

Geomorfologia do Vale da Peneda: análise morfométrica e dinâmicas recentes

Gabriela Ribeiro, Joana Santos

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, Faculdade de Letras da Universidade do Porto

Resumo

O estudo está direcionado para a avaliação da distribuição dos processos geomorfológicos, área de drenagem, morfometria das bacias e respetivo desenvolvimento dinâmico das mesmas no vale da Peneda e área envolvente. A área em estudo caracteriza-se por uma área fortemente fracionada com uma rede hidrográfica regida por esses processos estruturais, vales com vertentes abruptas e entalhada por microbacias e decorrente do rio Peneda.

Este trabalho foi concretizado através bibliografia científica e uso de softwares como ArcMap, ArcGis Pro, Excel e Google Earth Pro. Com a aplicação dos dados LIDAR, cálculos morfométricos das bacias e de caudais de ponta de cheia foi possível compreender o desempenho que as bacias com maior área e caudal têm na dinâmica e ocorrência de processos geomorfológicos no vale. Decorrente desta metodologia, realizou-se uma análise aos valores de precipitação e escoamento pluvial, dado que podem influir na modelação da vertente e contribuir para a movimentação de sedimentos ou acúmulo de sedimentos no sopé da vertente. Desta forma, denotou-se que é uma área de grande pluviosidade, podendo atingir os 300 mm de precipitação diária. Esta quantidade de precipitação é comparável com regiões dos trópicos, onde costumam ter valores acima dos 300 mm de precipitação mensais. Em relação ao escoamento mensal conferiu-se em vários anos valores acima de 4000 mm mensais. Tendo em conta, estes dois fatores, esta área poderá sofrer com cheias, enxurradas e deslizamentos de vertente, aquando ocorrerem eventos extremos. Além disso, em meses mais húmidos, esta quantidade de precipitação concede um maior caudal e consequentemente um maior poder erosivo podendo formar pias e marmitas de gigante.

A análise morfométrica da bacia da Peneda e micro-bacias delimitadas no trabalho mostra que a maioria das bacias contêm uma forma mais alongada, caracterizada por serem bem drenada, grande rugosidade, favorável à criação de novos afluentes e com um coeficiente de torrencialidade elevado, isto é, com alto risco de inundação. Isto indica algumas das características das bacias que se encontram nas vertentes, mostrando a dinâmica que estas têm. Com os perfis longitudinais das bacias de maior dimensão, foi possível observar que nenhum se encontrava em equilíbrio e que existem *Knickpoints* na sua extensão. O rio Peneda (rio principal) é o que se encontra mais próximo do perfil de equilíbrio. Desta forma, entende-se que as micro-bacias com maior dimensão têm mais energia, mas que ainda terão de trabalhar mais para atingir o perfil de equilíbrio e poderão neste processo, contribuir para a movimentação de partículas/sedimentos.

Em suma, esta área é caracterizada por uma forte dinâmica fluvial e de vertentes que se não se obtiver as medidas de ordenamento do território poderão causar graves danos à população e habitações. Já que esta poderá ser propícia para deslizamentos de terra, queda de blocos, cheias e enxurradas devido às suas vertentes altamente fracionadas por lineamentos tectónicos e pela alta quantidade de precipitação e tamanho de bacias que poderão não ter área suficiente para conter a água e o facto de serem alongadas que indica que estas atingem mais rapidamente o seu pico de cheia.

Palavras-Chave

Peneda, Leques Aluviais, Bacias Hidrográficas, Morfometria de Bacias, Perfis Longitudinais

Índice Geral:

1. Introdução	4
2. Área de Estudo	5
1. Enquadramento Geográfico	5
2. Enquadramento Geomorfológico	6
3. Enquadramento Geológico-Estrutural	8
3. Materiais e Métodos	11
4. Resultados	12
1. Características da rede hidrográfica	15
2. Perfis Longitudinais e conceitos associados	16
3. Análise Morfométrica das Bacias	20
4. Formas de relevo resultantes da drenagem das bacias	24
5. Discussão e Conclusão	25
6. Agradecimentos	28
7. Bibliografia	28
Anexos.....	30

Índice de Figuras:

Figura 1. Enquadramento da área de estudo.	5
Figura 2 - Áreas de proteção do Parque nacional da Peneda-Gerês (Retirado de ICNF, 2013).....	6
Figura 3. A- Hipsometria da área de estudo e respetivas áreas envolventes; B- Declives da área de estudo e respetivas áreas envolventes; C- Uso e Ocupação do Solo da área de estudo e respetivas áreas envolventes; D- Exposição de Vertentes da área de estudo e respetivas áreas envolventes.	7
Figura 4. Mapa geológico da área de estudo.....	9
Figura 5. Lineamentos Tectónicos interpretados através de um basemap, dos cursos de água e hillshade(sombreado).	11
Figura 6. Etapas do Projeto	11
Figura 7. A- Precipitação anual de 1960 a 2013 na estação de Bouça dos Homens; B- Precipitação mensal de 1960 a 2020 na estação Bouça dos Homens; C- Precipitação diária de 1960 a 2020 na Estação de Bouça dos Homens; D- Precipitação anual de 1947 a 2015 na estação da Peneda; E- Precipitação diária de 1946 a 2018 na Estação da Peneda; F- Escoamento Mensal de 1948 a 1966 na Estação Tibo da Gavieira.	14
Figura 8 - Marmitas de gigante (UMinho - http://www.dct.uminho.pt/pnpg/trilhos/pitoes/paragem6/marmitas.html).	15
Figura 9 – Padrões de drenagem (Adaptado de Christofolletti, 1980)	16
Figura 10 – Representação de um perfil convexa, côncava e em equilíbrio (Adaptado de Anderson, 2008)	16

Figura 11. 1. Representação da mudança de base (Adaptado de Tüys, s.d.); 2. Erosão remontante influenciando o recuo do <i>kps</i> (Adaptado de Tüys, s.d.); 3. Representação do recuo de um knickpoint e consequente mudança do perfil longitudinal (Adaptado de Anderson, 2008).	18
Figura 12. A- Microbacias do vale do Peneda; B- Relação de bifurcação de 2ª/3ª ordem; C- índice de circularidade; D- Perfil longitudinal do curso de água da bacia 85; E- Perfil longitudinal do curso de água da bacia Pomba; F- Perfil longitudinal do curso de água da bacia 95; G- Perfil Longitudinal do curso de água da bacia 111; H- Perfil longitudinal do rio Peneda; I- Perfil longitudinal do curso de água da bacia 109; J- Relação entre Índice de circularidade e tempo de concentração; K- Relação entre o caudal e área; L- Relação entre o caudal e o comprimento; M- Relação entre o tempo de concentração e o comprimento.	23
Figura 13 – Setor 1, 2, 3) Representação cartográfica de elementos geomorfológicos e respetiva rede de estradas e edificado do Vale da Peneda; A) Terraços Fluviais da Peneda; B) Queda de Blocos – Santuário da Nossa Sra. Da Peneda; C) Terraços Fluviais do Beleiral D) Queda de Blocos em Tibo; E) Encosta da imagem H (Fonte: Fornecido pelo Professor).; F) Encosta condicionada por estruturas falhadas (Fonte: Fornecido pelo Professor).; G) Blocos na confluência do rio Peneda e rio Pomba (Fonte: Fornecido pelo Professor).; H) Queda de Blocos e habitação em risco (Fonte: Fornecido pelo Professor)	28
Figura 15. A - Terraços Fluviais no vale da Peneda (fonte: Wikiloc). B - Vertentes íngremes no vale da Peneda (fonte: Wikiloc). C - Vertentes íngremes do vale da Gavieira (fonte: Serra da Peneda Alvaro M. Leiro Flickr). D - Vales da Gavieira e Peneda visto do miradouro de Tibo (fonte: Valle da Gavieira, Portugal J.A. Diaz Flickr).	31
Figura 16. Morfometria da bacia do rio Peneda.	32
Figura 17. Morfometria das microbacias pertencentes ao Rio Peneda.	33

Índice de Tabelas:

Tabela 1. Descrição dos dados usados.	11
--	----

1. Introdução

"As glaciações, geomorfologicamente, são suficientemente poderosas para influenciar a hipsometria (relação elevação/área) das cadeias montanhosas, erodindo preferencialmente os terrenos mais elevados e limitando a elevação de picos. (...) quando os glaciares derreteram, o seu legado, sob a forma de relíquias ou paisagens fósseis, controla o ritmo e a distribuição dos processos de superfície, tais como a queda de rochas de paredes de vales íngremes e esculpidas glacialmente." (Bierman, 2013, p.291).

As paisagens das montanhas mais elevadas do NO de Portugal estão fortemente influenciadas pelos processos de glaciação e pós-glaciação, originando sobretudo eventos de instabilidade geomorfológica, como é o caso dos deslizamentos de terra, e ocorrências associadas a processos aluviais e de encosta (Oliva *et al*, 2016 in Calicis *et al.*, 2017, p.1). Desta forma, o estudo realizado foca-se nos processos referidos que se relacionam com as heranças e as dinâmicas geomorfológicas atuais, centrando-se no Vale da Peneda, inserido no Parque Nacional Peneda-Gerês. Nesta perspetiva, surge a necessidade de proteger a população residente e as infraestruturas, e ordenar o território de forma a tirar partido das potencialidades da área.

O estudo será realizado através da aplicação de uma metodologia assente na consulta bibliográfica, na inventariação de processos geomorfológicos, elaboração e análise de cartografia com os programas ArcMap, ArcGis Pro e Google Earth Pro. O estudo assenta num Modelo Digital de Terreno (MDT) obtido a partir de dados LIDAR. Com este MDT, foram calculados índices morfométricos e aplicadas as fórmulas de Giandotti (Lencastre, 1984) e Loureiro (Lencastre, 1984) para entender o comportamento hidrológico das sub-bacias hidrográficas do vale da Peneda.

A execução deste trabalho tem como objetivos: 1) a compreensão da dinâmica geomorfológica recente no Vale da Peneda; 2) o conhecimento da gestão atual e futura das potencialidades da área numa perspetiva do Ordenamento do Território, consoante a legislação vigente. Assim, pretende-se elaborar cartografia que evidencie as dinâmicas geomorfológicas da área e como estas dinâmicas poderão afetar a população e seus bens.

2. Área de Estudo

1. Enquadramento Geográfico

A área de estudo localiza-se no Noroeste de Portugal, mais especificamente no distrito de Viana do Castelo. Esta encontra-se entre os concelhos de Arcos de Valdevez e Melgaço, nas freguesias da Gavieira e União das freguesias de Lamas de Mouro e Castro Laboreiro (Figura 1A, B, C).

A área insere-se geograficamente no Parque Nacional Peneda-Gerês (PNPG), que faz parte da Rede Nacional de Áreas Protegidas (RNAP) (Figura 1D). O Parque Nacional define-se como “(...) uma área que contenha maioritariamente amostras representativas de

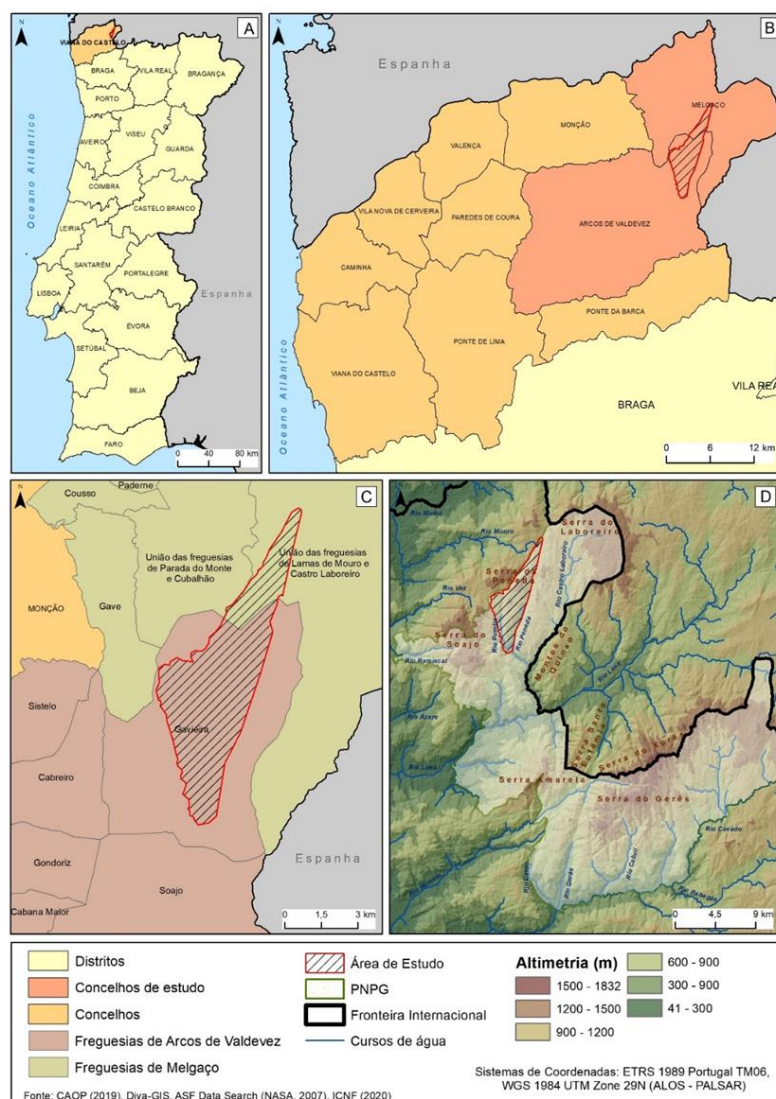


Figura 1. Enquadramento da área de estudo.

regiões naturais características, de paisagens naturais e humanizadas, de elementos de biodiversidade e de geossítios, com valor científico, ecológico ou educativo” (ICNF, s.d). Atualmente, em Portugal, o PNPG é o único parque com esse estatuto e que foi criado em 1971 (Decreto-Lei n.º 187/71, de 8 de maio). O Parque Nacional Peneda-Gerês engloba cinco municípios, Melgaço, Arcos de Valdevez e Ponte da Barca no distrito de Viana do Castelo, Terras do Bouro no distrito de Braga e Montalegre no distrito de Vila Real, ocupando uma área de aproximadamente 69596 hectares (ICNF, 2013, p.3).

Para maior proteção e conservação do património natural, o PNPG dispõe de um Plano de Ordenamento que subdivide o território em diferentes níveis de proteção (ICNF, 2013, p.4). Cada nível apresenta condicionantes distintas para a atividade humana dependendo da sua importância e vulnerabilidade, repartindo-se por: Área de Proteção Total, Área de Proteção parcial tipo I e Área de Proteção parcial tipo II. O Parque está subdividido em duas áreas: Área de ambiente natural e Área de ambiente rural, sendo que é na área de ambiente natural que se encontram os níveis referidos anteriormente. Também é nesta área que a presença humana é menor e a paisagem menos modificada. A área de ambiente rural é onde se permite uma maior atividade humana, apesar de estas serem condicionadas pelo Plano de Ordenamento e pela Carta de Desporto da Natureza (ICNF, 2013, p.4). Esta área subdivide-se em Área de proteção complementar de tipo I e Área de proteção complementar de tipo II (ICNF, 2013, p.4). O local em estudo está enquadrado nas áreas de proteção parcial tipo I e tipo II e área de ambiente rural (Figura 2).

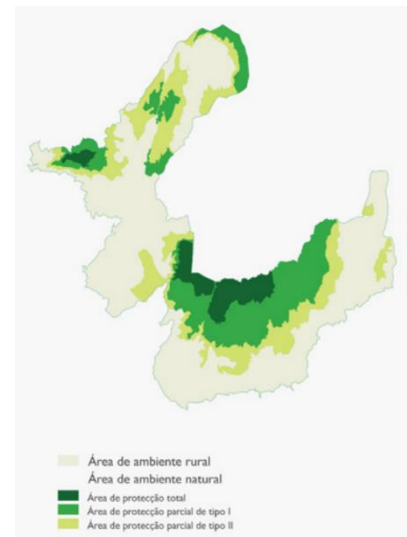


Figura 2 - Áreas de proteção do Parque nacional da Peneda-Gerês (Retirado de ICNF, 2013)

2. Enquadramento Geomorfológico

O relevo do Minho, entre o litoral e as montanhas interiores apresenta uma configuração incomum, resultante sobretudo das características dos seus vales principais. Estes apresentam duas fisionomias distintas, podendo ser mais ou menos paralelas com direção NE-SW e ENE-WSW, fundo plano, vertentes abruptas e a jusante vales amplos e abertos. A Este a configuração muda, desde a Peneda até ao Marão, apresentando características de vales escavados e apertados que se entalham na plataforma Calabriana (Ferreira, 1983, p. 317). O relevo minhoto apresenta uma característica que o torna muito complexo, a existência de formas deprimidas denominadas de alvéolos, constituídos por formas e tamanhos variados e de estrutura irregular. Estas depressões são cortadas pelos rios principais ou podem apresentar drenagem primária. Quando os cursos de água percorrem os alvéolos encontram-se ao rés do solo, quase sem encaixe (Ferreira, 1983, p. 317). A origem dos alvéolos não é somente devido à erosão fluvial, mas também devido a uma certa independência dos eixos de drenagem e litologia. Principalmente, quando esta é composta por rochas cristalinas, predominantemente granitos e/ou xistos metamórficos (Ferreira, 1983, p. 317).

Em termos geomorfológicos, o relevo do Minho caracteriza-se por ser bastante fragmentado, com escarpas de génese tectónica e níveis de aplanamento pouco realçados. Além disto, a forma dos vales é distinta, dado que os rios principais correm junto ao solo, em vales largos e de fundo plano permitindo a preservação das vertentes escarpadas. O relevo é fortemente influenciado pela tectónica, destacando-se três direções na fraturação (Feio, 2004, p.117): ENE-OSO, que determina a direção dos vales Minho, Lima, Cávado e Homem e as direções de N-S e NW-SE, em que as fraturas acompanham as estruturas do soco Varisco podendo ser “*descontinuidades com cisalhamento muito reduzido ou falhas de movimentação vertical*” (Cabral, 1995, p.98-99). A rede de fraturação também influencia a direção da drenagem e o alargamento dos vales, o que explicará a fragmentação do relevo e os níveis de aplanamento pouco explícitos (Feio, 2004, p.117).

Os vales do NW têm como principais características serem vales abertos, de fundo plano, em que a competência do curso de água permite este entalhe até grandes profundidades. A estrutura destes vales é distinta da normal, isto é, estes são mal calibrados, geralmente sinuosos e com alargamentos e estreitamentos ao longo do seu caminho (Feio, 2004, p. 117/119). No entanto, o vale da Peneda é um vale mais escavado e entalhado como é possível ver na figura 3, em que os maiores declives estão presentes nas vertentes deste vale. Pelo contrário, o vale da Gavieira, apesar dos declives abruptos (Figura 15C e D), é ligeiramente mais aberto, principalmente na Bouça dos Homens. À medida que nos dirigimos para Sul, o vale fica mais pronunciado, como é possível identificar pelos declives. Relativamente à exposição das vertentes na área de estudo (Figura 3D), distribuem-se predominantemente nas direções Este (16,8%) e Oeste (16,9%). No entanto, há maior número de vertentes expostas a sul (9,4%) do que a norte (4,9%).

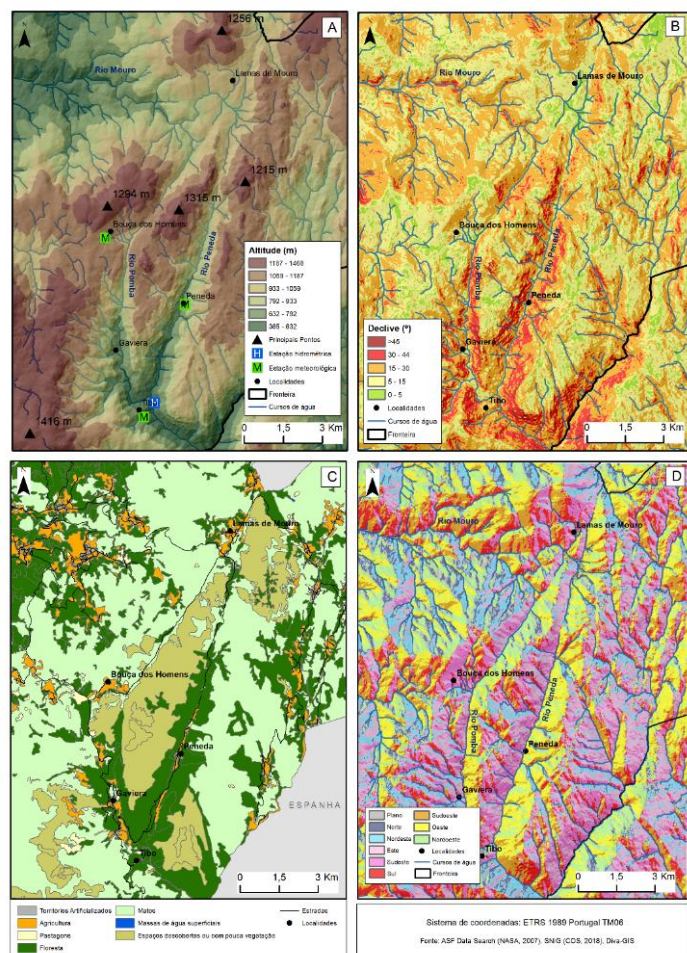


Figura 3. A- Hipsometria da área de estudo e respetivas áreas envolventes; B- Declives da área de estudo e respetivas áreas envolventes; C- Uso e Ocupação do Solo da área de estudo e respetivas áreas envolventes; D- Exposição de Vertentes da área de estudo e respetivas áreas envolventes.

Em relação à ocupação do solo (Figura 3C), como já era previsto, grande parte da área ocupada é constituída principalmente por matos (66,7%), floresta (18,8%) e espaço descoberto ou com pouca vegetação (9,7%). Isto deve-se ao facto de esta ser uma paisagem natural protegida, com pouco povoamento como em Gavieira, Lamas de Mouro, Peneda, Bouça dos Homens e Tibo. A ocupação agrícola também é notória, sendo que normalmente são aproveitados os terraços fluviais para cultivo como vamos referir mais à frente no trabalho.

“Estas características, associadas ao facto das montanhas do noroeste de Portugal deterem os quantitativos mais elevados de precipitação (...) aumentam a probabilidade de ocorrência de processos de instabilidade geomorfológica. Tal é demonstrado pela existência de vários depósitos que regularizam as vertentes, constituindo vestígios, quer da dinâmica atual, quer de processos relacionados com ambiências passadas.” (Teixeira et al., 2012, p.2).

3. Enquadramento Geológico-Estrutural

Em termos geológicos, a área de estudo insere-se no domínio da Subzona da Galiza-Trás-os-Montes do Maciço Varisco (Ribeiro et al, 1996, p.641). Esta é constituída por dois grandes grupos litológicos: rochas magmáticas e metassedimentares, sendo que as rochas magmáticas são essencialmente granitos, e as metassedimentares são de natureza litológica variada (Moreira e Simões, 1988) (figura 4).

No que diz respeito aos filões, são de três tipos: quartzo, pegmatitos e rochas básicas, sendo que os mais abundantes na área são os filões de pegmatito. Os granitos, que estão em maior quantidade na área de estudo formaram-se na Orogenia Hercínia, principalmente na terceira fase de deformação, que originou grandes massas graníticas (Moreira e Simões, 1988). O granito de Serra Amarela é do tipo Sin a Tardi hercínico (fase 3), e o granito do Gerês e de Monção é tardi a Pós hercínico (fase 3) com origem no Carbónico Superior (Moreira e Simões, 1988). Este é *“(...) um granito porfiróide de grão grosseiro a médio, essencialmente biotítico que por ser tardio se dispõe em grandes blocos, originando a disjunção de blocos característica da área da N^a Sr^a da Peneda”* (Moreira e Simões, 1988).

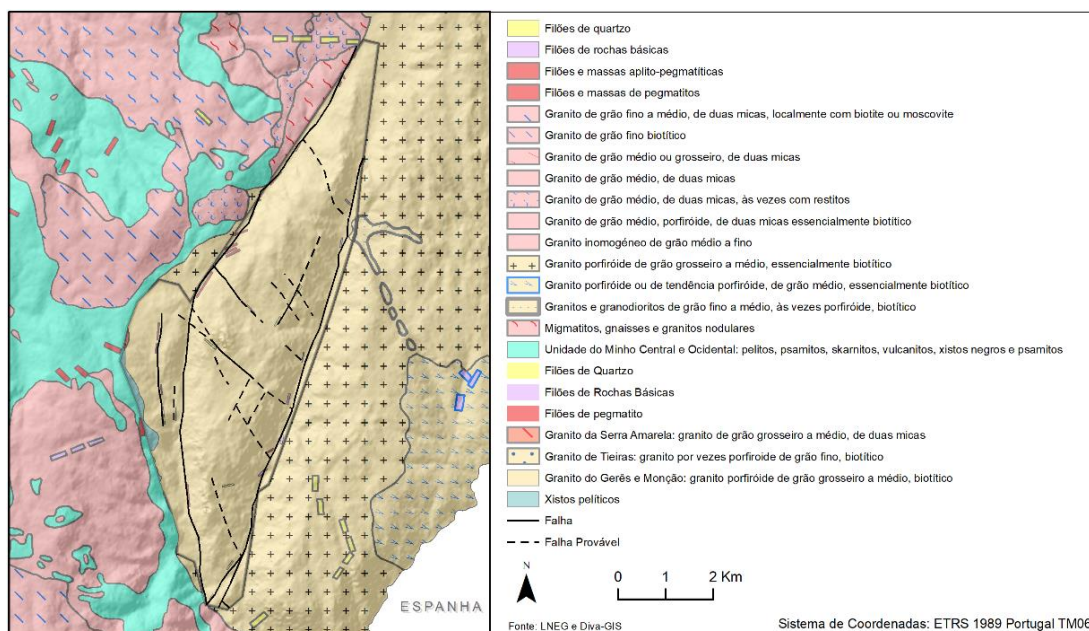


Figura 4. Mapa geológico da área de estudo

A convergência da África e Ibéria ao longo da fratura Açores-Gibraltar e a divergência produzida pela abertura do oceano Atlântico vão estabelecer características tectónicas ao noroeste português, resultando este num esquema de compressão moderada intracontinental. (Ribeiro *et al*, 1996).

É no Miocénico (mais especificamente, no Tortoniano) em que ocorre um rejeito no regime compressivo português, reativando falhas subverticais, cavalgamentos e falhas inversas NE-SW e os desligamentos tardi-hercínicos. É no Neogénico que ocorrem movimentos compressivos, que provocam o rompimento crustal ao longo das Zonas de Cisalhamento Verín-Régua-Penacova e Bragança-Vilariça-Manteigas (De Vicente, 2007). Esta fracturação movimentou os blocos assimetricamente, formando uma estrutura caracterizada por caudas de cavalo (blocos ramificados e movimentados). É através da movimentação nas zonas de cisalhamento referidas anteriormente, que vão ser provocadas as “*formações de relevos positivos e negativos*”, constituindo-se por “*depressões alongadas de forma sigmoidada, com um aspeto estirado e direção norteada*”. (Gomes, 2008, p.297)

Relativamente aos acidentes tectónicos com evidências de movimentação recente do Noroeste de Portugal, estes estão condicionados por três aspetos importantes: a pobre conservação e descontinuidade dos níveis de erosão, a inexistência de depósitos terciários, e a incomum evolução dos declives nas áreas graníticas. Estas características tornam complexo a distinção entre as escarpas de falhas e os declives erosivos originados por fraturas antigas (Ferreira, 1991, p.82). Sendo que, abordando a evolução geomorfológica do Quaternário, é necessário ter em conta que as características que marcam este período correspondem à formação de terraços fluviais, de glaciares nas montanhas mais elevadas, de depósitos fluviomarinhos e pela acumulação de sedimentos numa

faixa estreita do mar. Como referido anteriormente, a região minhota apresenta características distintas, relativamente à configuração dos vales tanto a Oeste como a Este. Segundo Brum Ferreira (1991), este contraste, reflete-se numa importante subida do bloco oriental minhoto comparativamente com o bloco ocidental. Assim, como a abertura dos vales ocidentais é comparada à configuração das Rias da Galiza, este facto constitui uma antiga hipótese relativa à subsidência Quaternária do Ocidente da Galiza comparada com o Minho Ocidental (Ferreira, 1991, p.82-83).

Neste seguimento, a área em estudo está fortemente influenciada pela dinâmica tectónica, muito perceptível pelo contorno da vertente a oeste do Vale da Peneda. Para entender os processos associados é necessário compreender também a sua terminologia. Segundo o glossário de falhas e outras redes de fraturas (Peacock *et al*, 2016, p. 20), uma falha consiste num deslocamento ou quebra no estrato, em que são apresentados sinais óbvios dos movimentos diferenciais do substrato rochosos em ambos os lados. Relativamente ao termo fratura, define-se por ser uma *“estrutura formada por extensão ou cisalhamento”* cuja origem da descontinuidade na rocha é desconhecida (Peacock *et al*, 2016, p.20). Quanto a diáclase, é definido como uma fenda ou uma fissura que intersecta uma massa rochosa, ocorrendo geralmente em conjuntos de planos paralelos dividindo a massa em blocos mais ou menos regulares (Peacock *et al*, 2016, p. 21-22).

Na figura 5 é possível observar a complexa rede de falhas, fraturas e diáclases existentes na área de estudo. Esta influencia vigorosamente a rede hidrográfica e os fenómenos geomorfológicos condicionando a sua direção. Desta forma, é de salientar que *“As áreas tectonicamente ativas influenciam a evolução dinâmica da topografia resultando em interações complexas entre a deformação e os processos da superfície (erosão, transporte e sedimentação). Em consequência, as estruturas geomorfológicas, estruturais e sedimentares específicas vão se desenvolver de acordo com o contexto geológico”* (Graveleau F. *et al*, 2015, p.1). Normalmente, para a reconstrução de paisagens anteriores são procurados locais com falhas, especialmente na topografia, leques aluviais, terraços, redes de drenagem e leitos dos rios (Graveleau F. *et al*, 2015, p.2). Esta dinâmica presente nestes elementos geomorfológicos será referida posteriormente no estudo, relacionada com a presença dos leques aluviais e terraços fluviais.

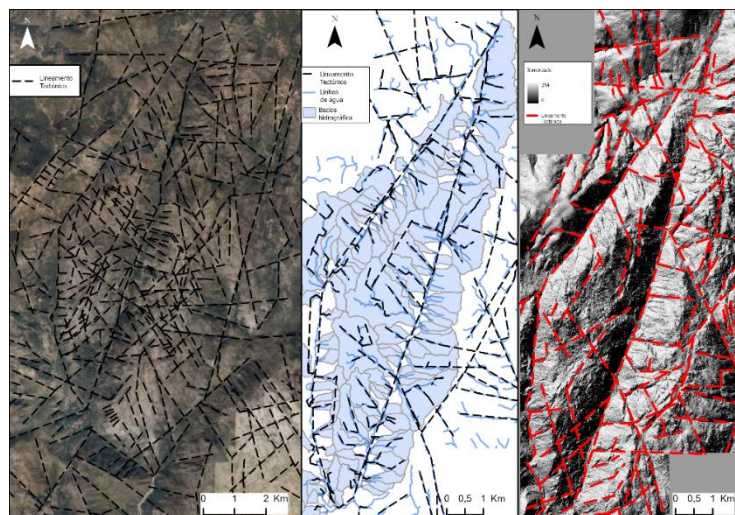


Figura 5. Lineamentos Tectónicos interpretados através de um basemap, dos cursos de água e hillshade(sombreado).

3. Materiais e Métodos

Para a realização deste estudo, foi necessário o uso de diversas fontes de dados expressas na tabela 1, das quais grande parte é de acesso livre e gratuito disponível online.

Tabela 1. Descrição dos dados usados.

DADOS	TIPO	RESOLUÇÃO	FONTE
INVENTÁRIO LEQUES ALUVIAIS	Vetorial	-	Google Earth Pro, Flickr https://www.flickr.com/ , Wikiloc https://pt.wikiloc.com/
CARTOGRAFIA (ALOS-PALSAR)	Raster	12,5m	ASF Data Search https://search.asf.alaska.edu/#/
ESTAÇÕES HIDROMÉTRICAS/METEOROLÓGICAS	Vetorial	-	SNIRH https://snirh.apambiente.pt/
COS (2018)	Vetorial	-	SNIG https://snig.dgterritorio.gov.pt/
GEOLOGIA 1:200000 (FOLHA1)	Vetorial	-	LNEG https://geoportal.lneg.pt/mapa/#
GEOLOGIA 1.50000 (FOLHA 01B+ 01D)	Raster	-	LNEG https://geoportal.lneg.pt/pt/dados_abertos/servicos_wms/
DADOS LIDAR	Raster	0,5cm	CIM Alto Minho

Na figura 6, é possível ver a estruturação do estudo realizado, seguindo a sequência de etapas: recolha de dados, tratamento de dados e por fim os resultados.

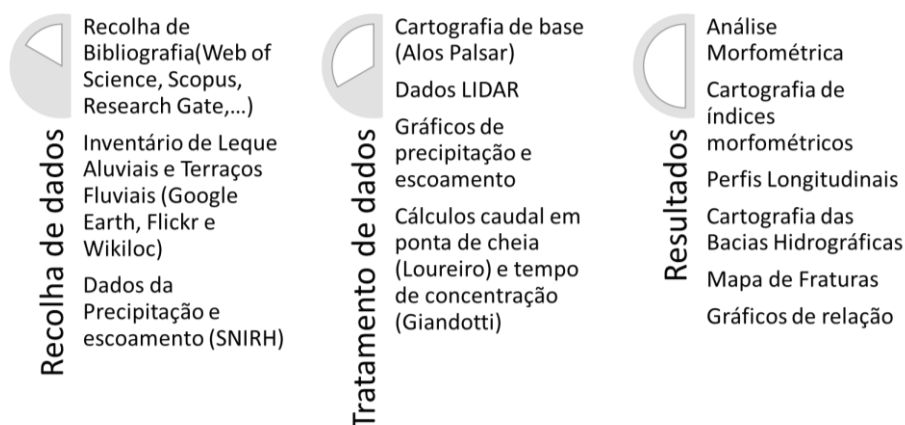


Figura 6. Etapas do Projeto

Para a elaboração da cartografia de base foi escolhido o ALOS PALSAR como MDT, devido à sua melhor resolução (figura 2) em comparação com outros MDTs disponíveis. Apesar dos dados LIDAR permitirem construir um MDT e/ou um MDS, foi apenas construído o MDT pois a análise realizada é concentrada em fatores naturais, tendo maior interesse as características do terreno. Embora possa influir na área antrópica, a cartografia efetuada à base de características do terreno e depois relacionada com possíveis consequências à população e edificado numa perspectiva de ordenamento do território.

Para a elaboração da análise morfométrica e cálculos das bacias hidrográficas, teve-se em conta os trabalhos de Kanhaiya *et al.* (2018), Christofolletti (1980) e Mata (2016). Para o cálculo dos caudais de ponta de cheia foram calculadas duas fórmulas, Giandotti (Lencastre, 1984) e Loureiro (Lencastre, 1984), mas apenas foi utilizada a fórmula de Loureiro. Isto porque, a fórmula de Giandotti é calculada para bacias com grandes áreas, que não é o caso deste estudo.

4. Resultados

“As vertentes constituem partes integrantes das bacias hidrográficas e não podem ser descritas de modo integral sem que se faça considerações a propósito das relações entre elas e a rede hidrográfica” (Christofolletti, 1980, p.59). O estudo deste trabalho passa por compreender a dinâmica existente nas vertentes e a sua interação com a rede hidrográfica. Para isso, é necessário assimilar os conceitos inerentes ao conceito de vertente, isto é, processos morfogenéticos e sua morfogénese.

Os processos morfogenéticos são responsáveis pela configuração das formas de relevo. Estes resultam das ações externas à vertente e atuam em conjunto com distintos graus de intensidade. Estes constituem-se como, meteorização ou intemperismo que provocam a criação de detritos que irão ser erodidos, sendo o principal motivo da movimentação dos fragmentos rochosos pela vertente (Christofolletti A, 1980, p.27). Dentro desta categoria pode ser distinguido a meteorização química, responsável pela decomposição química das rochas e a meteorização física, que corresponde a movimentos mecânicos ocorridos na superfície rochosa. Na continuação dos processos morfogenéticos englobam-se ainda os movimentos de rególito, os processos morfogenéticos pluviais e a ação biológica (Christofolletti A, 1980, p.27). Os movimentos do rególito dizem respeito ao movimento gravitacional das partículas rochosas pela vertente abaixo, sendo que os processos mais importantes consistem no rastejamento/creep, solifluxão/fluxo de lama, avalanches, deslizamentos e desmoronamentos (Christofolletti, 1980, p.29). A ação biológica corresponde à ação dos seres vivos, nomeadamente plantas e animais que influenciam modelação do relevo (Christofolletti, 1980, p.31).

A compreensão do processo morfogenético fluvial tem importância para este estudo e dos mais importantes para modelação das vertentes. Neste processo é necessário salientar os procedimentos relativos à ação mecânica das chuvas e o escoamento pluvial, sendo que o primeiro impacto erosivo é provocado pela ação mecânica das chuvas, denominado de *splash* ou salpicos. Este promove a movimentação de partículas na vertente e o deslocamento das partículas do topo para o sopé (Christofolletti, 1980, p.30).

“O processo de transporte mais importante é o escoamento pluvial, que começa a aparecer quando a quantidade de água precipitada é maior que a velocidade de infiltração” (Christofolletti, 1980, p.30). É necessário distinguir os conceitos de escoamento pluvial difuso e escoamento pluvial concentrado para uma melhor compreensão dos processos ocorridos nas encostas das vertentes. O escoamento difuso apresenta águas que não correm com hierarquia e fixação dos leitos juntando-se constantemente, isto é, este tipo de escoamento não apresenta águas concentradas ao ponto de ter um leito fixo, podem não correr sempre no mesmo sítio (Christofolletti, 1980, p.30).

Já o escoamento concentrado, com uma maior quantidade água vai apresentar uma maior competência erosiva e um curso de água é fixo, este com maior capacidade erosiva vai marcar de erosão no relevo (Christofolletti, 1980, p.30). Salienta-se que as vertentes que apresentam uma menor cobertura vegetal vão ter um escoamento concentrado, contrariamente, as vertentes cobertas de vegetação principalmente floresta apresentam um escoamento difuso. Assim, como a probabilidade de ravinamento é menor em vertentes com escoamento difuso e com vasta cobertura vegetal.

Neste ponto, é importante salientar os valores de precipitação que a área de estudo apresenta (Figura 7), que comparado estes com outras áreas de grande pluviosidade pode-se afirmar que estes são valores extremos de precipitação. Os dados retirados, comparados com regiões que se situam nos trópicos que normalmente apresentam elevados regimes de pluviosidade, como são os casos dos municípios do Amazonas, Benjamin Constant e Manaus, com valores respetivamente, de precipitação máxima mensal de 316,3mm no mês Janeiro e 350,4mm no mês Abril (Nascimento, 2009, p. 6). Estes valores por si só terão grande influência na dinâmica geomorfológica recente e antiga das bacias e da rede hidrográfica.

Em comparação com os valores dados como exemplo anteriormente, pelos dados pluviométricos retirados das Estações Meteorológicas e Hidrométricas, da Peneda (a 697m de altitude), da Bouça dos Homens (a 1044m de altitude) e Tibo da Gavieira (a 559m de altitude) foi possível comprovar os valores extremos de precipitação (Figura 7).

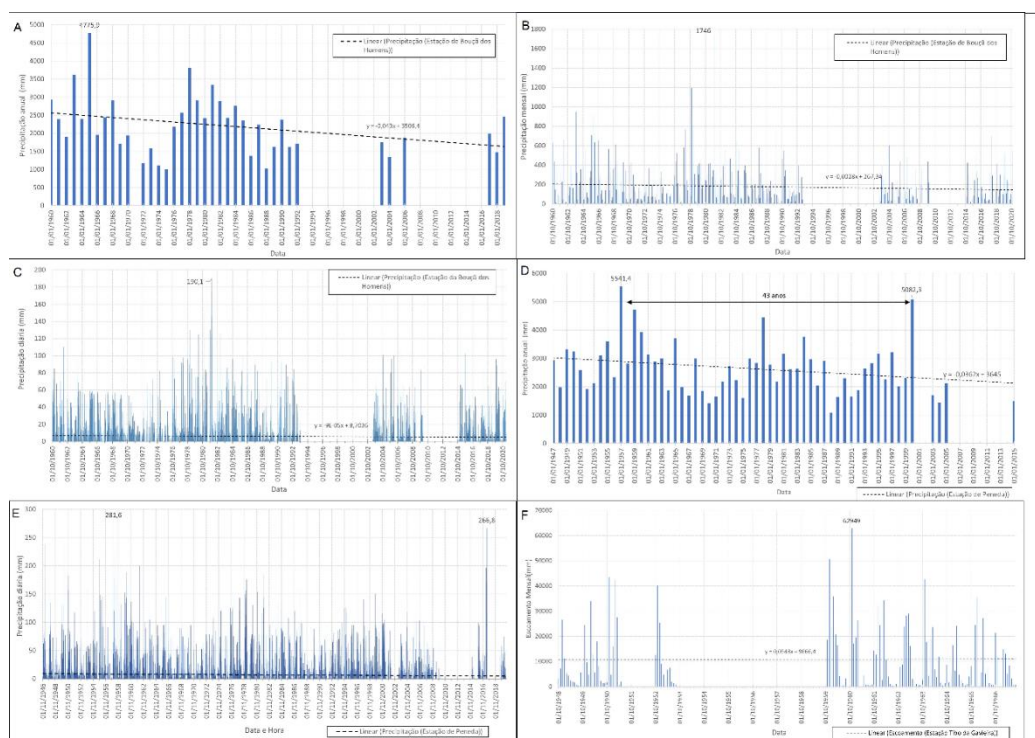


Figura 7. A- Precipitação anual de 1960 a 2013 na estação de Bouça dos Homens; B- Precipitação mensal de 1960 a 2020 na estação Bouça dos Homens; C- Precipitação diária de 1960 a 2020 na Estação de Bouça dos Homens; D- Precipitação anual de 1947 a 2015 na estação da Peneda; E- Precipitação diária de 1946 a 2018 na Estação da Peneda; F- Escoamento Mensal de 1948 a 1966 na Estação Tibo da Gavieira.

A Estação da Peneda (1946 - 2020) apresenta valores de precipitação diária com valores máximos de 281,6 mm (28/01/1958) e 266,8 mm (18/06/2017), e pela análise do gráfico (figura 7E) é possível reparar que existem mais valores acima dos 150mm de precipitação diária. Relativamente aos valores de precipitação anual (Figura 7A), na estação de Bouça dos Homens registou 4775,9mm no ano de 1965, o que resultou aprox. em ca. de 300 mm de precipitação mensal nesse ano (Figura 7B). Destaca-se por ser o único a atingir esse máximo, mas apresenta vários anos acima dos 2500mm, o que já é um valor bastante elevado. Ainda na estação anterior o máximo registado foi 1746mm no ano de 1981 de precipitação mensal, o que não corresponde ao ano com maior precipitação. No entanto é possível perceber que o mês de dezembro contribui para mais de metade do valor da precipitação anual de 1982 (medição de 1981 é de outubro, por isso tem que se considerar 1982), ou seja, foi um mês com precipitação de grande intensidade. No que toca à precipitação anual da Estação da Peneda (Figura 7D), esta apresenta dois extremos 5541,4mm em 1957, e 5082,3mm em 2000. Sendo que esta apresenta um período de retorno de 43 anos, o que quer dizer que estes valores não são tão recorrentes, mas poderão ser atingidos novamente em condições de eventos extremos. Na estação hidrométrica de Tibo da Gavieira foram registados valores de escoamento mensal (Figura 7F), sendo que o valor mais elevado registado foi de 62949mm no ano de 1981. Assim como neste ano, há vários valores acima dos 4000mm mensais, salientando-se que esta estação mede os valores de escoamento da bacia hidrográfica do Rio Peneda. Apesar dos valores terem descontinuidade, presume-se que se

ocorrerem valores extremos deste tipo poderão originar cheias, enxurradas e deslizamentos de vertente numa área muito propensa para este tipo de processos danosos.

Como já referido anteriormente, é possível afirmar que durante os meses húmidos, a precipitação é mais elevada sendo que este fator vai aumentar a competência, capacidade e caudal do curso de água, logo o poder de erosão vai aumentar. Nos meses secos, o caudal do rio vai diminuir levando à diminuição da sua capacidade erosiva. A competência do curso de água vai levar a que este arraste consigo "(...) *uma grande quantidade de materiais aluviais mediante por ação hidráulica, chegando a deslocar até dezenas de metros alguns dos grandes blocos graníticos depositados nos seus leitos*"(ICNF, 2008, p.28). Devido a estas ação erosiva extrema, é possível identificar na área a presença formas fluviais como pias e marmitas de gigante (Figura 8) ao longo do curso de água.



Figura 8 - Marmitas de gigante (UMinho - <http://www.dct.uminho.pt/pnpg/trilhos/pitoees/paragem6/marmitas.html>).

1.Características da rede hidrográfica

A drenagem de um rio é constituída por um conjunto de canais de escoamento, estes interligam-se e formam a rede de drenagem. Esta é estabelecida pela área drenada de um determinado curso de água ou conjunto. A área ocupada pela bacia vai ser definida pelo caudal dos cursos de água e o seu regime, assim como pelos processos de evapotranspiração e infiltração (Christofolletti, 1980, p.102).

As bacias de drenagem podem ser exorreicas, endorreicas, arreicas, criptorreicas (Christofolletti, 1980, p.102). Sendo que as bacias em estudo são todas exorreicas pois os escoamentos destas faz-se de modo contínuo para o oceano Atlântico. Relativamente aos padrões de drenagem, estes podem ser definidos como a estruturação que os cursos de água apresentam espacialmente. O arranjo vai ser influenciado pela sua atividade, morfogenética, litologia declive e evolução geomorfológica (Christofolletti, 1980, p.103).

Segundo o critério geométrico, os tipos de padrões de drenagem podem ser os seguintes (Christofolletti, 1980, p.105): drenagem dendrítica, em treliça, retangular, paralela, radial, anelar e irregulares (Figura 9). O padrão de drenagem da nossa área de estudo é essencialmente paralelo, apesar de haver bastantes rios tributários com características de drenagem retangular e dendrítica. Isso é possível observar através das figuras 12A e 14, os cursos tributários em que principalmente nas vertentes do vale da Peneda apresentam uma tendência para tirem umas ramificações, características

de um padrão de drenagem dendrítica. Assim como é notável um ligeiro aspeto ortogonal no início de certos cursos de água, característico de padrões de drenagem retangular. Quanto à drenagem paralela, esta apresenta uma área considerável em que os cursos de água escoam quase paralelamente uns entre os outros. "Este tipo de drenagem localiza-se em áreas onde há presença de vertentes com declividades acentuadas ou onde existem controles estruturais que motivam a ocorrência de espaçamento regular, quase paralelo, das correntes fluviais" (Christofolletti, 1980, p.105).

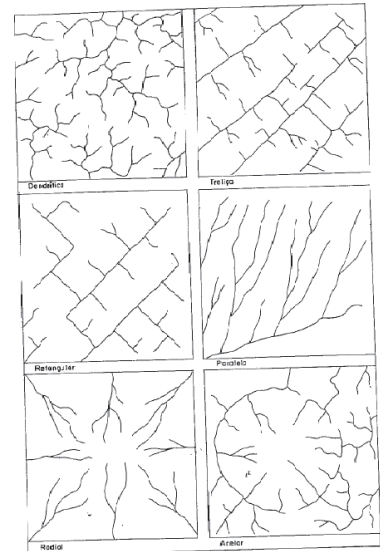


Figura 9 – Padrões de drenagem (Adaptado de Christofolletti, 1980)

2. Perfis Longitudinais e conceitos associados

Para uma melhor compreensão dos conceitos ligados à geomorfologia fluvial, como o Perfil Longitudinal (Figura 10), os Knickpoints (Figura 11.3), o Nível de base (Figura 11.1) e a Erosão remontante (Figura 11.2), e suas relações com a bacia hidrográfica e rede, aborda-se os mesmos de forma sumária.

“Os Knickpoints (Kps) referem-se a determinados pontos do perfil longitudinal do rio onde ocorre uma mudança drástica no declive do rio estando interligados com a evolução do perfil longitudinal dos rios.” (Goudie, 2004) (Figura 11.3).

Um “(...) perfil longitudinal corresponde a um gráfico que estabelece a relação entre a altitude e o comprimento ao longo de um curso de água. Ao estabelecer esta relação, obtém-se uma visão transversal do curso de água, desde a sua cabeceira até à foz.” (Goudie, 2004; Poehls, 2009). Este pode ainda informar relativamente ao nível de base do rio, regional ou local, sendo que “regionalmente, o nível de base de um curso de água é o oceano e um lago, por exemplo; o nível de base local pode ser o mar (se o rio é costeiro), um lago ou um rio onde um afluente desague” (Dingman, 2009).

O perfil longitudinal pode ainda apresentar quatro gêneros distintos (côncavos, convexo, retilíneo e em equilíbrio), estes são influenciados pelas características dos cursos de águas de montante até jusante, que se irá refletir na forma da curvatura do perfil (Figura 10). Quando a curva do perfil é côncava, o perfil apresenta uma certa inclinação da vertente a montante do rio, tendo esta tendência para a

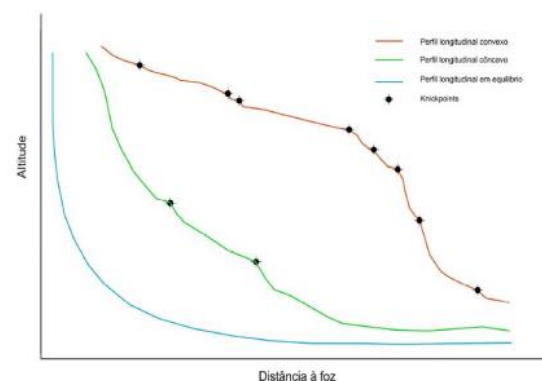


Figura 10 – Representação de um perfil convexa, côncava e em equilíbrio (Adaptado de Anderson, 2008)

diminuição da curvatura à medida que se prossegue para jusante. Já um perfil convexo, quando a curvatura apresenta uma saliência, mostra um certo desequilíbrio no transporte de sedimentos do curso de água assim como a sua capacidade de erosão que posteriormente se relaciona com um desequilíbrio das condições de instabilidade do rio. O perfil de equilíbrio quando apresenta uma forma em L, em que a curvatura não possui descontinuidades significativas (*Kps*), o que significa que o rio apresenta um processo de transporte de sedimentos significativo (Ferreira, 2010, p.19). (Fig.11)

Tanto o perfil côncavo como os convexos apresentam certas irregularidades nas suas curvaturas, representando descontinuidades no declive. Estas ruturas são denominadas de *Kps* e podem ser explicadas por diversos fatores característicos de um curso de águas, como a capacidade de erosão. Esses fatores que são responsáveis pelo formato da curvatura no perfil longitudinal podem ser fatores locais.

Os fatores gerais ou globais levam em consideração a incisão fluvial que nos dá informação relativamente ao tempo de ação erosiva do curso de água. A incisão fluvial pode surgir como explicação de alteração do curso de água, podendo ser resultado de mudanças climáticas, de movimentos eustáticos e tectónicos (Anthony, 2007). Os fatores associados a esse tipo de mudanças são a área da bacia, o caudal do rio e a sua carga sedimentar, quanto maior a área drenada pela bacia maior será o caudal e transporte de quantidade de sedimentos (Araújo, 2017, p.31).

Os fatores locais estão ligados a características de uma incidência restrita da área de estudo, como por exemplo a litologia da área, os movimentos tectónicos (falhas, carreamentos...) e condições climáticas a que este está exposto. Quando o substrato é composto por rochas mais resistentes, como se constatará em algumas cascatas estudadas, o perfil tende a ser mais convexo. Isto deve-se ao facto de que a ação erosiva do curso de água não é suficiente para erodir essas rochas mais resistentes, entavando a progressão da erosão remontante. Quando o perfil está relacionado com movimentação tectónica, como um soerguimento de um bloco, o curso de água por vezes não consegue acompanhar a mudança no perfil, assumindo este uma forma convexa. No caso da influência das condições climáticas, é de especial importância a precipitação total e a forma como ocorre durante o ano – concentrada ou distribuída, sendo que quando esta é abundante o caudal aumenta (Araújo, 2017, p.31). Consequentemente, com o aumento do caudal a ação erosiva do curso de água vai aumentar. É relevante referir que todos os cursos de água procuram atingir o denominado perfil de equilíbrio pelos seus agentes de erosão e caudal do rio associado à precipitação e área de drenagem da bacia (Araújo, 2017, p.31-32). Dado que estes se encontram muito próximos do seu perfil de equilíbrio, imagina-se que estes estão por de trás de escalar temporais de milhões a centenas de milhares de anos (Martins

et al, 2012, p.5) por esta razão são um dos mais importantes indicadores da evolução dos vales e da paisagem.

Relativamente ao nível de base do rio (Figura 11.1), como o nome indica, constitui-se como o nível mínimo a que este pode fluir. Normalmente é considerado como nível de base o mar que serve como estimativa para a maioria dos grandes rios exorreicos. Contudo, os rios principais podem influenciar o nível de base dos afluentes, o nível de base local). Este, pode variar ao longo do tempo, e as suas variações podem resultar de atividade tectónica, alterações do nível do mar e/ou da ocorrência de capturas entre bacias (Araújo, 2017, p.33).

No que toca ao conceito de erosão remontante (Figura 11.2), relaciona-se com a ação de escavação do rio que vai recuando para montante. Este processo explica o recuo de *knickpoints*, pois estes ao longo do tempo vão recuando progressivamente para montante. Isto ocorre pelo facto do impacto que a queda de água tem no fundo do leito do rio, que com o passar do tempo vai desgastando a rocha. Enquanto se dá este processo, as camadas superiores sem suporte, acabam por ceder fazendo com que o *knickpoint* retroceda. (Araújo, 2017, p. 35).

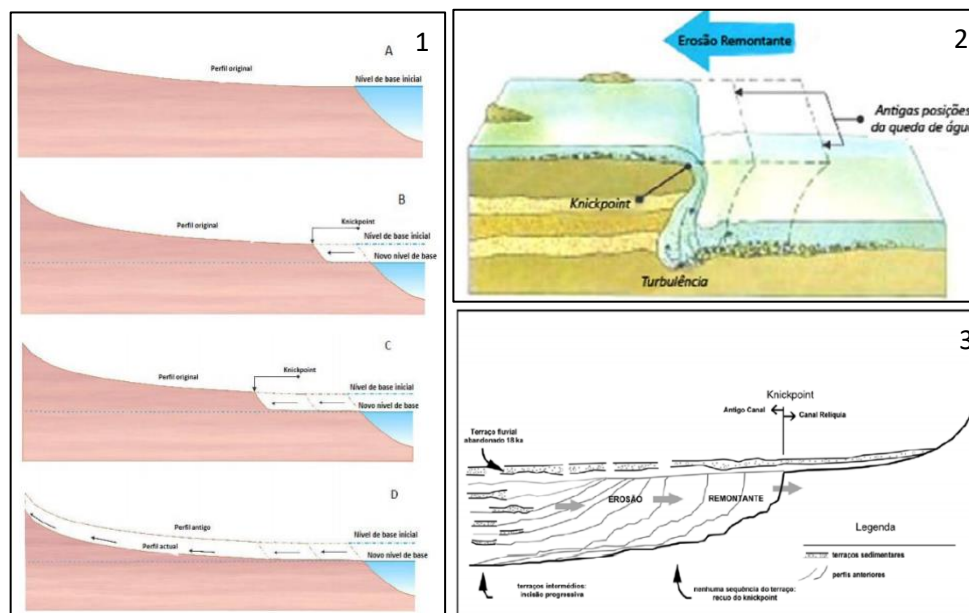


Figura 11. 1. Representação da mudança de base (Adaptado de Tüys, s.d.); 2. Erosão remontante influenciando o recuo do *kps* (Adaptado de Tüys, s.d.); 3. Representação do recuo de um *knickpoint* e consequente mudança do perfil longitudinal (Adaptado de Anderson, 2008).

Para este estudo foram executados seis perfis longitudinais, mais especificamente para as bacias de maior área, e que provavelmente são as que exercem maior influência na dinâmica geomorfológica da área, assim como também foram realizados para os rios principais das bacias dos rios Peneda e Pomba.

O perfil longitudinal correspondente à bacia 85 (figura 12D) demonstra na parte inicial deste curso de água uma possível correspondência com um perfil relíquia. Isto é, pertencente a outras dinâmicas antigas, nomeadamente a um ciclo erosivo que não é o atual. Assim como é possível atribuir a este perfil a tipologia de convexo logo a partir da rutura de declive (figura 3B), revelando condicionamento por falha, como é possível observar pelos lineamentos tectónicos presentes na figura 5. Este ainda apresenta um ciclo erosivo forte, evidenciado pela sua curvatura, em que o rio trabalha para alcançar o seu perfil de equilíbrio.

O perfil longitudinal da bacia 95 (figura 12F), uma configuração diferente da anterior, sendo que inicialmente aparenta ser côncavo devido à sua curvatura. E seguidamente, após o segundo *knickpoint*, é convexo, mostrando que vai erodir mais para chegar ao seu perfil de equilíbrio. Quanto ao perfil longitudinal da bacia 111 (figura 12G), este apresenta-se inicialmente côncavo com um enorme desnível, seguindo-se de uma tipologia mais aparente de perfil de equilíbrio. O forte desnível relaciona-se com este tipo de perfil, sendo que a tendência do curso de água com este tipo de perfil será erodir a montante do mesmo desde a base da vertente.

O perfil longitudinal da bacia 109 (figura 12I) apresenta inicialmente uma curvatura convexa seguindo-se de um *knickpoint* e um forte desnível resultando assim um perfil côncavo. Esta tipologia final está a caminhar para perfil de equilíbrio apesar de ainda estar com forte erosão. Estes perfis analisados anteriormente, apesar de algumas diferenças, estes acabam por ser parecidos, pois trata-se de cursos de água influenciados pela dinâmica da vertente e pelos fortes declives.

O perfil longitudinal do rio Peneda (figura 12H), inicialmente apresenta uma curvatura côncava, seguindo-se por uma tipologia quase retilínea. Isto explica-se pelo fator de haver uma falha em toda a extensão deste rio, como se pode observar nas figuras 4, 5 e 12A, que provavelmente condiciona e controla este curso de água. Este tipo de perfil mostra que este já se encontra bastante erodido estando quase a atingir um perfil de equilíbrio. Por fim, o perfil longitudinal do rio Pomba (figura 12E) parece estar composto por várias partes que seriam convexas e côncavas sequencialmente e no fim do curso de água, um perfil de equilíbrio. Este perfil parece influenciado por falhas, no entanto, com um comportamento ligeiramente distinto, já que neste curso de água, existem meandros (Figura 5 e 12A), que resultam do acúmulo de sedimentos numa margem do curso de água, sendo que estes sedimentos podem advir das bacias hidrográficas presente ao longo da vertente. O rio Peneda poderá estar numa fase mais avançada do processo de erosão e por isso não ter um perfil com sucessivas curvaturas convexas e côncavas como no rio Pomba.

3. Análise Morfométrica das Bacias

“As relações morfométricas, a geomorfologia e o relevo propriamente ditos expressam a taxa de deflúvio, isto é, sobre o regime de produção de água, consequentemente sobre a taxa de sedimentação.” (Maciel, 2015, p.1355).

Através de um conjunto de parâmetros morfométricos, como o conhecimento das características do relevo é possível analisar e interpretar numericamente as irregularidades do terreno que vão condicionar posteriormente o comportamento hidrográfico da área, bem como a movimentação dos materiais nas vertentes. A caracterização do relevo vai se basear, no critério de subdivisão topográfica e respectivas características, definindo em setores, a bacia alta que corresponde à área de recepção, bacia média associada aos canais de escoamento e bacia baixa relacionado com formações aluviais (leques). (Mata, 2016, p.27-29).

É importante ter em conta o conceito de hierarquia fluvial, que corresponde ao processo de classificação de determinado curso de água ou área drenada associada ao mesmo no conjunto total da bacia hidrográfica. A hierarquização dos cursos de água tem como principal objetivo, tornar mais simples os estudos morfométricos. Os métodos mais utilizados para a hierarquização fluvial são os métodos de Horton, Strahler, Scheidegger e Schreve. Para este estudo morfométrico das bacias foi usado o método de Strahler, que consiste na atribuição de primeira ordem aos canais menores sem tributários; os canais de segunda ordem, surgem dada confluência de dois canais de primeira ordem e só apresentam afluentes de primeira ordem. Quanto aos cursos de terceira ordem surgem com a confluência de dois canais de segunda ordem, estes podem receber afluentes de segunda e terceira ordem, o processo continua assim sucessivamente (Christofolletti, 1980, p.106-107).

“Morfometria é a medida e análise matemática da configuração da superfície terrestre, forma e dimensão. A análise morfométrica abrange a medida linear, área e os aspetos de relevo da bacia e o seu declive desde a sua origem à confluência.” (Clarke, 1966; Nag & Chakraborty, 2003 in Kanhaiya et al 2018, p.469). Os parâmetros de medida morfométrica podem variar de acordo com o objetivo do estudo, sendo que foram selecionados os mais relevantes. Os parâmetros geométricos calculados foram Área de drenagem (área drenada pela bacia), Perímetro (perímetro da bacia), Comprimento máximo da bacia, Coeficiente de Compacidade (relação entre o perímetro e área drenada, em que o coeficiente = 1 representa uma bacia circular e o coeficiente > 1 representa uma bacia alongada), Índice de Circularidade (relação entre a área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da bacia). Dentro dos parâmetros de relevo estão inseridos, o Índice de Rugosidade (produto entre a amplitude topográfica e a densidade de drenagem).

Nos parâmetros da Rede Hidrográfica foram calculados o Comprimento Total da Rede de Drenagem (soma de todos os comprimentos), Densidade de Drenagem (relação entre o comprimento total dos canais e a área da bacia), Densidade Hidrográfica (relação entre quantidade de rios e a área da bacia), Relação de bifurcação (define o grau de dissecação da bacia hidrográfica, isto é um quanto maior for o índice de bifurcação maior será o grau de dissecação, normalmente quando o valor é menor que 2 vai corresponder a um relevo característico de colinas) e Coeficiente de Torrencialidade (relacionado com a ocorrência de inundação, quanto maior for o valor do coeficiente maior é a tendência para inundação)(Pereira *et al.*, 2015).

A bacia do rio Peneda (figura 14 e 16) abrange uma área de 21,58 km², com um perímetro de 30,20 km e um comprimento máximo de 9,48 km. Esta tem um total de 165 tributários sendo que grande parte deles de 1ª ordem segundo a hierarquização de Strahler. Além destes parâmetros geométricos, obteve-se um valor de 1,82 e 0,30 de coeficiente de compacidade e de índice de circularidade respectivamente, o que indica que a bacia tem uma forma mais alongada, sendo assim uma bacia que, em eventos de muita pluviosidade, atinge picos mais rapidamente e não progressivamente como em uma bacia mais circular.

Em termos de relevo da bacia, apresenta uma altitude mínima de 459,22 m e uma altitude máxima de 1314,57m tendo assim uma considerável diferença altimétrica de 855,35m, demonstrando que esta bacia tem um relevo bastante abrupto cujo escoamento deve ser consideravelmente rápido, dado a sua forma e relevo com grande declive e altimetria contrastante, e ainda ser favorável à erosão. O índice de rugosidade apresenta um valor elevado de 268,74 que reforça o dito anteriormente e designa que esta poderá ter um maior risco de degradação. Outro fator a ter em consideração quanto ao relevo das bacias, é a textura topográfica que por ser inferior a 4, demonstra que a textura da bacia é grosseira e desta forma os rios pouco esculpidos (Pereira *et al.*, 2015).

Quanto aos parâmetros da Rede de Drenagem, a rede de drenagem da bacia do rio Peneda caracteriza-se por ter um total de 68,67km e é composta por uma hierarquização de 4 ordens, o que reflete que esta é pouco ramificada. Por conseguinte, isto poderá ter implicações na utilização do solo e vulnerabilidades associadas aos recursos hídricos (Pereira *et al.*, 2015). Em relação à densidade de drenagem, esta apresenta um valor de 3,18 km/km², estando considerada pela classificação de Silva & Mello (2013), muito próxima do limiar considerado para bacias muito bem drenadas com valores de 3,5 km/km². Contrariamente as bacias mal drenadas apresentam um valor de densidade de 0,5km/km², é possível afirmar que este não é o caso da bacia referida. A bacia da Peneda apresenta uma densidade de drenagem elevada, isto devido à elevada precipitação e impermeabilidade da área (Pereira *et al.*, 2015). Associado a este índice, o coeficiente de torrencialidade elucida-nos da

possibilidade de ocorrência de inundações. Desta forma, e complementando com os dados pluviométricos, é possível perceber um elevado risco de cheia nesta área dado que apresenta um coeficiente alto e ainda uma média pluviométrica anual de 2643,61 mm. Relativamente à densidade hidrográfica é bem servida pois tem mais do que um curso de água por km².

Quanto as microbacias (Figura 12A e 17), as maiores áreas obtidas foram 2,25km² (bacia 95), 2,11km² (bacia 1), 1,80km² (bacia 85), 1,44 (bacia 109), 1,41km² (bacia 41), podendo atingir um perímetro máximo de 9km e um comprimento máximo de 2,66km. No que toca ao coeficiente de compacidade os maiores valores obtidos foram as bacias 100 (2,57), 20 (2,24) e 96 (2,20) e grande parte das micro bacias caracterizam-se por ter um valor superior a 1,5 comprovando que esta tem uma forma mais alongada. Relativamente ao índice de circularidade (Figura 5C), os maiores valores obtidos foram 0,62 (bacia 76) e 0,61 (bacia 28), apresentando assim um perfil circular, tendo mais 13 bacias com um valor acima de 0,51. No entanto, grande parte das microbacias tem um índice inferior de 0,51, reforçando que estas são alongadas e consequentemente, atingem o pico mais abruptamente.

Dentro dos parâmetros de relevo, o valor altimétrico menor foi 468,88m de altitude (na bacia 69) e como valor maior 1314,57m (na bacia 32). A maior amplitude obtida foi um desnível 557,37m na bacia 9. Quanto ao índice de rugosidade, tal como se verificou na análise geral da Bacia do Peneda, obtiveram-se valores bastante alto (bacia 100 - 2599,45, bacia 63 - 2093,02, bacia 2 - 1768,25), tendo assim um elevado risco de degradação das bacias.

Relativamente aos parâmetros da rede de drenagem, as microbacias que apresentam maior número de tributários são designadamente as bacias, 95 com 19 afluentes, bacia 85 e 109 com 15 afluentes e a bacia 1 com 12 afluentes. A densidade de drenagem apresenta como valores mais elevados 6,38 na bacia 100, 5,41 na bacia 53 e 4,97 na bacia 69. Como foi afirmado anteriormente, estes são valores muito elevados, sendo estas bacias bem drenadas. Quanto à densidade hidrográfica das microbacias, elas caracterizam-se por ser bastante favoráveis à criação de novos afluentes e por ser bastante bem servida, tendo como valor mínimo 1,68 (bacia 14) e máximo de 37,60 (bacia 107). Relativamente ao coeficiente de torrencialidade foram obtidos como valores máximos os seguintes: 86,86 na bacia 69, 65,87 na bacia 107 e 59,56 na bacia 55. O menor valor obtido foi na bacia 14 com 3,30. Se comparado com o valor apresentado no trabalho de Pereira (2015) e o valor deste coeficiente quanto à bacia da Peneda, as microbacias apresentam uma menor área e valores bem mais superiores. Isto é bastante coerente dado que é uma área com níveis elevados de precipitação e bacias com pouca área para armazenar água, tendo assim maior risco de inundar.

alongadas por ter um índice menor que 0,5 não estão completamente relacionadas com um maior tempo de concentração do caudal dado que se a área for mais pequena, obviamente o tempo será menor.

Tendo em conta o regime hidrológico anteriormente aprofundado, foram calculados os caudais em ponta de cheia, estes são essenciais para saber qual a probabilidade de ocorrer inundações naquela área. Desta forma, para a análise estatística dos valores dos caudais de ponta das sub-bacias foi utilizado o método de Loureiro. A fórmula de Loureiro é expressa pela seguinte expressão: $Q_p = C.A^Z$, sendo Q_p o caudal de ponta de cheia, expresso em m^3/s , C e Z constituem-se como parâmetros regionais, relacionando-se com o período de retorno e área da bacia em km^2 corresponde ao A (Lencastre *et al.*, 1984). O tempo de concentração entende-se como o “tempo que a água demora a atingir a desembocadura ou secção de referência da bacia hidrográfica desde o ponto mais afastado” (Reis E., 2006). Esta fórmula vai apresentar valores mais elevados em bacias estreitas e alongadas e valores mais baixos em bacias arredondadas com altos declives (Ramos C., 2009). Sendo que os valores mais altos registados foram nas bacias 95 com $19,25 m^3/s$ na bacia 1 com $18,4 m^3/s$ e na bacia 85 com $16,5 m^3/s$ (figura 12A, 17).

4. Formas de relevo resultantes da drenagem das bacias

O resultado da interação dos cursos de água com vertentes da área e respetivos materiais vai promover a formação de uma variedade de formas de relevo que resultam dos processos de drenagem das bacias circundantes. O estudo destas formas vai proporcionar uma melhor compreensão da paisagem atual e histórica do território em estudo, desse modo é imprescindível o domínio dos conceitos e processos associados que se seguem.

Leque aluvial define-se como uma *"acumulação cónica e suavemente inclinada de depósitos grosseiros aluviais originada por um fluxo passando por uma agregação abaixo do ponto de emergência de um canal de um vale estreito ou canhão"*. (Strahler, 2013, p. 595). Estas formas de deposição podem surgir tanto em regiões húmidas como áridas, sendo que os maiores leques aluviais se encontram na base de declives onde se encontrem regiões tectonicamente ativas e é nestas que onde os valores de erosão de montanha são muito altos e os sedimentos preenchem os vales. Os leques aluviais menores recebem menos sedimentos logo a acumulação de sedimentos na base é menor (Bierman, 2013, p.237). As deposições de leques aluviais são típicas de bacias fechadas no interior dos continentes (Huggett, p.250, 2017). Assim como, estas podem ter um comprimento de várias dezenas de metros até dezenas de quilómetros (Bowman, 2019). Esta terminologia apresenta o mesmo significado que o termo coluvião e é necessário não equivocar, que coluvião é *"depósito de*

sedimento ou partículas de rocha que são encontradas em encostas mais altas, onde sheet erosion está em progresso, e acumula do fluxo terrestre no base de uma inclinação". (Strahler, 2013, p.599)

Os terraços fluviais constituem-se como patamares aplanados, de larguras diversas limitados por uma escarpa direcionada ao curso de água. Estes retratam antigas planícies de inundação e assim como, estão a determinadas alturas acima do curso de água atual, que mesmo em época de cheias não são recobertos. O abandono da planície de inundação e respetiva formação do terraço pode ser explicado por várias razões, sendo as principais, preenchimento de um vale previamente entalhado, oscilações climáticas que modificam os valores detríticos, entalhamento do curso de água resultante de movimentos tectónicos, maior sobrecarga detrítica ou níveis mais altos de cheias. Dependendo da posição dos terraços em relação às vertentes, podem ser parelhados e isolados. Parelhados quando se dispõem de modo similar ao longo das vertentes do vale, com uma longa planície seguindo-se de um entalhe vertical, enquanto os isolados apresentam um deslocamento do entalhe em direção a uma das bordas (caso dos meandros). (Christofolletti, 1980, p.84).

5. Discussão e Conclusão

Com base nos aspetos mencionados anteriormente, é possível observar que a área em estudo apresenta uma dinâmica acentuada geomorfologicamente. Isto é, os valores de precipitação intensos que ocorrem no vale da Peneda provocam elevado nível de escoamento criando um volumoso e movimentado sistema nas encostas deste vale. Desta forma, os sedimentos resultantes deste escoamento vão se acumulando em áreas específicas do vale, resultando em formas geomorfológicas como leques, terraços e meandros. Através da análise morfométrica foi possível observar que as bacias com maior área exercem grande influência nos sedimentos depositados no vale (figuras 12 e 13). Após a realização dos perfis longitudinais, foi possível analisar que os cursos de água principal das bacias de maior dimensão apresentam uma curvatura que indica que estes têm bastante capacidade erosiva e terão ainda de trabalhar para atingir um perfil de equilíbrio.

Além disto, foi perceptível pelo cálculo do índice de circularidade que grande parte das microbacias apresentam uma configuração alongada, o que incita a que estas atinjam o seu pico mais rapidamente. Este facto está associado com o tempo de concentração obtido, em que nenhuma das bacias leva sequer 1 hora para atingir o pico de cheia. Assim como, a configuração apresentada por algumas bacias alongadas como as destacadas no setor 1 da figura 13, mostra que estas possuem uma configuração diferente das outras bacias do vale. As bacias hidrográficas destacadas dispõem de uma bacia que tem início no interior do planalto e são condicionadas pela fracturação tendo assim uma direção controlada, pelo contrário as outras têm início principalmente na vertente e seguem a sua orientação. Como é possível observar pelo setor 1 da figura 13, as bacias com destaque apresentam

leques e terraços fluviais no final das mesmas o que leva a pensar que, a maior dinâmica sedimentar corresponde ao facto de terem uma configuração alongada, terem início no planalto trazendo maior quantidade sedimentar para o vale e serem controladas por falhas cujo movimento poderá originar maior quantidade sedimentar.

No setor 2 da figura 13, que corresponde ao Santuário da Peneda e respetivo povoamento envolvente, é possível observar que nesta área concentram-se declives elevados e moderados que conjugados com os valores elevados de precipitação, litologia granítica facilmente erodível e condicionamento por falhas poderá dar origem a queda de blocos, deslizamentos e outros processos similares possíveis. A presença de terraços fluviais ao longo deste setor devem ser preservados, nomeadamente pela sua elevada produtividade agrícola que é sustento deste povoamento. Em suma, ao longo do vale são evidentes locais de possível risco para a população podendo originar processos geomorfológicos de risco, que poderão afetar estradas, habitações, bens e a população residente, se o ordenamento de território não for corretamente aplicado.

Na figura 13, o setor 3 também exige uma preservação e conservação elevada, devido aos terraços fluviais aí localizados e devido à concentração de declives elevados e moderados que como referido anteriormente poderão dar origem a queda de blocos e movimentos de vertentes. A figura 6E, mostra o vale da Peneda e em primeiro plano uma vertente com blocos graníticos dispersos. Esta dinâmica deve-se ao facto, de que estas vertentes estão fortemente condicionadas por estruturas falhadas, cuja movimentação vai libertar granitos dos topos das vertentes, fazendo os rolar vertente abaixo com uma certa direção (figura 13F e H). A movimentação de bolas graníticas de grande dimensão, poderá por vezes pôr em risco a população residente nestas vertentes como é o caso ilustrado na figura 13H, em que uma habitação está na direção da queda de blocos. A figura 13G, é um exemplo de blocos graníticos que rolaram pela vertente e que agora estão na confluência dos rios Peneda e Pomba. Com esta figura, confere-se também que há um forte caudal neste rio, ligado aos restos presos nos blocos graníticos.

No PDM de Arcos de Valdevez de 2007, são identificadas algumas áreas com maior necessidade de proteção assim como a existência de restrições no tipo de ocupação do solo. Dito isto, esta insere-se no Plano de Ordenamento do Parque Nacional da Peneda-Gerês (POPNPG) e ainda na Reserva Ecológica Nacional (REN) e Rede Natura 2000 (Zona de Proteção Especial da Serra Gerês e Sítios de Importância Comunitária da Peneda-Gerês). O PDM não faz alusão a qualquer tipo de proteção aos terraços aluviais presentes no vale da Peneda e respetivos campos agrícolas (figuras 6A e 6C). No entanto, é na Planta de Condicionantes da POPNPG e PDM que mostram que estes estão incluídos na Reserva Agrícola Nacional (RAN). Uma das áreas potencialmente de risco de queda de

blocos encontra-se na vertente acima do santuário de N^a Sra. Da Peneda (figura 6B), que é caracterizada por ser um área turístico. Esta área apesar já de ter alguns planos de proteção, ainda apresentam pouca proteção para os riscos que apresenta.

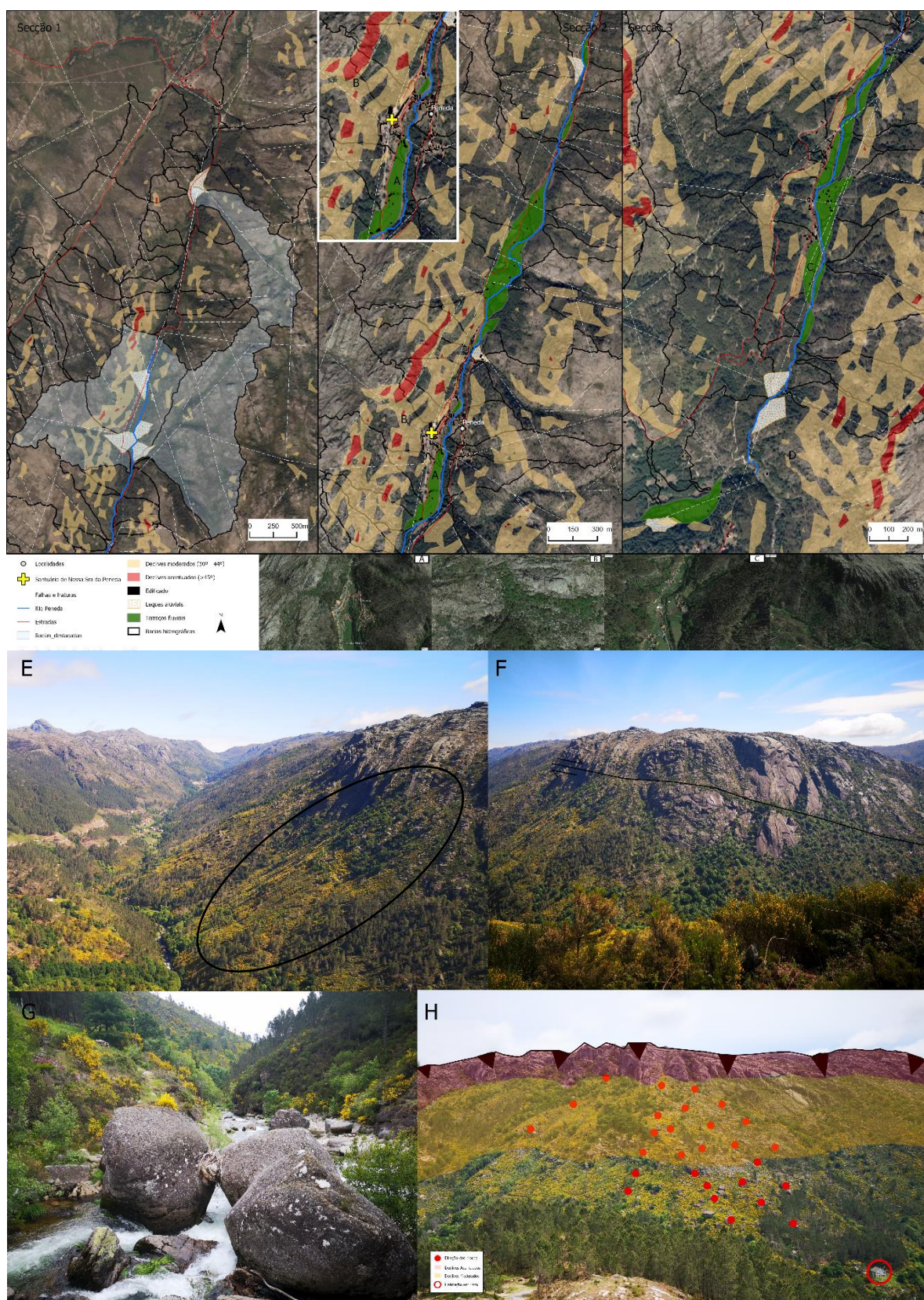


Figura 13 – Setor 1, 2, 3) Representação cartográfica de elementos geomorfológicos e respetiva rede de estradas e edificado do Vale da Peneda; A) Terraços Fluviais da Peneda; B) Queda de Blocos – Santuário da Nossa Sra. Da Peneda; C) Terraços Fluviais do Beleiral D) Queda de Blocos em Tibo; E) Encosta da imagem H (Fonte: Fornecido pelo Professor).; F) Encosta condicionada por estruturas falhadas (Fonte: Fornecido pelo Professor).; G) Blocos na confluência do rio Peneda e rio Pomba (Fonte: Fornecido pelo Professor).; H) Queda de Blocos e habitação em risco (Fonte: Fornecido pelo Professor).

De acordo com os dados obtidos, é possível afirmar que esta área apresenta uma forte dinâmica sedimentar relativamente às microbacias que conjuntamente com uma série de fatores referidos anteriormente (como por exemplo, a fracturação da área) fazem com que esta área seja uma área propensa riscos naturais tanto para a população como para os bens. Assim como, a inclusão desta no PNPG deve ser beneficiada ao máximo no que toca à sua conservação e ordenamento do território. Desta forma, os Planos aplicados nesta área devem estar corretamente articulados entre si, para suprimir as lacunas apontadas anteriormente.

6. Agradecimentos

Para realização deste artigo foi dada orientação e apoio por parte do Professor Alberto Gomes sem o qual não seria possível a concretização do mesmo e à CIM do Alto Minho que forneceu os dados LIDAR para a realização deste trabalho.

7. Bibliografia

- Anderson, T.K. 2008. Inferring bedrock uplift in the Klamath Mountains Province from river profile analysis and digital topography. Faculty of Texas Tech University, Texas, 301 pp.
- Anthony, D.M. and Granger, D.E., 2007. An empirical stream power formulation for knickpoint retreat in Appalachian Plateau fluviokarst. *Journal of Hydrology*, 343(3-4).
- Araújo, M. A. M. (2017). "Análise geomorfológica de quedas d'água na Região de Entre Douro e Vouga e a valorização do recurso perspectiva do Geoturismo."
- Bierman, P. R. (2014). *Key concepts in geomorphology*/Paul R. Bierman y David R. Montgomery (No. 551.41 B54.).
- Bowman, D., 2019. Principles of Alluvial Fan Morphology. Springer <https://doi.org/10.1007/978-94-024-1558-2> 151p.
- Cabral, J. (1995) – Neotectónica em Portugal Continental. Memórias, Instituto Geológico e Mineiro, 31, Lisboa.
- Calicis, E., Silva, António, Marques, Miguel, Martins, Cátia, Pérez Alberti, Augusto, & Gomes, A. (2017). Recurso a orto-imagens de VANT para a identificação e mapeamento dos testemunhos geomorfológicos da glaciação quaternária nas montanhas do Soajo-Peneda, Portugal. In Gomes, A., Teixeira, J., & Soares, L., 8º Congresso Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia 2017: livro de atas. (pp. 203-206). Associação Portuguesa de Geomorfólogos.
- Christofolletti, A. (1980). *Geomorfologia* (No. 551.4 CHRI).
- De Vicente, G. & Vegas, R. (2007) – Topography controlled by large scale distributed deformation along the western Africa-Eurasia limit: Tectonic constrains. EGU, Geophysical Research Abstracts, Vol. 9,11455.
- Dingman, S.L. 2009. Fluvial Hydraulics. Oxford University Press, Inc., New York, 559 pp.
- Feio, M., & Daveau, S. (2004). O relevo de Portugal. *Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Coimbra*.
- Ferreira, A. Brum (1983) - Problemas da evolução geomorfológica quaternária do Noroeste de Portugal. Cuad. Lab. Xeol. Laxe, 5.
- Ferreira, A. Brum (1991). Neotectonics in Northern Portugal: a geomorphological approach. *Zeitschrift für Geomorphologie*.

- Ferreira, C., Gomes, A., & Antón, L. (2010). Knickpoints na bacia hidrográfica do Douro: análise da sua distribuição e implicações estruturais. *Seminário Latino-Americano de Geografia Física*, 6, 1-13.
- Graveleau, F., Strak, V., Dominguez, S., Malavieille, J., Chatton, M., Manighetti, I., & Petit, C. (2015). Experimental modelling of tectonics–erosion–sedimentation interactions in compressional, extensional, and strike–slip settings. *Geomorphology*, 244, 146-168.
- Gomes, A. (2008). Evolução geomorfológica da plataforma litoral entre Espinho e Águeda. *Departamento de Geografia, Universidade do Porto*.
- Goudie, A.S. 2004. *Encyclopedia of Geomorphology*, vol. 1. Routledge, London and New York, 1156 pp.
- Huggett, R. (2017). *Fundamentals of geomorphology*. Routledge.
- Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) (s.d). Parque Nacional. Retirado de <http://www2.icnf.pt/portal/ap/nac/parq-nac>
- Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas - ICNF (2013). Brochura, Parque Nacional da Peneda-Gerês.
- Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas - ICNF (20008). Caracterização Física, Parque Nacional da Peneda-Gerês.
- Instituto Nacional de Informação de Recursos Naturais (SNIRH), (2021). Redes de Monotorização. Retirado de <https://snirh.apambiente.pt/>
- Kanhaiya, S., Singh, B. P., Singh, S., Mittal, P., & Srivastava, V. K. (2019). Morphometric analysis, bedload sediments, and weathering intensity in the Khurar River Basin, central India. *Geological Journal*, 54(1), 466-481.
- Lencastre, A. & Franco, F. M. (1984) - *Lições de Hidrologia*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa
- Martins, A., Caldeira, B., & Borges, J. F. (2012). TRANSIENT KNICKPOINTS" NO LEITO DOS RIOS, SIGNIFICADO NA EVOLUÇÃO DA PAISAGEM.
- Méndez Mata, Williams. (2016). Análisis cuantitativo del relieve en cuencas de drenaje de la vertiente norte del macizo "El Ávila" (estado Vargas, Venezuela) y su significado hidrogeomorfológico. *Investigaciones Geograficas : Boletín - Instituto de Geografía, Universidad Nacional, Autónoma de México*. 25-42. 10.14350/rig.47722.
- Peacock, D. C. P., Nixon, C. W., Rotevatn, A., Sanderson, D. J., & Zuluaga, L. F. (2016). Glossary of fault and other fracture networks. *Journal of Structural Geology*, 92, 12-29.
- Peacock, D. C. P., Nixon, C. W., Rotevatn, A., Sanderson, D. J., & Zuluaga, L. F. (2017). Interacting faults. *Journal of Structural Geology*, 97, 1-22.
- Pereira, B., Maciel, M., Oliveira, F., Ferreira, B., Ribeiro, E. (2015). GEOTECNOLOGIAS COM APOIO DE INDICES MORFOMÉTRICOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEIXE-BOI, NORDESTE PARAENS. *Enciclopédia Biosfera*.
- Poehls, D.J. and Smith, G.J. 2009. *Encyclopedic Dictionary of Hydrogeology*. Elsevier, 517
- Ramos, C. (2009). *Dinâmica Fluvial e Ordenamento do Território (Programa de unidade curricular do 2º ciclo)*. SLIF-6. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, 94 pp.
- Reis, E. (2006). *As bacias hidrográficas das ribeiras da serra de Grândola: dinâmica hidrológica e factores condicionantes*. (Tese de Doutoramento), Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 703 pp.
- Ribeiro, A.; Cabral, J.; Baptista, R. & Matias, L. (1996) – Stress pattern in Portugal mainland and the adjacent Atlantic region, West Iberia. *Tectonics* 15.
- Strahler, A. (2013). *Introducing physical geography*. New York: Wiley.
- T. S. (2009). Precipitação na Amazônia: análise da variação entre as porções central e ocidental.
- Teixeira, M., Costa, A., Soares, L., & Bateira, C. (2012). Aplicação de modelos geofísicos e estatísticos à cartografia de suscetibilidade a movimentos de vertente na serra da Peneda (norte de Portugal). *Geomorfologia e efeitos catastróficos: passado, presente e futuro: IX SINAGEO*.
- Teixeira, M. A. (2012). Avaliação da Suscetibilidade à Ocorrência de Deslizamentos Translacionais Superficiais. Utilização de Modelos Matemáticos de Base Física na Bacia de Tibo, Arcos de Valdevez.
- Tüysüz, O. (s.d.). Fluvial Systems. http://www.eies.itu.edu.tr/dersnotlari/notlar/y%C3%BCksek_lisans/jeomorfoloji_okan/Fluvial%20systems.pdf 81 p

Anexos

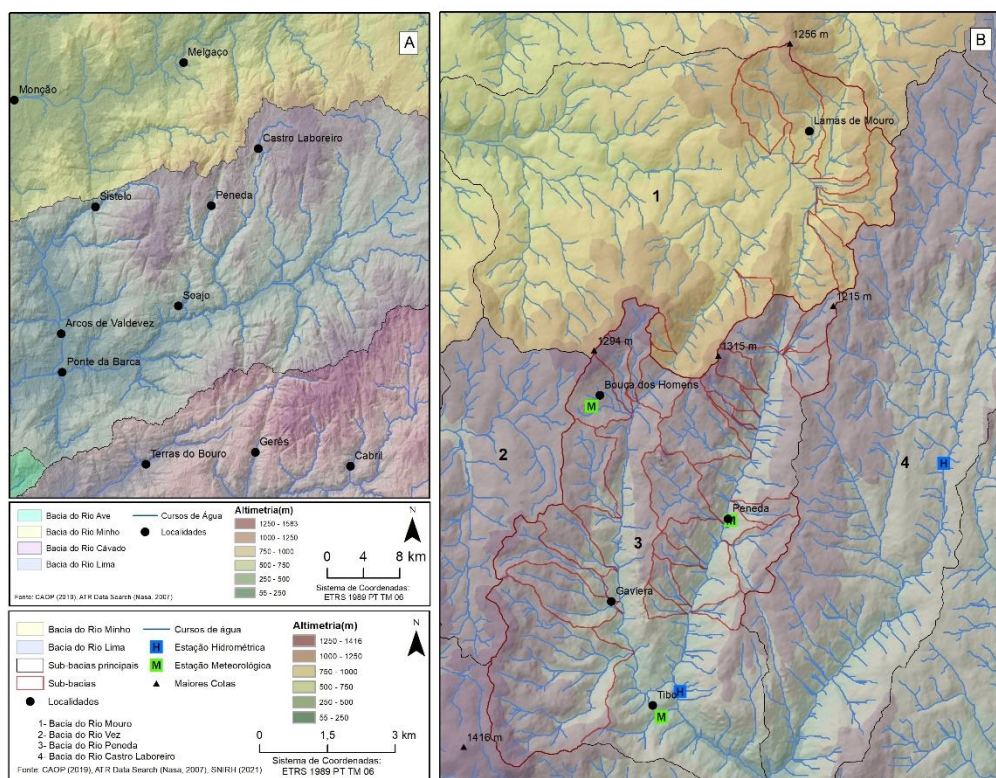


Figura 14. Micro-bacias da área de estudo



Figura 15. A - Terraços Fluviais no vale da Peneda (fonte: Wikiloc). B - Vertentes íngremes no vale da Peneda (fonte: Wikiloc). C - Vertentes íngremes do vale da Gavieira (fonte: [Serra da Peneda | Alvaro M. Leiro | Flickr](#)). D - Vales da Gavieira e Peneda visto do miradouro de Tibo (fonte: [Valle da Gavieira, Portugal | J.A. Diaz | Flickr](#)).

Morfometria da bacia de Peneda	
Parâmetros geométricos	
Área da bacia (km ²)	21,58
Perímetro da bacia (km)	30,20
Comprimento máximo da bacia (km)	9,48
Total de afluentes	
Total de afluentes de 1ª ordem	106
Total de afluentes de 2ª ordem	48
Total de afluentes de 3ª ordem	10
Total de afluentes de 4ª ordem	1
Total	165
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,82
Índice de circularidade (Rc)	0,30
Parâmetros de Relevo	
Altitude Mínima	459,22
Altitude Máxima	1314,57
Altitude Média	935,64
Amplitude altimétrica	855,35
Índice de Rugosidade (Ir)	268,74
Parâmetros da rede de drenagem	
Comprimento total dos afluentes (km)	
Total de afluentes de 1ª ordem	38,57
Total de afluentes de 2ª ordem	15,87
Total de afluentes de 3ª ordem	4,3
Total de afluentes de 4ª ordem	9,93
Total	68,67
Comprimento médio dos afluentes (km)	
Média de afluentes de 1ª ordem	0,36
Média de afluentes de 2ª ordem	0,33
Média de afluentes de 3ª ordem	0,43
Média de afluentes de 4ª ordem	0,22
Densidade de drenagem (Dd)	3,18
Textura da Drenagem (T)	0,46
Densidade Hidrográfica (Dh)	7,65
Relação de Bifurcação	
1ª ordem/ 2ª ordem	2,21
2ª ordem/ 3ª ordem	4,8
3ª ordem/ 4ª ordem	10
Média	5,67
Coeficiente de Torrencialidade (Ct)	24,34

Figura 16. Morfometria da bacia do rio Peneda.

Nº da bacia	Parâmetros geométricos				Total de afluentes				Parâmetros do Rede				Parâmetros da rede de drenagem				Comprimento total dos afluentes				Comprimento médio dos afluentes (km)				Relação de bifurcação				Parâmetros relacionados com caudal				
	Área (km²)	Perímetro (km)	Comprimento máximo (km)	3ª ordem	2ª ordem	3ª ordem	4ª ordem	Total	Altitude Mínima	Altitude Máxima	Altitude Média	Amplitude Altimétrica	Ir	Dd	Dt	Ct	3ª ordem	2ª ordem	3ª ordem	Total	3ª ordem	2ª ordem	3ª ordem	4ª ordem	3ª/2ª ordem	2ª/3ª ordem	3ª/4ª ordem	Caudal de ponta de cheia (l/s)	Média Altimétrica	Tempo de concentração (segundos)			
1	2.11	8.24	2.46	11	1	0	0	12	159.039	471.24	748.39	617.23	277.15	769.02	2.77	0.53	5.69	15.78	3.33	2.53	0	0	5.85	0.3	0.3	0.0	11.0	0.0	0.0	18.43	617.23	0.48	
2	0.96	5.57	1.3	4	1	0	0	5	159.039	494.83	1016.51	814.58	521.68	1708.25	239	0.43	5.20	17.61	2.45	0.81	0	0	3.26	0.6	0.3	0.0	4.0	0.0	0.0	10.09	814.58	0.26	
3	0.69	5.42	1.8	2	1	0	0	3	183.020	605.36	1001.27	765.61	395.91	1413.75	1.67	0.40	4.25	15.53	0.89	1.57	0	0	2.46	0.4	1.6	0.0	2.0	0.0	0.0	8.49	746.51	0.27	
4	0.41	3.15	1	3	2	0	0	5	138.052	570.83	880.14	714.43	309.31	833.58	2.69	0.55	12.21	32.90	0.70	0.40	0	0	1.10	0.2	0.2	0.0	1.5	0.0	0.0	5.91	714.43	0.19	
5	0.14	1.96	0.68	1	0	0	0	1	148.045	596.49	1003.73	800.16	407.24	1058.92	2.60	0.57	7.28	18.93	0.36	0.00	0	0	0.36	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.77	800.16	0.11	
6	0.39	3.65	0.95	2	1	0	0	3	163.037	620.47	1137.42	954.62	516.95	1229.92	2.38	0.63	7.60	18.09	0.82	0.12	0	0	0.94	0.4	0.1	0.4	0.0	2.0	0.0	0.0	5.76	954.62	0.15
7	0.09	1.25	0.51	1	0	0	0	1	127.035	484.31	1012.79	812.73	528.48	602.97	1.14	1.43	15.36	17.53	0.07	0.00	0	0	0.11	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.03	862.47	0.08	
8	0.08	1.45	0.56	1	0	0	0	1	144.047	551.02	986.77	776.22	435.75	1209.07	2.74	0.33	12.64	9.31	0.06	0.00	0	0	0.06	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.85	776.22	0.09	
9	0.09	1.60	0.62	1	0	0	0	1	146.046	513.71	1067.08	876.21	553.37	1127.21	2.04	0.75	10.58	21.55	0.19	0.00	0	0	0.19	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.14	876.21	0.09	
10	0.11	1.75	0.55	1	0	0	0	1	148.045	498.24	1033.37	826.65	535.13	351.47	0.66	2.65	9.15	6.04	0.07	0.00	0	0	0.07	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.36	826.65	0.09	
11	0.08	1.34	0.43	1	0	0	0	1	136.054	490.43	894.12	650.74	403.69	571.23	1.42	1.13	13.16	18.62	0.11	0.00	0	0	0.11	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.84	650.74	0.09	
12	0.07	1.52	0.47	1	0	0	0	1	127.035	484.31	1012.79	812.73	528.48	602.97	1.14	1.43	15.36	17.53	0.07	0.00	0	0	0.07	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.65	812.73	0.08	
13	0.08	1.35	0.41	1	0	0	0	1	136.053	473.44	924.04	673.23	450.60	518.76	1.15	1.42	13.01	14.98	0.09	0.00	0	0	0.09	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.85	673.23	0.08	
14	0.60	4.84	1.25	1	0	0	0	1	175.032	486.54	895.86	662.74	409.32	804.23	1.96	0.78	1.68	3.30	1.17	0.00	0	0	1.17	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.67	662.74	0.24	
15	0.52	3.86	1.17	2	1	0	0	3	150.044	506.26	998.81	785.78	492.55	1418.36	2.88	0.51	5.74	16.54	0.95	0.56	0	0	1.50	0.5	0.6	0.0	2.0	0.0	0.0	7.00	785.78	0.21	
16	0.18	2.29	0.75	1	0	0	0	1	151.043	538.11	982.22	753.70	444.11	1188.62	2.68	0.55	5.60	14.98	0.48	0.00	0	0	0.48	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.32	753.70	0.13	
17	0.19	2.21	0.87	1	0	0	0	1	142.049	571.87	1074.76	913.69	502.80	1409.99	2.80	0.51	5.30	14.86	0.53	0.00	0	0	0.53	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.45	913.69	0.13	
18	0.09	1.47	0.37	1	0	0	0	1	136.054	518.46	978.47	763.33	460.00	825.42	1.29	0.86	10.90	19.95	0.16	0.00	0	0	0.16	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.09	763.33	0.08	
19	0.57	3.82	1.28	3	2	0	0	5	142.049	829.49	1209.93	1045.09	380.44	1139.93	3.00	0.49	8.78	26.31	1.03	0.68	0	0	1.71	0.3	0.3	0.0	1.5	0.0	0.0	7.43	1045.09	0.19	
20	0.09	2.38	1.02	1	0	0	0	1	224.020	656.52	1001.99	785.46	345.47	1079.36	3.12	0.47	11.23	35.09	0.28	0.00	0	0	0.28	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.05	785.46	0.12	
21	0.16	2.43	0.85	1	0	0	0	1	172.033	691.35	1139.69	988.10	448.34	1138.10	2.98	0.49	6.35	18.95	0.47	0.00	0	0	0.47	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.04	988.10	0.11	
22	0.07	1.40	0.58	1	0	0	0	1	151.043	643.01	875.82	750.23	232.82	989.06	0.43	4.30	14.83	6.30	0.03	0.00	0	0	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.69	750.23	0.08	
23	0.81	5.50	1.62	4	3	0	0	7	171.034	624.36	936.07	752.88	311.71	1294.94	1.15	0.34	8.64	35.91	1.82	1.55	0	0	3.36	0.5	0.5	0.0	1.3	0.0	0.0	9.48	752.88	0.27	
24	0.18	2.27	0.83	1	0	0	0	1	150.044	703.04	1027.09	830.20	324.05	843.23	2.60	0.57	5.58	14.51	0.47	0.00	0	0	0.47	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.33	830.20	0.13	
25	0.15	2.14	0.8	1	0	0	0	1	153.042	680.20	1069.66	915.50	389.46	1085.17	2.79	0.53	6.54	18.23	0.43	0.00	0	0	0.43	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.98	915.50	0.11	
26	0.11	1.93	0.68	1	0	0	0	1	161.038	638.61	1205.75	976.26	380.61	1451.59	2.67	0.39	9.35	24.39	0.29	0.00	0	0	0.29	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.41	976.26	0.10	
27	0.22	2.27	0.88	2	1	0	0	3	137.053	722.35	1152.21	990.06	429.86	1247.25	2.90	0.51	13.86	40.21	0.35	0.28	0	0	0.63	0.2	0.3	0.0	2.0	0.0	0.0	3.80	990.06	0.13	
28	0.16	1.83	0.7	1	0	0	0	1	127.061	691.39	1087.57	913.22	396.18	1145.84	2.89	0.51	6.15	17.78	0.47	0.00	0	0	0.47	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.11	913.22	0.11	
29	0.13	2.33	0.93	1	0	0	0	1	179.031	744.04	1141.99	928.96	397.95	1320.35	3.32	0.44	7.58	25.14	0.44	0.00	0	0	0.44	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.69	928.96	0.12	
30	0.09	1.74	0.64	1	0	0	0	1	164.037	711.99	1114.81	955.73	402.82	587.24	1.46	1.09	11.33	16.51	0.13	0.00	0	0	0.13	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.04	955.73	0.09	
31	0.10	1.98	0.7	1	0	0	0	1	184.032	756.38	1165.10	926.48	412.27	1274.04	2.90	0.43	11.47	25.56	0.39	0.00	0	0	0.39	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.20	926.48	0.10	
32	0.24	2.63	0.9	1	0	0	0	1	152.043	781.47	1314.57	1087.95	533.10	1249.17	2.34	0.64	4.25	9.95	0.55	0.00	0	0	0.55	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.02	1087.95	0.12	
33	0.33	2.90	0.94	2	1	0	0	3	141.050	996.01	1221.25	1095.90	225.24	723.85	3.21	0.45	9.01	28.95	0.53	0.54	0	0	1.07	0.3	0.5	0.0	2.0	0.0	0.0	5.12	1095.90	0.14	
34	0.56	3.51	0.9	2	0	0	0	2	131.057	758.76	1251.55	1074.13	492.79	1501.23	3.05	0.48	3.58	10.90	1.51	0.19	0	0	1.70	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.33	1074.13	0.17	
35	0.26	3.14	0.77	2	1	0	0	3	179.033	803.65	1106.22	925.45	302.57	576.24	1.90	0.81	11.58	22.05	0.34	0.15	0	0	0.49	0.2	0.2	0.0	2.0	0.0	0.0	4.30	925.45	0.13	
36	0.11	1.96	0.8	1	0	0	0	1	168.035	783.18	1173.63	989.30	385.45	1415.89	2.67	0.39	9.35	24.39	0.29	0.00	0	0	0.29	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.47	989.30	0.10	
37	0.07	1.71	0.6	1	0	0	0	1	177.031	905.98	1146.42	1033.07	240.44	607.04	2.52	0.59	13.77	34.76	0.18	0	0	0	0.18	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.78	1033.07	0.08	
38	0.28	3.04	0.81	1	0	0	0	1	160.038	866.49	913.57	889.96	470.8	1233.15	2.62	0.57	3.53	9.22	0.74	0.74	0	0	0.74	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.58	889.96	0.14	
39	0.37	4.04	1.49	1	0	0	0	1	185.029	878.63	1037.08	962.58	158.45	712.84	4.50	0.31	2.69	12.09	1.67	0	0	0	1.67	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.53	962.58	0.19	
40	0.29	3.37	1.01	1	0	0	0	1	174.033	488.25	912.76	679.24	429.70	943.33	2.20	0.69	3.39	7.45	0.65	0	0	0	0.65	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.70	679.24	0.18	
41	1.41	8.08	2.66	5	4	0	0	9	151.027	874.68																							