulas de FOLK & WARD (1957).				
Amostras	Média (Mz)	Desvio Padrão (σ_I)	Assimetria (SK_I)	Acuidade (K_G)
1.A1.1	-1,57	2,36	-0,14	0,79
1.A1.2	1,37	1,48	0,05	1,03
1.A2	-0,58	2,07	-0,51	1,48
1.A3	-1,28	2,77	-0,15	0,57
3.A5	1,41	1,05	0,21	0,99
3.A6	0,21	0,62	0,02	1,03
3.A7	-1,47	2,03	-0,02	0,72
4.A8	-0,96	1,18	-0,18	1,23
6.A11	-3,43	2,13	0,70	0,64
6.A12	-1,13	1,62	0,06	1,32
6.A13	-0,39	2,14	-0,38	1,31

Os resultados da média devem ser interpretados analisando simultaneamente o desvio padrão. Os valores deste parâmetro (quadro 6.8) são superiores a 0,5. Das onze amostras, uma é moderadamente bem calibrada (0,62), amostra 3.A6, e as restantes apresentam valores de desvio padrão superiores a 1, variando até 2,77 na amostra 1.A3. Estes resultados exprimem numericamente a selecção baixa, característica dominante nestes sedimentos. São mal a muito mal calibrados, algo que a análise dos histogramas de frequência relativa permitia antever.

Os dois parâmetros média e desvio padrão, estão projectados no diagrama da figura 6.6. Analisando a figura destacam-se três grupos. A amostra 6.A11, é a que possui média mais baixa. Verifica-se que as amostras 1.A1.2 e 3.A5 são as que apresentam média com valor positivo mais elevado 1,37 e 1,41 respectivamente. Estas, assim como a amostra 3.A6 (média = 0,21), são constituídas praticamente por partículas com dimensão de areia. Neste grupo de amostras, o valor das respectivas médias reflectem a abundância real de clastos com dimensão na classe areia. No entanto, a presença de outras partículas mesmo que pouco abundantes, quer grosseiras quer mais finas que areia, influencia os valores do desvio padrão.

Nas restantes amostras os valores de média são negativos, variando de areia a cascalho fino. Estes sedimentos possuem também valores elevados de desvio padrão.

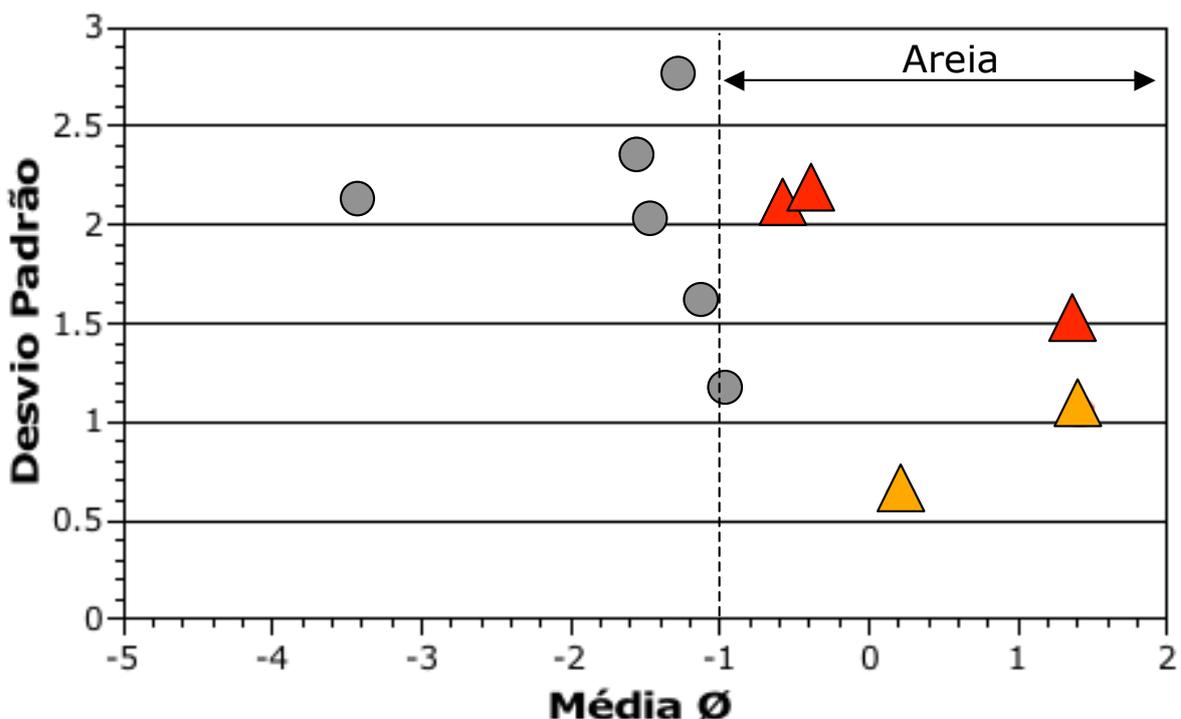


Fig. 6.6. Diagrama de dispersão média — desvio padrão. Os pontos cinza são as amostras classificadas como cascalho arenoso. Os triângulos vermelhos e ocre são das amostras de areia com seixos e areia com raros seixos, respectivamente.

O parâmetro acuidade (também designado por curtose) indica o achatamento da distribuição relativamente à distribuição normal. A acuidade (K_G) permite-nos distinguir se as amostras são misturas de populações, isto é, se são amostras mal calibradas ou se existem sub - populações além da população dominante.

A dispersão dos pontos para valores de K_G muito superiores a 1.00, é sintoma de que à moda principal são adicionadas pequenas proporções doutra de 3 a 10% (ALVES 1995), diminuindo a calibragem na cauda mas mantendo a boa calibragem na parte central da distribuição dimensional. Segundo o mesmo autor, 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 ($K_G < 0,67$) 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 (*op. cit.*).

As amostras 1.A1.1 e 3.A7 são platicúrticas e as 1.A3 e 6.A11 são muito platicúrticas. Segundo ALVES (1995) as distribuições muito platicúrticas e platicúrticas correspondem a sedimentos bimodais, 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.

As amostras 1.A2, 4.A8, 6.A12 e 6.A13 são leptocúrticas. A sua calibração é melhor na parte central do que nas extremidades. São constituídas por duas populações, uma dominante que é bem calibrada e outra população que é a subordinada e menos calibrada, na cauda da distribuição.

Os valores de assimetria e acuidade foram projectados num diagrama de dispersão presente na figura 6.7.

As amostras 1.A1.2, 3.A6, 3.A7, 6.A12 possuem valores de assimetria que as descrevem como aproximadamente simétricas. Mas as distribuições da 3.A7 e da 6.A12 são platicúrtica e leptocúrtica respectivamente. As amostras 1.A1.2, 3.A5 e 3.A6 são amostras mesocúrticas, isto é, são constituídas apenas por uma população de sedimentos. Na amostra 3.A5 a assimetria é positiva, devido à presença de uma população de dimensão mais fina, que a dominante, partículas com dimensão inferior a areia fina que constrói a cauda da distribuição.

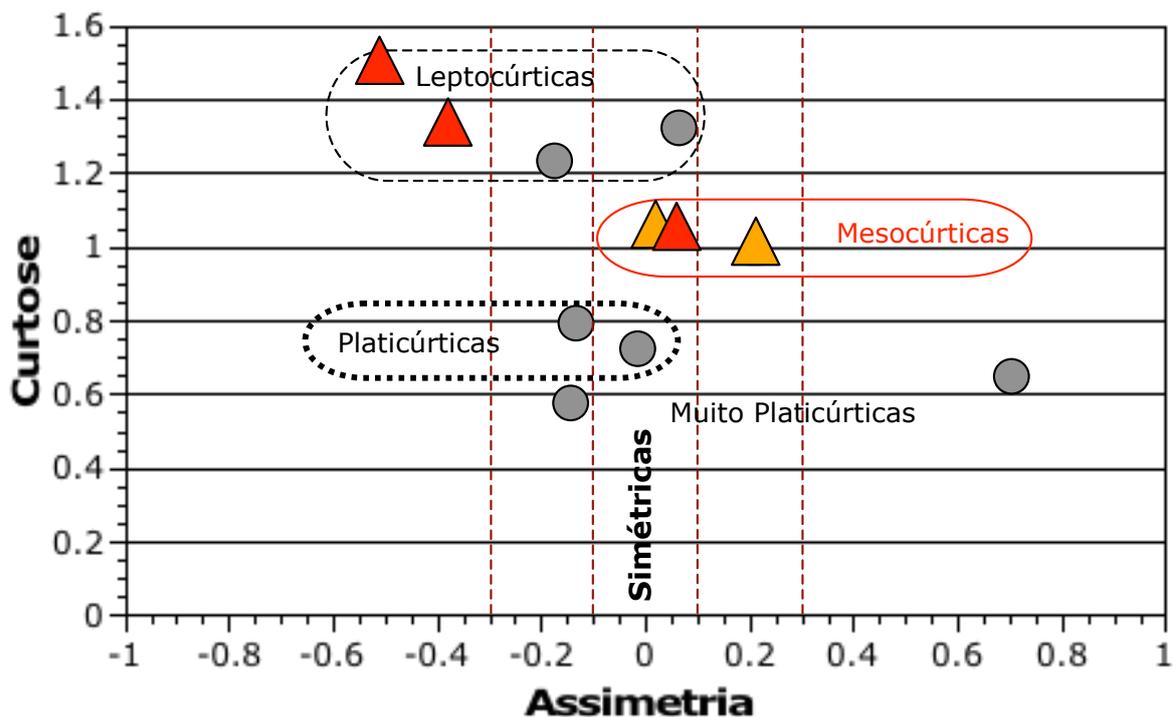


Fig. 6.7. Diagrama de dispersão assimetria — acuidade (curtose). Mantém-se o mesmo tipo de simbologia que na figura anterior.

A situação de assimetria positiva muito marcada repete-se na amostra 6.A11 ($Sk_1 = +0,70$), com maior proporção de partículas finas que constituem a cauda da distribuição. Esta amostra e a 1.A3 são as que possuem distribuições muito platicúrticas. Nestas amostras embora ambas apresentem uma classe modal definida, de dimensão seixo

(Fig. 6.3 e Fig. 6.5), possuem partículas com dimensão muito diversa e a amostra 1.A3 tem assimetria negativa ($Sk_1 = -0,15$). Elas parecem ser o resultado de mistura de várias populações. A população da moda é seixo, acompanhada das restantes dimensões, que tendem a constituir duas distribuições com tendência normal, mas as duas em conjunto uma distribuição muito platicúrtica.

As amostras 1.A2 e 6.A13 são ambas leptocúrticas e muito assimétricas, valores negativos respectivamente $-0,51$ e $-0,38$. São constituídas por uma população dominante de dimensão areia, com distribuição normal e acompanhada de outra população subordinada de partículas mais grosseiras, daí a cauda assimétrica da distribuição para valores negativos de \emptyset .

6.7. INTERPRETAÇÃO DA CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA, TRAÇADA NA ESCALA DE PROBABILIDADES

Os sedimentos quando em situação de equilíbrio dinâmico no ambiente de deposição, apresentam uma distribuição da dimensão com características de distribuição aproximadamente normal. A utilização da análise da frequência acumulada, dos pesos dos intervalos de classe dimensional, é muito usada para interpretação da distribuição da dimensão nos sedimentos detríticos.

A representação gráfica de uma curva normal, usando como ordenada a escala de probabilidades, é uma recta. Do mesmo modo, quando se projecta no papel de escala de probabilidades, um sedimento formado por uma população de partículas com distribuição da dimensão do tipo normal também a sua curva granulométrica é uma recta. Estes casos são muito raros no ambiente fluvial porque, tal como se descreveu nos itens anteriores, é frequente existirem distintos modos de transporte e mistura de populações granulométricas. As curvas da frequência acumulada destes sedimentos, construídas tendo na ordenada a escala de probabilidades e na abcissa a escala dimensional \emptyset , podem ser

dissecadas graficamente em segmentos de recta (VISHER 1969; LEWIS & McCONCHIE 1994a). Cada um dos segmentos de recta representa uma população detrítica, função do modo de transporte/deposição sob as condições dinâmicas da corrente (Fig. 6.8).

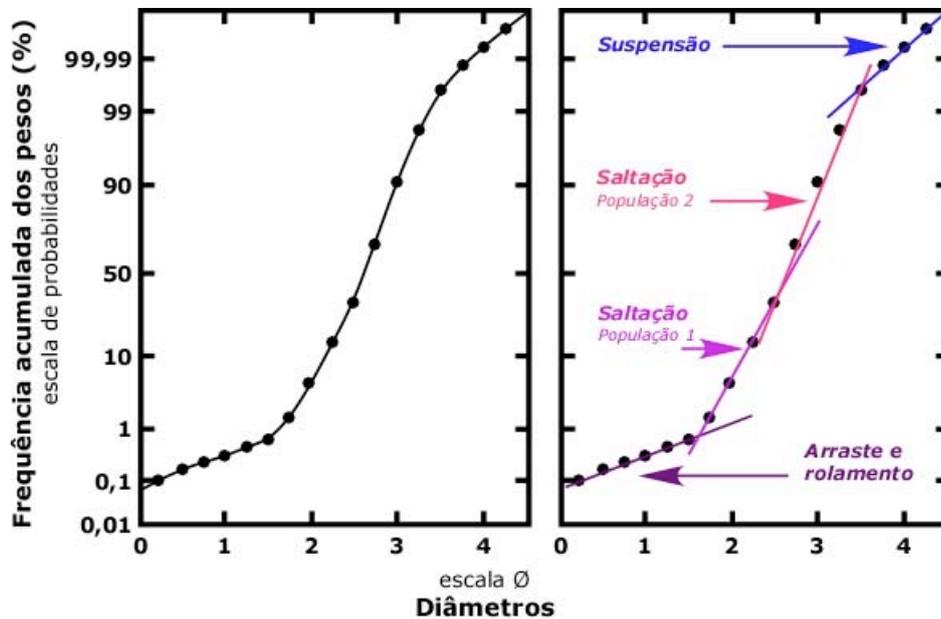


Fig. 6.8. Exemplo da dissecação gráfica da curva de frequência acumulada, segundo o método de VISHER (1969). Adaptado de McCONCHIE (1994a).

Na figura citada a curva de frequência acumulada, na imagem da esquerda, está decomposta graficamente em quatro segmentos de recta, na outra imagem. Estão presentes quatro populações, identificadas pela existência de três pontos de inflexão, também designados por pontos de truncatura, na curva de frequência acumulada original. No exemplo apresentado por VISHER (1969), neste caso de uma areia de praia, o primeiro ponto de inflexão delimita a população de grãos transportados por rolamento ou arraste, isto é, representa a carga de fundo. Os dois segmentos seguintes são mais inclinados, verticalizados, representam duas populações bem calibradas e transportadas em saltação. A quarta população, mais fina, representa o conjunto de partículas que são movimentadas em suspensão pela corrente.

A descrição anterior dizia respeito ao ambiente costeiro. A aplicação deste método ao meio fluvial não é fácil, pois a variação de energia do transporte tem amplitude maior, distribuição espacial e temporal mais desordenada.

Segundo ALVES (1995) 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.

Tendo em conta a análise efectuada podemos referir que ao longo do troço estudado existe uma grande variedade de partículas, desde bloco e seixo, areia e mais finas (lodo). Os valores do desvio padrão, por exemplo, os mais elevados são nas amostras 1.A1.1 (2,36), 1.A3 (2,77) e 6.A11 (2,13), indicam-nos que houve fraca selectividade do meio de transporte (FOLK e WARD 1957).

Quais os modos de transporte pela corrente fluvial?

Nos rios identificam-se três modos de transporte: os grãos mais grosseiros ($< +1,0 \text{ Ø}$) e por vezes entre $+1,0 \text{ Ø}$ e $+2,0 \text{ Ø}$ deslizam ou rolam; a saltação é activa em duas populações de partículas, uma grosseira entre $+1,0 \text{ Ø}$ e $+2,0 \text{ Ø}$ e outra mais fina entre $+2,8 \text{ Ø}$ e $+4,0 \text{ Ø}$; e a suspensão afectando grãos $> +2,8 \text{ Ø}$ principalmente partículas $> +4,0 \text{ Ø}$ (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 extravasar, alcançando a planície aluvial, depositando aí grande parte dos finos ALVES (1995). Esta é a descrição geral tendo em conta a média de inúmeras situações reais. No caso das amostras deste trabalho, também foram construídas as curvas de frequência acumulada na escala de probabilidades (Fig. 6.9, Fig. 6.10 e Fig. 6.11), cujos valores são apresentados nos Anexos ao capítulo 6.

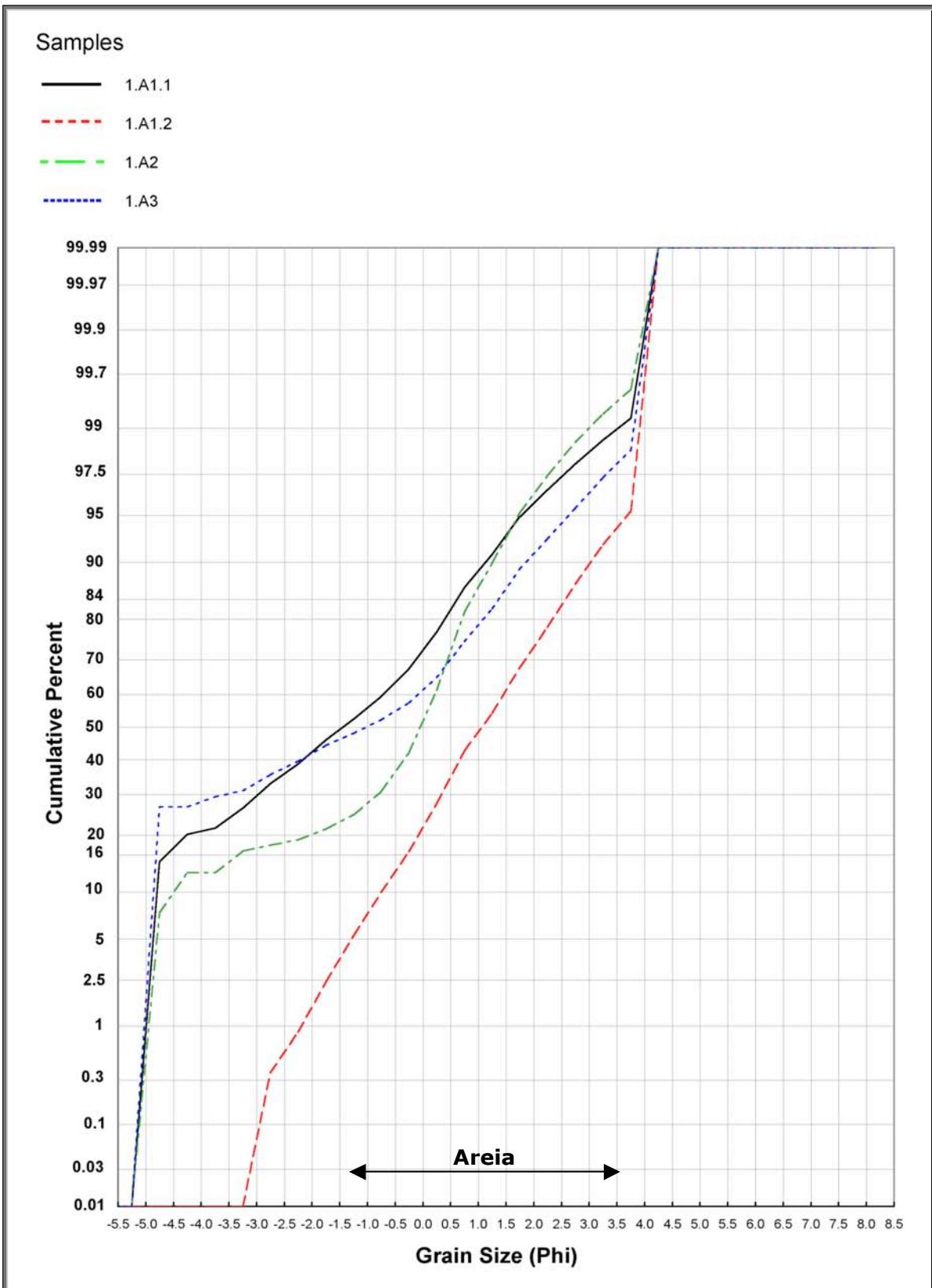


Fig 6.9. Curvas de frequência acumulada, usando a escala de probabilidade em ordenada e a escala ϕ em abcissa.

A amostra 1.A1.1, como podemos verificar através da análise do histograma e da curva correspondente (Fig. 6.9), é maioritariamente constituída por seixos (52%) e por areia (46%), existindo apenas uma pequena porção de limo (< 1%), a população que se movimentou por suspensão. Neste caso, existem várias populações de sedimentos que se deslocaram como carga de fundo e carga de saltação. A mais grosseira (< -3,5 Ø) deslocou-se por rolamento e arraste. Os segmentos de -3,5 Ø a 0,0 Ø, de 0,0 Ø a +2 Ø e de +2 Ø a +4 Ø pertencem a três populações de saltação. As duas primeiras perfazem mais que 70% das partículas da amostra. A população de -3,5 Ø a 0,0 Ø, seixo a areia muito grosseira, distingue-se da seguinte (0,0 Ø a +2 Ø) por a recta ter um declive menos vertical, indicador de menor selecção no transporte. Possivelmente esta população movimentou-se por combinação de rolamento e saltação. A terceira população por saltação (\approx 5% das partículas) é de areia fina a muito fina (+2 Ø a +4 Ø). A coexistência destas três populações parece indicar mistura de sedimentos proveniente de eventos distintos, nomeadamente a possível mistura no mesmo local de cargas depositadas em tempos diferentes e a retoma de algumas partículas em eventos posteriores.

A amostra 1.A1.2 é constituída maioritariamente por areia (90%). As suas partículas moveram-se por saltação (tanto a população mais fina como a mais grosseira). Existem outras populações ainda, de limo (< 5%) que se deslocou por suspensão e vestígios (< 0,5%) e de clastos (< -2,5 Ø) arrastados por rolamento.

Em 1.A2 verifica-se que o modo de transporte principal foi por saltação, das partículas de dimensão areia média a areia muito fina. As partículas mais grosseiras, neste caso de areia grosseira a seixo (< 0,0 Ø), por rolamento e saltação ocasional, têm muito fraca selecção.

Na amostra 1.A3, 70% das partículas deslocaram-se por saltação em três populações definidas pelos pontos de inflexão: -3 Ø, 0,0 Ø e +2 Ø. A estas acrescenta-se a carga mais grosseira (< -3 Ø) que constitui os 30% restantes da curva, de seixos pequenos deslocados por rolamento.

As interpretações realizadas a propósito da amostra 1.A1.1 aplicam-se também à amostra 1. A3.

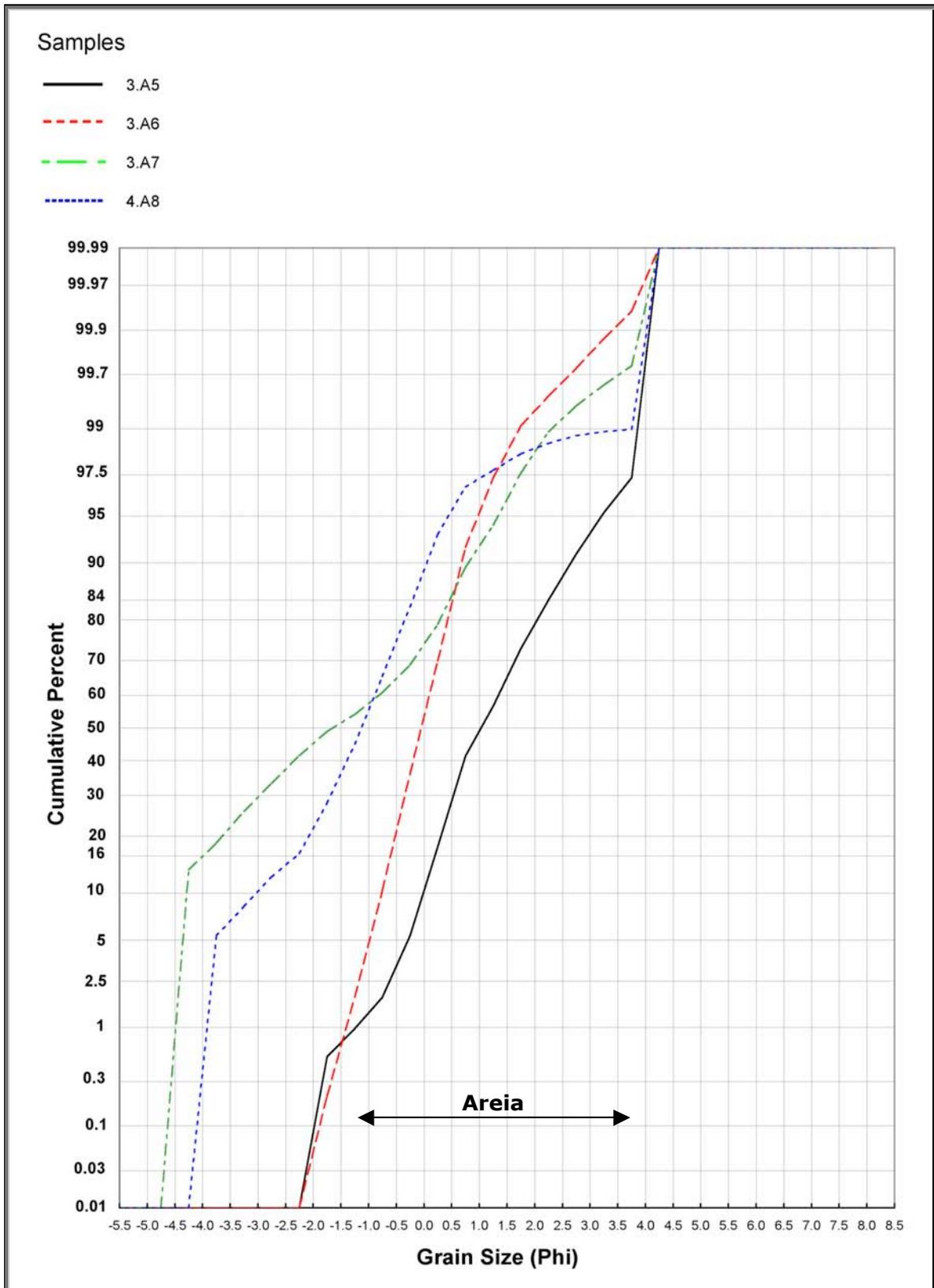


Fig 6.10. Curvas de frequência acumulada, usando a escala de probabilidade em ordenada e a escala Φ em abcissa.

Na figura 6.10 estão representadas as curvas de frequência acumulada das amostras 3.A5, 3.A6, 3.A7 e 4.A8. De todas, a melhor calibrada é a distribuição 3.A6. É constituída praticamente por uma só população ($\approx 98\%$), de saltação, representada num segmento extenso e muito verticalizado, incluindo poucos intervalos de classe, de $-1,5 \text{ } \emptyset$ a $+1,5 \text{ } \emptyset$, ou seja desde areão muito fino a areia grosseira.

A curva da amostra 3.A5 possui três pontos de inflexão: $-0,5 \text{ } \emptyset$; $+1 \text{ } \emptyset$; $+4 \text{ } \emptyset$. A amostra é constituída por mais que 96% de areia, no entanto, ao contrário da anterior, estas partículas representam várias populações de transporte. Dominantes são as duas populações por saltação, definidas pelos três pontos de inflexão, sendo a mais grosseira melhor calibrada que a segunda. Restam ainda as populações subordinadas situadas nas caudas da distribuição. As partículas mais grosseiras que areia muito grosseira ($< -0,5 \text{ } \emptyset$) e as mais finas, de limo ($> +4 \text{ } \emptyset$), transportadas por rolamento e suspensão, respectivamente.

Na curva da amostra 3.A7 identificam-se os pontos de inflexão: $-2 \text{ } \emptyset$; $0,0 \text{ } \emptyset$; $+2,5 \text{ } \emptyset$. A primeira parte da distribuição representa cerca de 40% das partículas com dimensão $< -2 \text{ } \emptyset$, seixos, rolados e arrastados pela corrente. A população de areão e areia grosseira (entre $-2 \text{ } \emptyset$ e $0,0 \text{ } \emptyset$), cerca de 30% , é representada por um segmento pouco inclinado. Parece ter resultado da mistura de grãos transportados por rolamento e por saltação junto ao leito. A população melhor calibrada é a definida no segmento a seguir, de partículas entre $0,0 \text{ } \emptyset$ e $+2,5 \text{ } \emptyset$, de areia grosseira a areia muito fina, e perfaz $\approx 34\%$ do total. Estes sedimentos devem ser mistura de vários eventos de transporte, relativos à população mais grosseira e outro da população melhor calibrada.

Em 4.A8 existe notoriamente uma população dominante e seleccionada abarcando mais de 80% das partículas, de areão a areia grosseira ($-2 \text{ } \emptyset$ a $+1 \text{ } \emptyset$). Esta foi transportada por saltação e acompanhada de uma outra mais grosseira ($< -2 \text{ } \emptyset$), transportada por rolamento e saltação junto ao leito.

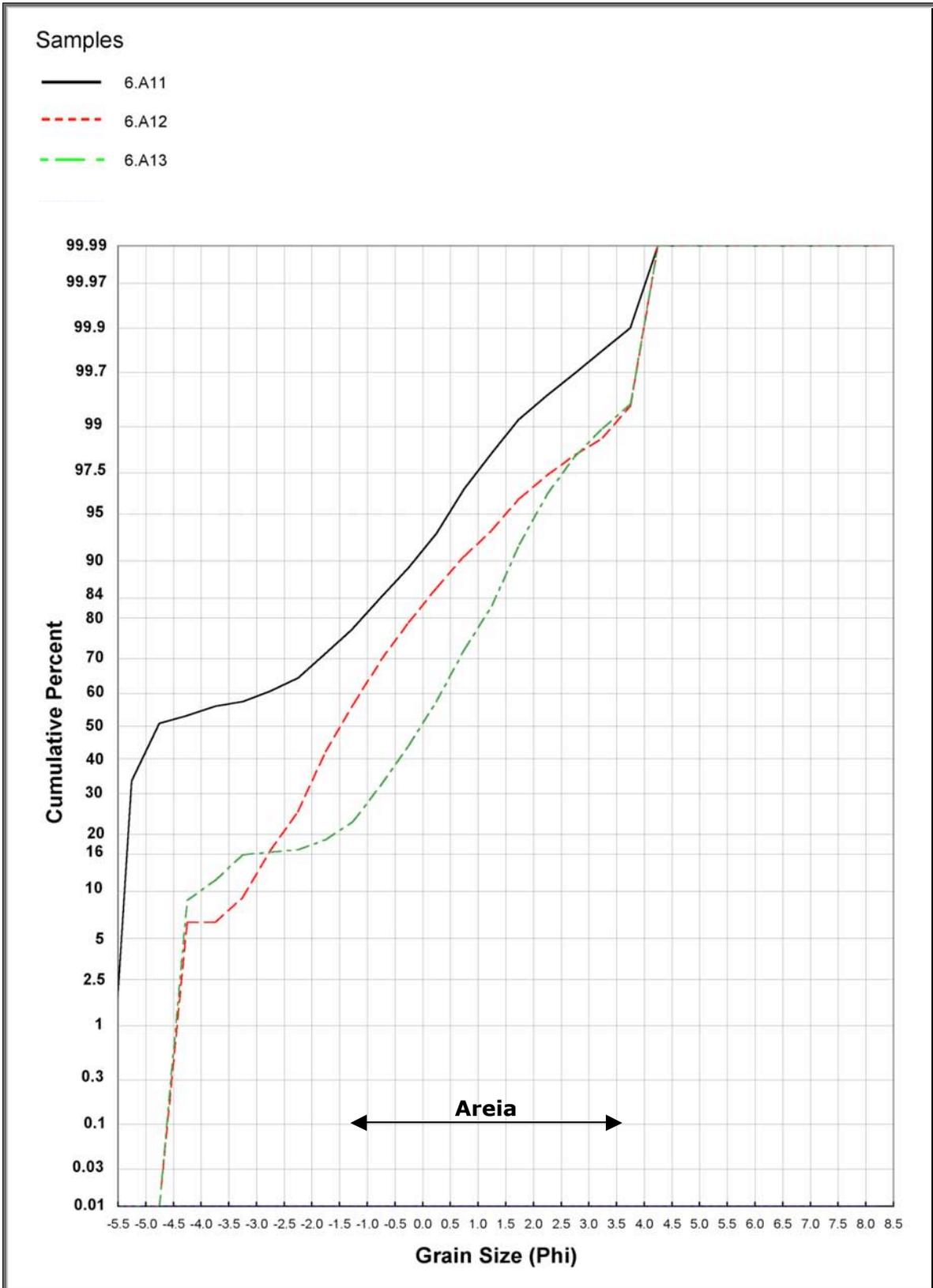


Fig 6.11. Curvas de frequência acumulada, usando a escala de probabilidade em ordenada e a escala ϕ em abcissa.

Restam ainda por descrever as curvas da figura 6.11. A amostra 6.A11 tem os seguintes pontos de inflexão: -2ϕ ; $+0,5 \phi$; $+2 \phi$. Os sedimentos são grosseiros, predominam as partículas de dimensão seixo, que constituem cerca de 65% da distribuição. Esta população é a resultante da deposição da carga de fundo. O restante são sedimentos de dimensão desde areão a areia muito fina, no conjunto mal calibrados, pois pertencem a três populações: duas de saltação e uma vestigial ($\approx 1\%$) de suspensão. A população de saltação mais abundante ($\approx 30\%$) é formada por grãos de areão a areia grosseira. É pior calibrada que a mais fina (5%), de areia grosseira a areia média. Na amostra 6.A12 a linha de frequência inflecte em -2ϕ , distinguindo-se um segmento recto da população mais grosseira, areão (20% do total). A esta ainda se adicionam clastos maiores de seixo (5%), provenientes de outros eventos de transporte anteriores, visto o segmento não fazer ligação com o da população atrás descrita. O segmento restante da distribuição é a população dominante na amostra 6.A12. Não é um segmento recto. O segmento é curvo, convexo, com uma ténue inflexão em $+1,5 \phi$, marcada pelo ligeiro acréscimo de partículas no intervalo de classe a seguir. A curva de distribuição continua a tendência anterior. Esta população ($> -2 \phi$) representa o declínio da energia de transporte depositando a carga sedimentar. É um bom exemplo da diminuição da selectividade do agente de transporte. A distribuição da dimensão na amostra 6.A13 contém também mistura de dois eventos de transporte. O mais grosseiro (16% da distribuição) pertence à população de partículas ($< -1 \phi$), de areão e seixo. A população dominante ($> 80\%$) é areia muito grosseira a fina (de -1ϕ a $+3 \phi$), representa o transporte por saltação. O segmento restante, a partir de $+3 \phi$, é a população de suspensão ($< 2,5\%$).

6.8. COMPOSIÇÃO DAS PARTÍCULAS, POR OBSERVAÇÃO À LUPA BINOCULAR

As rochas que afloram à superfície da Terra revelam uma grande variedade em termos de composição e dos minerais que as constituem, classificando-se em magmáticas (granitos, gabros, basaltos, etc.), metamórficas (gnaisses, xistos, quartzitos, etc.), e sedimentares (arenitos, conglomerados, etc.).

As partículas sedimentares originam-se por meteorização e erosão das rochas. Nos sedimentos fluviais podem encontrar-se grãos poliminerálicos e monominerálicos. Os primeiros, constituídos por vários minerais, representam na maioria das vezes fragmentos de rochas. Aparecem sobretudo nas fracções grosseira e muito grosseira de areia e dimensão superior. Nestes casos, em grande parte deles, pode identificar-se facilmente a rocha que lhes deu origem e desta forma eles constituem importantes indicadores da área fonte.

Os sedimentos recolhidos foram também observados à lupa binocular. O estudo efectuado foi qualitativo e dedicado sobretudo às areias, pois tendo em conta a dimensão das suas partículas, pode ser utilizada uma lupa binocular para a identificação da composição. Aproveitaram-se as fracções retidas nos crivos após efectuar as pesagens para os estudos de granulometria.

Observaram-se algumas partículas orgânicas, no entanto eram poucas e de pequena dimensão, não sendo relevantes para o trabalho em questão.

Fazendo uma descrição mais pormenorizada, em relação à amostra 1.A1.1 (recolhida na nascente) os grãos de quartzo são em todas as dimensões os que predominam e são muito angulosos, com arestas salientes, o que pode ser interpretado, tendo em conta o pouco transporte que estes grãos sofreram, visto estarem ainda na zona mais a montante do rio. Os fragmentos de granito que aparecem por vezes

encontram-se alterados, conclusão retirada devido à existência de óxidos de cor alaranjada, provavelmente de ferro. Do grupo das micas, destaca-se a biotite, que se apresenta em maior quantidade que a moscovite. Algumas micas evidenciam sinais de alteração, pois nota-se novamente a presença de óxidos de ferro. No campo dos feldspatos, os calcossódicos — plagioclases aparecem em maior quantidade relativamente aos potássicos.

A amostra 1.A1.2 (nascente) apresenta características muito semelhantes à anterior. É essencialmente constituída por grãos de quartzo muito angulosos, a biotite é mais frequente que a moscovite e o feldspato calcossódico predomina em relação ao potássico.

Em 1.A2 (nascente), novamente se verifica a existência em maioria dos grãos de quartzo, no entanto, aqui os grãos já se apresentam mais desgastados relativamente à amostra anterior. A biotite é a mica que aparece em maioria e os feldspatos calcossódicos também.

Na amostra 1.A3 (mais a montante das anteriores) abunda o quartzo, mas os grãos têm menor desgaste. Salientam-se ainda a biotite e os feldspatos calcossódicos, que ocupam respectivamente a segunda e terceira posições. Existe alguma moscovite, mas em menor quantidade.

A amostra 3.A5, de Vilar das Almas, e por ordem decrescente de dimensão, verifica-se a existência de grãos essencialmente de quartzo, feldspato (ortóclase e plagioclases) e micas. A biotite aparece em maior quantidade que a moscovite e algumas apresentam já sinais de alteração. Nas dimensões mais pequenas ainda se encontram vestígios de clorite, minerais ferromagnesianos e alguma matéria orgânica. Essencialmente destacam-se, por ordem decrescente de abundância, o quartzo, a biotite, os feldspatos e por fim a moscovite.

A amostra 3.A6 foi recolhida no Lugar do Talho. Mais uma vez nota-se uma significativa predominância do quartzo relativamente aos feldspatos e às micas. O quartzo por vezes apresenta-se com incrustações de óxidos de ferro e alguns grãos estão bastante rolados. O feldspato é essencialmente calcossódico, mas também aparece algum

potássico. Relativamente às micas, estas encontram-se bastante alteradas e as palhetas com bordos desgastados. Nota-se que a biotite predomina em relação à moscovite.

A amostra 3.A7 também foi recolhida no Lugar do Talho. Existem maioritariamente grãos de quartzo, mas não estão muito rolados, apresentam-se ainda bastante angulosos. Nas amostras de maior dimensão, aparecem grãos poliminerálicos, de granito alterado no qual se salienta a presença, em maior quantidade de biotite em relação à moscovite. Estes grãos de granito apresentam ainda óxidos de ferro. Nas fracções de dimensão inferior, os grãos de quartzo começam a aparecer mais arredondados, evidenciando um maior desgaste. A biotite, de uma maneira geral, destaca-se em detrimento da moscovite e os feldspatos existentes são na sua maioria calcossódicos.

Na zona das Azenhas do Neiva, foi recolhida a amostra 4.A8. Destaca-se novamente a presença do quartzo que está em maioria e se apresenta em grãos bastante angulosos. Os feldspatos aparecem em menor quantidade, alterados e parecem ser calcossódicos.

Relativamente às micas, existe predomínio da biotite relativamente à moscovite. As micas apresentam-se desgastadas, devido ao facto desta zona ser bastante dinâmica e os grãos, tal como as restantes composições, acabam por ser alvo de grande movimentação.

No lugar da Tregosa, foi recolhida a amostra 6.A11. Neste local, mais uma vez, existem em maioria os grãos de quartzo, mas aqui aparecem bastante mais desgastados nas fracções de maior dimensão. Nas fracções de dimensão inferior, o quartzo apresenta-se com um aspecto menos desgastado e pouco rolado, sendo os grãos ainda bastante angulosos. Relativamente às micas, a biotite sobressai em relação à moscovite. O feldspato é essencialmente calcossódico.

Em Tregosa recolheram-se ainda as amostras 6.A12 e 6.A13. Em ambas se verifica a existência em maioria do quartzo e de uma maneira geral, quanto menor a sua dimensão, mais desgastados e rolados se apresentam. A mica predominante é a biotite e o feldspato em maior

quantidade é o calcossódico, se bem que apareçam alguns grãos de feldspato potássico.

Em resumo, no conjunto de amostras observadas à lupa binocular os minerais mais abundantes em todas as amostras são o quartzo, os feldspatos e as micas. Esta composição era esperada tendo em consideração as litologias existentes na área da bacia de drenagem do rio Neiva. O quartzo é um mineral que se encontra na esmagadora maioria das rochas ígneas. Nas rochas metamórficas pode estar em quantidade variável desde vestígios até 40%. Nas rochas sedimentares, da bacia, o quartzo está em quantidade elevada, superior à das rochas anteriores, excepto nos quartzitos, onde pode ser quase o único constituinte. Nas rochas magmáticas, o quartzo ocorre sobretudo em grãos de dimensão entre +1 Ø (0,5 mm) e -1 Ø (2 mm). Nas rochas sedimentares existe com dimensão muito diversa, observando-se frequentemente nas fracções mais grosseiras que +1 Ø, neste caso proveniente da erosão de filões de quartzo. Também é encontrado na dimensão limo (> +4 Ø), mas neste caso o estudo requer um equipamento petrográfico de maior capacidade de ampliação.

A maior parte do quartzo que foi observado é leitoso e hialino, existindo esporadicamente um ou outro grão róseo. Visto que este é um mineral omnipresente nos sedimentos, o que se relaciona com a sua abundância na área fonte, dureza e estabilidade mineralógica, ele constitui um mineral de referência para muitos estudos, nomeadamente o índice de desgaste.

De seguida, salientam-se os feldspatos como minerais mais frequentes nas amostras. Estes minerais são essenciais nas rochas magmáticas e ocorrem também nalgumas fácies de rochas metamórficas existentes na bacia. O facto de existirem relativamente poucos feldspatos nos sedimentos recolhidos, está relacionado com a aptidão que apresentam

para se alterarem e desgastarem. Por esta razão, são bons indicadores da maturidade do sedimento.

As micas são mais raras, no entanto concentram-se em dimensões mais finas. Ocorrem principalmente micas com aspecto alterado, possivelmente biotites.

6.9. DIMENSÃO, COMPOSIÇÃO E DESGASTE DA FRACÇÃO GROSSEIRA

Os métodos que se devem utilizar para determinar a composição dos sedimentos diferem de acordo com a classe textural considerada.

Nas dimensões seixo, é possível identificar a composição a olho nu e, se necessário, utilizar uma pequena lupa para comprovação.

A análise da fracção grosseira envolve um estudo rápido e conduz, de uma maneira geral, a resultados satisfatórios, tanto no que diz respeito à caracterização dos depósitos sedimentares como à interpretação acerca da dinâmica sedimentar.

As amostras seleccionadas foram as seguintes: 1.A1.1, 1.A2, 1.A3, 2.A4, 5.A9 e 6.A10. Nestas fez-se o estudo individual das partículas de dimensão superior a 16 mm, para conhecimento nomeadamente de: dimensão, medindo o comprimento do eixo maior; composição e sua relação com a dimensão; índice de desgaste de 1ª ordem. Os dados são apresentados em Anexos ao capítulo 6.

6.9.1 Distribuição dimensional e respectiva composição

De uma maneira geral podemos referir que nas amostras estudadas, verifica-se que os clastos de maior dimensão são de granito e de quartzo, gráficos nas figuras 6.12, 6.13 e 6.15.

Em todas as amostras nota-se ainda que as partículas se distribuem preferencialmente pelas classes 32 mm — 45 mm, 45 mm — 64 mm e 64 mm — 90 mm. As classes 16 mm — 22 mm, 22 mm — 32 mm, 90 mm — 128 mm e 128 mm — 180 mm são menos frequentes. De ressaltar também que as amostras 5.A9 e 6.A10 são as que contêm maior número de clastos de dimensão maior.

A distribuição em vários intervalos de classe de dimensão reflecte a adição de novas partículas ao longo do troço do rio. Deste modo, num determinado local, os materiais de menores dimensões desgastados são aqueles que estão a ser transportados há tempo superior. Os clastos que foram adicionados posteriormente à corrente, são frequentemente os mais grosseiros e estão menos desgastados. Estes últimos podem ser provenientes do próprio local.

Na amostra 1.A1.1, a composição dos clastos de maior dimensão é de quartzo. Este mineral é muito resistente e desgasta-se menos facilmente durante o transporte. Nos clastos de menor dimensão ocorrem xistos, micaxistos e feldspatos. Os xistos e os micaxistos são rochas metamórficas que possuem uma estrutura foliada. Este tipo de estrutura possibilita-lhes a divisão em placas. Se as condições de transporte forem num meio de grande energia, mais facilmente estas rochas quebram.

A amostra 1.A2, é semelhante à anterior 1.A1.1, verifica-se novamente que é o micaxisto a litologia presente nos clastos mais pequenos e nos maiores o quartzo.

Na amostra 1.A3, os clastos maiores são de granito e o quartzo é a composição menos abundante presente na dimensão menor.

As três amostras 1.A1.1, 1.A2 e 1.A3 têm o seguinte espectro litológico:

- a composição mais abundante e presente em praticamente todas as classes é granito de grão médio;
- ocorre ainda granito de grão fino a médio, menos abundante que o anterior;
- nas duas últimas amostras existem clastos de rocha granítica muito alterada;
- granito porfiróide (na legenda dos gráficos granito com feldspato) só foi encontrado nas amostras 1.A1.1 e 1.A3;
- clastos mistos, de granito com filonete de quartzo na amostra 1.A1.1;
- feldspato nas amostras 1.A1.1, 1.A2;
- fragmentos de rochas metamórficas (micaxisto, xisto) nas três amostras;
- quartzo em todas.

Em resumo, nestas amostras predominam as rochas graníticas, incluindo o feldspato como mineral constituinte, e quartzo de veios. Estas são as litologias mais abundantes na área de cabeceira. A presença de rochas metamórficas não é de estranhar visto existirem afloramentos muito próximos da cabeceira de algumas ravinas que os podem fazer chegar ao ribeiro do Souto. O espectro é marcadamente influenciado pela proximidade da área fonte.

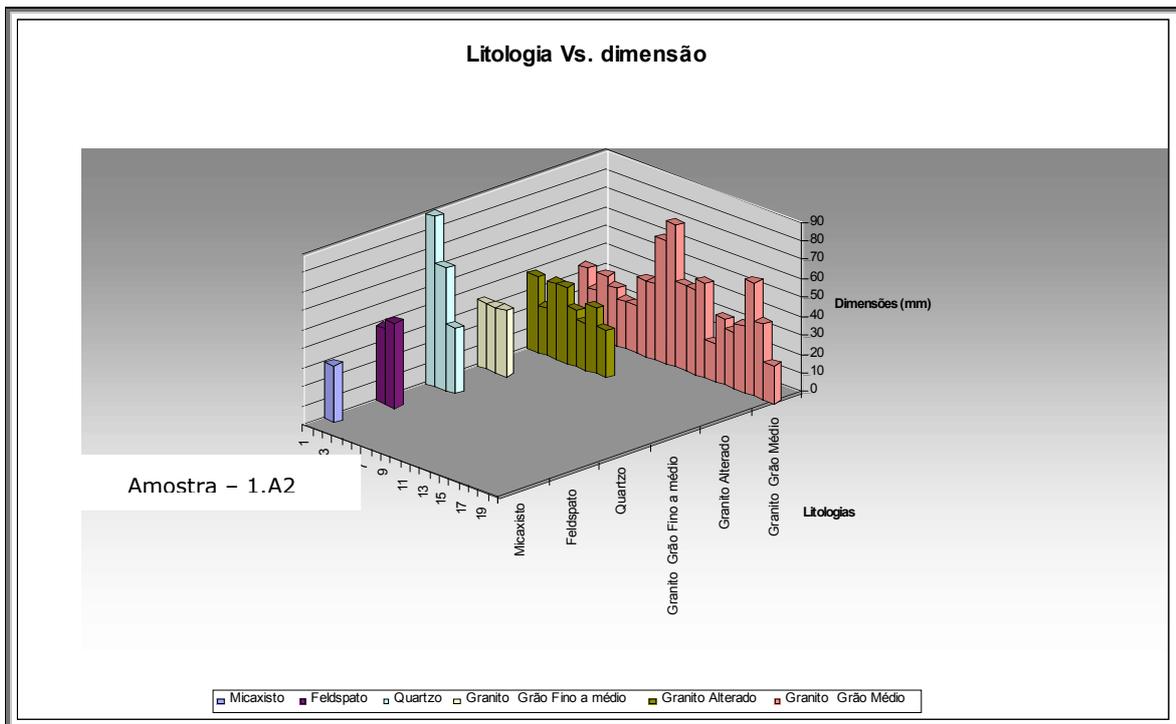
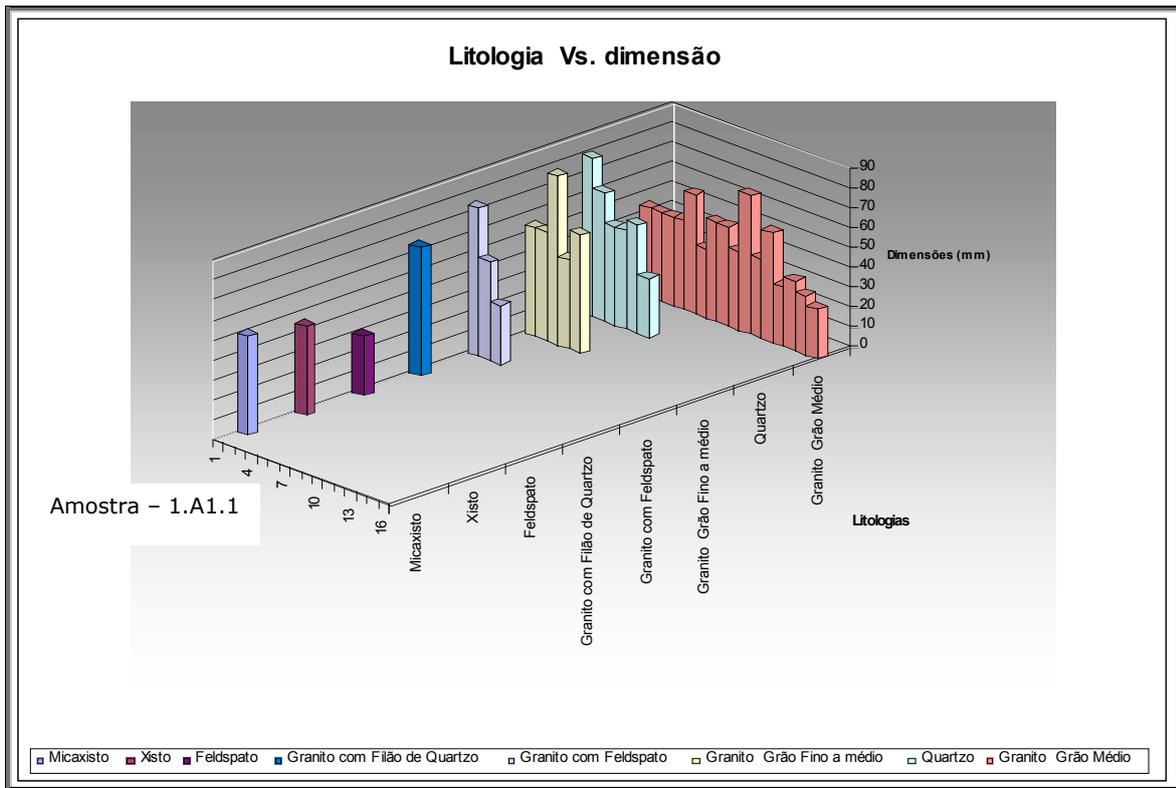


Fig. 6.12. Distribuição da dimensão e composição dos clastos da fracção grosseira. Gráficos relativos às amostras 1.A1.1 e 1.A2.

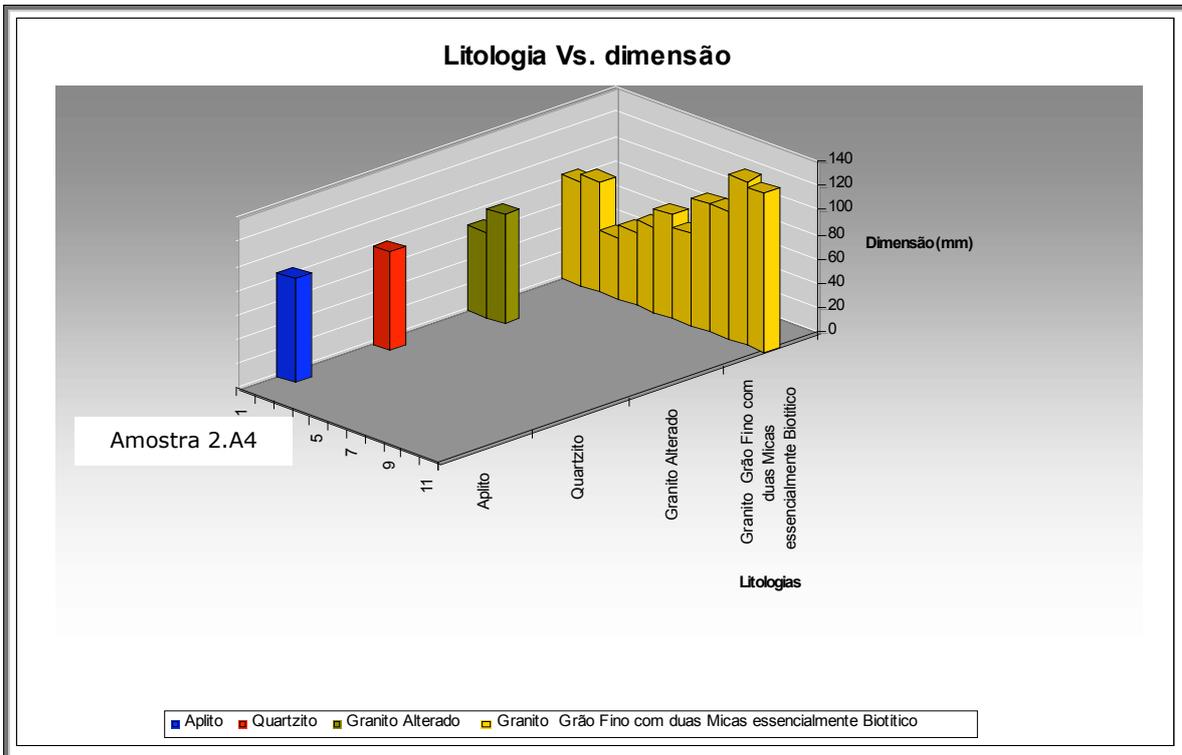
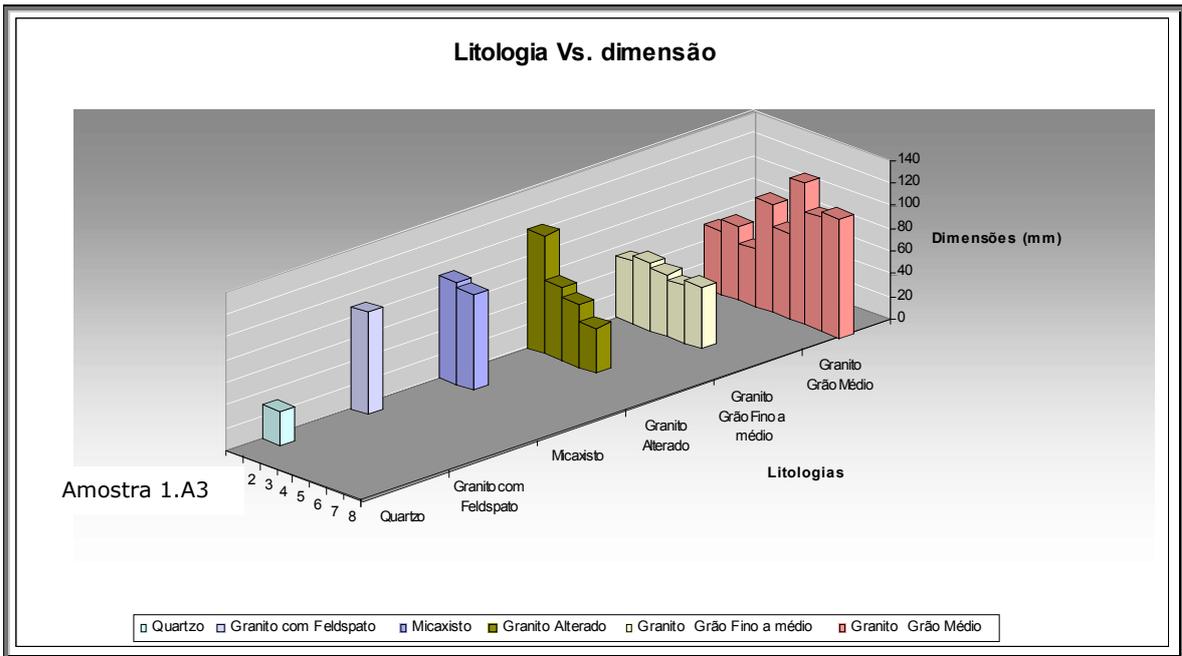


Fig. 6.13. Distribuição da dimensão e composição dos clastos da fracção grosseira. Gráficos relativos às amostras 1.A3 e 2.A4.

Na amostra 2.A4 são novamente os clastos de granito, de grão fino e duas micas essencialmente biotítico, que predominam em todas as dimensões, sendo esta litologia a mais abundante. Este granito aflora a montante do local de amostragem (Fig. 6.14 e Fig. 2.2). Ocorrem ainda, raros, clastos de granito alterado, aplito e quartzito.

Na amostra 5.A9 abundam os quartzitos em todas as dimensões. Além destes foram observados, por ordem decrescente de frequência: granodioritos e quartzodioritos biotíticos; feldspato; granito monzonítico; granito de grão fino a médio. O quartzo é raro.

A amostra 6.A10 é predominantemente de clastos de quartzito (Fig. 6.15). Também ocorrem rochas graníticas e feldspato pela ordem decrescente: granito monzonítico (no gráfico referido como granito escuro); feldspato; granito de grão fino; granito alterado (no gráfico designado por granito claro).

6.9.2. Espectro litológico total

Finalizada a identificação e a contagem dos clastos as composições mais frequentes podem ser agrupadas em:

- quartzo (Qz);
- quartzitos, de grão fino, branco e raramente negro;
- rochas graníticas;
- rochas graníticas alteradas;
- feldspato.

Nas amostras 5.A9 (Praia fluvial de Panque) e 6.A10 (Tregosa) predominam os clastos de quartzitos. Em 1.A1.1, 1.A2 e 1.A3, predominam os clastos de granitos, todas elas recolhidas na zona da nascente, e também em 2.A4 colhida próximo de Arcozelo.

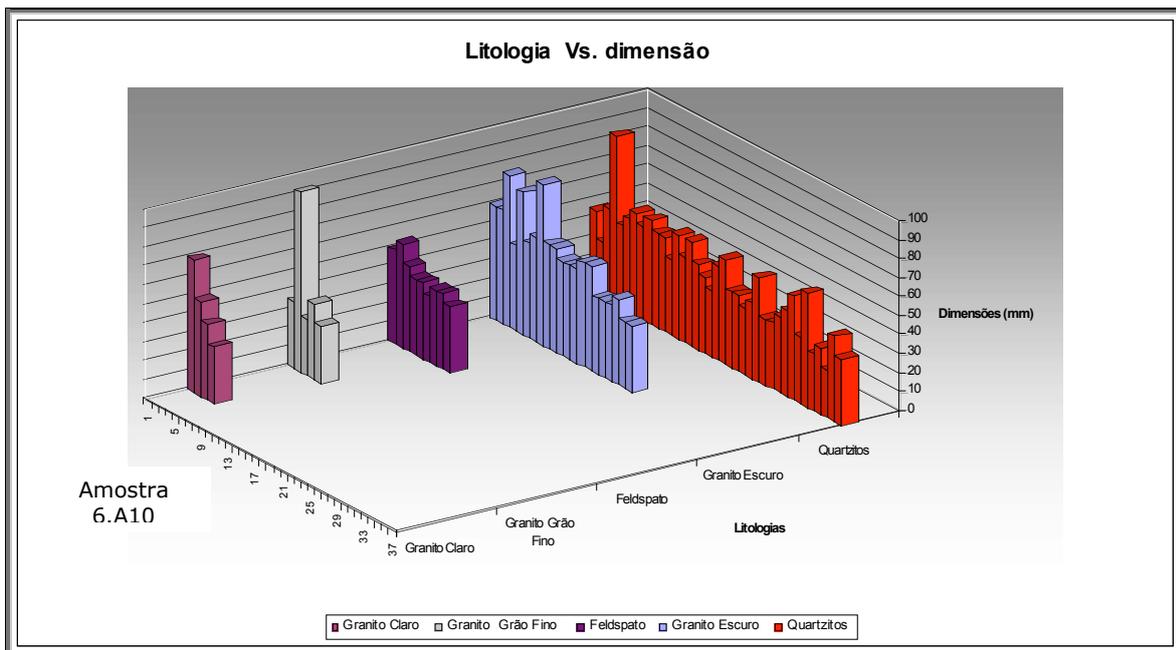
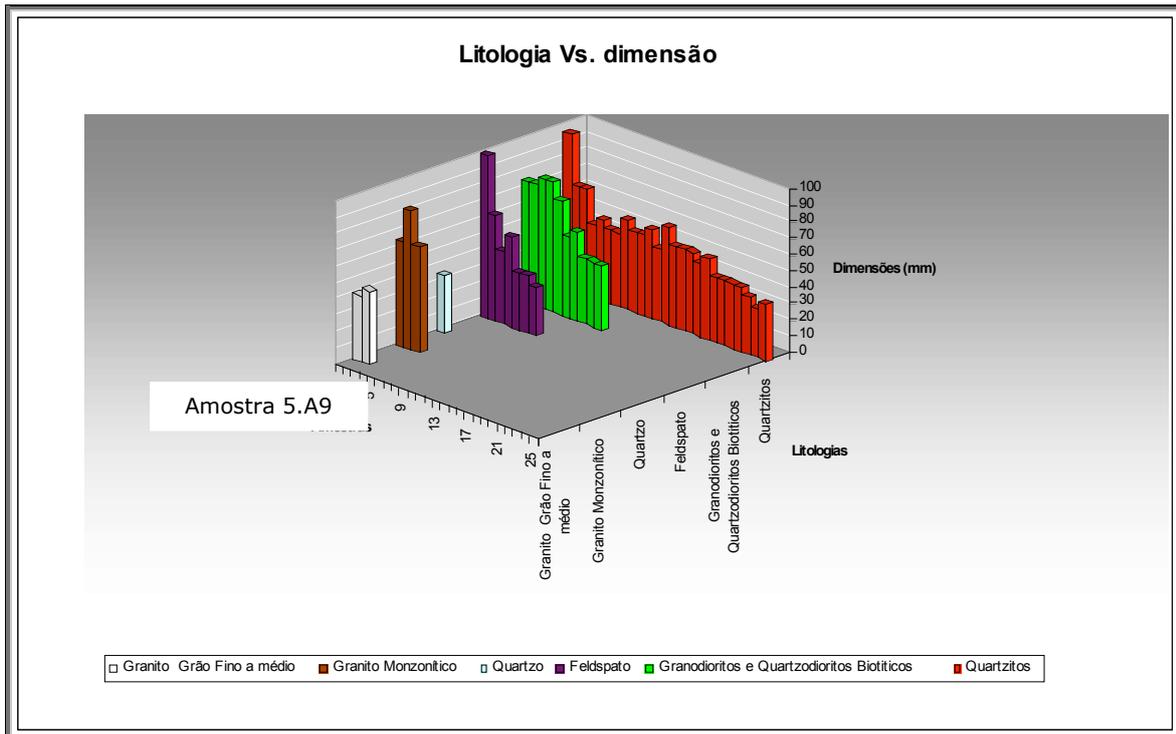


Fig. 6.15. Distribuição da dimensão e composição dos clastos, da fracção grosseira. Gráficos relativos às amostras 5.A9 e 6.A10.

6.9.3. Índice de desgaste de 1ª ordem, $(2r_1/L) \times 1000$

A forma das partículas depende da composição, dos processos intervenientes na fragmentação da rocha, na área fonte os quais condicionam a forma inicial, do agente e modo de transporte. O comportamento das partículas em ambiente aquoso varia consoante a forma apresentada por elas e é modificado pelo transporte (LEWIS & McCONCHIE 1994a, 1994b). Os vértices e arestas muito cortantes dos clastos angulosos vão sendo desgastados durante o transporte fluvial. Ao longo do tempo as partículas vão mudando de forma, tornando-se cada vez mais roladas (FRIEDMAN & SANDERS 1978; BRIGLAND 1986). Um dos índices utilizados para comparação entre amostras deste efeito, é o índice de desgaste. O desgaste da partícula é um atributo de forma, relacionado com o raio de curvatura dos vértices e arestas, diferente da esfericidade (FRIEDMAN & SANDERS 1978; BRIGLAND 1986; LEWIS & McCONCHIE 1994a).

Neste trabalho optou-se por aplicar o *Índice de desgaste de 1ª ordem* definido por CAILLEUX & TRICART (1959). Habitualmente é aconselhado medir em clastos de quartzo. Nas amostras a estudar, que se descreveram no item anterior, verificou-se que este mineral não ocorria em todas as amostras com frequência que permitisse o estudo só nesta composição. Outra dificuldade é a ausência de outra composição, litologia, comum a todas as amostras e presente, em quantidade, no mesmo intervalo de classe dimensional. O ideal seria seleccionar um intervalo de classe, no máximo um intervalo de 1 Ø, porque a dimensão da partícula influencia a forma e o modo de transporte (BRIGLAND 1986).

Face às dificuldades descritas, optou-se por medir o índice de desgaste de todos os clastos em cada amostra, sabendo que a interpretação deve ser cautelosa devido ao exposto anteriormente.

Os quadros de valores relativos às medições (mm) e cálculo do índice de desgaste são apresentados em Anexos ao capítulo 6. A seguir apresenta-se a análise dos resultados por amostra, tendo como filtro o número de clastos medidos por composição, ≥ 5 , e o comentário aos valores reduzidos à unidade.

Fazendo uma análise particular para cada amostra, observamos que na amostra 1.A1.1, recolhida no monte do Oural, próximo da cabeceira da bacia, o granito de grão médio de duas micas (Fig. 6.16), a litologia dominante, tem o valor 106 de média do índice de desgaste. Este valor (quadros em anexo) representa a média contendo o valor máximo de 160 e o valor mínimo de ≈ 73 , medidos cada um deles num clasto. Além destes, reconhecem-se duas populações de desgaste nos clastos desta litologia, variando os índices de desgaste no intervalo 80 a 100 e de 100 a 133, sem relação aparente com a dimensão. Os clastos de granito de grão médio a fino, são menos abundantes, possuem média de 79, tendo como valores mínimo e máximo, 67 e 94 respectivamente. Nesta amostra o desgaste dos clastos de quartzo varia de 50 a 133, sendo o valor da média do índice de desgaste 80.

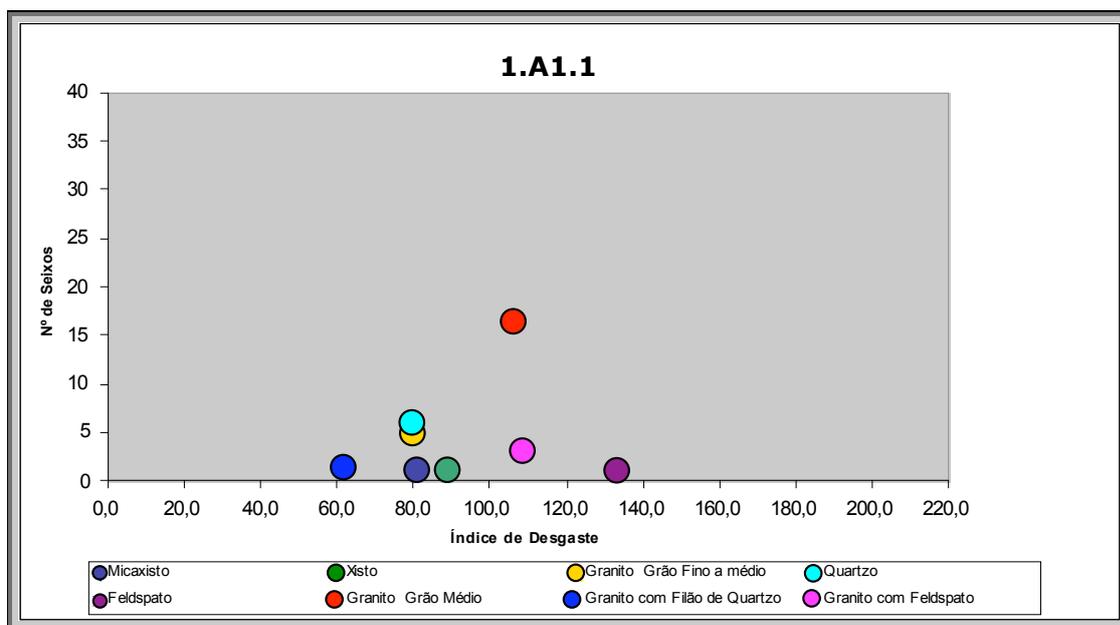


Fig. 6.16. Representação da média do índice de desgaste por litologia e nº de seixos medidos na amostra 1.A1.1. Na legenda granito com feldspato equivale a granito porfiróide.

Na amostra 1.A2 os clastos são predominantemente de granito de grão médio (Fig. 6.17). O índice de desgaste varia de 67 a 268, sendo a média 141. Em termos de frequência de composição seguem os clastos de rocha granítica alterada, os quais apresentam valores de desgaste entre 100 e 320, e a média é 149. Estes valores são muito influenciados pela alteração da rocha que facilita o desgaste dos vértices e arestas.

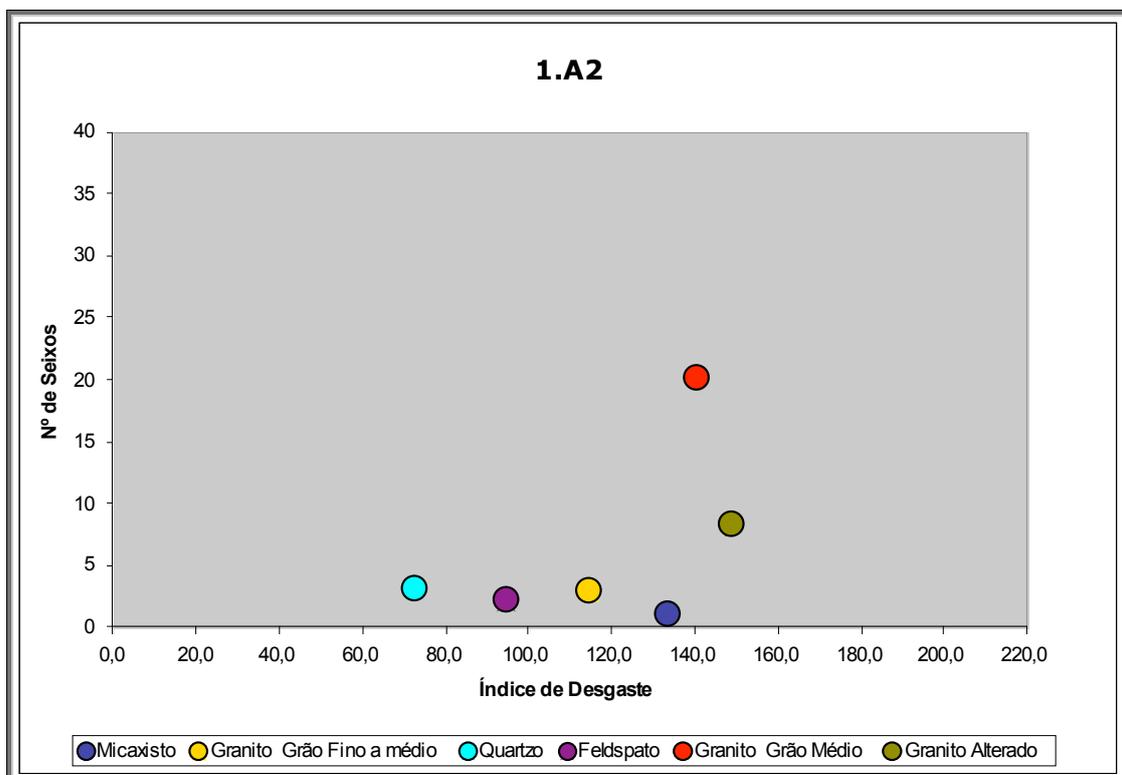


Fig. 6.17. Representação da média do índice de desgaste por litologia e nº de seixos medidos na amostra 1.A2.

Na zona de cabeceira da bacia, no afluente do rio Neiva, ribeiro do Souto foi ainda colhida a amostra 1.A3, mais próxima da nascente (mais ou menos 10 metros abaixo), precisamente sobre a mancha de granito de grão fino a médio, com esparsos megacristais com duas micas, essencialmente biotítico (Fig. 6.14; Fig. 6.18). Os clastos são da rocha local, mas variam de granularidade tendo sido medidos em separado. Nos clastos de grão médio o índice de desgaste varia de 38 a 107. Nestes valores a média é de 68. Nos clastos de granito de grão

fino a médio (Fig. 6.18), o índice de desgaste varia de 73 a 146, sendo a média 101.

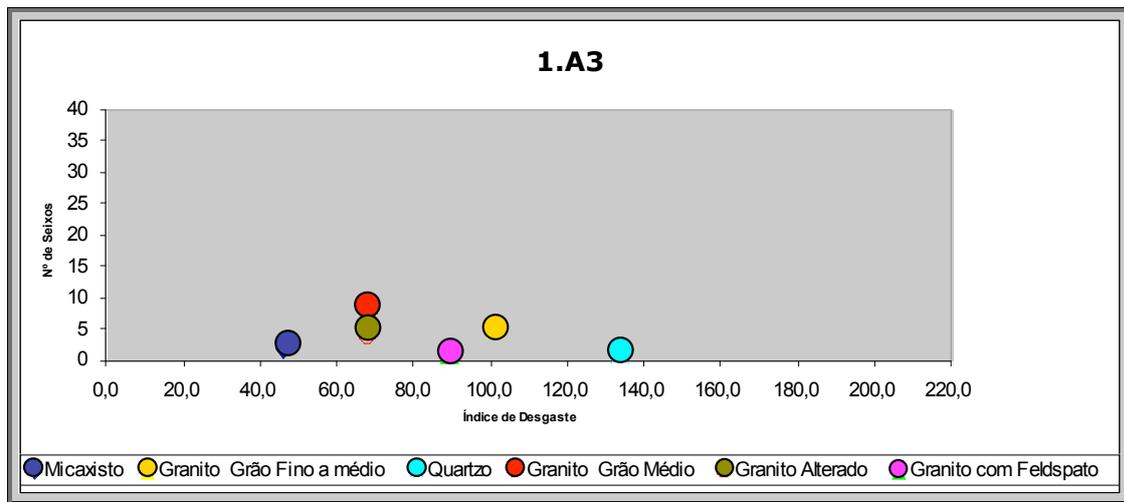


Fig. 6.18. Representação da média do índice de desgaste por litologia e nº de seixos medidos na amostra 1.A3. Na legenda granito com feldspato equivale a granito porfiróide.

No local de amostragem próximo de Arcozelo foi colhida a amostra 2.A4, esta já no canal do rio Neiva, afastada da zona de cabeceira. Podemos observar que a litologia mais abundante é o granito de grão fino com duas micas essencialmente biotítico (Fig. 6.19), que apresenta valores de índice de desgaste entre 47 e 160, sendo a média 81.

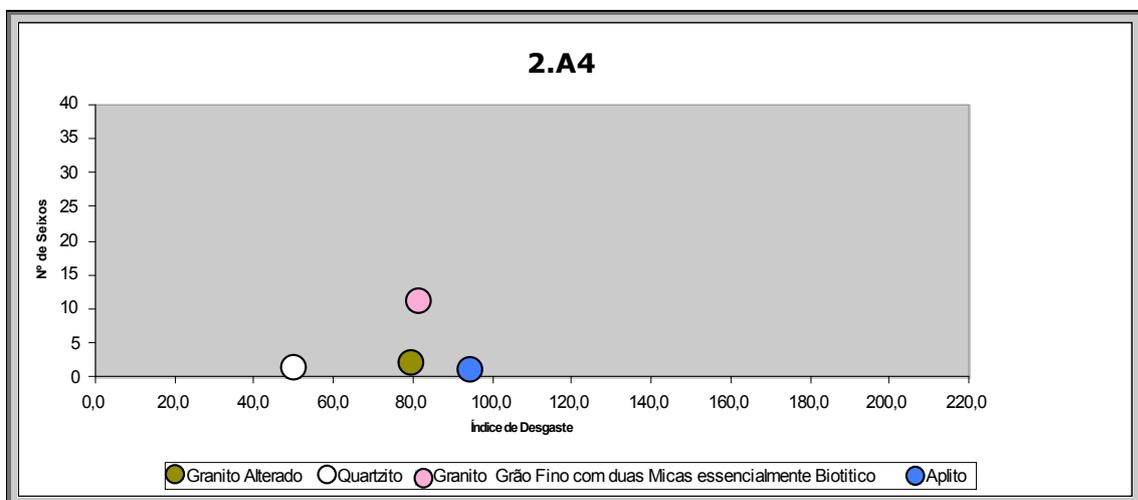


Fig. 6.19. Representação da média do índice de desgaste por litologia e nº de seixos medidos na amostra 2.A4.

No troço do rio onde se fez a colheita o caudal da corrente é elevado, permitindo o transporte de clastos desta composição granítica de afloramentos a montante (Fig. 6.14). No entanto, pela textura da rocha ser fina o desgaste é mais lento e irregular, ocasionando que, algumas partículas que sejam movimentadas mais frequentemente adquiram maior desgaste.

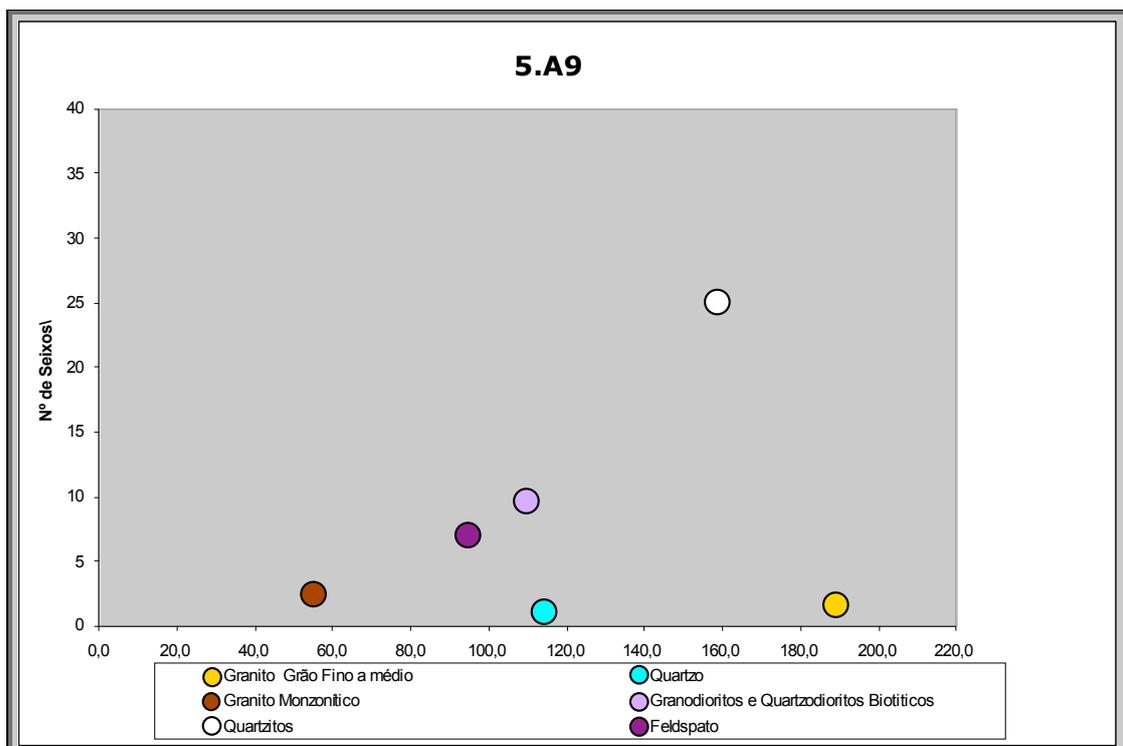


Fig. 6.20. Representação da média do índice de desgaste por litologia e nº de seixos medidos na amostra 5.A9.

Na praia fluvial de Panque, foi recolhida a amostra 5.A9. A litologia mais abundante é quartzito (Fig. 6.20). Os clastos têm no conjunto desgaste elevado, variando de 72 a 267, e a média do índice de desgaste é de 159. Estes valores são na realidade significativamente superiores aos que apresentam as amostras anteriores, porque os clastos são da segunda composição mais resistente mecanicamente, a primeira é o quartzo. Este facto é entendido como indicador de herança de quase todos os clastos quartzíticos, de vários episódios de desgaste mais antigos. Ocorrem ainda alguns clastos de rochas graníticas (Fig. 6.20).

A composição mais frequente, mas nitidamente subordinada aos quartzitos, é de granodioritos e quartzodioritos. Os clastos apresentam desgaste desde 50 a 200, tendo como valor de média do índice de desgaste 109.

A amostra 6.A10 foi recolhida em Tregosa. Esta zona apresentava uma pequena praia fluvial e a colheita foi efectuada a jusante da ponte, no centro do canal principal (Fig. 6.21). A quantidade de clastos de quartzito é elevada (Anexos ao capítulo 6). Verificou-se que a partir do local da amostra anterior (5.A9), é a composição mais abundante no cascalho do leito do rio. Aqui, em Tregosa, a média do índice de desgaste dos clastos de quartzito é de 216, variando desde o mínimo de 67 ao máximo de 533.

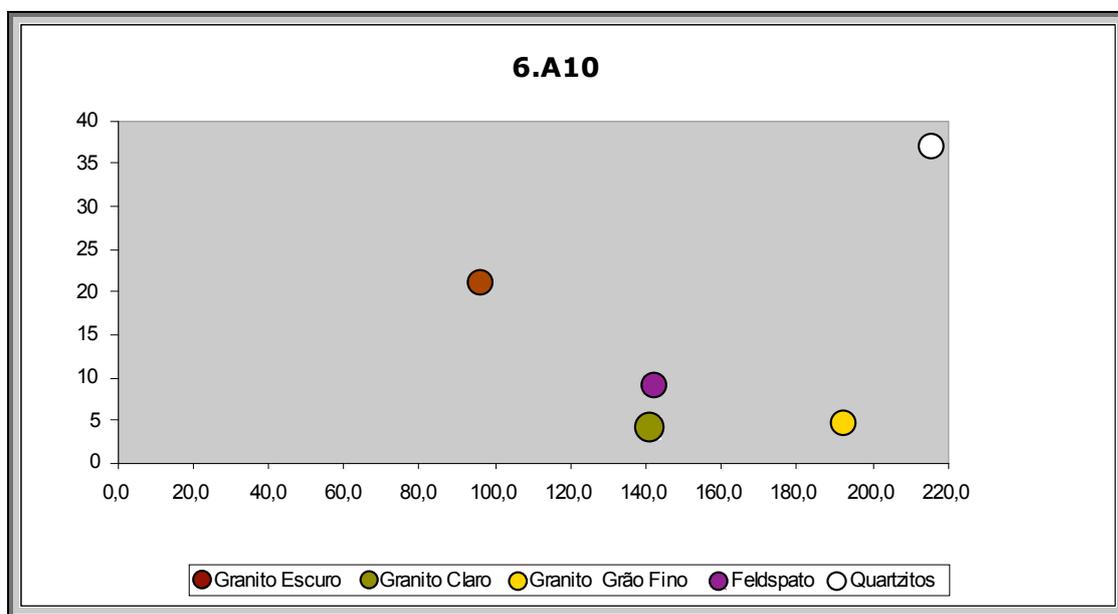


Fig. 6.21. Representação da média do índice de desgaste por litologia e nº de seixos medidos na amostra 6.A10. Na legenda granito escuro equivale a granito monzonítico e o granito claro a rocha granítica leucocrata.

A interpretação quanto à origem do desgaste, que foi apontada para a amostra 5.A9, aplica-se também à 6.A10. Em Tregosa, o rio Neiva tem vindo a dismantelar material de acumulações muito mais antigas. No rio existe neste troço uma grande barra, longitudinal, com vegetação arbórea, já descrita anteriormente. Os clastos que a constituem são de

dimensão diversa mas abundantemente de quartzito e grande parte dos quartzitos estão rolados. Fazendo uma análise mais pormenorizada (Fig. 6.22), na amostra a população de clastos de quartzito tem dimensão dominante no intervalo de classe 32 mm a 64 mm. Esta distribuição da dimensão dos clastos num intervalo de 1 ϕ , significa uma grande selecção dos sedimentos por vários eventos de transporte, quer no trajecto de circulação do rio, provenientes de montante e a partir de afluentes que drenam antigos depósitos de terraço, quer por erosão local da barra ali existente e outras no canal.

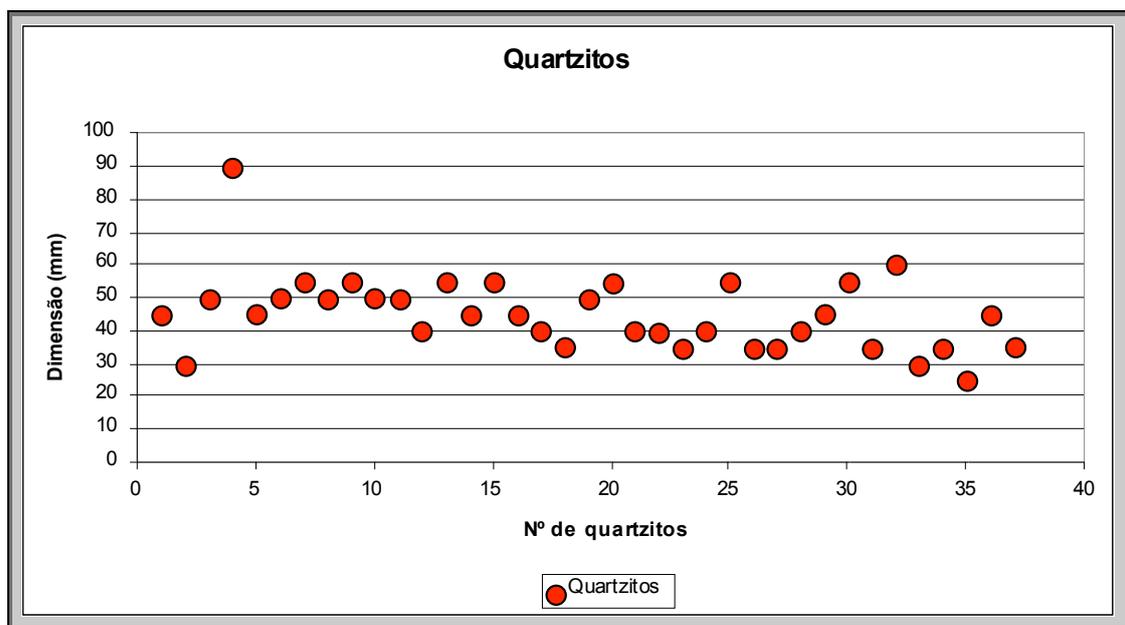


Fig. 6.22. Distribuição da dimensão nos seixos de quartzito da amostra 6.A10.

Os clastos com menor índice de desgaste são os de quartzito. Este mineral é muito resistente, e apesar dos clastos terem sofrido transporte, não se desgastam tão facilmente quanto as restantes composições. Nos diagramas das figuras 6.23 e 6.24, construídos na mesma escala, é notória que nas amostras 1.A1.1, 1.A2 e 1.A3, os clastos dominantes são de rochas graníticas e o desgaste é maioritariamente inferior a 200. Nas duas primeiras amostras o desgaste aumenta nos clastos de menor dimensão.

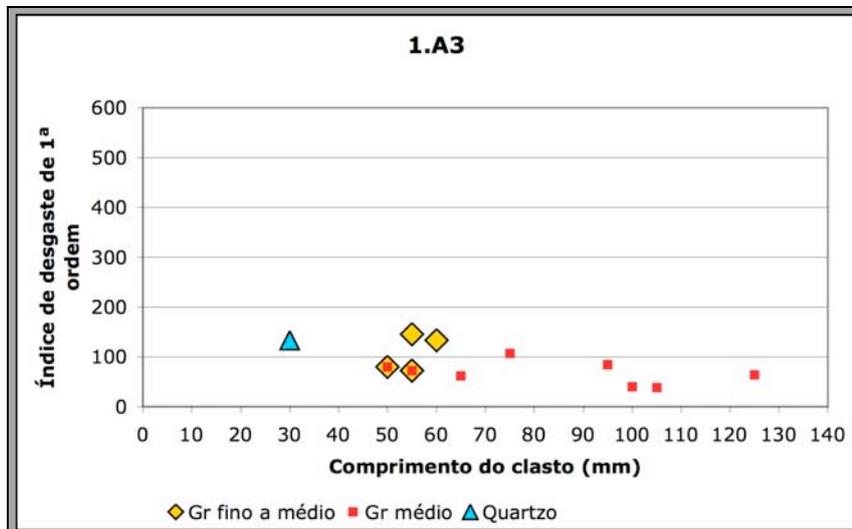
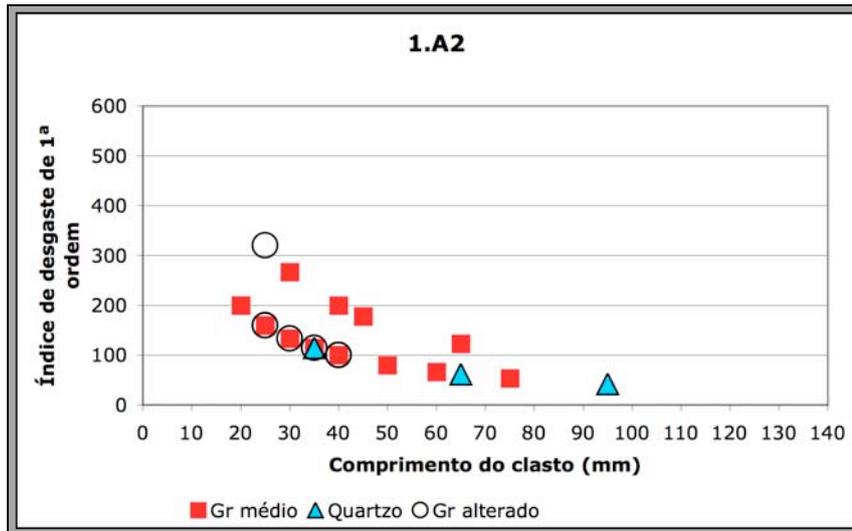
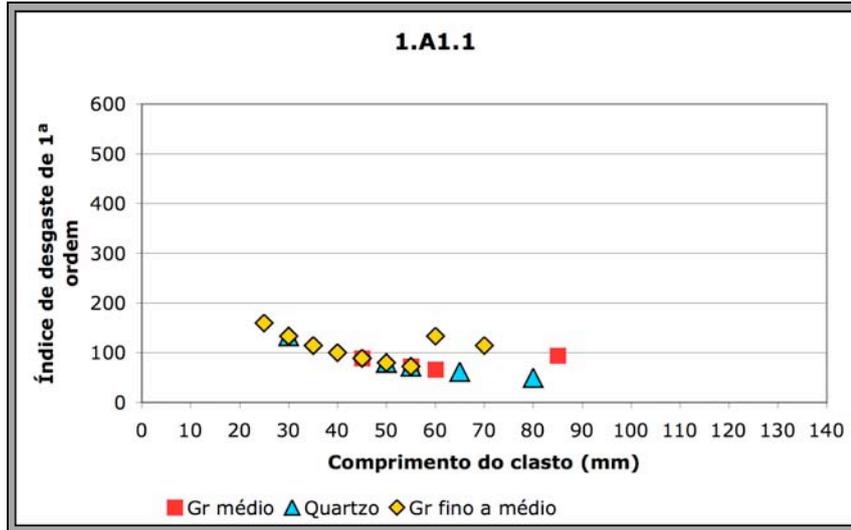


Fig. 6.23. Diagramas mostrando a variação do índice de desgaste com a dimensão e a composição dos clastos. Projectaram-se o quartzo e as composições com frequência ≥ 5 .

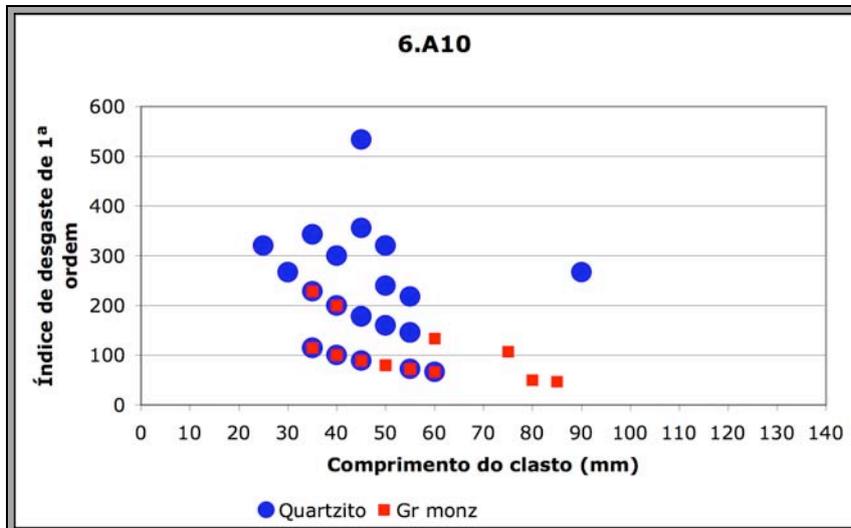
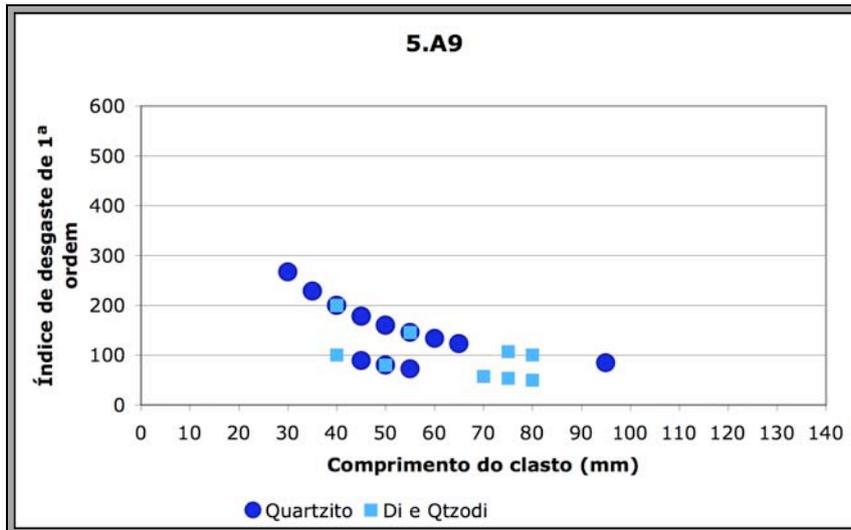
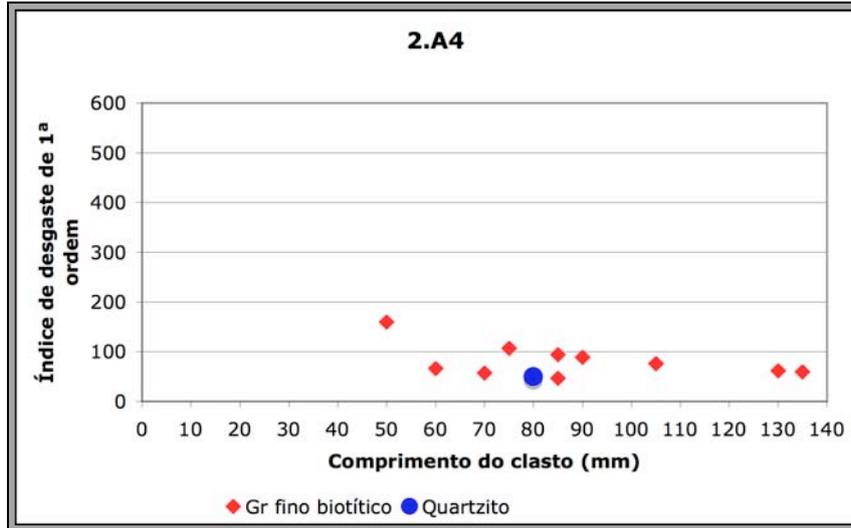


Fig. 6.24. Diagramas mostrando a variação do índice de desgaste com a dimensão e a composição dos clastos. Projectaram-se o quartzo, o quartzito e as composições com frequência ≥ 5 .

Na amostra 1.A3 não se reconhece esta variação, mas é justificável pela proximidade da cabeceira do ribeiro do Souto. O mesmo padrão também se identifica na amostra 2.A4 mas neste caso é devido ao contributo local da litologia. O rio Neiva a partir daqui tem um troço com leito pouco inclinado, desenvolvendo-se meandros no vale de fundo largo.

A composição dos clastos transportados pelo rio Neiva muda a partir de Panque (amostra 5.A9), dominando os quartzitos. Eles apresentam índices de desgaste inversamente proporcionais à dimensão dos clastos. No caso da amostra 6.A10 os clastos de quartzito têm várias populações de desgaste, com comportamento função da dimensão semelhante à amostra anterior (Fig. 6.24).

CAPÍTULO 7 – CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DO AMBIENTE FLUVIAL

7.1. O AMBIENTE FLUVIAL, O HOMEM E A NATUREZA: A COEXISTÊNCIA

A Humanidade desde sempre que procurou espaços próximos de rios, fonte da água. O reconhecimento da importância da dinâmica fluvial, o saber controlar as águas para benefício do Homem é algo que desde as sociedades antigas, mesopotâmicas e egípcias se tem mantido até à actualidade. Os interesses de hoje são acrescidos de novas necessidades, como a produção de energia. É, no entanto, agora, reconhecido que esta sobrecarga sobre os canais fluviais tem um custo elevado. Os ambientes fluviais, suporte de ecossistemas em equilíbrio, são dinâmicos e as modificações que sejam introduzidas num qualquer ponto, tem repercussões para montante e jusante deste. Os efeitos são visíveis em muitos rios, já desprovidos de importantes espécies nativas, com ecossistemas pouco saudáveis, mas que providenciariam importantes bens e serviços (POFF *et al.* 1997).

A extensiva degradação ecológica e perda da diversidade biológica resultante da exploração dos rios está a levantar questões e preocupações relacionadas com a conservação e reabilitação dos ecossistemas dos rios entre os cientistas e o público em geral. Destruição de espécies, depleção das águas mais profundas, declínio na qualidade e disponibilidade de água e cheias mais intensas e frequentes estão a ser reconhecidas como consequências do actual uso dos rios (POFF *et al.* 1997).

Com o intuito de alertar a sociedade para os problemas de conservação e reabilitação dos ecossistemas dos rios é necessário que as acções de gestão dos mesmos estejam bem desenvolvidas e reconhecidas pela comunidade científica, de forma a minimizar a instabilidade. A

quantidade de água que passa num canal durante um determinado espaço de tempo é um componente crítico que influencia a disponibilidade de água, a sua qualidade e a integridade ecológica dos ecossistemas dos rios. Na verdade, o fluxo de água que está grandemente relacionado com muitas características físico-químicas críticas dos rios, como a temperatura da água, a morfologia do canal, diversidade de habitats, pode ser considerada como a variável suprema que limita a distribuição e abundância das espécies existentes nos rios (RESH *et al.* 1988) e regula a integridade ecológica dos sistemas de águas correntes.

Actualmente é reconhecido que a dinâmica fluvial é fundamental na sustentação e conservação da diversidade de espécies nativas e integridade ecológica nos rios e outros ecossistemas (POFF *et al.* 1997), e que são necessárias acções coordenadas para proteger e restaurar a variabilidade natural do fluxo do rio.

Torna-se, necessário adoptar uma perspectiva ecológica no uso da água, de forma a conduzir a interacção das sociedades com os rios, para que estas continuem a beneficiar de alimentos, produção de electricidade, controlar eficazmente as cheias, entre outras.

7.2. O AMBIENTE FLUVIAL - ECOSISTEMA DINÂMICO

Os rios, no seu estado natural, constituem ecossistemas dinâmicos, que desempenham várias funções benéficas. Nos canais naturais e áreas inundáveis, circulam água e sedimentos. Estes espaços armazenam temporariamente águas excedentes, filtram e funcionam como armadilhas para sedimentos e poluentes nas áreas sobre as margens. Os eventos de cheias revolvem as águas mais profundas, contribuem para a purificação constante das correntes. Os processos fluviais criam uma dinâmica no canal e áreas próximas que potenciam habitats para

diversas espécies animais e vegetais. Além disto, estes espaços são muito atractivos para o Homem, pela qualidade do ponto de vista estético e pelas actividades desportivas e de lazer que proporcionam.

As actividades humanas podem ter repercussões negativas nos ecossistemas fluviais, porque potenciam desequilíbrios, que debilitam e enfraquecem as funções dos canais e os respectivos benefícios destes recursos.

Minimizar e corrigir os danos sobre os canais requer conhecimento e compreensão dos processos naturais que neles ocorrem. Apesar de muitos deles serem espacialmente restritos ao canal, por vezes é necessário integrar a análise ao nível da bacia hidrográfica. Deste modo, é necessária a colaboração de todos, incluindo donos dos terrenos, autoridades locais e todos os que se preocupam com os rios de forma a encontrar soluções para os problemas, implementar práticas de protecção e restauração e manter saudáveis estes ecossistemas.

Nas suas condições naturais, os sistemas fluviais existem tipicamente num estado de equilíbrio dinâmico. Este tipo de equilíbrio significa que a quantidade de sedimentos libertada pela bacia hidrográfica é proporcional à capacidade do canal transportar esses sedimentos. Existe também uma relação entre as comunidades aquáticas de organismos que habitam o canal e os processos bioquímicos que reciclam os nutrientes de fontes de poluição naturais de modo a purificar a água.

O canal natural apresenta tendência para, mediante os fluxos rápidos das cheias anuais, efectuar uma limpeza dos sedimentos que se vão acumulando, dos despojos e da vegetação invasora. As cheias extremas podem por vezes rebentar o canal, no entanto, o balanço natural do ecossistema é rapidamente restaurado quando ele está em estado de equilíbrio dinâmico.

Os canais naturais sendo espaços de sistemas dinâmicos, conduzem, armazenam e transformam a água, os sedimentos e a matéria orgânica. Tais transformações envolvem processos físicos como por exemplo o arejamento e a sedimentação; processos biológicos como a fotossíntese e o metabolismo e processos químicos como a floculação e a precipitação que actuam conjuntamente de forma a purificar a água. Os processos de purificação aeróbios requerem oxigénio livre e são os dominantes em canais naturais, contudo há importantes processos anaeróbios que ocorrem quando não existe oxigénio livre. A matéria orgânica e os nutrientes são decompostos e voltam a ser sintetizados mediante reacções químicas em associação com organismos aquáticos. A transformação da matéria orgânica está intimamente ligada aos ciclos do azoto, fósforo, carbono e do enxofre em decomposição aeróbia. Estes processos geram uma carência bioquímica em oxigénio (CBO) que esgota o oxigénio dissolvido na água. Os peixes e outros organismos aquáticos que utilizam o oxigénio dissolvido na água para a respiração podem sufocar se os níveis de oxigénio se esgotarem. A reoxigenação das águas é efectuada através do arejamento, absorção e fotossíntese.

Os canais do tipo *cascades*, *step—pool* e *riffles* produzem na corrente turbulências naturais que aumentam o arejamento e a absorção de oxigénio da água. A quantidade de oxigénio dissolvido, que a água dum canal natural consegue reter, aumenta à medida que a temperatura da água arrefece e a concentração de sólidos dissolvidos diminui.

O fornecimento excessivo às águas fluviais de matéria orgânica e nutrientes, provenientes de fontes de descarga habituais ou pontuais podem gerar uma carência bioquímica em oxigénio (CBO) significativa levando a uma redução crítica dos níveis de oxigénio. O excesso de nutrientes nos canais pode ainda provocar a multiplicação de algas, morte e sua decomposição durante os períodos em que o fluxo da corrente é baixo, resultando numa diminuição brusca do oxigénio e consequente morte dos peixes e restante vida aquática — eutrofização.

Os organismos aquáticos que habitam os canais naturais pertencem a vários grupos. Plantas, que se desenvolvem no leito do rio ou nas margens e plantas flutuantes, musgos e hepáticas e algas. Relativamente aos animais aquáticos, são desde os vertebrados, principalmente peixes e anfíbios, aos inúmeros invertebrados, moluscos (caracóis e lesmas), artrópodes (crustáceos, insectos e aranhas) vermes e protozoários. Salientam-se ainda os bolores aquáticos (ficomicetes e fungos imperfeitos), bactérias (*estreptococcus*, *escherichia coli*, nitrosomonas, nitrobactérias e *beggiota*) e vírus (exemplo o da poliomielite).

Os canais no seu estado natural tendem a manter um balanço natural entre as populações de organismos aquáticos e o alimento disponível. A dinâmica da população das comunidades de organismos aquáticos nos ecossistemas do canal envolve a utilização do substrato, uma teia alimentar e uma espiral de nutrientes. O desperdício de substâncias orgânicas nos canais formam o substrato no qual os microrganismos crescem e fazem parte da teia alimentar. Os nutrientes circulam da superfície para o substrato à medida que fluem em sentido descendente e estão continuamente disponíveis para as bactérias, algas, fungos, invertebrados, peixes e outros organismos aquáticos. A circulação, captura, libertação e recaptura dos nutrientes é chamada espiral de nutrientes. A habilidade de um canal para assimilar nutrientes e armazená-los no tecido vivo das plantas e animais é denominada - capacidade de assimilação. Os canais que são fisicamente complexos e saudáveis apresentam uma capacidade de assimilação de nutrientes relativamente alta, a qual é necessária para manter uma boa qualidade da água. Esta qualidade é manifestada pelas suas propriedades físicas e químicas e pela composição dos organismos aquáticos que vivem no canal. A presença de algumas espécies de larvas, por exemplo, geralmente indica uma boa qualidade da água; em contrapartida, grandes populações de vermes de sangue quente e detritos de fungos,

indicam águas poluídas. As interpretações ecológicas podem ser feitas com base em quais associações de organismos devem estar no canal, e reconhecimento de números anormais, associações e condições das coisas vivas. Por outras palavras, a condição ou a qualidade de um ecossistema num canal é reflectida pela sua integridade biológica. A integridade biológica tem sido definida por KARR & DUDLEY (1981) como “a habilidade de um ecossistema aquático para suportar e manter uma comunidade de organismos equilibrada, integrada e adaptativa, tendo uma composição em espécies, diversidade e organização funcional, comparáveis aos habitats naturais da região”.

Existem cinco factores principais e alguns componentes importantes do ponto de vista químico, físico e biológico que influenciam e determinam a integridade dos recursos de água superficiais (YODER e RANKIN, 1995): o regime de fluxo (precipitação e escoamento, extremos dos fluxos – altos ou baixos, velocidade do fluxo, uso dos terrenos); a estrutura do habitat; a fonte de energia (luz solar, *inputs* de matéria orgânica, nutrientes, ciclos sazonais, produção primária e secundária); variáveis químicas (oxigénio dissolvido, temperatura, pH, alcalinidade, solubilidades, adsorção, nutrientes, dureza e turvação); factores bióticos (reprodução, doenças, parasitismo, alimentação, predação, competição).

As zonas com vegetação ripícola, controlam o escoamento dos terrenos, armadilham sedimentos e utilizam o fósforo aderente às partículas de sedimentos.

A qualidade dos ecossistemas do canal e as condições morfológicas a várias escalas, do canal e vale fluviais e da bacia hidrográfica estão estritamente relacionadas.

Quando ocorrem uma ou mais mudanças planeadas ou não, numa ou em mais características do ecossistema do canal, decorrentes das actividades humanas, geralmente irão resultar alterações adicionais noutras características do canal, que podem transformar os processos

naturais inicialmente ocorrentes e enfraquecer determinadas funções, resultando numa perda de benefícios.

Os impactos resultantes das actividades humanas relacionam-se com a utilização dos recursos dos canais e terrenos adjacentes e sua ocupação. Tais impactos podem resultar de distúrbios directos, como por exemplo a canalização e descargas pontuais de poluentes ou indirectos, devido a utilizações dos terrenos prejudiciais e fontes de poluição não pontuais nas bacias hidrográficas. Em muitas situações, os canais estão a responder de forma complexa aos distúrbios e fontes de poluição que ocorreram durante um longo período de tempo. Os impactos mais graves resultam de mudanças no funcionamento e na estrutura básica do ecossistema do canal. Estes impactos incluem por exemplo:

- mudanças na quantidade da água e no regime do fluxo causado pelas diversões, projectos de drenagem e mudanças na utilização dos terrenos;
- modificações da morfologia do canal e do ecossistema ripícola devido à canalização, construção de barragens e remoção da vegetação lateral do canal;
- degradação da qualidade da água do ponto de vista químico devido à adição de contaminantes, excessivas fontes de poluição não pontuais incluindo assoreamentos e o enriquecimento em nutrientes;
- deterioração da qualidade e estabilidade do substrato do canal;
- destabilização das margens e do leito do rio directamente por determinadas rochas que se vão movimentando ou indirectamente através de práticas prejudiciais relacionadas com o uso dos terrenos;
- eliminação das áreas ripícolas húmidas devido a dragagens e escavação dos canais;
- modificações na temperatura normal da água por remoção da cobertura arbustiva ou alteração do regime do fluxo de base;

- introdução de espécies exóticas que perturbam o balanço dinâmico do ecossistema ribeirinho.

Os resultados cumulativos dos prejuízos causados pelo homem nos canais incluem:

- degradação da integridade física, química e biológica do recurso de água;
- redução da complexidade e diversidade do ecossistema ribeirinho;
- enfraquecimento das funções benéficas e processos naturais dos canais;
- perda de determinados benefícios, como por exemplo o fornecimento de água, actividades recreativas e até o consumo de peixe.

Sem dúvida que um dos impactos mais importantes decorrentes da actividade humana relaciona-se com o uso da floresta. Distúrbios no coberto vegetal afectam os habitats dos peixes e outros organismos e também a qualidade da água. As maiores preocupações relacionadas com a desflorestação e os seus efeitos nos sistemas fluviais parecem focar-se na erosão das margens e nos despojos lenhosos.

A vegetação tem-se revelado como estabilizadora das margens dos rios e canais em alguns sistemas e os despojos lenhosos são conhecidos como sendo um componente crítico de determinados habitats de espécies piscícolas (lampreia, sável, salmão, truta marisca e saboga) e afectarem também a dinâmica fluvial. Tem sido sugerido que, o corte da vegetação ripícola pode aumentar as taxas de erosão das margens, tendo como resultado a degradação de determinados locais e alteração das zonas de desova de alguns peixes devido aos processos de sedimentação ou mudanças na morfologia do canal.

Em especial as áreas ripícolas são geralmente as zonas mais produtivas e as porções mais usadas da paisagem porque são as que têm mais

água disponível, solos mais férteis e profundos, vegetação robusta e zonas de sombra. Estas zonas são ainda das mais utilizadas pois proporcionam esconderijos e habitats para os animais, corredores de passagem, geralmente produzem madeira de boa qualidade e concentram as zonas recreativas. Há, no entanto, algumas situações que podem afectar estas zonas, como por exemplo a desflorestação, a construção de estradas, actividades recreativas e o desenvolvimento urbano.

Apesar de não se encontrar na literatura uma definição formal para "estabilidade das margens" o sentido no qual ela deve ser encarada é o seguinte: uma margem é estável se não sofrer modificações apreciáveis dentro de um espaço temporal definido. A estabilidade das margens é influenciada por factores como o regime climático, composição do material das margens, forças hidráulicas e vegetação (THORNE 1982).

A vegetação estabiliza de uma forma primária as margens aumentando a consistência e o vigor do solo (THORNE & LEWIN 1979; GRAY e MACDONALD 1989), reduzindo a velocidade da água (GRAY e MACDONALD 1989), e protegendo a margem (THORNE 1982). A capacidade da vegetação na estabilização das margens está dependente, por exemplo, de factores como o vigor das plantas e a densidade e profundidade do seu enraizamento (HEEDE 1980), interactuando com as outras variáveis que proporcionam a estabilização das margens, mencionadas acima.

As taxas de erosão das margens podem ainda variar de acordo com o tipo de vegetação ripícola que está presente. Diferentes formas de vegetação (e.g. plantas herbáceas, arbustos, árvores) e espécies podem ter diferentes tipos de raízes e biomassa o que influencia a capacidade da vegetação na estabilização das margens do canal e rios (MALLIK e RASID 1993). Foram notadas também, diferenças na taxa de erosão relativa entre margens florestadas e não florestadas, mas esta tendência não é consistente.

A capacidade da vegetação para estabilizar a margem do rio ou do canal é em parte dependente da escala que se considera, tendo que ser tido em conta ainda o tamanho relativo da vegetação relativamente ao curso de água e o tamanho absoluto da vegetação é também um factor importante a considerar. A estabilidade proporcionada pela vegetação tende a ser mais efectiva ao longo de cursos de água relativamente pequenos (THORNE 1982; GATTO 1984; NANSON e HICKIN 1986; DAVIES – COLLEY 1997). Em rios relativamente grandes, os processos fluviais tendem a dominar (GATTO 1984; NANSON e HICKIN 1986). As árvores com raízes grandes e profundas podem servir para estabilizar as margens ao longo de rios largos, mas em pequenos canais essas mesmas árvores podem causar aceleração do fluxo de água que resulta na erosão local da margem (THORNE 1982). Contudo, a erosão local da margem pode também resultar na formação de pequenas poças e zonas em que as águas estão mais estagnadas que muitas vezes são necessárias para criar locais de boa qualidade para os peixes. As árvores maiores podem ainda aumentar localmente a perda de sedimentos das margens, pois o seu peso pode tornar-se um aumento adicional, minimizando e enfraquecendo o papel dos sistemas radiculares (THORNE 1982; GATTO 1984).

A vegetação (incluindo os despojos lenhosos) actua ainda no desenvolvimento do canal e na sua geometria devido à influência nos processos de erosão das margens. Os canais estáveis estão geralmente associados a níveis relativamente elevados de vegetação ripícola, pelo contrário, os canais instáveis estão associados a níveis baixos de vegetação ripícola (ROWNTREE e DOLLAR 1999). Os canais entrançados, por exemplo, relativamente extensos e instáveis, tendem a estar associados a margens pobres em vegetação (LEOPOLD *et al.* 1964; HEEDE 1980). Contudo, as causas e efeitos desta relação, ainda não foram comprovadas (LEOPOLD *et al.* 1964). A vegetação influencia ainda o grau de sinuosidade do canal (MURGATROYD e TERNAN 1983; EBISEMIJU 1994).

7.3. O RIO NEIVA: AMBIENTE FLUVIAL E SUPORTE DE ECOSISTEMAS

Este rio apresenta troços bastante característicos ao longo do seu percurso e um deles é o que situa próximo da localidade de Vilar das Almas, onde estão patentes alguns aspectos, citados anteriormente.

Em Vilar das Almas, o rio corre num vale muito largo e assimétrico. Nesta zona, a inclinação do talvegue é baixa e o rio apresenta meandros, serpenteando calmamente por entre os campos agricultados. Esta área pode ser inundável, em anos bastante pluviosos. No local onde foi feita a observação encontra-se uma ponte, que interfere obviamente com toda a dinâmica do rio. Assim, apesar do leito do rio ser maioritariamente constituído por seixos, próximo do pilar, observa-se cascalho mais grosseiro, diminuindo o seu tamanho à medida que caminhamos para junto das margens. Na proximidade destas, a velocidade da corrente, já não é tão forte e desta forma, permite a deposição de partículas mais finas. Encontram-se ainda nesta zona algumas barras de pequena dimensão, com *ripples* fluviais e nos canais secundários são visíveis películas de lodo (*muddrapes*), depositado durante as etapas de menor energia sobre os clastos do leito.

No que respeita à vegetação, há diferenças significativas entre as margens. Na margem direita, menos limpa (o que indica que deste lado a corrente apresenta menor energia), a maior parte dos troncos das árvores estão debruçados na margem, a limitar o canal e os ramos novos, crescem para dentro do canal. Os ramos que se encontram mais secos estão a provocar o estrangulamento do rio nesta zona. Na margem esquerda, a situação é já bastante diferente. Esta encontra-se significativamente mais limpa (a corrente apresentando maior energia, permite que os despojos lenhosos se desloquem em sentido descendente). Nesta margem, observa-se bastante lixo orgânico, o que nos indica o nível atingido pelas águas durante a última grande cheia. O caudal do rio foi capaz de remover e depositar sobre a margem ramos e caniços.

Em concordância com o que já foi dito anteriormente, torna-se imprescindível proceder a uma limpeza das margens, para que a sua manutenção possa prevenir futuros eventos hídricos de maior caudal. Este local, é um bom exemplo da assimetria da circulação da corrente, tendo indícios morfológicos e outros que provam a distribuição da erosão/deposição pela corrente no canal.

Do ponto de vista ambiental podemos considerar duas vertentes igualmente importantes – a ecológica e a da dinâmica fluvial. A manutenção dos rios limpos da vegetação excessiva permitirá por um lado uma prevenção mais eficaz quanto a eventos de cheia. A tendência natural do rio será ir limpando os despojos lenhosos de menores dimensões, que se vão deslocando de forma normal. Se estes despojos forem de maiores dimensões, irão causar problemas ao longo do seu percurso, pois poderão ficar presos em algum obstáculo e numa situação de maior caudal, impedir o fluxo natural do rio. Temos ainda que ter em conta que nesta zona, o rio apresenta um declive pouco acentuado e apresenta meandros, o que provoca também problemas durante a deslocação de destroços e detritos orgânicos que mais facilmente ficam presos nas tramas dos ramos a dificultar ainda mais o escoamento da água, o que causará um aumento do nível da água.

A situação ideal seria a manutenção de uma larga faixa de provável inundação, mantendo sempre que possível uma zona sem construções definitivas. Actualmente, neste local, parece não haver razão para grande alarme, no entanto, não podemos afirmar que futuramente não haja nenhum problema. O rio deve ser pensado como um todo e não pode ser visto como porções individuais.

Para além desta situação particular, de uma maneira geral no rio Neiva, ainda existem muitos locais bem conservados e próximos do seu estado natural. Podemos dizer, no que respeita à vegetação ripícola, que esta se encontra em quase todos os locais em boas condições, potenciando por exemplo, o controlo do escoamento dos terrenos e não deixando

que uma grande quantidade de sedimentos se desloque para o rio, ou seja, acaba por os reter. Este tipo de vegetação potencia em vários locais uma grande estabilidade das margens.

Em determinadas zonas, como é o caso da Praia Fluvial de Panque, para além do coberto vegetal que ocupa as margens encontra-se também vegetação que cresce no leito do canal e que se encontra submersa.

No entanto, para muitos rios, são as actividades decorrentes da utilização dos terrenos, incluindo a desflorestação, o uso das pastagens, a agricultura e a urbanização as causas primárias da alteração dos regimes do fluxo. A conversão das florestas em terrenos agrícolas geralmente diminui a infiltração do solo e resulta num aumento do escoamento sobre os terrenos, incisão dos canais e erosão na cabeceira dos canais (PRESTEGAARD 1988). Estas práticas no uso dos terrenos, reduzem a retenção de água nas bacias hidrográficas, fazendo com que ela se movimente rapidamente para as zonas inferiores da bacia, aumentando o caudal e frequência das cheias e reduzindo os níveis do fluxo de base durante os períodos secos (LEOPOLD 1968). Ao longo do tempo, estas práticas degradam o habitat no canal para determinadas espécies aquáticas. Da mesma forma, a urbanização associada com a expansão da população cria superfícies impermeáveis que fazem com que a água se desloque à superfície e não em profundidade. Consequentemente, as cheias aumentam em frequência e intensidade (BEVEN 1986).

No caso em estudo, em termos de ocupação humana, há algumas zonas que deveriam ser alvo de maior protecção e outras que poderiam ser reaproveitadas. A Praia Fluvial de Panque encontra-se muito abandonada. A vegetação cresce desmesuradamente em alguns locais, sem qualquer tipo de controlo e limpeza, ocupando espaço que deveria ser deixado para o rio.

Noutros locais, por exemplo, em St^a. Tecla, existem construções que ocupam as margens do rio, não havendo espaço para a mínima cobertura vegetal. Compreende-se, que tais construções sejam antigas e provavelmente na altura da sua edificação não existiam todas estas preocupações actuais com os sistemas fluviais. No entanto, são locais importantes que nos permitem perceber acima de tudo aquilo que não é conveniente fazer.

Em relação a outro tipo de impactos considerados mais graves, como são o caso de mudanças no funcionamento e na estrutura primária do ecossistema do rio, aqui eles não são de todo significativos. A precipitação mesmo reduzida é suficiente para manter a irrigação da vegetação ripícola e a manutenção de espécies aquáticas.

Ao longo deste rio, não se verificam impactos causados pela prática de desportos náuticos, até porque este rio tem muitos açudes e zonas rápidas, tornando-se inavegável, excepto utilizando um caiaque.

Os açudes alteram o declive do plano da água, ou seja da superfície da massa aquosa, e neste aspecto interferem directamente com o tipo de escoamento e evolução da forma do canal. De acordo com a variedade de tipos de canal que foram identificados ao longo do rio Neiva, a instalação de açudes e outras estruturas de betão tem por efeito eliminar alguma da diversidade original no tipo do canal.

Quanto a outras modificações mais problemáticas na morfologia do canal e do ecossistema ripícola, como é o caso por exemplo de canalizações, barragens e mini-hídricas, dragagens e escavações, estas também não se encontram ao longo do seu troço.

No que se refere às vias de comunicação rodoviária, vários estudos mostraram que os seus efeitos elevaram os níveis de erosão e aumentaram o desprendimento dos terrenos. Estes efeitos são mais pronunciados nos locais onde a estrada atravessa ou passa próximo do

rio, resultando numa descarga de sedimentos para as águas superficiais. Para além disso, as estradas funcionam como locais em que se verifica uma contaminação química associada aos acidentes de tráfego, apresentando um risco mais elevado nos locais onde a estrada atravessa o rio. No Neiva não existem problemas de maior, visto que na maior parte dos locais, o rio não corre junto à estrada e noutros sítios existem apenas trilhos impossíveis de percorrer de carro.

Encontram-se por vezes zonas em que a vegetação lateral quase não existe, foi removida, devido ao cultivo dos campos adjacentes, mas nos locais visitados essa remoção não está a afectar de modo significativo a estabilidade das margens até porque ela rapidamente se renova. O problemático relaciona-se com a vegetação invasora (Fig. 7.1), alojada nas margens e que acaba por ficar pendurada no canal e em algumas situações até cair para o rio.



Fig. 7.1. Vegetação invasora no canal do rio Neiva.

Por outro lado, a acumulação excessiva de lenha, manta morta e ervas, aumenta consideravelmente o risco de fogos mais destrutivos e alterações a larga escala no coberto vegetal, irão afectar a água e provocar o aumento da erosão. Uma medida importante a ter em conta passa portanto pela recuperação dos pastos e pelo controlo das queimadas, por vezes frequentes nestes locais.

No que se refere à introdução de espécies exóticas, também não há problemas a destacar. Todo o coberto vegetal é praticamente o típico desta zona.

Sintetizando, o rio Neiva é ainda um rio genuíno (salvo algumas excepções pontuais, nomeadamente na zona de Balugães), onde figuram várias das suas espécies vegetais e animais nativas, com uma excelente qualidade do ponto de vista estético, que vale a pena preservar e manter (Fig. 7.2).



Fig. 7.2. Qualidade estética no Rio Neiva.

CAPÍTULO 8 – CONCLUSÕES

O sistema fluvial é um sistema dinâmico. No entanto, a escala temporal não é na maioria das vezes a mesma que a escala humana. O sistema fluvial pode permanecer aparentemente imutável, aos olhos humanos, durante um longo intervalo de tempo, centena a milhares de anos. Nestes períodos o rio apresenta atributos em equilíbrio aparente, por exemplo, os limites da bacia de drenagem, o traçado em planta, visto à escala da bacia, as barras com vegetação arbórea no canal. Cada troço do rio representa um pedaço inseparável dos restantes e de todo o sistema.

Os estudos de geomorfologia fluvial são uma abordagem integrada do sistema fluvial que permitem compreender o estado do canal à escala espaço-tempo, interpretando os indicadores de estabilidade/instabilidade do canal, de evolução, num curto espaço de tempo.

Nesta dissertação o rio Neiva foi descrito a várias escalas:

- 1) o traçado do rio, em planta, forma da secção transversal e geometria longitudinal;
- 2) características morfológicas do canal, identificando os tipos de canal;
- 3) morfologia e características sedimentológicas dentro do canal.

O rio Neiva apresenta ao longo do seu percurso vários tipos de canal, havendo repetição de alguns tipos a partir de Azenhas do Neiva (Panque), coincidindo com uma rotura de declive nítida no perfil longitudinal. Os tipos de canal são: cascata (*cascade*), na cabeceira dos afluentes e Azenhas do rio Neiva antes de Panque; degrau — piscina

(*step — pool*) nas Azenhas (Panque) e é também observado no sector mais a montante do rio Neiva, na região de Godinhaços; leito plano (*plane — bed*), no troço do rio Neiva em Duas Igrejas; em Cossourado é do tipo misto, leito plano/fundão — rápido (*pool — riffle*); este último tipo (*pool — riffle*) é observado no troço do rio entre Arcozelo e Vilar das Almas e para jusante de Tregosa até à Ponte do Neiva; no troço final perto da foz o canal é do tipo *dune-ripple*. Acrescenta-se ainda “o planalto do Oural” como muitas vezes é referido pela população, situa-se na nascente do rio Neiva, no monte Oural, é um patamar, onde existem os pântanos do Oural. Esta diversidade morfológica no rio Neiva tem valor importante para suporte da biodiversidade. A estrutura dos habitats está intimamente dependente da morfologia e características do local, no que diz respeito à qualidade do substrato, rochoso e aluvião. A descrição de cada troço do rio, identificando o tipo de canal, os materiais que constituem o leito do rio, a relação entre a profundidade e a largura do canal e a estabilidade dos bancos são a base para o desenvolvimento de um conjunto de habitats diversificados.

A constituição do leito aluvionar é de dimensão variada entre a areia e cascalho. Nalguns troços mais inclinados do talvegue aflora o substrato rochoso local. As distribuições de frequência relativa e acumulada da dimensão dos clastos reflectem as variações de energia do agente de transporte, a corrente fluvial, e o modo de transporte da carga sedimentar. O tipo de carga transportada, seixo e areia, movimentou-se por rolamento e saltação. A quantidade de sedimentos finos é muito vestigial. A mistura de populações transportadas de modos diferentes repercute-se nos valores dos parâmetros estatísticos calculados. Estes são uma forma de apresentação e comparação numérica muito útil, neste tipo de estudos. Para além destes, a dissecação gráfica da curva de frequência acumulada, construída na escala de probabilidades, facilitou a identificação dos pontos de inflexão, salientando várias populações detríticas e o respectivo modo de transporte.

Até Panque, os clastos são predominantemente graníticos. A partir daqui, a composição dos clastos transportados pelo rio Neiva sofre uma alteração dominando os quartzitos. A carga detrítica do rio a montante de Panque é proveniente dos fornecimentos por afluentes e das vertentes próximas. Por este motivo os clastos são de composição granítica e apresentam pouco desgaste.

A mudança de composição dos aluviões observada a partir de Panque deve-se ao desmantelamento das barras de cascalho existentes no canal, de eventos mais antigos. A selecção da população de cascalho é grande, a abundância de quartzito e o seu desgaste elevado não estão em equilíbrio com as condições energéticas actuais da corrente fluvial. Isto representa um ciclo fluvial mais antigo, sendo um bom exemplo do tempo resposta de adaptação do sistema fluvial aos eventos à escala da bacia.

Numa fase de monitorização de qualidade das condições dos ecossistemas e eventualmente quando aplicada a casos de danos ambientais, são os estudos do tipo geomorfológico e sedimentológico que mais respostas podem dar.

O conjunto das características bióticas e abióticas oferecem ao Homem espaços para lazer e práticas de desportos, diversos e de grande qualidade paisagística.

Esta metodologia de trabalho é útil para todos os interessados pelas questões ambientais, em particular, as relacionadas com o ambiente fluvial, sua dinâmica, monitorização e reabilitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES M.I.C. (1995). Materiais Plio—Quaternários do Alto Minho. Produtos de meteorização e depósitos fluviais na bacia do rio Lima e região de Alvarães. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho.
- ALVES M.I.C. (1999). Definição formal da Formação de Alvarães (Placenciano da região do Minho—NW Portugal). *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, 86, 197—212.
- ARAÚJO R. e RAMOS A. (2001). Actions Plans for *Margaritifera auricularia* and *Margaritifera margaritifera* in Europe. *Nature and Environment*, Council of Europe, Strasbourg, 117, 1—26.
- ASHMORE P.E., YUZYK T.R. & HERRINGTON R. (1988). *Bed-material sampling in sand-bed streams*. Sediment Survey Section, Water Resources Branch, Inland Waters Directorate, Report IWD-HQ-WRB-SS-88-4.
- BAUER G. (1986). The status of the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera* L. in the South of its European Range. *Biological Conservation*, 38, 1—9.
- BEVEN K.J. (1986). Hillslope runoff processes and flood frequency characteristics. In: A.D. ABRAHAMS (Ed.) *Hillslope processes*. Allen and Unwin, Boston, 187—202.
- BLOOM A.L. (1999). *Geomorphology. A systematic analysis of Late Cenozoic Landforms*. Prentice Hall, New Jersey.
- BRICE J.C. (1984). Planform properties of meandering rivers. In: M.C. ELLIOTT (Ed.) *River meandering*. Proceedings of the conference

- River '83, New Orleans, 1983. American Society of Civil Engineers, New York, 1–15.
- BRIGLAND D.R. (1986). Clast Lithological Analyses. *Quat. Res. Assoc.*, Technical guide nº3.
- BUNTE K. & ABT S.R. (2001). *Sampling surface and subsurface particle-size distributions in wadable gravel-and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics, and streambed monitoring*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-74. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- CAILLEUX A. & TRICART J. (1959). *Iniciation a l'étude des sables et des galets*. Centre Doc. Université Paris.
- DAVIES-COLLEY, R. J. (1997). Stream channels are narrower in pasture than in forest. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 31, 599–608.
- De VRIEND H.J. (1997). River morphology: A manifestation of nonlinear dynamics. In: M. ENGLISH & A. SZOLLOSI-NAGY (Eds.) *Managing Water: Coping with Scarcity and Abundance*. Proceedings of theme A, Water for a Changing Global Community, XXVII IAHR Congress, San Francisco (USA). American Society of Civil Engineers. New York, 10–15.
- DECRETO-LEI nº. 140/99, de 24 de Abril. Revê a transposição para a ordem jurídica interna de algumas directivas comunitárias relativas à conservação das aves selvagens e à preservação dos habitantes naturais e da fauna e flora selvagens.
- DECRETO-LEI nº. 49/2005 de 24 de Fevereiro. Primeira alteração ao Decreto-Lei nº. 140/99, de 24 de Abril, que procedeu à transposição para a ordem jurídica interna da Directiva nº.

79/409/CEE, do Conselho, de 2 de Abril, relativa à conservação das aves selvagens (directiva aves) e da Directiva nº. 92/43/CEE, do Conselho, de 21 de Maio, relativa à preservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens (directiva habitats).

DRAEDM (1995). Carta de Solos e de Aptidão do Uso do Solo do Entre-Douro e Minho, Escala 1:100000. Direcção Regional de Agricultura de Entre Douro e Minho. Braga.

EBISEMIJU F. S. (1994). The sinuosity of alluvial river channels in the seasonally wet tropical environment: case study of river Elemi, southwestern Nigeria. *Catena*, 21, 13–25.

EHRlich P.R. & DAILY G.C. (1983). Population extinction and saving biodiversity. *Ambio*, 22, 64–68.

EHRlich P.R. & EHRlich A.H. (1981). *Extinction. The causes and consequences of the disappearance of species*. Random House, New York.

EUGEN & SEIBOLD I. (2002). Sedimentology: from single grains to recente and past environments, some trends in sedimentology in the twentieth century. In: D.R. OLDROYD (Ed.) *The Earth Inside and Out: Major Contributions to Geology in the Twentieth Century*. Geological Society, London, Special Publications, 192, 241–250.

FERREIRA A.B. (1999). Investigação em geomorfologia. Perspectiva e orientações actuais. Conferências, Encontros de Geomorfologia, Coimbra, 9–29.

FERREIRA A.B. (2004). O Noroeste (Minho e Trás os Montes Ocidental). In: M. FEIO e S. DAVEAU (Eds.) *O relevo de Portugal*. Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Volume II, Coimbra, 111–125.

- FOLK R.L. & WARD W.C. (1957). Brazos River Bar: A study in the significance of Grain Size Parameters. *Jour. Sedimentary Petrology*, 27, 3–26.
- FREITAS H. e MARTINS M.J. (1997). Relatório de Progresso para os Sítios 31 (Paúl de Arzila), 32 (Paúl de Madriz), 33 (Paúl do Taipal) e 35 (Costa Quiaios-Mira). Directiva Habitats—92/43/CEE. ICN, Lisboa.
- FRIEDMAN G.M. (1967). Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and rivers sands. *Jour. Sedimentary Petrology*, 37, 337–354.
- FRIEDMAN G.M. & SANDERS J.E. (1978). *Principles of Sedimentology*. John Wiley & Sons, New York.
- FRITZ W.J. & MOORE J.N. (1988). *Basics of Physical Stratigraphy and Sedimentology*. John Wiley & Sons, New York.
- GATTO L.W. (1984). Tanana River monitoring and research program: relationships among bank erosion, vegetation, soils, sediments, and permafrost on the Tanana River near Fairbanks, Alaska. US Army Corps of Engineers, Cold Regions Research & Engineering Laboratory, Special Report 84-21.
- GRAY D.H. & MACDONALD A. (1989). The role of vegetation in riverbank erosion. In: M.A. PORTS (Ed.) *Hydraulic engineering*. Proceedings of the 1989 National Conference on Hydraulic Engineering, 218–223.
- HEEDE B.H. (1980). *Stream dynamics: an overview for land managers*. USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report RM-72.

- HENRIQUES R. (2003). SEDMAC/SEDPC: Programa informático de apoio à análise dimensional de populações detríticas, Ciências da Terra – Volume Especial, VI Congresso Nacional de Geologia, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 40.
- HENRIQUES R. (2004). SEDMAC/SEDPC: An application to support particle size analysis of unconsolidated sediments, 32nd International Geological Congress, Abs. Vol. 1, abs. 154–6, 726.
- IA (2000). *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Lima*. Instituto da Água. Lisboa, CD—ROM.
- IGCP (1987). Carta corográfica de Portugal, à escala 1/50 000, folha 5B Ponte da Barca. M 7810, Edição 2, Instituto Geográfico e Cadastal de Portugal, Lisboa.
- IGCP (1988). Carta corográfica de Portugal, à escala 1/50 000, folha 5C Barcelos. M 7810, Edição 2, Instituto Geográfico e Cadastal de Portugal, Lisboa.
- IGCP (1992). Carta corográfica de Portugal, à escala 1/50 000, folha 5A Viana do Castelo. M 7810, Edição 2, Instituto Geográfico e Cadastal de Portugal, Lisboa.
- JACKSON J.A. (1997). *Glossary of geology*. American Geological Institute, Alexandria.
- KARR J.R. & D.R. DUDLEY. (1981). Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management*, 5, 55–68.
- KARR J.R., TOTH L.A. & DUDLEY D.R. (1985). Fish communities of Midwestern rivers: a history of degradation. *BioScience*, 35, 90–95.
- LAL R. (1988). *Soil erosion research methods*. Soil and Water Conservation Society, Wageningen. Ankeny.

- LANE E.W., BROWN C., GIBSON G.C., HOWARD C.S., KRUMBEIN W.C., MATTHES G.H., RUBEY W.W., TROWBRIDGE A.C. & STRAUB L.G. (1947). Report of the Subcommittee on sediment terminology. *Trans. Amer. Geoph. Union*, 28, 936—938.
- LEOPOLD L.B., WOLMAN M.G., MILLER J.P. (1964). *Fluvial processes in geomorphology*. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- LEOPOLD LB. (1968). Hydrology for urban land planning: a guidebook on the hydrologic effects of land use. Reston (VA): US Geological Survey. Circular nr 554.
- LEOPOLD L.B, WOLMAN M.G. & MILLER J.P. (1992). *Fluvial processes in geomorphology*. Dover Pub. Inc., New York.
- LEOPOLD L.B. (1997). *Water, Rivers and Creeks*. University Science Books, Califórnia.
- LEOPOLD L.B. (2005). *A view of the river*. Harvard University Press, Harvard.
- LEWIS D.W. & McCONCHIE D. (1994a). *Analytical sedimentology*. Chapman & Hall, New York.
- LEWIS D.W. & McCONCHIE D. (1994b). *Practical sedimentology*. Chapman & Hall, New York.
- MALLIK A.U. & RASID H. (1993). Root-shoot characteristics of riparian plants in a flood control channel: implications for bank stabilization. *Ecological Engineering*, 2, 149—158.
- MONTGOMERY D.R. & BUFFINGTON J.M. (1997). Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 109, 596—611.

- MOSLEY M.P. (1987). The classification and characterization of rivers. In: K. RICHARDS (Ed.) *River channels*, Blackwell, Oxford, 295—320.
- MURGATROYD A.L. & TERNAN J.L. (1983). The impact of afforestation on stream bank erosion and channel form. *Earth Surface Processes and Landforms*, 8, 357—369.
- NANSON G.C. & HICKIN E.J. (1986). A statistical analysis of bank erosion and channel migration in western Canada. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 97, 497—504.
- PEREIRA E. (Coordenador). (1989). Carta geológica de Portugal, escala 1/200 000, Folha 1. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- PEREIRA E. (Coordenador). (1992). Carta geológica de Portugal, escala 1/200 000. Notícia Explicativa da Folha 1. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- PIMM S.L. (1984). The complexity and stability of ecosystems. *Nature*, 307, 321—326.
- PRESS F. & SIEVER R. (2001). *Understanding Earth*. W.H. Freeman, New York.
- PRESTEGAARD K.L. (1988). Morphological controls on sediment delivery pathways. In: D.E. WALLING (Ed.) *Sediment budgets*. International Association of Hydrological Sciences, Wallingford (UK) Publication 174. 533—540.
- POFF N.L., ALLAN D., MARK B.B., KARR J.R., PRESTEGAARD K.L., RICHTER B.D., SPARKS R.E. & STROMBERG J.C. (1997). The Natural Flow Regime. A paradigm for river conservation and restoration. *BioScience*, 47, 769—784.

- QUESADA C.N. (Coordinador) (1999). Informe preliminar sobre la situación de la Madreperla de río (*Margaritifera margaritifera*) en España. Seminario sobre Conservación de *Margaritifera margaritifera* y *Galemys pyrenaicus* en la Península Ibérica. Pola de Somiedo (Asturias, España).
- REIS J. (2004). *Atlas dos Bivalves de água doce de Portugal Continental*. Relatório final. Projecto "Documentos Estruturantes" financiado pelo POA 1.100021. Instituto da Conservação da Natureza.
- RESH V.H., BROWN A.V., COVICH A.P., GURTZ M.E., LI H.W., MINSHALL G.W., REICE S.R., SHELDON A.L., WALLACE J.B. & WISSMAR R. (1988). The role of disturbance in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, 7, 433–455.
- ROSGEN D. (1994). A classification of natural rivers. *Catena*, 22, 169–199.
- ROSGEN D. (1996). *Applied river morphology*. Wildland Hydrology, Pragosa Springs, Colorado.
- ROWNTREE K.M. & DOLLAR E.S.J. (1999). Vegetation controls on channel stability in the Bell River, Eastern Cape, South Africa. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24, 127–134.
- SCHULZE E.D. & MOONEY H.A. (1993). *Biodiversity and Ecosystem function*. Springer–Verlag, Berlin.
- SCHUMM S.A. & LICHTY R.W. (1965). Time, space, and causality in Geomorphology. *American Journal of Science*, 263, 110–119.
- SCHUMM S.A. (1977). *The fluvial system*. Wiley, New York.
- SCHUMM S.A. (2005). *River variability and complexity*. Cambridge University Press, Cambridge.

- THORNE C.R. & LEWIN J. (1979). Bank processes, bed material movement and planform development in a meandering river. In: D.D. RHODES & G.P. WILLIAMS (Eds.) *Adjustments of the fluvial system*. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, 117—137.
- THORNE C.R. (1982). Processes and mechanisms of river bank erosion. In: R.D. HEY, J.C. BATHURST & C.R. THORNE (Eds.) *Gravel-bed rivers: fluvial processes, engineering and management*. John Wiley & Sons Ltd., New York, 227—271.
- THORNE C.R. (1997). Channel types and morphological classification. In: C.R. THORNE, R.D. HEY & M.D. NEWSON (Eds.) *Applied fluvial geomorphology for river engineering and management*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 175—222.
- TILMAN D. (1996). Biodiversity: Population versus Ecosystem stability. *Ecology*, 77, 350—365.
- VISHER G.S. (1969). Grain size distributions and depositional processes. *Jour. Sedimentary Petrology*, 39, 1074—106.
- YODER C.O. & RANKIN E.T. (1995). Biological criteria program development and implementation in Ohio. In: W.S. Davis & T.P. Simon (Eds.) *Biological Assessment and Criteria, Tools for Water Resource Planning and Decision Making*. Lewis Press, Boca Raton, Florida, 109—144.

ANEXOS DO CAPÍTULO 6

Análise granulométrica Frequências Relativas (%)

Referências das amostras

mm	Ø	1.A1.1	1.A1.2	1.A2	1.A3
>32.000	<-5.0	0,00	0,00	0,00	0,00
32,000	-5,0	0,00	0,00	0,00	0,00
22,630	-4,5	14,89	0,00	7,39	26,93
16,000	-4,0	5,50	0,00	5,56	0,00
11,310	-3,5	1,36	0,00	0,00	2,63
8,000	-3,0	4,87	0,00	3,95	1,74
5,660	-2,5	6,53	0,35	1,17	4,38
4,000	-2,0	5,71	0,54	1,16	3,93
2,830	-1,5	7,18	1,47	2,42	4,77
2,000	-1,0	6,44	2,85	3,36	3,71
1,410	-0,5	6,83	4,74	5,93	4,20
1,000	0,0	7,89	6,82	11,10	5,27
0,707	0,5	9,55	10,98	19,16	7,31
0,500	1,0	9,26	14,86	20,07	9,65
0,354	1,5	5,01	11,66	8,64	7,54
0,250	2,0	3,87	13,35	5,32	6,97
0,177	2,5	1,86	10,32	2,26	3,83
0,125	3,0	1,20	8,69	1,18	2,73
0,088	3,5	0,76	5,59	0,61	1,82
0,062	4,0	0,47	3,12	0,32	1,03
0,044	4,5	0,82	4,66	0,43	1,58

ANEXOS DO CAPÍTULO 6

Análise granulométrica **Frequências Acumuladas (%)**

Referências das amostras

mm	Ø	1.A1.1	1.A1.2	1.A2	1.A3
>32,000	<-5,0	0,00	0,00	0,00	0,00
32,000	-5,0	0,00	0,00	0,00	0,00
22,630	-4,5	14,89	0,00	7,39	26,93
16,000	-4,0	20,40	0,00	12,95	26,93
11,310	-3,5	21,76	0,00	12,95	29,55
8,000	-3,0	26,63	0,00	16,90	31,29
5,660	-2,5	33,16	0,35	18,07	35,67
4,000	-2,0	38,87	0,89	19,23	39,60
2,830	-1,5	46,05	2,37	21,64	44,37
2,000	-1,0	52,50	5,21	25,01	48,07
1,410	-0,5	59,32	9,96	30,93	52,28
1,000	0,0	67,21	16,77	42,03	57,55
0,707	0,5	76,76	27,76	61,19	64,86
0,500	1,0	86,02	42,62	81,25	74,51
0,354	1,5	91,03	54,27	89,89	82,04
0,250	2,0	94,90	67,62	95,21	89,02
0,177	2,5	96,76	77,94	97,46	92,85
0,125	3,0	97,96	86,63	98,65	95,57
0,088	3,5	98,72	92,22	99,25	97,39
0,062	4,0	99,18	95,34	99,57	98,42
0,044	4,5	100,00	100,00	100,00	100,00

ANEXOS DO CAPÍTULO 6

Análise granulométrica Frequências Relativas (%)

Referências das amostras

mm	Ø	3.A5	3.A6	3.A7	4.A8
>32,000	<-5,0	0,00	0,00	0,00	0,00
32,000	-5,0	0,00	0,00	0,00	0,00
22,630	-4,5	0,00	0,00	0,00	0,00
16,000	-4,0	0,00	0,00	13,59	0,00
11,310	-3,5	0,00	0,00	5,15	5,33
8,000	-3,0	0,00	0,00	7,33	2,95
5,660	-2,5	0,00	0,00	7,46	4,15
4,000	-2,0	0,00	0,00	8,07	4,15
2,830	-1,5	0,53	0,21	7,27	11,55
2,000	-1,0	0,45	1,64	5,33	16,81
1,410	-0,5	0,85	8,43	6,55	20,43
1,000	0,0	3,45	25,85	7,82	17,11
0,707	0,5	12,65	33,59	10,13	10,87
0,500	1,0	23,37	22,24	10,66	3,59
0,354	1,5	15,36	5,42	4,90	0,78
0,250	2,0	16,11	1,66	3,33	0,60
0,177	2,5	11,00	0,47	1,34	0,32
0,125	3,0	7,36	0,24	0,46	0,19
0,088	3,5	4,14	0,13	0,24	0,09
0,062	4,0	2,12	0,06	0,14	0,06
0,044	4,5	2,62	0,06	0,24	1,03

ANEXOS DO CAPÍTULO 6

Análise granulométrica Frequências Acumuladas (%)

Referências das amostras

mm	Ø	3.A5	3.A6	3.A7	4.A8
>32.000	<-5.0	0,00	0,00	0,00	0,00
32,000	-5,0	0,00	0,00	0,00	0,00
22,630	-4,5	0,00	0,00	0,00	0,00
16,000	-4,0	0,00	0,00	13,59	0,00
11,310	-3,5	0,00	0,00	18,74	5,33
8,000	-3,0	0,00	0,00	26,07	8,27
5,660	-2,5	0,00	0,00	33,53	12,43
4,000	-2,0	0,00	0,00	41,60	16,57
2,830	-1,5	0,53	0,21	48,87	28,13
2,000	-1,0	0,98	1,84	54,20	44,93
1,410	-0,5	1,82	10,28	60,75	65,37
1,000	0,0	5,27	36,13	68,56	82,48
0,707	0,5	17,92	69,72	78,69	93,35
0,500	1,0	41,30	91,96	89,35	96,94
0,354	1,5	56,66	56,66	97,38	97,72
0,250	2,0	72,77	72,77	99,04	98,32
0,177	2,5	83,77	83,77	99,50	98,64
0,125	3,0	91,13	91,13	99,74	98,83
0,088	3,5	95,27	95,27	99,88	98,92
0,062	4,0	97,38	97,38	99,94	98,97
0,044	4,5	100,00	100,00	100,00	100,00

ANEXOS DO CAPÍTULO 6

Análise granulométrica Frequências Relativas (%)

Referências das amostras

mm	Ø	6.A11	6.A12	6.A13
>32,000	<-5,0	0,00	0,00	0,00
32,000	-5,0	33,56	0,00	0,00
22,630	-4,5	17,31	0,00	0,00
16,000	-4,0	2,33	6,35	8,80
11,310	-3,5	2,92	0,00	2,79
8,000	-3,0	1,41	2,82	4,39
5,660	-2,5	3,05	7,55	0,56
4,000	-2,0	3,82	8,83	0,43
2,830	-1,5	6,81	16,63	2,07
2,000	-1,0	6,32	14,50	4,23
1,410	-0,5	6,44	12,60	9,16
1,000	0,0	5,03	9,50	11,46
0,707	0,5	4,27	6,86	13,64
0,500	1,0	3,46	5,02	14,55
0,354	1,5	1,56	2,94	10,28
0,250	2,0	0,86	2,56	9,72
0,177	2,5	0,35	1,28	4,31
0,125	3,0	0,21	0,79	1,79
0,088	3,5	0,13	0,51	0,78
0,062	4,0	0,07	0,62	0,42
0,044	4,5	0,10	0,65	0,63

ANEXOS DO CAPÍTULO 6

Análise granulométrica Frequências Acumuladas (%)

Referências das amostras

mm	Ø	6.A11	6.A12	6.A13
>32.000	<-5.0	0,00	0,00	0,00
32,000	-5,0	33,56	0,00	0,00
22,630	-4,5	50,87	0,00	0,00
16,000	-4,0	53,20	6,35	8,80
11,310	-3,5	56,13	6,35	11,59
8,000	-3,0	57,53	9,16	15,99
5,660	-2,5	60,58	16,71	16,55
4,000	-2,0	64,40	25,54	16,98
2,830	-1,5	71,21	42,17	19,05
2,000	-1,0	77,53	56,67	23,28
1,410	-0,5	83,96	69,27	32,44
1,000	0,0	88,99	78,77	43,90
0,707	0,5	93,26	85,63	57,54
0,500	1,0	96,72	90,65	72,08
0,354	1,5	98,28	93,59	82,36
0,250	2,0	99,14	96,15	92,08
0,177	2,5	99,49	97,43	96,39
0,125	3,0	99,70	98,22	98,17
0,088	3,5	99,83	98,73	98,95
0,062	4,0	99,90	99,35	99,37
0,044	4,5	100,00	100,00	100,00

ANEXOS DO CAPÍTULO 6

Amostra 1.A1.1				
COMPOSIÇÃO	ÍNDICE DE DESGASTE DE 1ª ORDEM (2r₁/L)x1000			
	r₁	L	Índice	Média
Micaxisto	2	50	80,0	80,0
Xisto	2	45	88,9	88,9
Granito grão fino a médio	2	55	72,7	79,0
	2	55	72,7	
	4	85	94,1	
	2	45	88,9	
	2	60	66,7	
Quartzo	2	80	50,0	79,6
	2	65	61,5	
	2	50	80,0	
	2	50	80,0	
	2	55	72,7	
	2	30	133,3	
Feldspato	2	30	133,3	133,3
Granito grão médio	2	45	88,9	105,7
	2	45	88,9	
	2	45	88,9	
	2	45	88,9	
	4	60	133,3	
	2	35	114,3	
	2	50	80,0	
	2	50	80,0	
	2	40	100,0	
	4	70	114,3	
	2	40	100,0	
	2	55	72,7	
	2	30	133,3	
	2	35	114,3	
	2	30	133,3	
2	25	160,0		
Granito + Filonete de Quartzo	2	65	61,5	61,5
Granito porfiróide	4	75	106,7	106,7
	2	50	80,0	
	2	30	133,3	

(As medições de **r₁** e **L** foram efectuadas em mm)

ANEXOS DO CAPÍTULO 6

Amostra 1.A2				
COMPOSIÇÃO	ÍNDICE DE DESGASTE DE 1ª ORDEM (2r₁/L)x1000			
	r₁	L	Índice	Média
Micaxisto	2	30	133,3	133,3
Granito alterado	2	40	100,0	148,5
	2	25	160,0	
	2	40	100,0	
	2	40	100,0	
	2	30	133,3	
	2	25	160,0	
	2	35	114,3	
	4	25	320,0	
Granito grão fino a médio	2	35	114,3	114,3
	2	35	114,3	
	2	35	114,3	
Quartzo	2	95	42,1	72,6
	2	65	61,5	
	2	35	114,3	
Feldspato	2	40	100,0	94,4
	2	45	88,9	
Granito grão médio	2	35	114,3	140,8
	2	25	160,0	
	2	35	114,3	
	2	30	133,3	
	2	25	160,0	
	2	25	160,0	
	4	40	200,0	
	2	40	100,0	
	4	65	123,1	
	2	75	53,3	
	4	45	177,8	
	4	45	177,8	
	2	50	80,0	
	2	20	200,0	
	2	35	114,3	
	4	30	266,7	
	2	35	114,3	
	2	60	66,7	
	2	40	100,0	
	2	20	200,0	

ANEXOS DO CAPÍTULO 6

Amostra 1.A3				
COMPOSIÇÃO	ÍNDICE DE DESGASTE DE 1ª ORDEM (2r₁/L)x1000			
	r₁	L	Índice	Média
Micaxisto	2	90	44,4	45,8
	2	85	47,1	
Granito alterado	2	105	38,1	68,1
	2	65	61,5	
	2	55	72,7	
	2	40	100,0	
Granito grão fino a médio	2	55	72,7	100,8
	4	60	133,3	
	4	55	145,5	
	2	50	80,0	
Quartzo	2	55	72,7	133,3
	2	30	133,3	
Granito grão médio	2	55	72,7	68,4
	2	65	61,5	
	2	50	80,0	
	4	95	84,2	
	4	75	106,7	
	4	125	64,0	
	2	100	40,0	
	2	105	38,1	
Granito porfiróide	4	90	88,9	88,9

Amostra 2.A4				
COMPOSIÇÃO	ÍNDICE DE DESGASTE DE 1ª ORDEM (2r₁/L)x1000			
	r₁	L	Índice	Média
Quartzito	2	80	50,0	50,0
Granito alterado	4	70	114,3	79,4
	2	90	44,4	
Granito grão fino com duas micas essencialmente biotítico	2	85	47,1	81,2
	4	90	88,9	
	4	50	160,0	
	2	60	66,7	
	2	70	57,1	
	4	85	94,1	
	4	75	106,7	
	4	105	76,2	
	4	105	76,2	
	4	135	59,3	
	4	130	61,5	
Aplito	4	85	94,1	94,1

ANEXOS DO CAPÍTULO 6

Amostra 5.A9	Índice de desgaste de 1ª ordem			
COMPOSIÇÃO	r ₁	L	Índice	Média
Granito monzonítico	2	65	61,5	56,7
	2	85	47,1	
	2	65	61,5	
Granito grão fino a médio	4	40	200,0	188,9
	4	45	177,8	
Quartzo	2	35	114,3	114,3
Granodioritos e Quartzodioritos biotíticos	2	75	53,3	109,3
	4	75	106,7	
	4	80	100,0	
	2	80	50,0	
	2	70	57,1	
	2	50	80,0	
	4	55	145,5	
	4	40	200,0	
	4	40	200,0	
	2	40	100,0	
Quartzitos	4	95	84,2	158,6
	4	65	123,1	
	4	65	123,1	
	4	45	177,8	
	4	50	160,0	
	2	45	88,9	
	4	45	177,8	
	2	55	72,7	
	2	50	80,0	
	2	50	80,0	
	4	55	145,5	
	4	45	177,8	
	4	60	133,3	
	4	50	160,0	
	4	50	160,0	
	4	50	160,0	
	4	45	177,8	
	4	50	160,0	
	4	40	200,0	
	4	40	200,0	
	4	40	200,0	
	4	40	200,0	
	4	35	228,6	
4	30	266,7		
4	35	228,6		
Feldspato	4	100	80,0	95,0
	2	65	61,5	
	2	45	88,9	
	2	55	72,7	
	2	35	114,3	
	2	30	133,3	

ANEXOS DO CAPÍTULO 6

Amostra 6.A10				
COMPOSIÇÃO	ÍNDICE DE DESGASTE DE 1ª ORDEM ($2r_1/L$)x1000			
	r_1	L	Índice	Média
Granito monzonítico (Escuro)	4	60	133,3	95,6
	2	60	66,7	
	2	80	50,0	
	2	45	88,9	
	4	75	106,7	
	2	50	80,0	
	2	55	72,7	
	2	85	47,1	
	2	55	72,7	
	2	55	72,7	
	2	50	80,0	
	2	50	80,0	
	2	50	80,0	
	2	55	72,7	
	2	55	72,7	
	2	40	100,0	
	4	40	200,0	
	2	40	100,0	
	2	45	88,9	
	4	35	228,6	
2	35	114,3		
Granito alterado (Claro)	6	70	171,4	141,2
	4	50	160,0	
	2	40	100,0	
	2	30	133,3	
Granito grão fino	2	35	114,3	191,6
	10	95	210,5	
	6	30	400,0	
	2	40	100,0	
	2	30	133,3	

ANEXOS DO CAPÍTULO 6

Amostra 6.A10 (continuação)				
COMPOSIÇÃO	ÍNDICE DE DESGASTE DE 1ª ORDEM (2r₁/L)x1000			
	r₁	L	Índice	Média
Feldspato	2	50	80,0	141,5
	2	55	72,7	
	4	45	177,8	
	2	40	100,0	
	4	40	200,0	
	2	35	114,3	
	2	40	100,0	
	4	40	200,0	
	4	35	228,6	
	Quartzitos	8	45		355,6	215,6
4		30	266,7	
8		50	320,0	
12		90	266,7	
4		45	177,8	
8		50	320,0	
6		55	218,2	
4		50	160,0	
4		55	145,5	
6		50	240,0	
4		50	160,0	
4		40	200,0	
4		55	145,5	
12		45	533,3	
4		55	145,5	
4		45	177,8	
4		40	200,0	
6		35	342,9	
4		50	160,0	
2		55	72,7	
6		40	300,0	
4		40	200,0	
6		35	342,9	
6		40	300,0	
4		55	145,5	
4		35	228,6	
2		35	114,3	
2		40	100,0	
2	45	88,9		

ANEXOS DO CAPÍTULO 6

Amostra 6.A10 (continuação)				
COMPOSIÇÃO	ÍNDICE DE DESGASTE DE 1ª ORDEM (2r₁/L)x1000			
	r₁	L	Índice	Média
Quartzitos	4	55	145,5	
	6	35	342,9	
	2	60	66,7	
	4	30	266,7	
	2	35	114,3	
	4	25	320,0	
	4	45	177,8	
	2	35	114,3	