

**Caudais de ponta de cheia em bacias de drenagem de lameiros do Parque
Natural de Montesinho: estimativas pelo método *Soil Conservation
Service (SCS)* sob cenários de mudança global**

TAMIRES BERTOCCO

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau
de Mestre em Tecnologia Ambiental no âmbito da dupla diplomação com a Universidade
Tecnológica Federal do Paraná - campus Medianeira*

Orientado por:

Tomás de Figueiredo

Felícia Fonseca

Fabiana Costa de Araújo Schutz

Bragança

2020

“A clarevidência é uma virtude que se adquire pela intuição, mas sobretudo pelo estudo e tentar ver a partir do presente o que se projeta no futuro.”

Milton Santos

Agradecimentos

À minha mãe e irmã, Marilda Afonso e Tatiane Silva por serem meu apoio, incentivo, exemplo de força e persistência, por depositarem tanto amor e confiança, os quais me sustentaram em toda minha caminhada até aqui.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Tomás de Figueiredo por todo cuidado, paciência, pela oportunidade de trabalho e todo conhecimento transmitido, que no decorrer deste percurso, proporcionaram-me um crescimento profissional e pessoal. À Prof. Dra. Felícia Fonseca, pela ajuda e disponibilidade. À Prof. Dra. Fabiana Schutz pelos conselhos, apoio e orientação.

Aos meus amigos de Bauru e Medianeira que mesmo distantes sempre estiveram presentes nesta importante etapa da minha vida. Aos meus amigos de Bragança, pelos maravilhosos e não tão bons momentos vivenciados, o que nos fizeram tornar uma família. À minha amiga, Ana Royer, a qual sempre me apoiou em todos os sentidos e esteve lado a lado em todo meu trajeto acadêmico. À Ana Ranzan, pela amizade, parceria e troca de conhecimentos neste projeto.

Ao Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, através do Projeto HabMonte pelas informações fornecidas para que a pesquisa ocorresse. Aos funcionários e professores da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Medianeira, que possibilitaram a realização do mestrado, o qual foi substancial para o enriquecimento da minha formação acadêmica, científica e pessoal.

Por fim, agradeço a todos aqueles que contribuíram de alguma maneira para minha jornada até aqui, sou imensamente grata à vocês!

ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABELAS.....	7
RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
<i>CAPÍTULO I – Introdução</i>	10
1. INTRODUÇÃO	10
<i>Capítulo II – Revisão Bibliográfica</i>	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. Hidrologia.....	12
2.2. Ciclo Hidrológico	12
2.2.1. <i>Precipitação</i>	<i>12</i>
2.2.2. <i>Evapotranspiração</i>	<i>13</i>
2.2.3. <i>Infiltração.....</i>	<i>13</i>
2.2.4. <i>Escoamento superficial</i>	<i>13</i>
2.3. Bacia Hidrográfica.....	14
2.4. Método <i>Soil Conservation Service</i> (SCS).....	15
2.5. Mudanças no uso da terra e impactos sobre o ciclo da água	15
2.6. Parque Natural de Montesinho	16
2.6.1. <i>Geologia e geomorfologia do PNM.....</i>	<i>16</i>
2.6.2. <i>Pedologia do PNM</i>	<i>17</i>
2.6.3. <i>Hidrologia do PNM.....</i>	<i>18</i>
2.6.4. <i>Vegetação do PNM.....</i>	<i>18</i>
2.6.5. <i>Clima do PNM.....</i>	<i>19</i>
2.7. Lameiros	20
2.8. Projeto HabMonte	21

<i>CAPÍTULO III – Metodologia</i>	23
3. METODOLOGIA	23
3.1. Localização da área de estudo	23
3.2. Base de dados e tratamento de informações	24
3.3. Delimitação das bacias hidrográficas e características físicas	24
3.4. Litologia, solos e uso do solo	25
3.5. Método SCS	25
3.5.1. <i>Tempo de concentração (t_c)</i>	25
3.5.2. <i>Tempo para a ponta (t_p)</i>	26
3.5.3. <i>Número de escoamento (N)</i>	26
3.5.4. <i>Curvas de intensidade-duração-frequência (IDF)</i>	29
3.5.5. <i>Caudal de ponta</i>	31
3.6. Simulação de cenários	31
3.6.1. <i>Cenário 1</i>	32
3.6.2. <i>Cenário 2</i>	32
3.6.3. <i>Cenário 3</i>	32
3.6.4. <i>Cenário 4</i>	32
<i>CAPÍTULO IV – Resultados e Discussão</i>	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1. Caracterização das bacias	34
4.1.1. <i>Características físicas gerais</i>	34
4.1.2. <i>Características de relevo e precipitação das bacias hidrográficas</i>	35
4.1.3. <i>Litologia</i>	37
4.1.4. <i>Pedologia</i>	40
4.1.5. <i>Uso e ocupação do solo</i>	43
4.1.6. <i>Tipos hidrológico de solo</i>	47

4.2. Método SCS	47
4.2.1. <i>Tempo de concentração</i>	48
4.2.2. <i>Número de escoamento (N)</i>	48
4.2.3. <i>Curvas IDF</i>	50
4.2.4. <i>Caudal de ponta (Q_p)</i>	52
4.2.5. <i>Caudais de ponta para os Cenários 1, 2 e 3</i>	54
4.2.6. <i>Caudais de ponta para o Cenário 4</i>	55
Capítulo V – Conclusão	57
5. CONCLUSÃO	57
6. REFERÊNCIAS	58
ANEXO I	66
ANEXO II.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS

AcR	Abandonado e com rio
A	Área da bacia hidrográfica
a'	Parâmetro da curva-duração-frequência
AMC	<i>Antecedent Moisture Conditions</i>
AsR	Abandonado e sem rio
C1	Cenário 1
C2	Cenário 2
C3	Cenário 3
C4	Cenário 4
CN	<i>Curve Number</i>
COS	Cartografia de Uso e Ocupação do Solo
DEM	Modelo Digital de Terreno
dr	declive médio do rio principal da bacia
EMAAC	Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas
h	Altura da precipitação
h_0	Perdas iniciais
i	Intensidade da precipitação
ICNF	Instituto da Conservação da Natureza e da Floresta
IDF	Intensidade-duração-frequência
K_T	Factor de frequência
L	Comprimento do rio principal
LIDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
N	Número de escoamento
n'	Parâmetro da curva-duração-frequência
PC	Portugal Continental
PNM	Parque Natural de Montesinho
PO SEUR	Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos
PP1	Áreas de Proteção Parcial do tipo I
PP2	Áreas de Proteção Parcial do tipo II
Q_p	Caudal de ponta
RE SEUR	Regulamento Específico Domínio da Sustentabilidade e Eficiência no uso de Recursos

s	Desvio padrão
SCS	<i>Soil Conservation Service</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIOSE	<i>Sistema de Información de Ocupación del Suelo de España</i>
t	Tempo
T	Período de retorno
t_c	Tempo de concentração
t_p	Tempo para a ponta
t_r	Duração da precipitação útil
UcR	Em uso e com rio
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
UsR	Em uso e sem rio
x	Valor médio da variável

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização das bacias hidrográficas e lameiros em estudo	23
Figura 2. Regiões pluviométricas e parâmetros das curvas intensidade-duração-frequência .	29
Figura 3. Altitude e isolinhas de precipitação das áreas de estudo: A-Bacias com lameiros em uso e com rio (UcR) e abandonados com rio (AcR).B-Bacias com lameiros em uso e sem rio (UsR) e abandonados com rio (AsR).....	36
Figura 4. Litologia das áreas de estudo: A-Bacias com lameiros em uso e com rio (UcR).B-Bacias com lameiros abandonados e com rio (AcR).C- Bacias com lameiros em uso e sem rio (UsR). D- Bacias com lameiros abandonados e sem rio (AsR).....	39
Figura 5. Pedologia e tipos de solos hidrológicos das áreas de estudo: A-Bacias com lameiros em uso e com rio (UcR).B-Bacias com lameiros abandonados e com rio (AcR).C- Bacias com lameiros em uso e sem rio (UsR). D- Bacias com lameiros abandonados e sem rio (AsR)....	42
Figura 6. Gráfico da pedologia em unidade principal e secundária das bacias hidrográficas. <i>Nota.</i> UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio.....	42
Figura 7. Uso e ocupação do solo das áreas de estudo: A-Bacias com lameiros em uso e com rio (UcR).B-Bacias com lameiros abandonados e com rio (AcR).C- Bacias com lameiros em uso e sem rio (UsR). D- Bacias com lameiros abandonados e sem rio (AsR).	45
Figura 8. Distribuição percentual da área ocupada pelas classes de uso e ocupação do solo.	46
Figura 9. Gráfico comparativo entre os métodos para o tempo de concentração.....	48
Figura 10. Distribuição de N nas bacias hidrográficas: A-Bacias com lameiros em uso e com rio (UcR).B-Bacias com lameiros abandonados e com rio (AcR).C- Bacias com lameiros em uso e sem rio (UsR). D- Bacias com lameiros abandonados e sem rio (AsR)....	50
Figura 11. Precipitações máximas anuais para períodos de retorno de 2 e 100 para uma duração de 3,6 horas obtidas com as curvas IDF de diferentes fontes.....	51
Figura 12. Gráfico da razão entre os métodos comparativos da curvas IDF de PC e de Brandão (1995).	52
Figura 13. Gráfico das médias de caudais de ponta para as as categorias das bacias em estudo	53
Figura 14. Gráfico da razão percentual entre os valores originais e cenários: (a) Cenário 4a; (b) Cenário 4b.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Categorias das bacias hidrográficas e lameiros	24
Tabela 2. Conversão do número de escoamento para condições AMC-I, AMC-II e AMC-III	28
Tabela 3. Parâmetros da curva IDF de Brandão (1995).	31
Tabela 4. Informações base de simulação do C4.....	33
Tabela 5. Valores médios das características físicas das bacias por categorias	35
Tabela 6. Tipos litológicos presentes nas categorias das bacias e sua respectiva percentagem de área	39
Tabela 7. Tipos pedológicos presentes nas categorias das bacias hidrográficas e sua respectiva percentagem de área	42
Tabela 8. Percentagens de área de uso e ocupação do solo nas categorias das bacias hidrográficas em estudo.....	46
Tabela 9. Porcentagem dos tipos hidrológico de solo encontradas em cada categoria das bacias hidrográficas em estudo.....	47
Tabela 10. Número de escoamento médio para as categorias das bacias.....	48
Tabela 11. Média de caudais de ponta para as as categorias das bacias em estudo.	53
Tabela 12. Médias dos valores absolutos de caudais de ponta para o Cenário 4.	55

RESUMO

Lameiros localizados no Parque Natural de Montesinho (PNM), possuem grande valor ambiental, paisagístico e econômico, além de serem uma barreira natural contra incêndios. No entanto, os lameiros estão em processo de regressão de uso devido ao abandono da terra, principalmente por se situarem em zonas com alto declínio demográfico. Com o objetivo de reverter esse quadro, o Projeto HabMonte do ICNF (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas) tem como uma das metas realizar medidas preventivas estruturais à manutenção dessas áreas.

Sobre os efeitos do manejo e as consequências do abandono dos lameiros, na perspectiva botânica e ecológica, existem diversificados estudos. No entanto, do ponto de vista pedológico e hidrológico são ainda mal conhecidos. Diante dessa problemática, o presente estudo se conduziu em pequenas bacias de drenagem do projeto HabMonte, as quais foram segregadas em termos de uso e abandono, bem como a presença ou não de rio próximo aos lameiros.

Para o conhecimento das respostas hidrológicas dessas bacias, foi utilizado o método SCS (*Soil Conservation Service*) a fim de estimar os caudais de ponta. Para a aplicação do método, foi adotada a metodologia de Temez (1978) para os dados de entrada relacionados ao tempo de concentração, por apresentarem uma situação mais crítica comparado ao método de Giandotti (1953). Constatou-se também, a viabilidade da utilização das curvas IDF de Portugal Continental (PC) (Matos e Silva, 1986) com dados extrapolados através da comparação entre curvas IDF propostas por Brandão (1995) e a curvas IDF construídas partir da estação udométrica de Rio do Onor, para a obtenção dos dados de precipitação total das bacias.

Por meio das estimativas de caudais de ponta, identificou-se diferentes efeitos relacionados ao aumento do caudal entre bacias hidrográficas com rio e uma diminuição entre bacias hidrográficas sem rio, tendo como maior influência a área do lameiro e o número de escoamento obtido. Quatro cenários de mudança global foram simulados a fim de analisar o comportamento hidrológico das bacias, onde nos cenários que estabeleceram-se as mudanças no uso e ocupação do solo dos lameiros, não houve alterações substanciais nos valores médios globais, indicando a falta de sensibilidade do método SCS por não corresponder à essas condições. Para os cenários que compreenderam as mudanças climáticas, verificou-se que houve um aumento considerável no incremento nos caudais de ponta até o final do ano de 2100.

Palavras-chave: PNM; Bacia Hidrográfica; Resposta Hidrológica; Tempo de Concentração; Uso e Abandono; Uso e ocupação do solo.

ABSTRACT

Lameiros located in the Montesinho Natural Park (PNM) have great environmental, landscape and economic value, besides being a natural barrier against fires. However, the *lameiros* are in a process of regression of use due to the abandonment of the land, mainly because they are located in areas with high population decline. One of the goals of the HabMonte Project of the ICNF (Institute for the Conservation of Nature and Forests) is to carry out structural preventive measures to maintain areas of these *lameiros*.

From the botanical and ecological point of view there are several studies about the effects of management and the consequences of abandoning *lameiros*. However, from the pedological and hydrological point of view they are still poorly known. Faced with this problem, the present study was conducted in small drainage basins of the HabMonte project, which were segregated in terms of use and abandonment, as well as the presence or not of a river near the *lameiros*.

In order to know the hydrological responses of these basins, the SCS (Soil Conservation Service) method was used to estimate the peak flow rates. For the application of the method, the Temez methodology (1978) was adopted for the input data related to concentration time, as they presented a more critical situation compared to the Giandotti method (1953). To obtain total basin precipitation data, the feasibility of using IDF curves for Continental Portugal (PC) (Matos e Silva, 1986) with data extrapolated by comparing IDF curves proposed by Brandão (1995) with IDF curves built from the Rio do Onor udometric station was also verified.

By means of peak flow estimates, different effects related to an increase in flow between river basins and a decrease between river basins without a river have been identified, with the greatest influence being on the area of the *lameiros* and the number of runoff obtained. Four scenarios of global change were simulated in order to analyse the hydrological behavior of the basins, where in the scenarios that established the changes in the use and land cover of the *lameiros*, there were no substantial changes in the global average values, indicating the lack of sensitivity of the SCS method as it did not correspond to these conditions. For the scenarios that included climate change, there was a considerable increase in peak flow rates until the end of the century.

Keywords: PNM; river basin, hydrological response; concentration time, Use and abandonment, Land use and occupation.

CAPÍTULO I – Introdução

1. INTRODUÇÃO

Durante a Alta Idade Média juntamente com a fundação dos povoados de montanha, os lameiros surgiram. Estes, normalmente são característicos das regiões do Norte e Centro de Portugal e são considerados pastagens seminaturais de caráter permanente (Moreira et al, 2001). A designação de “lameiros” está relacionada com às peculiaridades dos locais onde eles ocorrem, fazendo com que estas terras se tornem encharcadas e abundantes de lama (Vieira et al., 2000; Pereira et al, 2005) devido aos fatores como localização junto à linhas de água ou zonas edáficas conterem solos com alto teor de matéria orgânica e textura fina (Pires, 1994).

Os lameiros possuem grande valor ambiental, paisagístico e econômico. São amplamente utilizados como pastagem na produção agropecuária, contribuem com os serviços ambientais, como também valorizam a paisagem através da cobertura herbácea do terreno, resultando em um mosaico com descontinuidade num cenário de cobertura arbórea ou arbustiva circundante. Tal descontinuidade é de extrema importância, uma vez que esta dificulta a propagação de incêndios florestais (Pereira et al, 2005).

No Parque Natural de Montesinho (PNM), uma Área Protegida no Nordeste Transmontano de Portugal, os lameiros estão em regressão de uso devido ao abandono da terra, principalmente por se situarem em zonas com alto declínio demográfico. Com o abandono dessas áreas e o manejo inadequado, ocorre degradação da qualidade do pasto com a invasão por comunidades vegetais arbustivas que podem desfavorecer a função de barreira à propagação do fogo. Desta forma, o projeto HabMonte do ICNF (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas) tem como um dos objetivos realizar a manutenção de áreas de lameiros, enquanto medida mitigadora e de prevenção estrutural, uma vez que em períodos de estiagem o PNM é extremamente vulnerável à ocorrência incêndios (HabMonte, 2018).

Do ponto de vista botânico e ecológico, existem diversificados estudos sobre os efeitos do manejo e as consequências do abandono dos lameiros. No entanto, na perspectiva pedológica e hidrológica são ainda mal conhecidos. A sua posição nas cabeceiras de grandes bacias cooperam para a regulação de riscos hidrológicos, evidenciando ainda mais sua importância no contexto de mudança global. Deste modo, o presente estudo, a ser conduzido em pequenas bacias de drenagem do projeto HabMonte, visa contribuir para um

melhor conhecimento das repostas hidrológicas, dos efeitos do processo de abandono e manejo relacionados aos lameiros a partir da aplicação do modelo empírico de estimativa de caudais de ponta: método SCS (*Soil Conservation Service*). Além disso, são realizadas simulações de quatro cenários relacionados à mudança do uso e ocupação do solo dos lameiros, bem como alteração no contexto climático que exerce impacto na intensidade das precipitações anuais.

À vista disso, esta investigação se inicia com o Capítulo I sendo um conteúdo introdutório que em seguida se desenvolve a partir de conceitos, estudos sobre a temática, sendo o referencial bibliográfico (Capítulo II), o qual será o suporte para os capítulos seguinte. O Capítulo III traz caracterização da área de estudo, informações e metodologias utilizadas para a aplicação do método SCS e das simulações dos cenários propostos. Posteriormente, no Capítulo IV, são evidenciados os resultados, bem como a discussão das repostas hidrológicas das bacias de drenagem e das suas respectivas categorias em que estão inseridas: em uso e com rio, abandonado e com rio, em uso e sem rio, abandonado e sem rio, bem como o comportamento dos caudais diante aos cenários propostos. Por fim, o Capítulo V sintetiza os principais resultados e informações dos capítulos anteriores relacionados aos objetivos desse estudo.

Capítulo II – Revisão Bibliográfica

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Hidrologia

Conforme Righetto (1998), Hidrologia é a Ciência que estuda a relação da água com a Natureza, designadamente quanto a ocorrência, armazenamento, distribuição e fluxo. Associados ao armazenamento, podem-se indicar compartimentos como reservatórios (albufeira), cursos d'água, aquíferos, solo, atmosfera e vegetação. Assegurando o funcionamento do ciclo hidrológico, os fluxos conectam compartimentos e englobam precipitação, evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial e subterrâneo.

A avaliação da variação temporal das condições do ciclo hidrológico, dentro do estudo da Hidrologia, é de extrema importância para a Engenharia com o intuito de reduzir os impactos de extremos hidrológicos, como longas estiagens e inundações (Collischonn e Tassi, 2008).

2.2. Ciclo Hidrológico

Trata-se do intercâmbio da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, onde ocorrem circulação e armazenamento da água em que energia solar e a energia gravitacional os conduzem. Conforme Silveira (2004), no ciclo hidrológico podem acontecer em dois sentidos, sendo superfície-atmosfera em que a água está em seu estado de vapor derivada da transpiração e evaporação; e no sentido atmosfera-superfície onde há movimentação da água pode ocorrer nos estados sólido, líquido ou gasoso. Pode-se citar a precipitação de chuva e de neve como as variáveis mais consideráveis nesse contexto.

2.2.1. Precipitação

Conforme Garcez et al (1988), precipitação pode ser entendida como o conjunto de águas advindas do vapor gerado na atmosfera que cai na superfície terrestre, sendo em estado líquido ou sólido. Nesse conjunto pode ser englobado a chuva, o granizo e a neve.

A quantificação para abastecimento de água, sendo ele para o uso doméstico, industrial ou irrigação, possui um elemento essencial que é a disponibilidade de precipitação numa bacia durante o ano. A intensidade da precipitação também é relevante

para o controle de erosão do solo e inundação, bem como para a produção de escoamento. As principais variáveis da precipitação envolvem o seu total, duração e distribuições temporal e espacial (Bertoni et al, 2004).

2.2.2. *Evapotranspiração*

A evaporação ocorre quando, através de um conjunto de fenômenos da natureza física, há a transformação de água líquida em vapor para atmosfera. Nesse processo para ocorrer naturalmente há energia proveniente do sol, da atmosfera ou até mesmo de ambos, onde haverá o controle pela taxa de energia na forma de vapor de água que se propaga da superfície terrestre (Sousa Pinto, 1976; Beltrame et al, 2004).

As plantas, por meio de suas raízes, retiram água do solo e parte dessa água é cedida à atmosfera sob forma de vapor, ou seja, a transpiração, realizada por meio de ações fisiológicas da planta. As atuações da evaporação e da transpiração juntas, denomina-se evapotranspiração (Sousa Pinto, 1976).

2.2.3. *Infiltração*

A passagem de água da superfície para o interior do solo é denominada infiltração. Trata-se de um processo que é dependente do estado da superfície, da quantidade de água disponível para infiltrar e do tipo do solo. Relacionado ao solo, a capacidade de infiltração pode variar diretamente com o tamanho das partículas e a porosidade do solo, como também o estado de fissuração das rochas (Sousa Pinto, 1976).

Enquanto houver aporte de água, em toda a profundidade, o perfil de humidade tende à saturação, sendo a superfície primeira a saturar. Deixará de haver infiltração, quando o aporte de água da superfície findar, onde a humidade no interior do solo se redistribuirá evoluindo para um perfil de humidade com menores teores junto a superfície e maiores nos níveis mais profundos. No entanto, parte da humidade, durante todo esse processo pode ser cedido para atmosfera através da evapotranspiração (Louzada et al, 2004).

2.2.4. *Escoamento superficial*

Define-se escoamento como a quantidade de água que se incorpora-se à secção do curso de um rio em um determinado intervalo de tempo. Pode ser representada como altura igualmente distribuída pela extensão da bacia hidrográfica ou em volume de água (Guimarães, 2005).

O processo do escoamento é produzido pela precipitação sobre uma determinada área, onde inicialmente pode ser interceptada por vegetação ou alguma barreira que impossibilite de atingir o solo. No entanto, se a precipitação permanecer, a água pode ser infiltrada, evaporada ou detida em depressão. Neste período inicial, o aumento do caudal no curso de água é gerado apenas por uma pequena parte da água depositada diretamente na rede hidrográfica (Quintela, 1992).

2.3. Bacia Hidrográfica

Conforme Silveira (2004), a bacia hidrográfica é o elemento substancial de análise no ciclo hidrológico. Pode ser definida como uma área limitada por um divisor de águas que separa as bacia adjacentes e que recolhe água advinda da precipitação por meio da superfície de suas vertentes. Ela faz convergir os escoamentos para a seção de exultório, seu ponto de saída, mediante uma rede de drenagem formada por cursos de água (Linsley e Franzini, 1978). A quantidade de água que os cursos de água recebem dependerá da área compreendida pela bacia, da precipitação total bem como o seu regime, e das perdas devido à evaporação, à transpiração e à infiltração (Christofolletti, 1974).

A bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema, onde há entradas e saídas. Para a entrada inclui-se energia térmica do sol, energia potencial e cinética da precipitação e energia química do intemperismo (Barry et al, 1985). Relacionado às saídas, têm-se a perda de água por meio da evaporação, transpiração e infiltração profunda. No entanto, pode-se avaliar por uma outra perspectiva, de forma isolada em um evento, em que a precipitação pode se transformar em vazão através da bacia (Silveira, 2004).

Black (1996), menciona que a bacia hidrográfica exerce três funções. A primeira, refere-se à função coletora, a qual dependerá principalmente da distribuição da precipitação em relação ao sistema coletor da bacia, isso influenciará no tempo de concentração, velocidade média de escoamento entre outras variáveis. A segunda é a função de armazenamento, cuja intermedia a coleta e dispersão da água, sendo sujeita à resistência contra o fluxo de saída, quantidade e condições de saturação. Por fim, a terceira função das bacias hidrográficas é a dispersão, onde os principais influenciadores são as outras funções, esta é essencial para análise das águas de escoamento registrado no hidrograma.

2.4. Método Soil Conservation Service (SCS)

Desenvolvido pelo *United States Department of Agriculture* (USDA), o método SCS é amplamente aplicado na hidrologia devido sua simplicidade, porém bem estabelecido, apresenta dados ambientais de fácil obtenção e bem documentados, e é responsável por muitos dos fatores que afetam a geração do escoamento, incorporando-os em um único parâmetro o número de escoamento (N) ou também *Curve Number* (CN) (Mishra e Singh, 2002).

O método SCS foi adotado para várias regiões e para vários usos do solo e condições climáticas. Além disso, seu escopo original para a avaliação do escoamento de chuvadas, tornou-se parte integrante de modelos de bacias hidrográficas mais complexos e de longo prazo. O modelo admite quatro elementos principais relacionados às características da bacia, sendo: o tipo de solo, uso e ocupação do solo existentes, condições da superfície e as condições antecedentes de umidade (Ponce e Awkins, 1996).

2.5. Mudanças no uso da terra e impactos sobre o ciclo da água

De acordo com Cantón et al (2011) as áreas mediterrâneas são muito propensas a riscos de degradação do solo, tendo em vista que geralmente os solos são rasos, com baixos níveis de matéria orgânica, baixa estabilidade de agregados e conteúdo de nutrientes. Com o uso do solo e manejo inadequado os efeitos negativos podem ser acelerados, como consequência por exemplo, há o favorecimento do escoamento superficial, erosão, transporte de nutrientes e outros compostos poluentes. Do ponto de vista hidrológico, Ruhoff et al (2014) admite que a alteração da superfície da bacia hidrográfica pode acarretar a alteração da intensidade e qualidade da água, a redução da vazão dos rios e também o escoamento superficial.

Um dos principais fatores alteradores do solo e causador de grandes impactos na própria composição solo, como também ao ciclo hidrológico são os incêndios. Os efeitos são notados não apenas por onde o fogo propagou, mas em áreas à jusante. Dentre os impactos, pode-se citar o efeito do calor sobre a matéria orgânica, a qual é essencial para a formação do horizonte A onde determina-se o funcionamento hidrológico do solo, impedindo a movimentação da água em profundidade. Outro efeito é a formação de uma camada hidrófoba, a qual é formada quando o calor do fogo volatiliza os compostos orgânicos hidrófobos da decomposição das plantas e microrganismos, em seguida esses compostos são volatilizados mediante um gradiente de temperatura e são depositados na

superfície do solo, impedindo a humidificação dos agregados, a capacidade infiltração, criando um material totalmente erodível. Deste modo, as propriedades do solo que auxiliam para o bom desempenho do sistema hidrológico, nomeadamente a capacidade de infiltração, a porosidade, a condutividade hidráulica, a capacidade de armazenamento e retenção de água pelos solos, podem ser afetadas negativamente pela ação dos incêndios (Ferreira, 2010).

Outro fator impactante no mau uso do solo é o processo de abandono e, conseqüentemente, a revegetação que surgirá. Conforme Khorchani et al (2020) dentre aos efeitos negativos, têm-se aumento do risco de incêndio, degradação de paisagens, redução da biodiversidade nativa por meio das espécies invasoras, diminuição dos recursos naturais, perda de terras produtivas e redução de serviços ambientais como o ciclo hidrológico. Por meio do abandono, posteriormente, com o crescimento de plantas e o aumento de sua densidade, pode haver diminuição do escoamento e na infiltração por conta da elevação das taxas de interceptação (Haria, 2000).

Portanto, é de grande importância compreender os impactos potenciais do uso do solo sobre os recursos hídricos, seus usos e conservação do ambiente, como também planejar medidas mitigadoras aliadas às ações existentes de gerenciamento dos recursos hídricos, a fim de não afetar o ciclo hidrológico e suas importantes funções no ambiente.

2.6. Parque Natural de Montesinho

Criado pelo Decreto-Lei n° 355/79, de 30 de agosto, e reclassificado pelo Decreto Regulamentar n.º 5-A/97, de 4 de abril, o Parque Natural de Montesinho (PNM) está localizado no Alto Nordeste Transmontano, ocupando um quadrilátero na Sanábria espanhola, compreendendo as áreas das serras de Montesinho e Coroa, integrando a parcela setentrional dos concelhos de Bragança e Vinhas, com fronteira a norte, a nascente e a ponte com Espanha. Trata-se de uma Área Protegida com cerca de 74.200 hectares que dispõe de conjunto complexo de paisagens naturais arborizadas e agrícola tradicional da montanha, com gradientes altamente variáveis (ICNF, 2020a).

2.6.1. Geologia e geomorfologia do PNM

A área do PNM tem uma geologia complexa do Noroeste Peninsular, que foram compostos por diversas unidades tectónicas, conduzidas e instalados sob metassedimentos Paleozoicos, nomeadamente polimetamórficos alóctones. Destaca-se o complexo Maciço

de Bragança, um dos complexos da Península Ibérica que abrange as rochas exóticas da crosta e do manto terrestre, granulitos e metaperidotitos (PEREIRA et al., 2003). A geomorfologia da área a norte de Bragança está envolvida por falhas relacionadas ao grande acidente tectónico Bragança Vilarica-Manteigas, um rejogo alpino da estrutura tectónica oriunda na parte terminal da orogenia Hercínica.

Junto a Aveleada Baçal e Atalaia nota-se aos areais e cascalhos de idade finiterciária (entre 2 e 5 milhões de anos), são considerados indícios da paleodrenagem desta área, cuja já fazia parte da bacia do Douro. A Serra de Montesinho, com 1486 metros de altitude, é composta por granito de grão médio a grosseiro, onde este maciço granito prolongasse para a Espanha com altitude aumentada para 1700 metros na Serra da Gamoneda. Junto à barragem da Serra Serrada observa-se várias escalas morfologias típicas destes materiais rochosos, como as grandes e médias formas acasteladas associadas a um diaclasamento ortogonal bem desenvolvido e ao grão médio-grosseiro do granito, os blocos arredondados, relacionados com a alteração em profundidade e posterior erosão à superfície, e microformas como as cavidades (Pias ou Vasques) observadas nos blocos graníticos (ICNF, 2020b)

2.6.2. *Pedologia do PNM*

Os solos do PNM são maioritariamente incipientes, com classificação de Leptossolos, onde o material possui origem do xisto. No entanto, há expressões de afloramentos de rochas básicas e manchas graníticas na parte superior da Serra de Montesinho e nos Pinheiros. Solos delgados, pedregosos, ácidos e com teores de matéria orgânica elevados são predominantes em zonas mais altas e húmidas do Parque. Com a análise na perspectiva hidrológica e pedológica, as comunidades arbustivas apresentam grande importância, uma vez que no Parque o relevo é de carácter ondulado ou acidentado, propiciando severo risco de erosão (Coba, 1991).

É de grande importância a proteção desse recurso no PNM, tanto pelo papel que ele desempenha nos serviços ecossistêmicos, seja na regulação hidrológica, como também aos ciclos de nutrientes e à sustentação das comunidades vegetais, além da dinâmica do carbono. Portanto, buscar o conhecimento e entendimento dos fatores que determinam e os processos de degradação do solo é importante para criação de estratégias, ações e práticas de conservação do solo (Figueiredo et al, 2015)

2.6.3. Hidrologia do PNM

A composição da hidrografia presente no PNM é consideravelmente densa e está inserida nas bacias hidrográficas dos Rios Tua e Sabor, as quais incorporam a rede hidrográfica do rio Douro. Dentre os principais rios que percorrem o Parque, pode-se citar os rios Mente, Rabaçal, Tuela e Baceiro, os quais pertencem na rede hidrográfica do Tua, e os rios Sabor, Igrejas, Onor e Maçãs, pertencentes à Bacia do Sabor.

O rio Mente é afluente do Rabaçal que, por seu turno, conflui com o Tuela, já próximo de Mirandela, para formar o rio Tua. O rio Igrejas é afluente do rio Onor, que conflui no rio Sabor nos limites do Parque, junto à povoação de Gimonde; a confluência entre o rio Sabor e o rio Maçãs, seu principal afluente, ocorre mais a jusante, já na zona de fronteira entre os concelhos de Bragança, Vimioso e Mogadouro.

O regime dos rios é caracteristicamente irregular na área que abrange o Parque, isso relaciona-se a baixa permeabilidade das rochas onde se encontram as bacias hidrográficas, bem como aos acentuados declives das encostas que contribuem para a aceleração do escoamento. (ICNF, 2020b)

2.6.4. Vegetação do PNM

As condições geológicas, climáticas e orográficas tiveram grande contribuição para o surgimento de grande diversidade e quantidade de espécies no contexto flora e vegetação. A flora existente sob as rochas basálticas é considerada peculiar nessa região, e dentre as relíquias botânicas encontram-se a arméria (*Armeria eriophylla*), a vulnerária (*Anthyllis sampaiana*), a gramínea (*Avenula pratensis ssp. lusitânica*), a violeta-de-pastor (*Linaria aeruginea*), o feto (*Notholaena marantae ssp. marantae*) e a santolina (*Santolina semidentat*). Há ainda os carvalhais, sardoais e bosques ripícolas, que são considerados bosques autóctones, estes contribuem de grande forma para variedade da botânica existente.

A vegetação de maior relevância no quesito conservação desta Área Protegida são aquelas espécies que surgem em solos húmidos nos planaltos da serra de Montesinho e Pinheiro, dentre elas destacam-se as comunidades turfeiras baixas, cervunais (comunidades dominadas pelo nardo-dos-campos *Nardus stricta*) e urzais higrófilos (comunidades dominadas pela margariça *Erica tetralix* e *Genista anglica*) (ICNF, 2020c.)

2.6.5. *Clima do PNM*

Trás-os-Montes, onde o PNM está inserido, possui um clima que é fortemente condicionado pelas barreiras geográficas que há na região, além da posição que se encontra bloqueada à interferências marítimas, possui influências do planalto Castelhana-Leonês e, a sul, a do planalto Beirão e do Maciço Central, o prolongamento do sistema Central Ibérico. Tais influências propiciam um macroclima com características continentalizadas relacionadas a um regime tipicamente Mediterrâneo com uma estação xérica estival bem definida.

A temperatura média anual no Parque varia entre 8,5°C na Serra de Montesinho e os 12,8°C na Baixa Lombada. A inversão térmica é muito recorrente nos meses de inverno e primavera, por esse motivo as temperaturas mínimas nas zonas de vales são bem inferiores que nos locais de altitude elevada. As maiores amplitudes térmicas diurnas e anuais são observadas nos locais que também registram maiores valores das temperaturas máximas, como os vales mais encaixes e profundos.

Na estação fria, a distribuição de chuvas possui uma elevada concentração, considerando o período de outubro a março há uma representatividade de 72% da precipitação anual, na estação quente há quase uma ausência de precipitação, tais condições são características do clima Mediterrâneo. Os valores mais elevados da precipitação no Parque ocorrem nas zonas de maiores altitudes. No que respeita à distribuição na área do Parque, os valores mais elevados da precipitação média anual ocorrem nas zonas de maiores altitudes (1215,6 mm em Moimenta e 1262,8 mm em Montesinho) e na parte ocidental (1075,1 mm em Vinhais), verificando-se uma redução acentuada para este (806 mm em Deilão) (ICNF,2020b).

Os maiores valores de temperatura, bem como os menores níveis de precipitação estão apresentados nas zonas orientais, enquanto nos maciços de Montesinho e Coroa, e áreas envolventes, correspondem aos valores menores da temperatura média e aos mais altos níveis de precipitação. Mediante a isto, as diferenças em termos de défice de água no solo traduzem-se em período de 4 meses (junho a setembro) de défice nas zonas orientais e apenas de 3 meses (julho a setembro) nas centrais e ocidentais.

2.7. Lameiros

Geralmente encontrados nas regiões de montanha, os lameiros são considerados pastagens compostas por vegetação espontânea ou subespontânea com caráter permanente e normalmente estão em locais com grande disponibilidade hídrica e solos de textura fina com elevado teor de matéria orgânica. Quando saturados de água, possuem excesso de lama, aspecto que dá origem a denominação de “lameiros” (Pires et al., 1994; Vieira et al., 2000; Pereira e Sousa, 2005).

Os lameiros terão surgido juntamente com a fundação dos povoados de montanha, durante a Alta Idade Média, como consequência da destruição pelo fogo ou por corte das árvores que se desenvolviam junto aos corpos de água. Os lameiros, em Portugal, têm maior concentração na região dos Trás-os-Montes, como também na Beira Interior e Entre Douro e Minho (Pires et al., 1994; Pereira et al., 2005).

A disponibilidade hídrica, bem como o regime de aproveitamento são os critérios para a classificação de áreas de pastagens como lameiros. Pode-se citar que há lameiros regadios, os quais possuem disponibilidade de água o ano todo; lameiros regadios imperfeitos que ficam próximo à linhas de água não permanentes e há pouca disponibilidade de água no verão; lameiros de sequeiro ou secadal se localizam próximos a linha de água temporárias e que em épocas seca podem desaparecer (Teles, 1970; Pires et al., 1994).

Os lameiros são tradicionalmente utilizados para a produção e alimentação pecuária, onde na condição de regime de aproveitamento eles podem ser classificados como lameiros de pasto, de erva e de feno. Os lameiros de pasto ou também pastigueiros, são constituídos de pastagens mais pobres produzidos geralmente nos lameiros de sequeiro ou de regadio imperfeito, e os mais declivosos de regadio. Já os lameiros de erva ou também segadeiros, normalmente, são destinados à produção de erva de corte e possuem uma boa quantidade de espécies herbáceas com elevado valor nutritivo. Por fim, os lameiros de feno, são originados geralmente dos lameiros de regadio ou de regadio imperfeito e são coutados dos gados no início da primavera e durante o ano são designados à pastoreio (Teles, 1970; Pires et al., 1994; Moreira et al., 2001).

Moreira et al (2001) menciona ainda que os lameiros exercem um papel fundamental para a conservação da biodiversidade da flora e fauna, uma vez que neles existem algumas espécies de plantas ameaçadas de extinção como algumas orquídeas e animais de espécies cinegéticas: o corço e veado. Para Farinha (2000) os lameiros possuem

um grande valor ambiental, tendo em vista que a vegetação arbórea e arbustiva podem criar um bloqueio para o alastre de incêndios florestais. Além dos pontos mencionados, os lameiros possuem uma estrutura multifuncional, destacando-se também na forma de turismo da paisagem, sendo reconhecidos em um guia de percursos de Portugal (POÇAS et al, 2008).

2.8. Projeto HabMonte

De acordo com a Resolução do Conselho de Ministros n.º 167/2017, de 2 de novembro que aprova projetos de prevenção estrutural contra incêndios e de restauro em Parques Naturais e Reservas, o Projeto HabMonte, foi desenvolvido pelo ICNF, com base na tipologia das alíneas do artigo 70.º do Relatório Regulamento Específico Domínio da Sustentabilidade e Eficiência no uso de Recursos (RE SEUR) do Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (PO SEUR).

O projeto HabMonte possui como objetivo alcançar a proteção arbórea autóctone de alto valor ecológico; a condução de povoamento de espécies arbóreas autóctones; gestão de formações arbustivas espontâneas; a eliminação e/ou redução da área ocupada por espécies invasoras lenhosas; melhoria do habitat do lobo ibérico e das suas presas naturais; educação, sensibilização e conhecimento sobre a valorização da natureza e das florestas.

Em três partes do Parque Natural de Montesinho, sendo Coroa, Montesinho, e Lombada, estão sendo executadas as ações. Para cada um, em síntese, há ações, subações e tarefas que são preconizadas. Além disso, para dentro de cada parte do PNM houve a seleção de locais de intervenção, onde utilizou-se os critérios áreas com elevada importância em termos de conservação (Área de Proteção Parcial do tipo I e II); áreas sob cogestão pública; território conhecido de lobo ibérico; áreas onde há presença de habitats de vegetação arbórea autóctone; áreas com alta vulnerabilidade à ocorrência; e propagação de incêndio.

Nas Áreas de Proteção Parcial do tipo I e II, podendo ser chamadas também de PP1 e PP2, possuem um nível de proteção mais elevado que ocorrem os ecossistemas e os habitats naturais mais relevantes do PNM em razão do seu bom estado global de conservação, à sua elevada sensibilidade ecológica e à sua extensa área de ocupação. Dentre os habitats naturais e seminaturais que estão sendo intervencionados incluem-se: bosques caducifólios mesofílicos; bosques perenifólios; bosques hidrófilos e higrófilos; prados e pastagens permanentes (lameiros); e comunidades arbustivas.

No que tange às áreas de pastagens (lameiros), na maioria dos casos, estes espaços correspondem a pastagens e hortas abandonadas pela população local, além de serem habitats dos lobo-ibéricos, os quais têm se tornado vulneráveis à fenômenos de natureza antrópica. Os lameiros estão cartografados na área do PNM, de acordo como Plano de Ordenamento, em um total de 4.779,92 ha e estão sendo exercidas atividades para que 134 hectáres desse tipo de ecossistema sejam recuperado. Ações como a reabilitação de parcelas lineares de pastagens permanentes ao longo de linhas de água possuem o objetivo de aumentar a disponibilidade alimentar para as presas naturais do lobo-ibérico, criar espaços de descontinuidade de carga combustível entre outros benefícios

Nesse contexto, melhor se justifica o objetivo deste trabalho o qual, como já se referiu, foi o de aplicar o método SCS nas bacias hidrográficas que compreendem lameiros inseridos no PNM, a fim de avaliar as respostas hidrológicas através dos caudais de ponta diante de diferentes cenários de mudança global. (HabMonte,2018)

CAPÍTULO III – Metodologia

3. METODOLOGIA

Este capítulo aborda os materiais e métodos utilizados para a caracterização fisiográfica das bacias hidrográficas, as metodologias adotadas perante à aplicação do método SCS para a obtenção de caudais de ponta e as respostas hidrológica das bacias ante à diferentes cenários.

3.1. Localização da área de estudo

As áreas de estudo correspondem as bacias hidrográficas, onde estão inseridos os dezesseis lameiros (Figura 1), localizados no Parque Nacional de Montesinho entre as coordenadas $41^{\circ}54' - 41^{\circ}59'N$ e $6^{\circ}35' - 6^{\circ}42'O$, que abrangem o concelho de Bragança no nordeste de Portugal e uma parcela província de Zamora no território da Espanha.

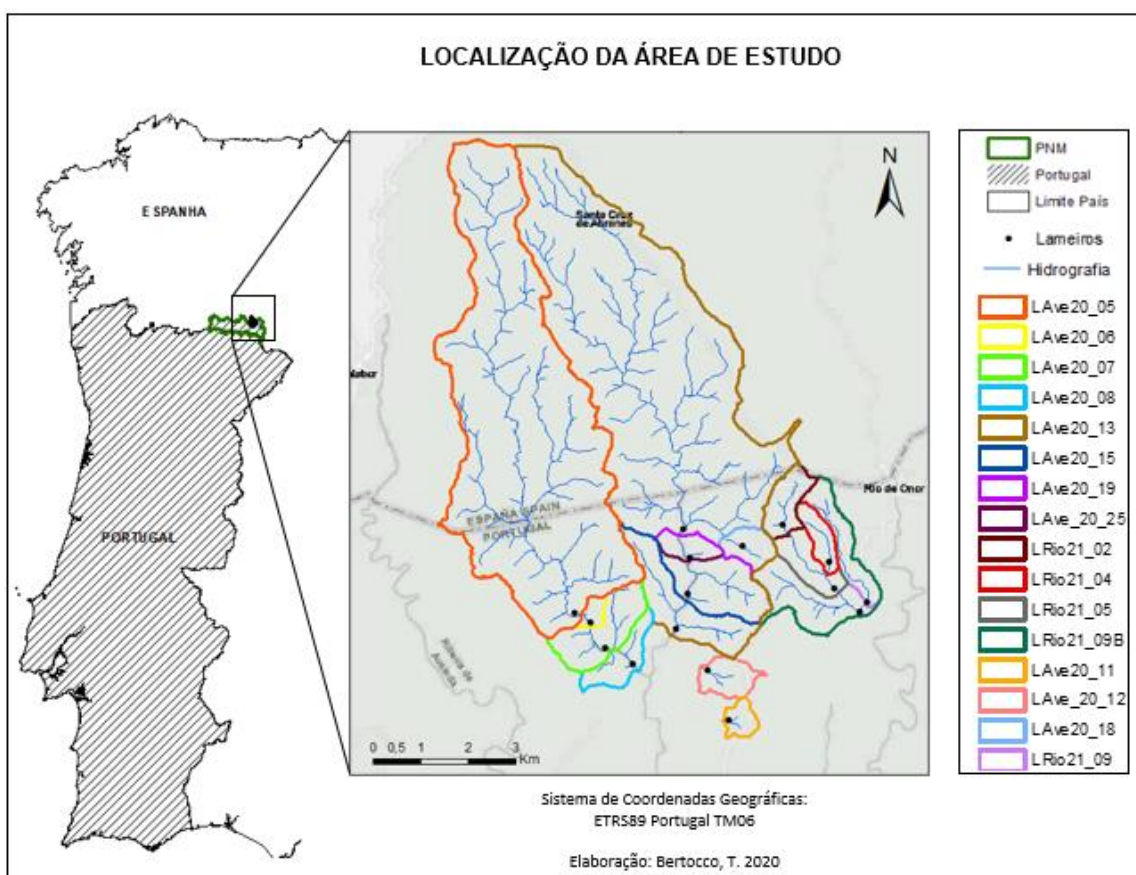


Figura 1. Localização das bacias hidrográficas e lameiros em estudo

3.2. Base de dados e tratamento de informações

As bacias hidrográficas foram delimitadas e caracterizadas através dos dados e coordenadas fornecidos pelo projeto HabMonte, conduzido pelo Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF).

Utilizou-se técnicas de geoprocessamento de Sistema de Informação Geográfica (SIG) por intermédio do *software* ArcGis, para a identificação das áreas das bacias, bem como a hidrografia existente, litologia, pedologia, uso e ocupação do solo, cujos dados georreferenciados foram disponibilizados por Okada (2019). O *software* Excel também foi utilizado para a manipulação, tratamento e análise de dados extraídos do ArcGis, como também para os cálculos do Método SCS e simulação dos cenários.

3.3. Delimitação das bacias hidrográficas e características físicas

Os limites das bacias hidrográficas foram estabelecidos baseados no Modelo Digital de Terreno (DEM) projetado pelo método de sensoriamento remoto *Light Detection and Ranging* (LIDAR), com resolução de 5 e 10 metros.

Designou-se siglas para os lameiros em estudo, pelo projeto HabMonte, atribuídas também às bacias hidrográficas delimitadas, as quais foram segregadas em quatro categorias relacionadas ao uso e abandono, com presença ou não de rio próximo ao lameiro, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Categorias das bacias hidrográficas e lameiros

Categorias			
UcR	AcR	UsR	AsR
LAve20_05	Lave20_13	LRio21_02	Lave20_11
LAve20_06	Lave20_15	LRio21_04	Lave20_12
LAve20_07	Lave20_19	LRio21_05	Lave20_18
LAve20_08	Lave20_25	LRio21_09B	LRio21_09

Nota. UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio

Por meio das ferramentas de geoprocessamento, com o uso do DEM, foram extraídas as informações quantitativas das características físicas das bacias hidrográficas, como área, altura média, comprimento do rio principal e declive médio, cujos valores são relevantes para os cálculos mais adiante abordados.

3.4. Litologia, solos e uso do solo

Em razão dos limites, da maior parte das bacias hidrográficas ultrapassarem o território de Portugal, ocupando parte da Espanha, houve a necessidade da conciliação dos dados dos dois países. Desse modo, utilizou-se dados geoespacializados de uso e ocupação do solo disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG) baseado na classificação de Cartografia de Uso e Ocupação do Solo (COS) do ano de 2015 por possuir maiores níveis de detalhamento do que a mais recente, COS 2018. Utilizou-se também a classificação do *Sistema de Información de Ocupación del Suelo de España* (SIOSE) do ano mais recente, 2016, para o território espanhol. A fim de uniformizar a classificação de uso e ocupação dos dois países, foi realizado a adequação e tradução dos dados da SIOSE para com o nível 3 da COS 2015, uma vez que a SIOSE apresenta sua classificação de uma forma mais abrangente. Desse modo, gerou-se nova legenda que viabilizou a uniformização e compatibilização dos dados de ambos os países, sendo o nível 5 para áreas que compreendem Portugal e o nível 3 para as áreas pertencentes à Espanha (Okada, 2019).

3.5. Método SCS

Para a estimativa dos caudais de ponta, por meio da aplicação do método SCS, a fim de obter a previsão de cheias hidrológicas nas bacias hidrográficas em estudo, há uma sequência de cálculos para a obtenção das variáveis que refletem no hidrograma e resultado final, nomeadamente tempo de concentração, tempo para a ponta, número de escoamento, perdas iniciais, altura da precipitação total, altura da precipitação útil e, por fim, caudal de ponta.

3.5.1. Tempo de concentração (t_c)

Utilizou-se dois métodos de cálculo para selecionar o maior tempo de concentração, a fim de comparação indicando a perspectiva mais crítica, sendo os métodos de Giandotti (1953) e Temez (1978), nas Equações 1 e 2, respectivamente.

$$t_c = \frac{4\sqrt{A}+1,5L}{0,8\sqrt{H}} \quad (1)$$

$$t_c = 0,3 \left(\frac{L}{d_r^{0,25}} \right)^{0,76} \quad (2)$$

Onde, t_c é o tempo de concentração em horas, A , a área da bacia em km^2 , L , o comprimento do rio principal da bacia em km e dr , declive médio do rio principal da bacia em m.m^{-1} .

3.5.2. Tempo para a ponta (t_p)

Para a determinação do tempo de crescimento (t_p), a Equação 3 foi citada por Rodrigues et al (2011), onde t_r é a duração da precipitação útil em horas.

$$t_p = \frac{1}{2} t_r + 0,6 t_c \quad (3)$$

Conforme os autores, leva-se em conta que t_r deve ser igual ou superior ao t_c , e a melhor adoção consiste em igualar as variáveis a fim de simplificar a definição das estimativas de caudais de ponta, tornando a expressão reduzida (Equação 4).

$$t_p = 1,1 t_c \quad (4)$$

3.5.3. Número de escoamento (N)

O tipo hidrológico do solo é um dos elementos cruciais para a definição do número de escoamento. Lencastre e Franco (2006) denominam que há quatro tipos hidrológicos de solo, conforme o *Soil Conservation Service*, nomeadamente:

- Tipo A: Potencial de escoamento superficial baixo;
- Tipo B: Potencial de escoamento superficial abaixo da média;
- Tipo C: Potencial de escoamento superficial acima da média;
- Tipo D: Potencial de escoamento superficial elevado;

Ligado à essa temática, para cada tipo hidrológico de solo encontrado nas bacias hidrográficas em estudo, admitiu-se associação aos tipos de solos com bases nas características descritas por Okada (2019). Para o tipo C relacionam-se os Cambissolos por serem mais espessos e possuir a camada de rocha limitante mais profunda. Já para o Tipo D, podem corresponder aos Leptosolos por serem delgados, pedregosos e limitados por rochas duras com menor profundidade. Nos tipos de solo que possuem a classe secundária úmbrica, a qual indica alto teor de matéria orgânica, o que possibilita maior

permeabilidade, considera-se na presença desta classe a elevação no nível do tipo hidrológico de solo em que se encontra, isto é, o Tipo D converte-se em C e o Tipo C converte-se em B.

Outro elemento relevante para a definição do número de escoamento é o uso e ocupação do solo relacionado ao AMC (*Antecedent Moisture Conditions*) que corresponde a condições de humedecimento do solo. Para a determinação dos caudais de cheia, geralmente, é considerado o solo como bem humedecido e encharcado, adotando o valor de N para AMC-III (Lencastre e Franco, 2006). Desse modo, utilizou-se a tabela (Anexo II) adaptada por Moreira (2007) que relacionou a COS 2007 com AMC-II. Mediante isso, realizou-se a associação dos valores de N da AMC-II, para a AMC-III, com base na Tabela 2. Vale ressaltar que a COS 2015 e COS 2007 possuem uma igual classificação para o terceiro nível, o qual foi empregado para a obtenção de N.

Tabela 2. Conversão do número de escoamento para condições AMC-I, AMC-II e AMC-III

AMC			AMC			AMC			AMC		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
100	100	100	63	80	91	40	60	78	22	40	60
97	99	100	62	79	91	39	59	77	21	39	59
94	98	99	60	78	90	38	58	76	21	38	58
91	97	99	59	77	89	37	57	75	20	37	57
89	96	99	58	76	89	36	56	75	19	36	56
87	95	98	57	75	88	35	55	74	18	35	55
85	94	98	55	74	88	34	54	73	18	34	54
83	93	98	54	73	87	33	53	72	17	33	53
81	92	97	53	72	86	32	52	71	16	32	52
80	91	97	52	71	86	31	51	70	16	31	51
78	90	96	51	70	85	31	50	70	15	30	50
76	89	96	50	69	84	30	49	69	12	25	43
75	88	95	48	68	84	29	48	68	9	20	37
73	87	95	47	67	83	28	47	67	6	15	30
72	86	94	46	66	82	27	46	66	4	10	22
70	85	94	45	65	82	26	45	65	2	5	13
68	84	93	44	64	81	25	44	64	0	0	0
67	83	93	43	63	80	25	43	63			
66	82	92	42	62	79	24	42	62			
64	81	92	41	61	78	23	41	61			

Fonte: Adaptado de Lencastre e Franco (2006)

A fim de encontrar o valor de N global para cada bacia hidrográfica em estudo, aplicou-se a média ponderada da percentagem da área dos tipos de solo hidrológico, como também do uso e ocupação do solo. Utilizou-se as Equações 5 e 6, a seguir, apresentadas por Lencastre e Franco (2006) na aplicação da metodologia SCS.

$$h_o = \frac{5080}{N} - 50,8 \quad (5)$$

O valor de h_o refere-se às perdas iniciais da chuvada antes de inicializar o escoamento superficial, expressas em mm, e N é o número de escoamento. Para uma dada altura de precipitação total (h) a altura de precipitação útil (h_u), em mm, foi calculada de acordo com a expressão:

$$h_u = \frac{(h-h_o)^2}{h+4h_o} \quad (6)$$

3.5.4. Curvas de intensidade-duração-frequência (IDF)

Para o cálculo da precipitação total (h) optou-se pela metodologia proposta por Matos e Silva (1986), a qual refere-se às curvas IDF PC (Portugal Continental) (Figura 2) com a aplicação na sequência das Equação 7 e 8.

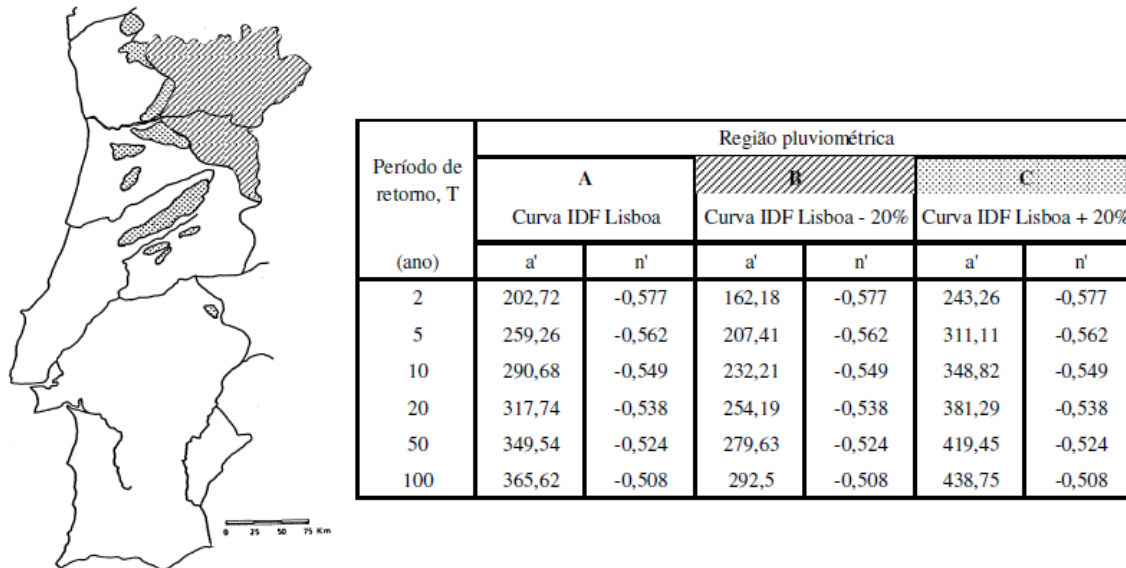


Figura 2. Regiões pluviométricas e parâmetros das curvas intensidade-duração-frequência
Fonte: Portela (2006).

$$i = a' t^{n'} \quad (7)$$

$$h = i t \quad (8)$$

Onde, a' e n' são as constantes definidas pelas regiões pluviométricas e t , foi utilizado o tempo de contração (t_c) e h , a precipitação total. Conforme Matos e Silva (1986), para efeito, é sugerido que as intensidades médias advindas das curvas sejam acrescidas 20% nas regiões montanhosas e reduzidas à 20% na região do nordeste (Região B), a qual as bacias de drenagem em estudo estão inseridas.

No entanto, tal metodologia possui uma limitação para o tempo (t) à ser utilizado, não sendo possível ser ultrapassado 120 minutos, de acordo com a série de precipitação apresentadas pelas autoras. Desse modo, como é previsto que o tempo de concentração possa exceder essa limitação, propôs-se a comparação da aplicação das curvas IDF PC extrapoladas, ou seja, para mais de 120 minutos com curvas IDF criadas a partir de dados de uma estação udométrica representativa e curvas IDF propostas por Brandão (1995).

Para a primeira situação, foi selecionada a estação udométrica de Rio do Onor (02R/01UG), a qual se mostrou mais representativa em relação a altitude e média de precipitação anual das bacias hidrográficas em estudo. Através do website do SNIRH (Sistema Nacional de Informação em Recursos Hídricos), foram extraídos os dados de precipitação máxima anual e precipitação diária correspondentes do ano hidrológico 1957/58 ao 2018/19. Realizou-se o tratamento dessas informações por meio das ferramentas do software Excel.

O método de Chow (1988), foi aplicado para análise de frequência com as precipitações máximas para 1 a 10 dias obtidas, associadas aos períodos de retorno de 2, 10, 50 e 100 anos. A Equação 7 é composta por i que representa a intensidade da chuva em mm.h^{-1} , por x , o valor médio da variável, por s que o é o desvio padrão e K_T , o factor frequência.

$$i = x + K_T s \quad (7)$$

A distribuição de Gumbel foi utilizada para obter o fator frequência K_T , para os mesmos períodos de retorno (T), conforme a Equação 8.

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0,5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} \quad (8)$$

Desse modo com o valor de intensidade (i) obtém-se os valores de precipitação total (h) por meio da Equação 8 para cada bacia hidrográfica utilizando os respectivos tempos de concentração (t_c).

Brandão (1995) apresentou parâmetros das curvas IDF (Tabela 3) para diversos períodos de retorno, derivados da análise estatística de séries de precipitações de estações udográficas em Aveiro, Lisboa, Évora e Faro.

Tabela 3. Parâmetros da curva IDF de Brandão (1995).

Parâmetros	Posto udográfico	Períodos de retorno (anos)			
		2	10	50	100
a'	Aveiro	205	301	337	421
	Lisboa	221	386	450	594
	Évora	272	412	465	584
	Faro	295	487	561	728
n'	Aveiro	-0,612	-0,617	-0,62	-0,621
	Lisboa	-0,607	-0,627	-0,636	-0,638
	Évora	-0,662	-0,645	-0,638	-0,636
	Faro	-0,657	-0,643	-0,638	-0,636

Fonte: Adaptado de Rodrigues et al (2011).

Desse modo, para a primeira comparação foi selecionada as curvas IDF de Rio do Onor e a Região B das curvas IDF PC, uma vez que a área de estudo está localizada nessa zona. Na segunda situação selecionou-se Região A, pois os postos udográficos da curva IDF de Brandão (1995) encontram-se nessa zona e para a comparação dos dois métodos é o mais adequado.

3.5.5. Caudal de ponta (Q_p)

Conforme Lencastre e Franco (2006) a equação do SCS relaciona a um factor de ponta, k , que pode variar de 1 a 0,5 dependendo da declividade da bacia, sendo que nos cálculos habituais utiliza-se o valor 0,75, o qual será adotado. Assim sendo, para a estimativa de caudal de ponta, adota-se a Equação 9, onde relaciona-se o fator de ponta às variáveis abordadas anteriormente.

$$Q_p = \frac{0,277 k A h_u}{t_p} \quad (9)$$

3.6. Simulação de cenários

A fim de analisar a mudança do comportamento hidrológico das bacias perante a condição atual, propôs-se três simulações relacionados ao uso e ocupação dos lameiros, como também às mudanças climáticas.

3.6.1. Cenário 1

O primeiro cenário, C1, refere-se ao uso e ocupação existente do lameiro convertido a “Matos” na classificação COS 2015. Essa conversão se baseia no abandono das atividades familiares e pecuárias exercidas nos lameiros, fato recorrente nos últimos anos (PNM, 2007), onde pode ocorrer a aparição de vegetação espontânea devido à falta de manejo e pelo abandono propriamente dito. No entanto, há lameiros que já possuem essa classificação, a qual não foi alterada, sendo assim, este cenário foi aplicado apenas a lameiros com classificação diferente de matos.

3.6.2. Cenário 2

A Rede Natura 2000 é uma rede ecológica, que possui políticas de proteção, no espaço Comunitário da União Europeia, cuja aplicação visa garantir preservação a longo prazo das espécies e habitats mais ameaçados da Europa, evitando assim a perda de biodiversidade. Uma das intervenções específicas, nas medidas prioritárias da política em Portugal Continental é o apoio à manutenção de lameiros de alto valor natural de sequeiro e regadio (ICNF, 2020d). Nesse contexto, o segundo cenário, C2, remete-se a conversão do uso e ocupação do solo existente nos lameiros para “Pastagens permanentes” na classificação COS 2015 a fim de corresponder a recuperação manutenção dos lameiros de acordo com as medidas previstas no projeto.

3.6.3. Cenário 3

O Regulamento (CEE) 2080/92, estabelece um regime comunitário de assistência às medidas florestais na agricultura. Um dos incentivos do projeto é a arborização das superfícies agrícolas com o intuito de fomentar o planejamento, uso e manejo do solo agrícola de forma ambientalmente equilibrada (SRAF, 2020). Diante disso, o terceiro cenário, C3, fundamenta-se e relaciona a modificação do uso e ocupação do solo dos lameiros em “Florestas abertas, cortes e novas plantações” conforme a COS 2015.

3.6.4. Cenário 4

O quarto cenário, C4, diz respeito a simulação das mudanças climáticas relacionados à precipitação. De acordo com a Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas (EMAAC) para o município de Bragança, é projetada pelo modelo climático mais crítico uma diminuição entre 17 a 24 dias no número médio anual de dias

com precipitação até o final do século, comparado a um histórico modelado dos anos 1976 a 2005 (EMAAC, 2016).

Tendo em vista que com a redução dos números de dias de precipitação aumenta-se a intensidade, o C4 foi simulado a partir do acréscimo da percentagem de redução na variável **a'** da equação das curvas IDF, uma vez que é a variável representativa na equação para a alteração das curvas. Sendo assim, dentro desse contexto, foi realizado duas simulações neste cenários, sendo C4a e C4b, um aumento nas intensidades de 21% e 32 % respectivamente, conforme Tabela 4, percentagens de acréscimo que foram calculadas pelo inverso da razão entre os números, futuro e actual, médios de dias de chuva por ano.

Tabela 4. Informações base de simulação do C4.

Cenário	Período	No médio de dias de chuva/ano	Acréscimo na intensidade
Actual	Histórico (1976-2005)	99	-
4a	2040 - 2070	82	21%
4b	2071 - 2100	75	32%

CAPÍTULO IV – Resultados e Discussão

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta secção serão apresentados os resultados da caracterização cartográfica e fisiográfica das categorias das bacias em estudo, da variação e tendência temporal dos dados hidrométricos, a avaliação do desempenho do método SCS para a estimativa do caudal de ponta de cheia na situação atual e em três cenários distintos relacionados ao uso e ocupação, bem o aumento da intensidade de precipitação. Os resultados obtidos são ainda comparados entre as categorias das bacias com o objetivo de observar as respostas hidrológicas sob o efeito do abandono, uso e presença ou não de rio próximo ao lameiro. Os resultados individuais de cada bacia hidrográfica estão incorporados no Anexo I.

4.1. Caracterização das bacias

A fim de interpretar e entender o comportamento hidrológico e seus processos, torna-se necessário expressar em condições quantitativas as características geométricas, morfológicas e fisiográficas das bacias, nomeadamente, área, declividade, topografia, pedologia, tipo de solo e uso e ocupação do solo (Christofolletti, 1974; Lencastre e Franco, 2006). Dessa forma, adiante serão apresentados a descrição das principais características, como também serão analisados quanto as suas respostas hidrológicas diante dos cenários propostos.

4.1.1. Características físicas gerais

As médias das características físicas gerais de cada categoria das bacias que serão utilizadas para os cálculos subsequentes, estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios das características físicas das bacias por categoria

Características físicas	Categoria			
	UcR	AcR	UsR	AsR
Área da bacia (km ²)	13,5	14,6	1,37	0,44
Área do lameiro (km ²)	0,0086	0,0084	0,0081	0,0074
Perímetro (km)	22,58	12,64	17,5	7,65
Altura média (m)	149,1	140,71	87,63	57,76
Altitude média (m)	846,35	859,71	818,13	823,12
Comprimento do rio principal (m)	10,43	9,3	1,91	2,84
Declive médio rio principal (m.m ⁻¹)	0,034	0,034	0,066	0,072

Nota. UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio

Quanto às áreas, verifica-se que a todas as bacias se enquadram na classificação de pequenas bacias, uma vez que os valores correspondentes são inferiores ao limite de 26 km² (Wisler, 1964), sendo a maior bacia a (LAve20_13) com 16,26 km² da categoria UsR, a menor (LAve20_11) com 0,23 km², enquadrada na AsR (Anexo I). A maior área média encontra-se na categoria AcR com área de 14,6 km² e a menor média na AsR com 0,44 km². Tratando-se do perímetro, as mesmas bacias citadas anteriormente são as que possuem o maior e o menor valor respectivamente, no entanto a maior média é da categoria UcR e menor mantêm-se a AsR.

As médias das áreas dos lameiros, de forma geral, possuem valores com pouca variação entre as categorias, sendo a maior média na categoria UcR (0,085 km²) que em contrapartida possui a bacia com o menor lameiro (LAve20_05 - 0,0027 km²), a menor média está em AsR (0,0074 km²), e o maior lameiro em UsR (LRio21_09B - 0,016 km²). As outras características, como comprimento e declive médio do rio principal serão mencionados e utilizados para o cálculo de caudal de ponta mais adiante.

4.1.2. Características de relevo e precipitação das bacias hidrográficas

A Figura 3 retrata visualmente a relação entre a altitude e precipitação por categoria das bacias hidrográficas por meio da interpolação dos dados de precipitação, onde as cores mais escuras representam as áreas mais elevadas e os maiores valores de isoietas se situam nessas regiões. O contrário ocorre também para as cores mais claras, onde as isoietas de menores valores estão relacionadas a essas áreas.

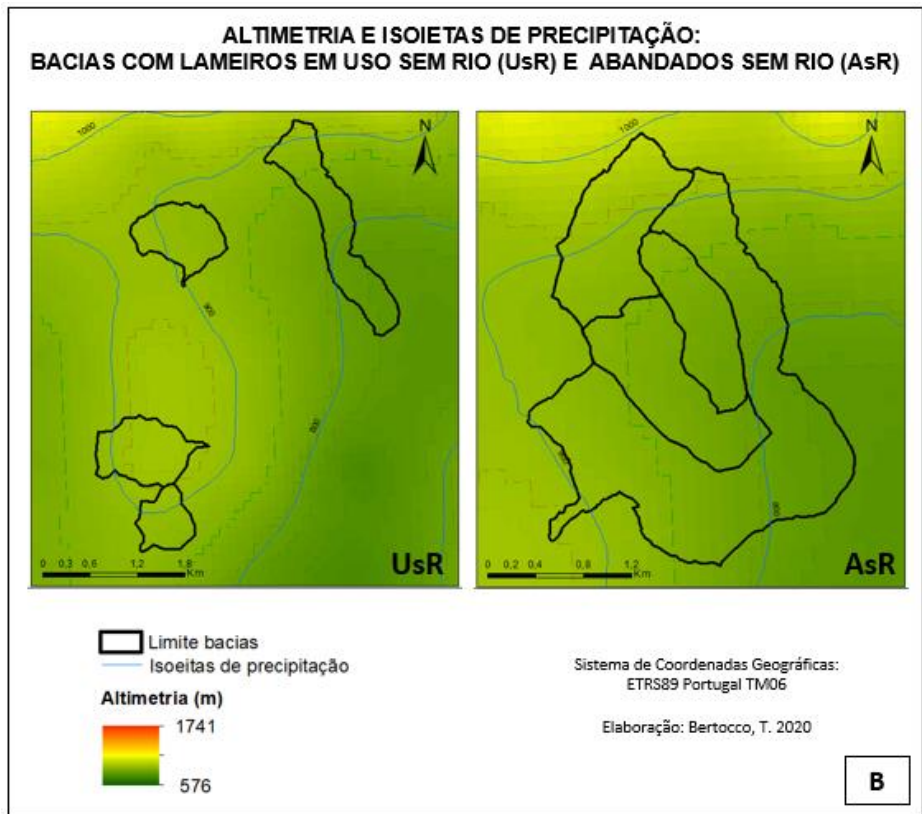
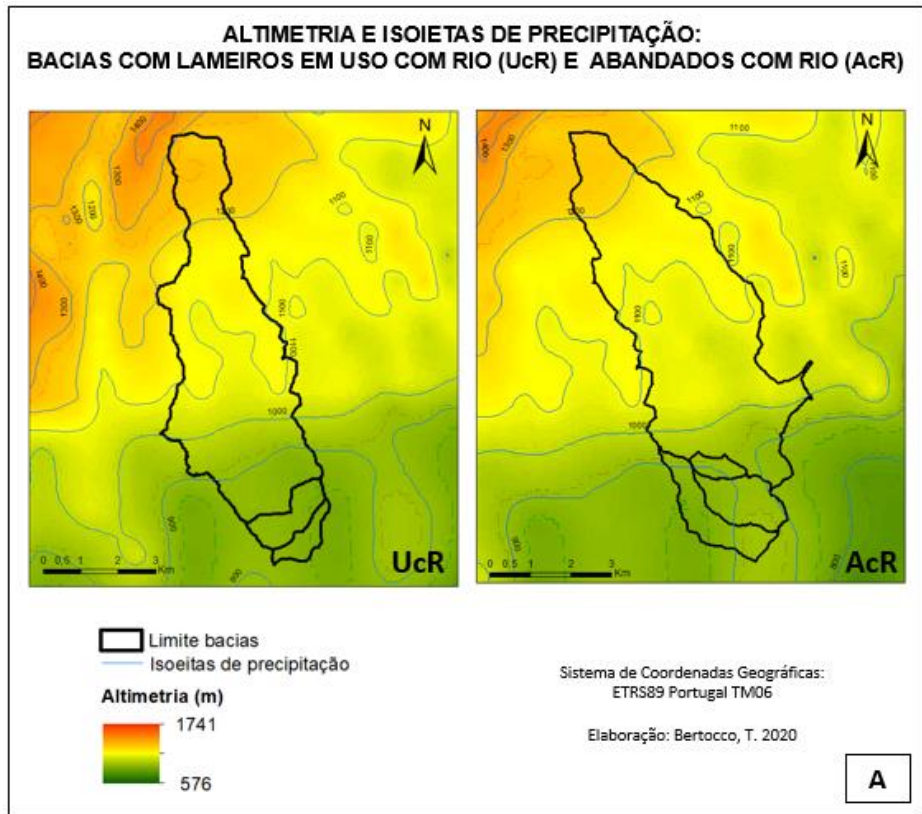
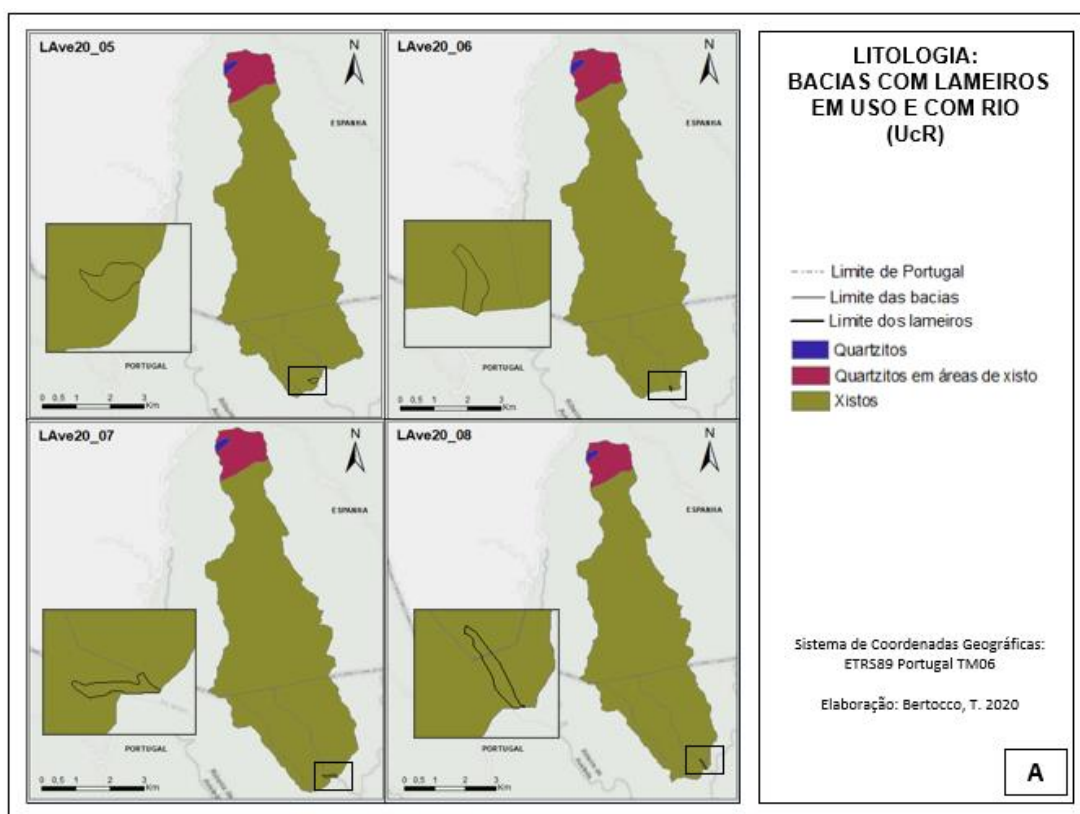


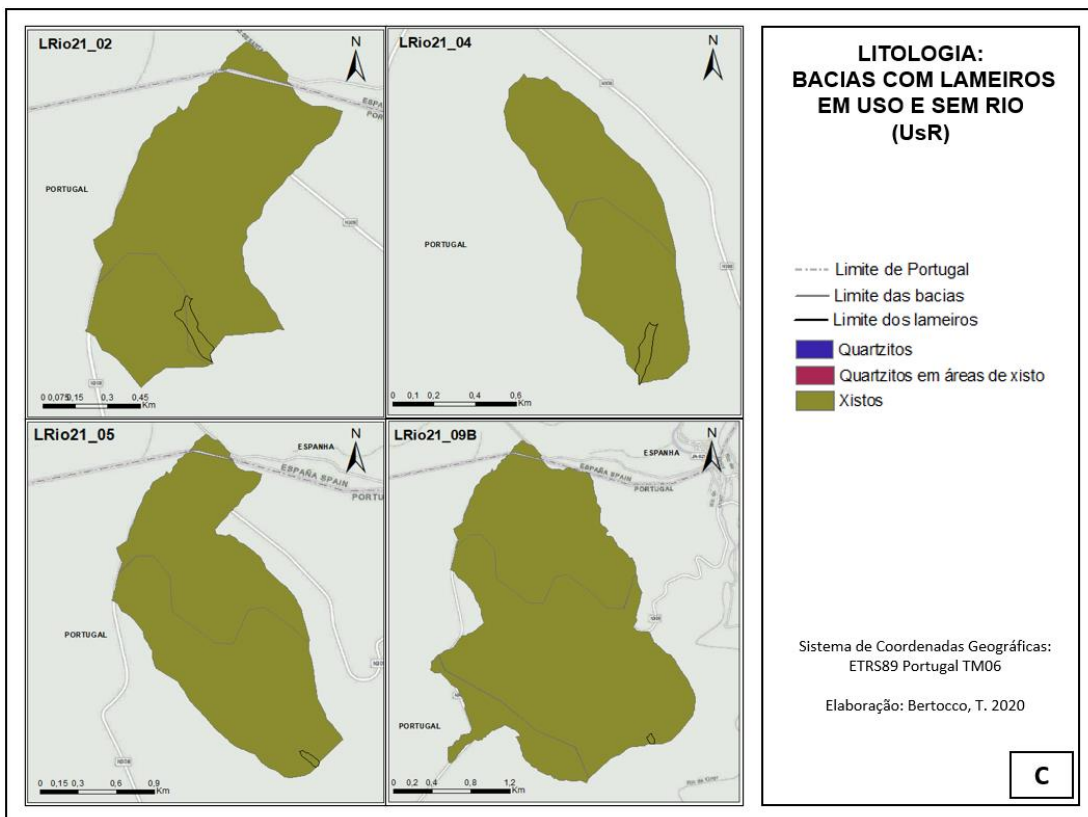
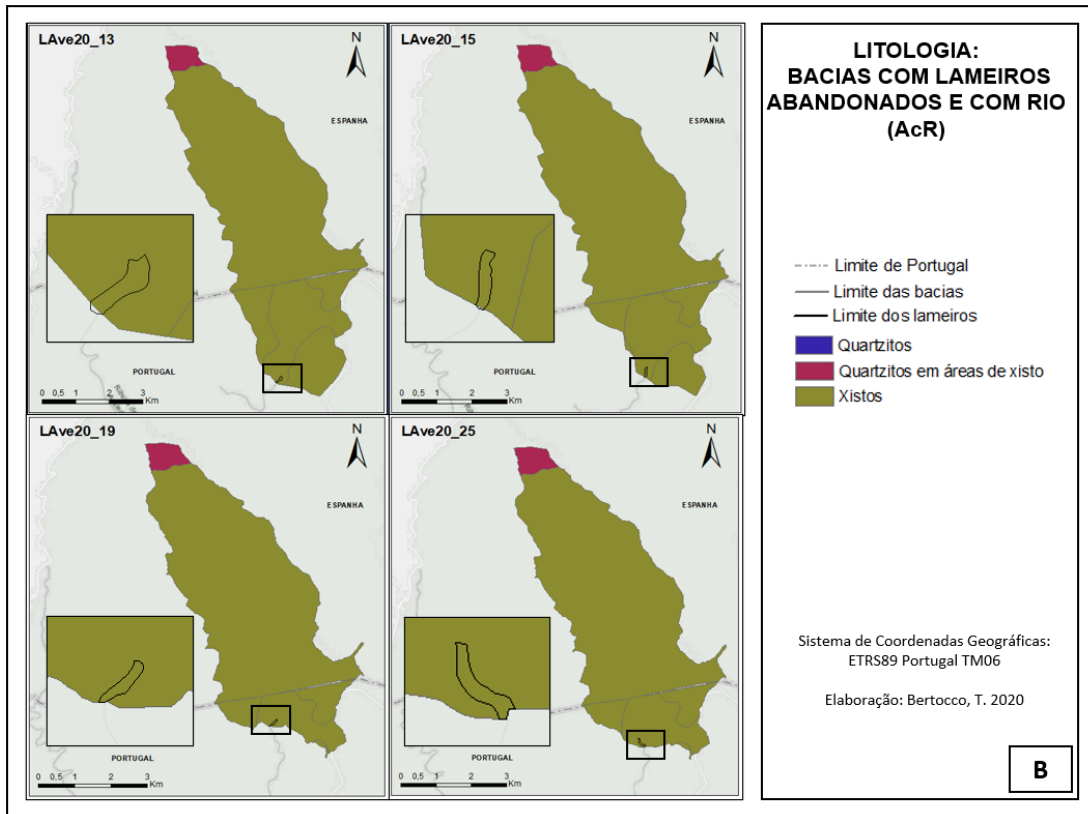
Figura 3. Altitude e isolinhas de precipitação das áreas de estudo: A-Bacias com lameiros em uso e com rio (UcR) e abandonados com rio (AcR).B-Bacias com lameiros em uso e sem rio (UsR) e abandonados com rio (AsR)

É possível observar que as categorias que possuem a maior média de altitude, sendo as bacias UcR e AcR, são as que compreendem as maiores médias de precipitação anual, bem como acontece o oposto, onde as categorias UsR e AsR têm altitude média e precipitação média anual menores. Esse comportamento é o indicativo da presença do gradiente climático, uma vez que devido a altitude ser responsável diretamente aos valores de precipitação, condiciona a heterogeneidade do clima das bacias de montanha, de acordo com Gonçalves et. al. (2016).

4.1.3. Litologia

A litologia é uma característica fisiográfica das bacias hidrográficas que refere-se a composição e propriedades da rocha. Uma avaliação relacionando chuva, escoamento sob a litologia e ao uso e ocupação do solo, pode-se prover uma melhor compreensão sobre respostas e modelos hidrológicos (Fortesa et al, 2020). Na Figura 4 são apresentados os tipos litológicos de cada bacia e a Tabela 6 a percentagem de área ocupada por cada tipo.





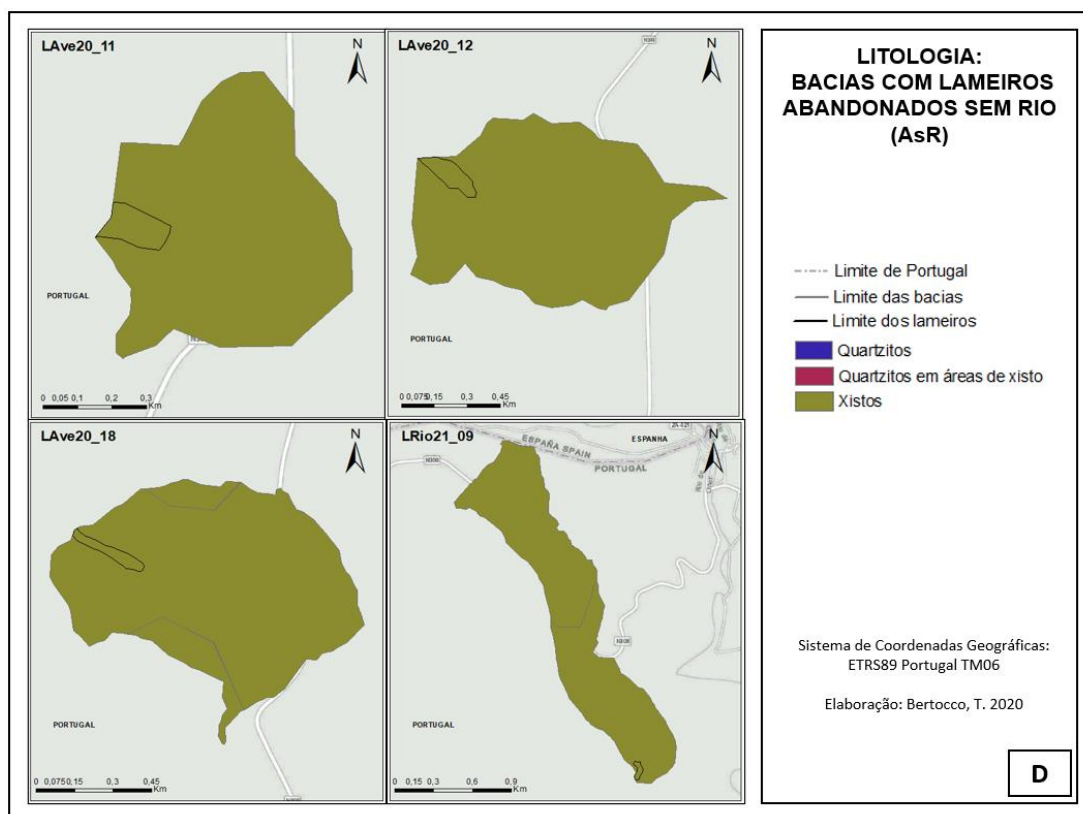


Figura 4. Litologia das áreas de estudo: A-Bacias com lameiros em uso e com rio (UcR).B-Bacias com lameiros abandonados e com rio (AcR).C- Bacias com lameiros em uso e sem rio (UsR). D- Bacias com lameiros abandonados e sem rio (AsR).

Tabela 6. Tipos litológicos presentes nas categorias das bacias e sua respectiva percentagem de área

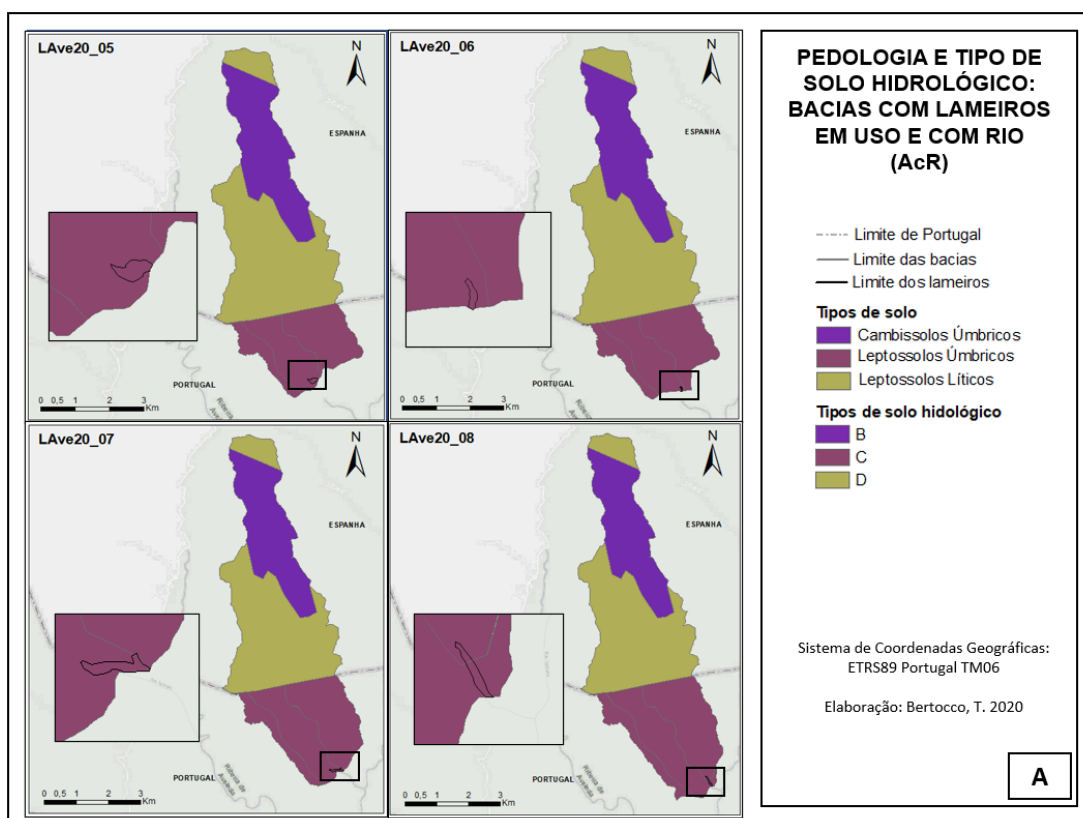
Litologia	UcR	AcR	UcR	AsR
Quartzitos	0,38%	0%	0%	0%
Quartzitos em áreas de xisto	6,39%	2,59%	0%	0%
Xistos	93,07%	97,41%	100%	100%

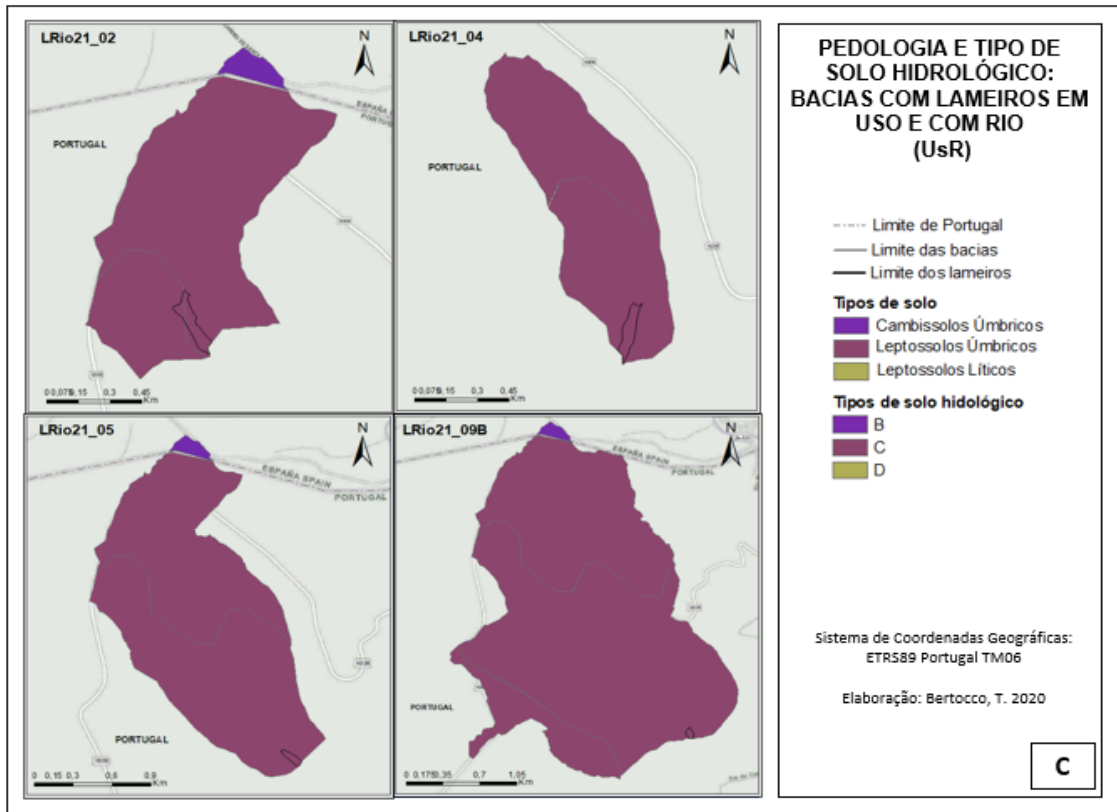
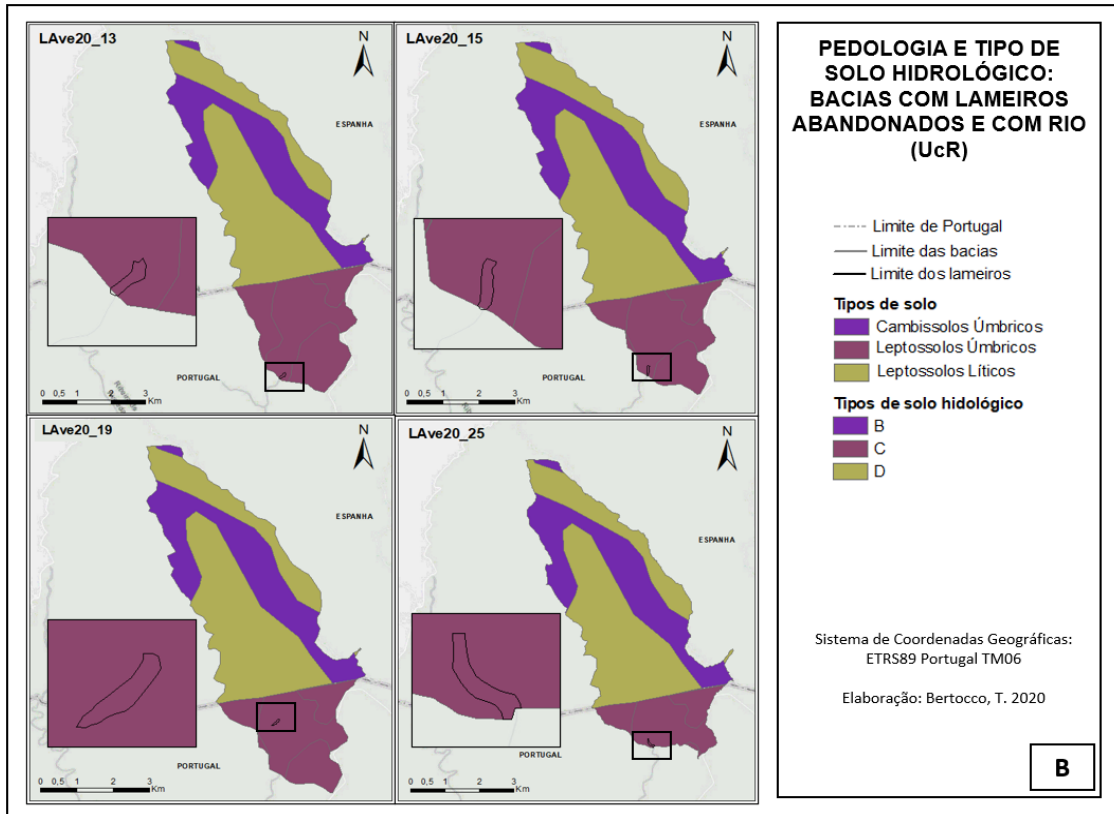
Nota. UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio

Verifica-se que a maior parte das áreas, em todas as categorias e bacias, são ocupadas por xistos, bem como onde estão inseridos os lameiros. De acordo com Figueiredo (2013), os xistos derivam os solos pouco evoluídos, de pedregosidade elevada, como os leptossolos e cambissolos, o que pode ser observado e comprovado nos tipos de solo presentes nas bacias em estudo no tópico adiante. Do ponto de vista hidrológico, os xistos possuem materiais cuja condição impermeável favorecem os processos erosivos e o escoamento superficial (Noronha et al, 2011).

4.1.4. Pedologia

Os tipos de solo são de grande importância para análise da resposta hidrológica, uma vez que estão relacionados com a distribuição, o deslocamento e a movimentação da água dentro da bacia hidrográfica (Lencastre e Franco, 2006). Desse modo, apresentam-se, através da Figura 5, os mapas pedológicos das bacias, onde os solos estão segregados por unidades pedológicas principais e secundárias. Já a Figura 6 e Tabela 7 expõem em forma percentual gráfica e quantitativa, respectivamente, tais características.





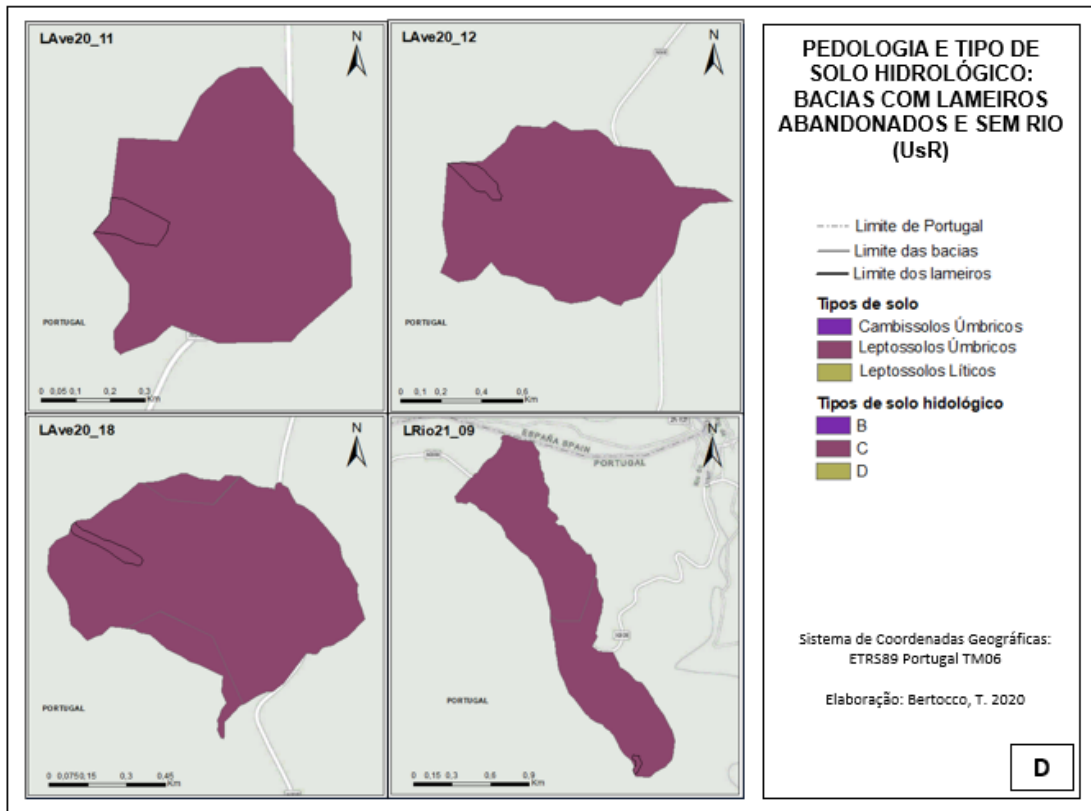


Figura 5. Pedologia e tipos de solos hidrológicos das áreas de estudo: A-Bacias com lameiros em uso e com rio (UcR).B-Bacias com lameiros abandonados e com rio (AcR).C- Bacias com lameiros em uso e sem rio (UsR). D- Bacias com lameiros abandonados e sem rio (AsR).

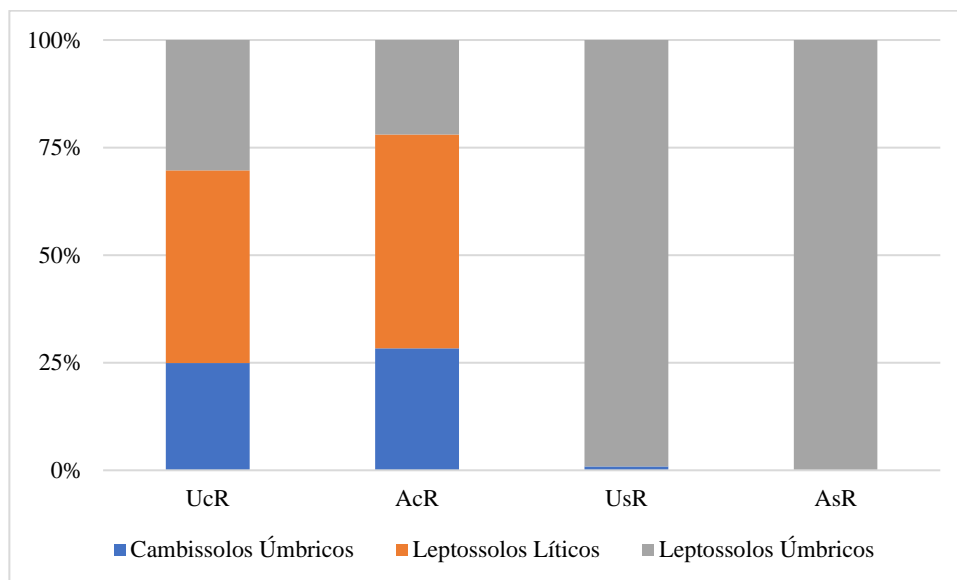


Figura 6. Gráfico da pedologia em unidade principal e secundária das bacias hidrográficas.

Nota. UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio

Tabela 7. Tipos pedológicos presentes nas categorias das bacias hidrográficas e sua respectiva percentagem de área

Unidade	Solos	UcR	AcR	UsR	AsR
Principal	Cambissolos	24,9%	28,3%	0,9%	0%
	Leptossolos	75,1%	71,7%	99,1%	100%
Secundária	Camb. Úmbricos	24,9%	28,3%	0,9%	0%
	Lept.Líticos	44,8%	49,7%	0%	0%
	Lept.Úmbricos	30,3%	22%	99,1%	100%

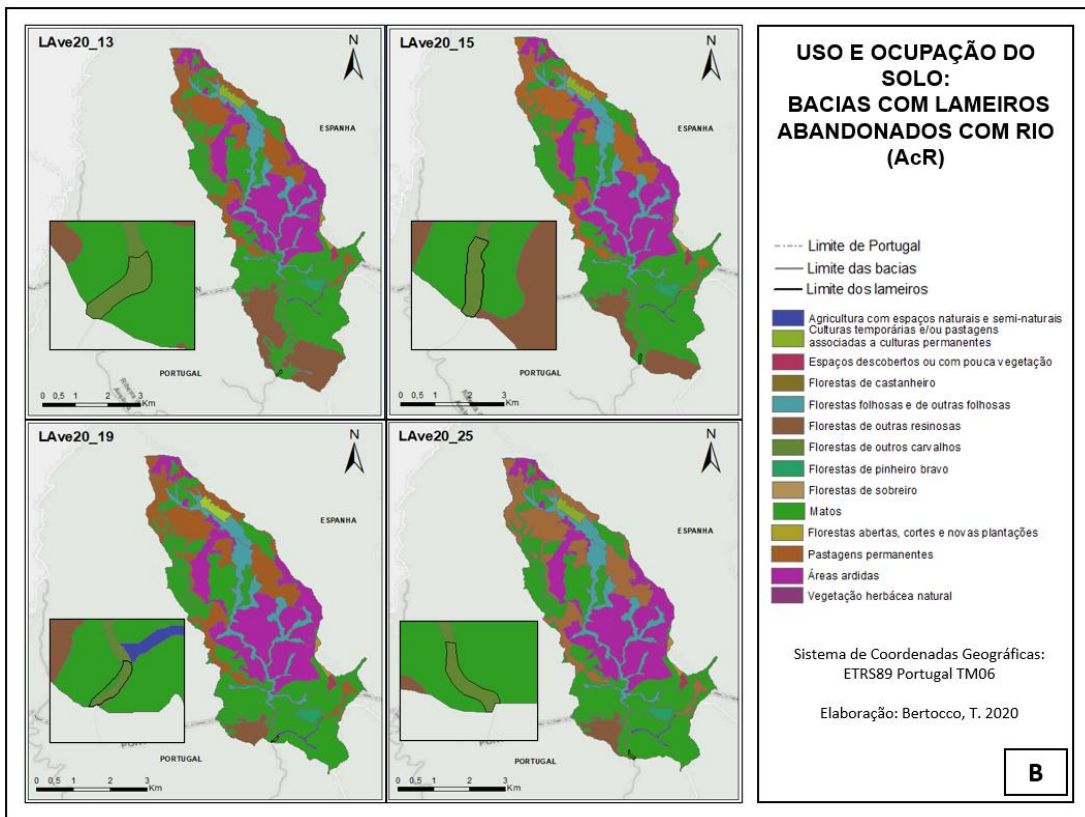
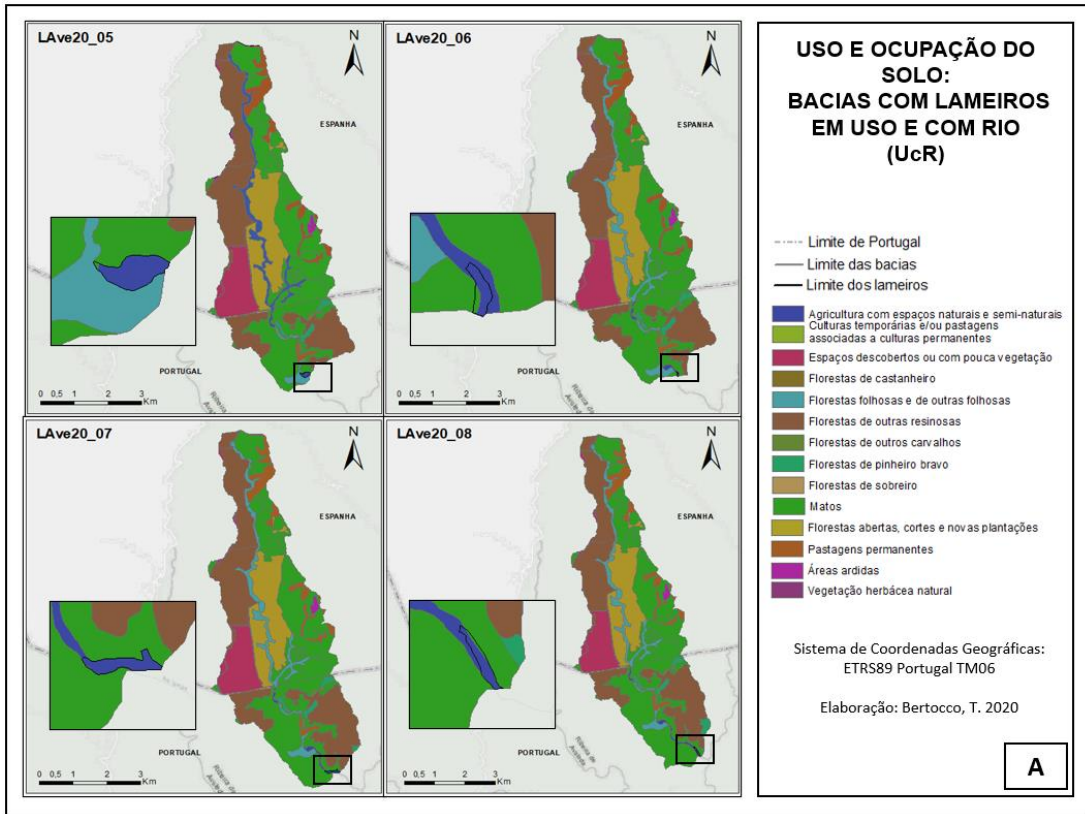
Nota. UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio

Da variedade de solos existentes em toda extensão de Portugal e Espanha, considerando as unidades principais de solo, há predominância dos Leptossolos, em seguida tem-se os Cambissolos. Conforme Afonso e Arrobas (2009), os Leptssolos são delgados e característicos de zonas com declive acentuado, o que facilita o escoamento superficial. Comparado aos Leptossolos, os Cambissolos são solos mais profundos e devido sua rocha limitante, possui maior capacidade de infiltração (Figueiredo, 2013).

Nas unidades secundárias de tipo de solos, o Úmbrico é mais evidente, o qual normalmente está presente em regiões com baixas temperaturas, de maior altitude e precipitação. Além disso, esse tipo de solo possui grande quantidade de matéria orgânica em sua composição, fazendo com que haja um bom fluxo de água aumentando a capacidade de retenção e infiltração da água (Figueiredo, 2013).

4.1.5. Uso e ocupação do solo

Um dos componentes interferentes na resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica é o tipo de cobertura do solo, o qual influenciará na capacidade de infiltração e consequentemente o escoamento superficial (Tucci, 1997). Desse modo, a Figura 7 apresenta os mapas de uso e ocupação dos solos existentes nas bacias hidrográficas em estudo, conforme a COS 2015 adaptada. Já Tabela 8 e a Figura 8 expõem de forma percentual o uso e ocupação dos solos em valores totais e graficamente, respectivamente.



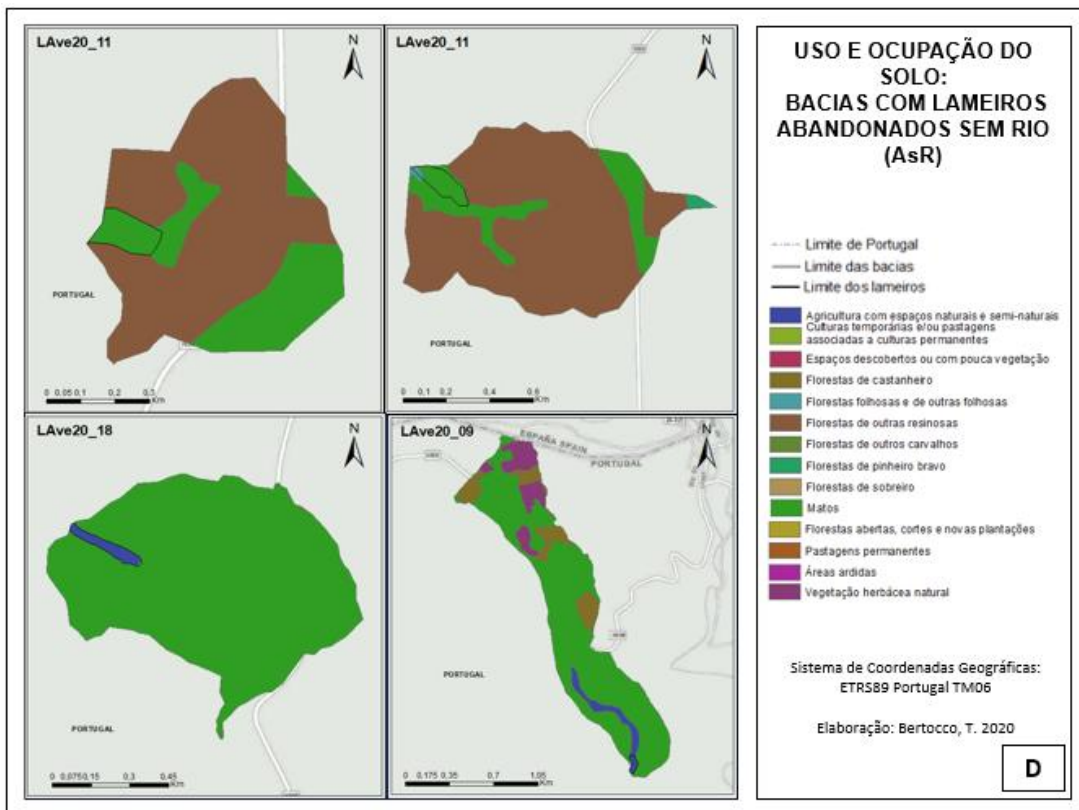
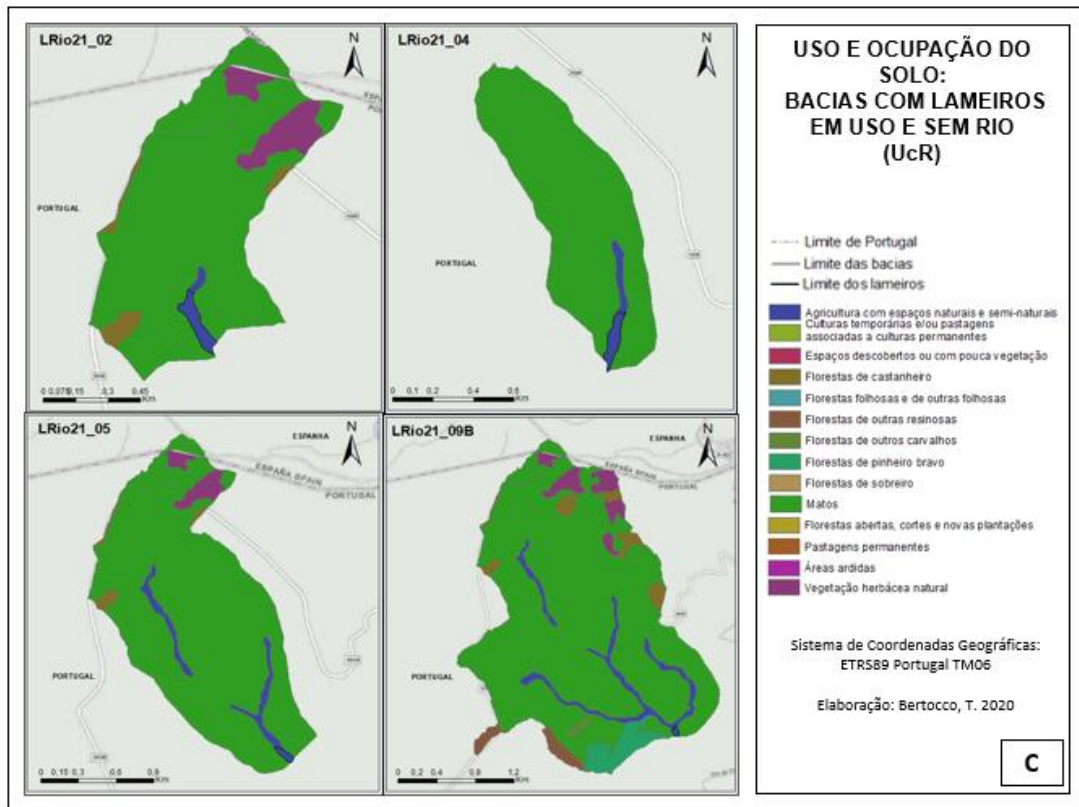


Figura 7. Uso e ocupação do solo das áreas de estudo: A-Bacias com lameiros em uso e com rio (UcR).B- Bacias com lameiros abandonados e com rio (AcR).C- Bacias com lameiros em uso e sem rio (UsR). D- Bacias com lameiros abandonados e sem rio (AsR).

Tabela 8. Percentagens de área de uso e ocupação do solo nas categorias das bacias hidrográficas em estudo

Uso e ocupação	Categorias			
	UcR	AcR	UsR	AsR
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais	0,44%	0,60%	3,71%	1,48%
Áreas ardidas	0,44%	23,45%	0%	0%
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes	0%	0,91%	0%	0%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação	8,07%	0,61%	0%	0%
Florestas abertas, cortes e novas plantações	12,51%	0,29%	0%	0%
Florestas de castanheiro	0%	0,10%	1,72%	2,62%
Florestas de folhosas	4,56%	9,09%	0%	0,00%
Florestas de outras folhosas	1%	0,02%	0%	0,08%
Florestas de outras resinosas	28,14%	5,73%	0,45%	38,55%
Florestas de outros carvalhos	0,28%	0,38%	0,08%	0%
Florestas de pinheiro bravo	1,04%	0,69%	0,88%	0,18%
Florestas de sobreiros	0,21%	0%	0%	0%
Matos	38,46%	41,06%	89,44%	54,70%
Pastagens permanentes	4,85%	17,06%	0,01%	0%
Vegetação herbácea natural	0%	0%	3,72%	2,38%

Nota. UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio

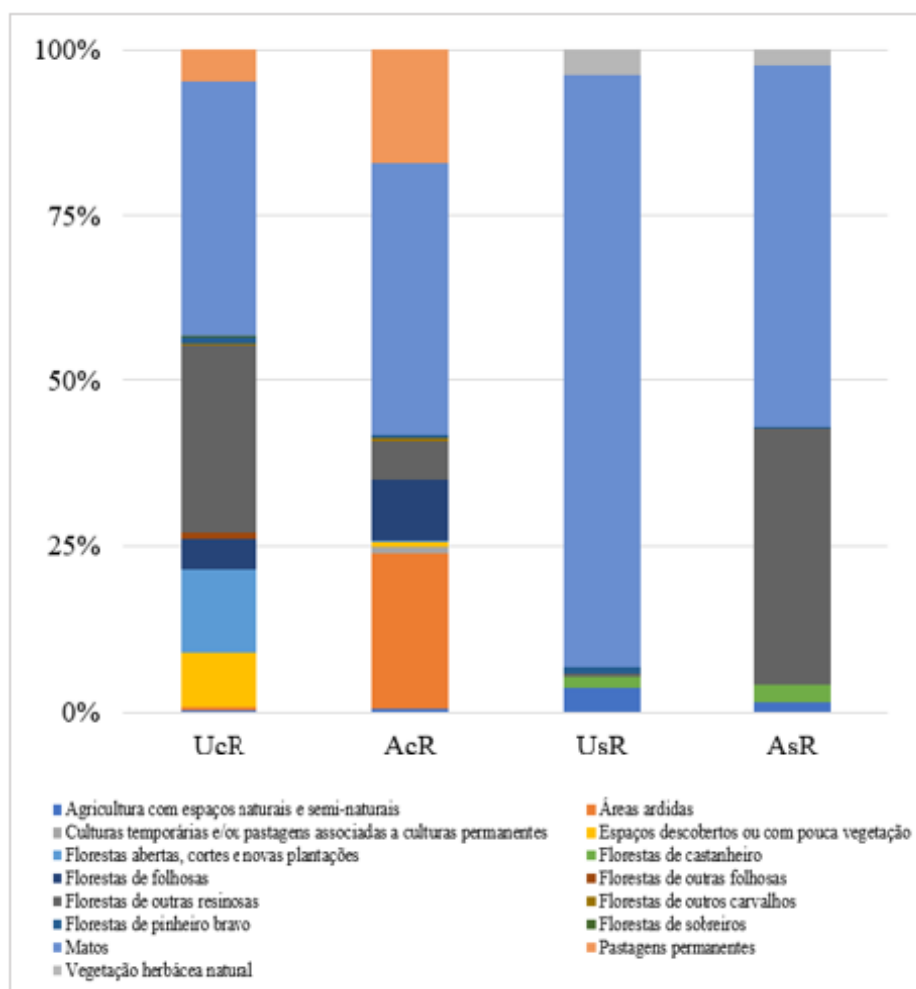


Figura 8. Distribuição percentual da área ocupada pelas classes de uso e ocupação do solo.

Nota. UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio

Nota-se que em todas as categorias das bacias há a predominância da tipologia de matos como cobertura do solo e pouca área com o solo descoberto nas categorias UcR e AcR. Pode-se considerar essas observações como fatores favoráveis no aspeto hidrológico, tendo em vista que a presença de vegetação exerce papel de barreira evitando o choque direto da precipitação com a área superficial do solo, diminuindo o escoamento superficial e favorecendo a infiltração da água no solo.

4.1.6. Tipos hidrológico de solo

Os tipos hidrológico de solo e sua distribuição estão representados através da Figura 5, e as percentagens de cada um relacionado a área de ocupação são expressas na Tabela 9

Tabela 9. Porcentagem dos tipos hidrológico de solo encontradas em cada categoria das bacias hidrográficas em estudo

Tipos de solo Hidrológico	Categoria			
	UcR	AcR	UsR	AsR
B	24,9%	28,3%	0,9%	0%
C	44,8%	49,7%	0%	0%
D	30,3%	22%	99,1%	100%

Nota. UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio

Pode-se verificar que há somente solos tipo D para a categoria AsR e o solo tipo C é predominante nas bacias AcR e UsR. Enfatiza-se esse efeito justamente pela associação das características do solo presentes nas bacias com a infiltração e escoamento da água. Os resultados de caudais de ponta de cheia, que serão à frente abordados, possuem relação direta com o número de escoamento (N) que é influenciado pelo tipo de solo hidrológico, o qual é de grande importância para o estudo e aplicação do método SCS, segundo Lencastre e Franco (2006).

4.2. Método SCS

Neste tópico serão apresentadas as variáveis e as decisões que conduzem a obtenção do fator chave do método SCS, o caudal de ponta das bacias hidrográficas.

4.2.1. Tempo de concentração

Os tempos de concentração foram cálculos para todas as bacias hidrográficas por meio dos métodos de Giandotti (1953) e Temez (1978). A fim de comparação entre ambos, realizou-se o gráfico de dispersão, conforme Figura 9

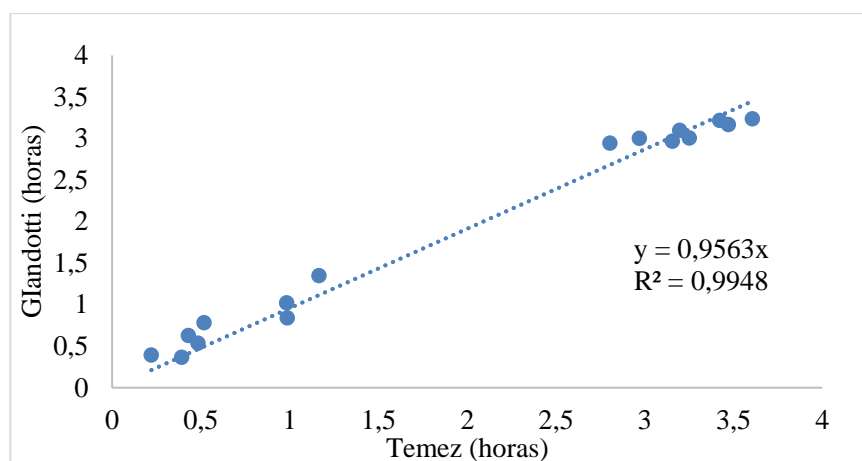


Figura 9. Gráfico comparativo entre os métodos para o tempo de concentração.

Pode-se verificar, que por meio da equação do gráfico, os valores de tempo de concentração obtidos por Giandotti (1953) são 95% dos valores de Temez (1978). Diante disto, opta-se pela adoção dos tempos de concentração alcançados por Temez (1978) por atingir maiores valores, sinalizando um a situação mais crítica.

4.2.2. Número de escoamento (N)

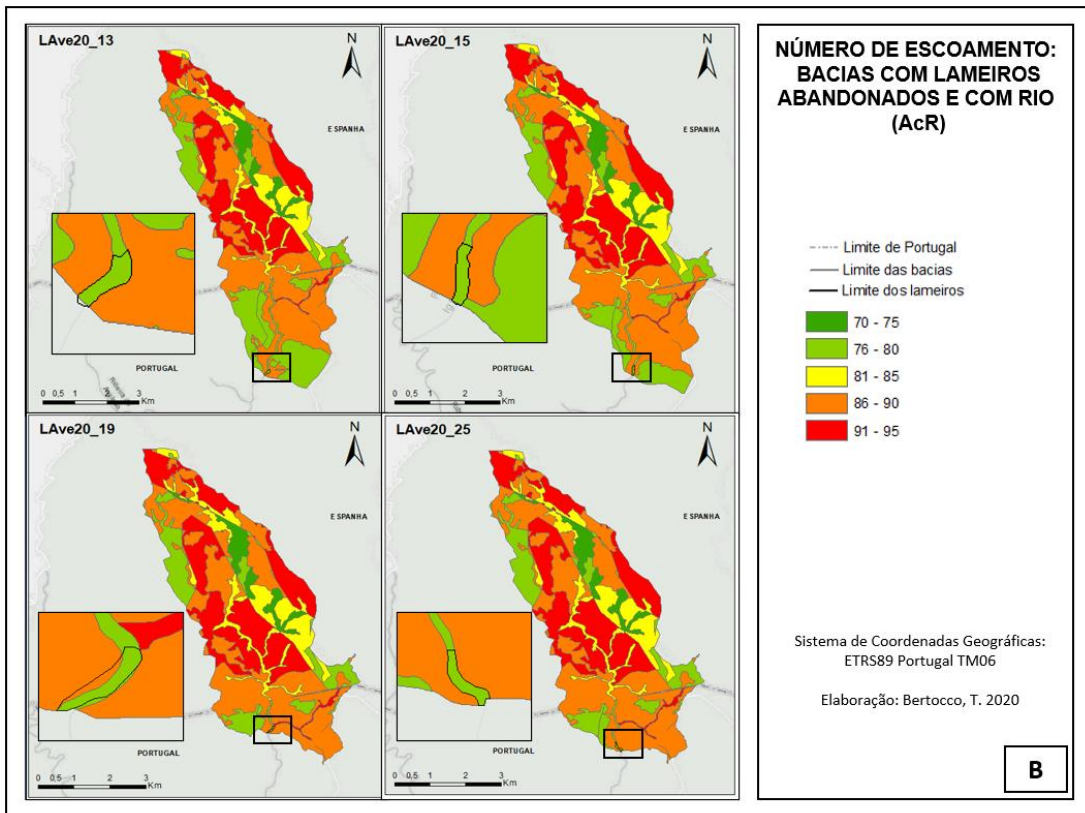
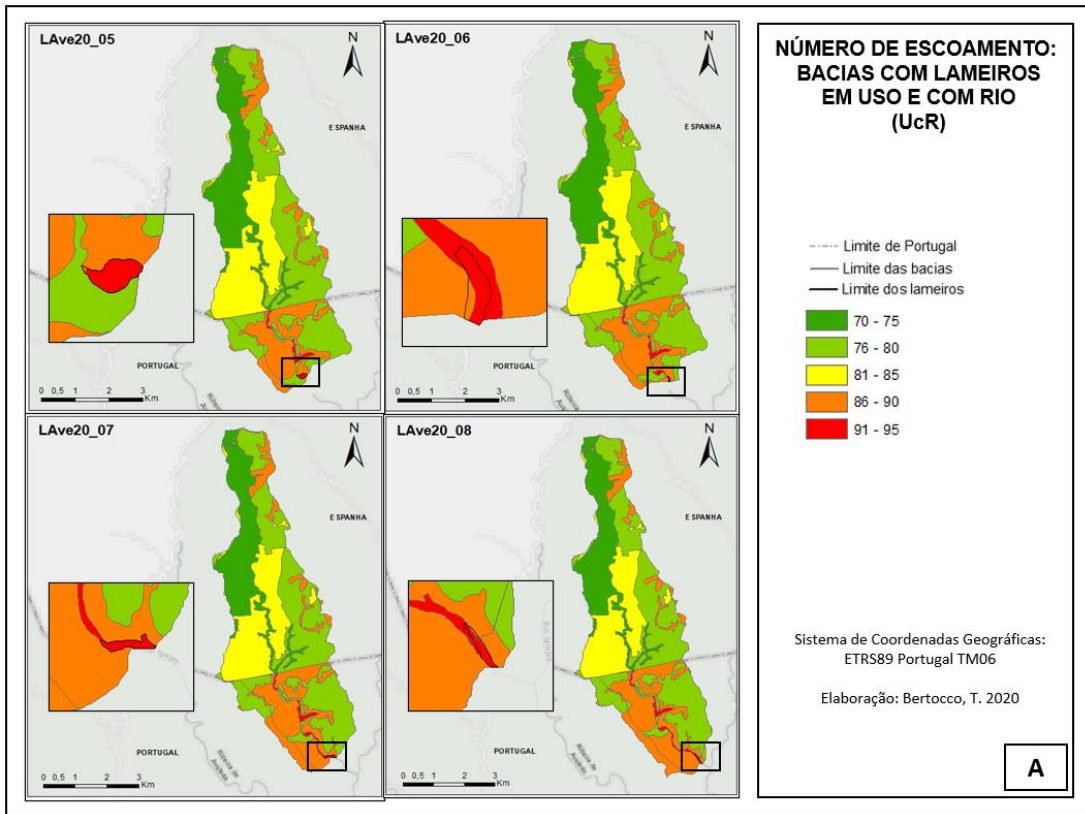
Através dos resultados obtidos em percentagem dos tipos de uso e o cupação do solo, bem como os tipos de solo hidrológico, foi possível obter os valores de N global para cada bacia hidrográfica, considerando a COS e as condições AMC-III baseados na Tabela 2 e no Anexo II.

A Tabela 10 apresenta os valores das médias do N global para as categorias das bacias e a Figura 10 a sua distribuição.

Tabela 10. Número de escoamento médio para as categorias das bacias

Categoria	N global
UcR	84
AcR	87
UsR	86
AsR	83

Nota. UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio



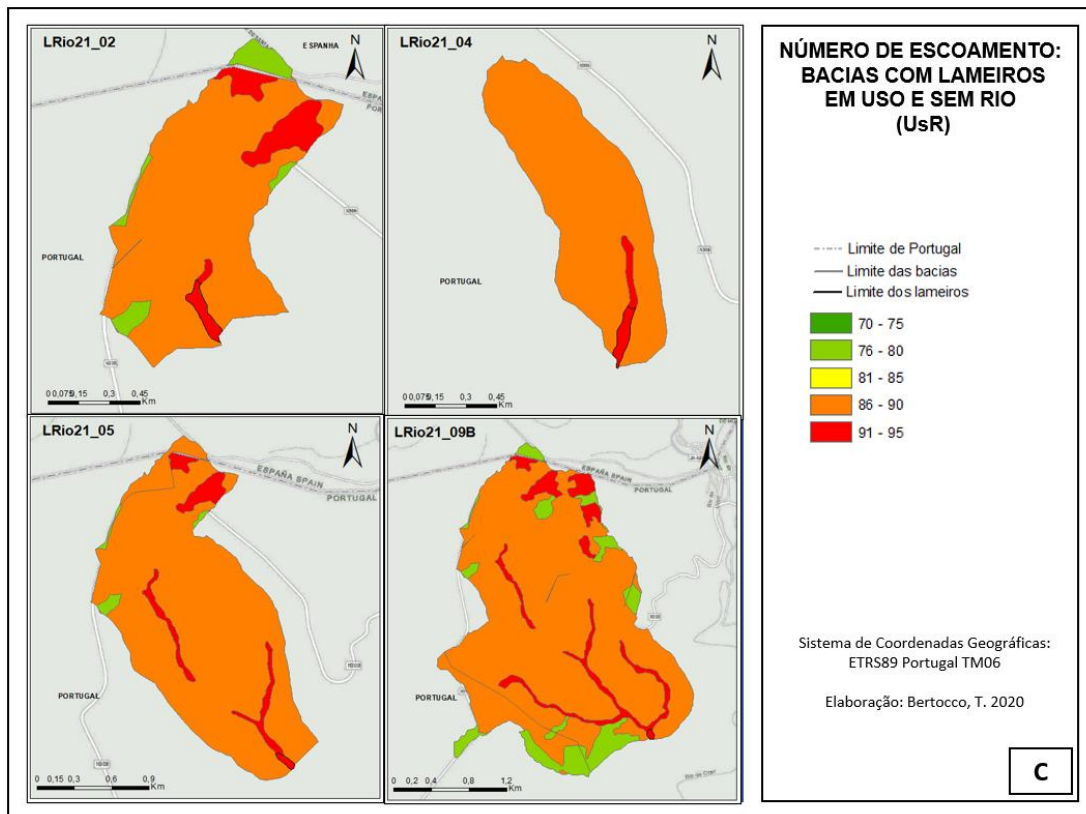


Figura 10. Distribuição de N nas bacias hidrográficas: A-Bacias com lameiros em uso e com rio (UcR). B- Bacias com lameiros abandonados e com rio (AcR). C- Bacias com lameiros em uso e sem rio (UsR). D- Bacias com lameiros abandonados e sem rio (AsR)

Por meio do número do escoamento, foi possível calcular a variável dependente perdas iniciais (h_0) de cada bacia hidrográfica, cujos valores são apresentados no Anexo I.

4.2.3. Curvas IDF

A partir dos dados de precipitação máxima diária da estação udométrica Rio Onor, obteve-se os parâmetros das curvas IDF para diferentes tempos de retorno. Tendo em vista que os dados da região e a escala temporal são muito amplos, onde o mínimo é de 24 horas, fez-se necessário a extrapolação dos dados para abranger menores tempos de concentração obtidos das bacias em estudo, sendo que o maior tempo estimado é de 3,6 horas (Anexo I).

Desse modo, foram calculados os valores de precipitação para 2 e 100 anos de período de retorno com base nas equações das curvas IDF de Rio do Onor, e de Brandão (1995) e PC para a Região B, onde está inserida a zona de estudo. A Figura 11 expõe a média das precipitações obtidas por cada método a fim de comparação.

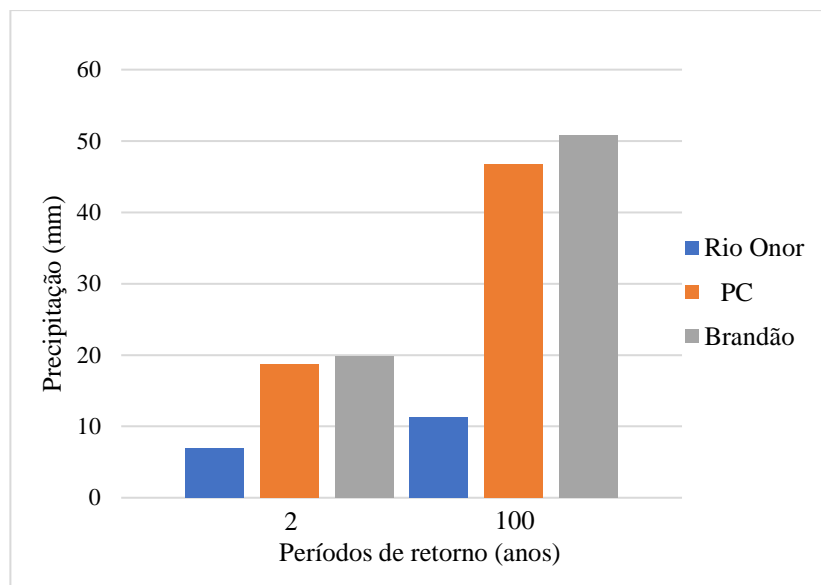


Figura 11. Precipitações máximas anuais para períodos de retorno de 2 e 100 para uma duração de 3,6 horas obtidas com as curvas IDF de diferentes fontes.

A média de precipitações das curvas IDF de Rio de Onor, PC e Brandão respectivamente é de 6,89 mm, 18,69 mm, 19,81 mm para 2 anos e 11,21 mm, 42,72 mm, e 50, 83 mm para 100 anos.

Em vista disso, percebe-se que a diferença dos valores de intensidade para os períodos de retorno das curvas de Rio do Onor são claramente uma subavaliação das condições existentes através de uma estimativa muito baixa comparada às outras metodologias. Portanto, a curva IDF Rio do Onor não foi adotada para critério de cálculo das intensidades e por consequência as alturas de precipitação (h).

Sabendo-se que a curva IDF PC possui uma limitação máxima de 2 horas para os tempos de concentração, extrapola-se tais dados para a comparação dos resultados com os obtidos pela curva IDF de Brandão (1995), a qual abrange o tempo de até 700 minutos, de acordo com Rodrigues e Guimarães (2011). Sendo assim, para que as duas metodologias fiquem equiparáveis utilizou-se para os cálculos os parâmetros da Região A da curva IDF PC, uma vez que os parâmetros adotados por Brandão abrangem os concelhos que estão nessa zona.

A Figura 12 apresenta o gráfico de dispersão para a razão entre a curva IDF de Brandão e PC para além das 2 horas relacionados a precipitação anual de cada região (Aveiro, Lisboa, Évora e Faro).

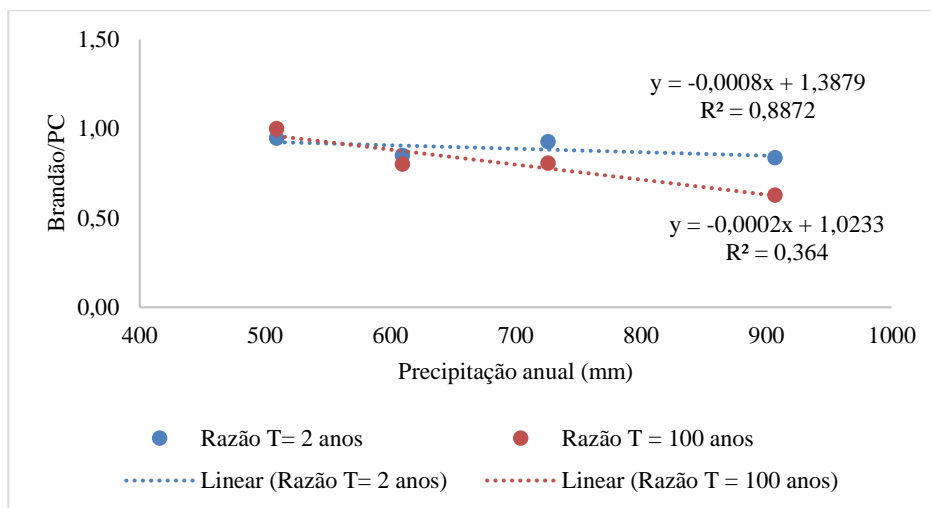


Figura 12. Gráfico da razão entre os métodos comparativos da curvas IDF de PC e de Brandão (1995).

Considerando a precipitação média anual de Bragança para a região de estudo, sendo 756 mm (IPMA, 2020), verifica-se que a razão entre as duas metodologias é próxima de 1, indicando que a utilização dos dados extrapolados das curvas IDF PC é aplicável. Desse modo, a partir dos valores de precipitação calculados pela curva IDF mencionada, foi possível obter as outras variáveis do método SCS, nomeadamente altura da precipitação útil (h_u) que está apresentada no Anexo I para cada bacia em estudo, e consequentemente, o caudal de ponta (Q_p) no tópico a seguir.

4.2.4. Caudal de ponta (Q_p)

A partir das variáveis calculadas anteriormente, foi possível estimar o caudal de ponta das bacias hidrográficas através da fórmula do método SCS (Equação 9) para os períodos de retorno 2, 10, 50 e 100 anos nas condições de AMC-III. A Tabela 11 apresenta os valores médios de caudal de ponta e a Figura 13 o gráfico respectivo com o desvio padrão para cada categoria .

Tabela 11. Média de caudais de ponta para as as categorias das bacias em estudo.

Período de retorno (anos)	Caudal de ponta Q_p ($m^3.s^{-1}$)			
	UcR	AcR	UsR	AsR
2	3,1	4,5	0,3	0,1
10	10,3	13,5	1,2	0,2
50	19,0	23,8	2,3	0,5
100	23,7	29,3	2,9	0,7

Nota. UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio

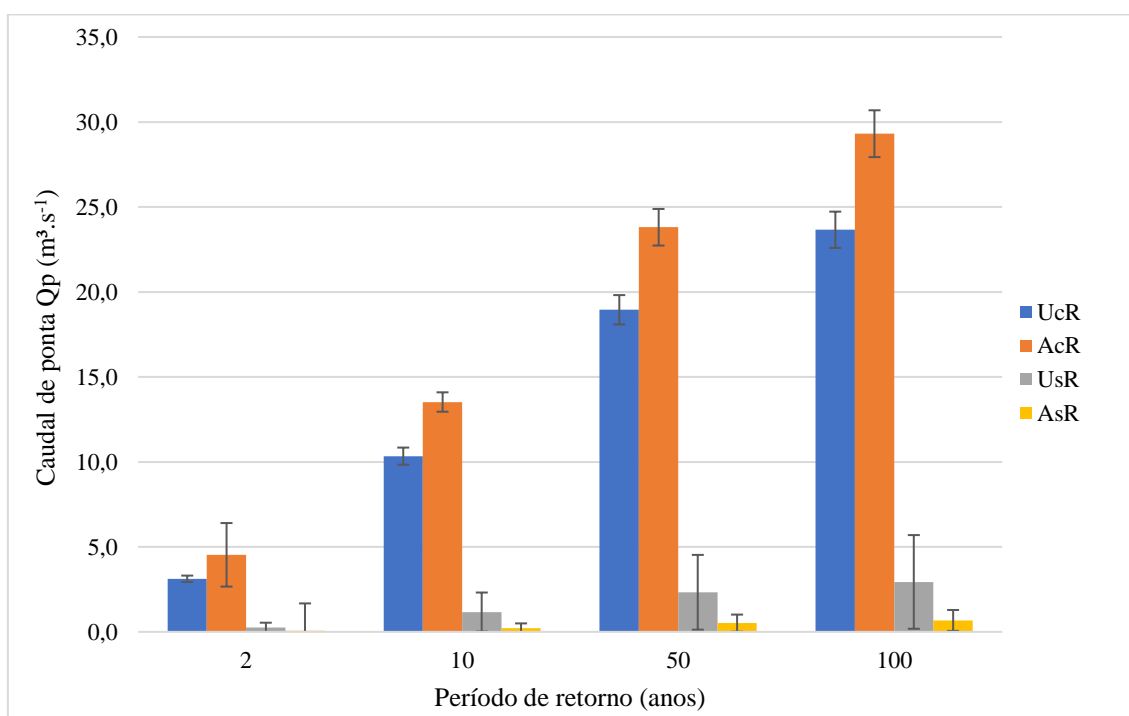


Figura 13. Gráfico das médias de caudais de ponta para as as categorias das bacias em estudo.

Nota. UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio

Por meio do gráfico apresentado verifica-se que houve um aumento dos valores dos caudais de ponta ao longo dos períodos de retorno. Comparando os períodos de 2 a 100 anos, nota-se um incremento de $20,5 m^3.s^{-1}$ para bacias UcR, $24,8 m^3.s^{-1}$ para AcR, $2,7 m^3.s^{-1}$ para UsR e $0,6 m^3.s^{-1}$ para AsR nos caudais de ponta. Este fato ocorre conforme o expectável e independente das categorias, o que evidencia o acréscimo da intensidade das precipitações derivado das curvas IDF.

Para as categorias sem rio (UsR e AsR), nota-se um elevado desvio padrão e conseqüentemente um alto coeficiente de variação, ultrapassando 100%, o que é comum em análise de séries hidrológicas, em estudos de precipitações e caudais (Naghetini e

Pinto, 2007). Esse resultado pode ser explicado nessas categorias pela grande amplitude de áreas em que estão associadas.

Os maiores valores de caudais referem-se às bacias hidrográficas com rio comparadas às sem rio, isso acontece pela diferença significativa da extensão dessas bacias. Pode-se observar na Tabela 11 que a média global das áreas das bacias UsR e AsR não alcançam 2 km², em contrapartida as bacias UcR e AcR são quase 14 vezes maiores, por essa razão, compreende-se a grande diferença entre as respostas dos caudais observadas.

Outro efeito perceptível é aumento no caudal das bacias UcR para com as AcR, essa diferença corresponde em média 12% para todos os períodos de retorno. Entretanto, ocorre o contrário nas bacias UsR para com AsR, ou seja, uma diminuição no caudal de 2% em média. Pode-se notar que dentre uma categoria e outra, onde as bacias com rio (UcR e AcR) e as sem rio (UsR e AsR) possuem áreas muito semelhantes entre si, não é justificável que a extensão das bacias tenha influência para esse efeito no caudal. Assim ocorre também para as intensidades e precipitações, tendo em vista que as equações utilizadas são as mesmas para todas as categorias e situações.

No entanto, verifica-se que as bacias UcR possuem um N menor para com AcR, ou seja, ocorre um acréscimo de 7% em média no valor global de N o que acarreta um aumento escoamento superficial das bacias, conseqüentemente, um efeito aumentativo nos caudais. O mesmo acontece para as bacias UsR e AsR, onde há uma diminuição de 4% em média no número de escoamento, implicando em um efeito de diminuição nos caudais. Portanto, pode-se considerar que os caudais possuem suas variações de acordo com número de escoamento, como fator de impacto.

Outra hipótese para a contradição de tendências, é a percentagem de área dos lameiros serem proporcionalmente maiores na categorias UsR e AsR, onde a influência do lameiro abandonado e conseqüentemente o número de N que ele representa é mais marcado nessa situação do que nas bacias onde a proporção de área é muito menor (UcR e AsR).

4.2.5. Caudais de ponta para os Cenários 1, 2 e 3

Nos cenários propostos, estabelecendo a alteração do uso e ocupação do solo nos lameiros, não houve alterações substanciais nos valores médios globais de N para todas as bacias em estudo, mesmo adotando o maior número de escoamento (Pastagens permanentes), a mudança ocorreu aos níveis das decimais. Conseqüentemente, não acarretou diferenças significativas nos valores de caudal (Anexo I). Embora haja a

percepção empírica da observação que a mudança do uso do solo pode ter um efeito na resposta hidrológica, o modelo não reage a essa hipótese.

A resposta do modelo pode ser compreendida pelo fato de que porcentagem da área associada ao lameiro ser muito pequena no contexto da bacia, não afetando diretamente o N e por conseguinte o caudal. Sendo assim, considera-se que o modelo não está a ser sensível, mas que efetivamente há uma consequência que não consegue-se prever. Pode-se relacionar ainda, a distribuição dos valores de N ao longo da bacia, conforme a Figura 10

Observa-se que os valores do número de escoamento, em determinadas bacias, variam muito, isso se deve, principalmente, ao uso e ocupação do solo da bacia que está diretamente ligado ao seu valor. Como o dado de entrada é o N médio, não se pode alcançar o efeito desejado, comparado ao valor atribuído ao lameiro, por exemplo. Desse modo, o modelo não se apresenta espacialmente distribuído, não permitindo a predição da estimativa do caudal atribuir um valor diferente consoante a localização.

4.2.6. Caudais de ponta para o Cenário 4

Para o cenário de mudanças climáticas, no qual interfere na diminuição dos dias de precipitação e, conseqüentemente, o aumento da intensidade das chuvas, aplicou-se o aumento dessa porcentagem no parâmetro de curva IDF PC derivando os valores de precipitação e por conseguinte, caudal de ponta. A Tabela 12 apresenta os valores médios absolutos de caudal de ponta obtidos para cada categoria nos seus respectivos períodos de retorno no aumento de 21% nas intensidades para os anos de 2040-2010 (4a) e 32% nas intensidades para os anos 2071-2100 (4b). Já a Figura 14 expressa a razão dos entre os valores de caudal médio dos cenários e os originais.

Tabela 12. Médias dos valores absolutos de caudais de ponta para o Cenário 4.

Período de retorno (anos)	Cenário C4	Caudal de ponta (m ³ .s ⁻¹)			
		UcR	AcR	UsR	AcR
2	a	5,11	0,51	7,09	0,09
	b	6,28	0,67	8,56	0,12
10	a	15	1,87	19,17	0,38
	b	17,61	2,28	22,29	0,5
50	a	26,28	3,48	32,46	0,82
	b	30,29	4,13	37,16	1,02
100	a	32,33	4,3	39,46	1,04
	b	37,04	5,06	44,95	1,29

Nota. UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio

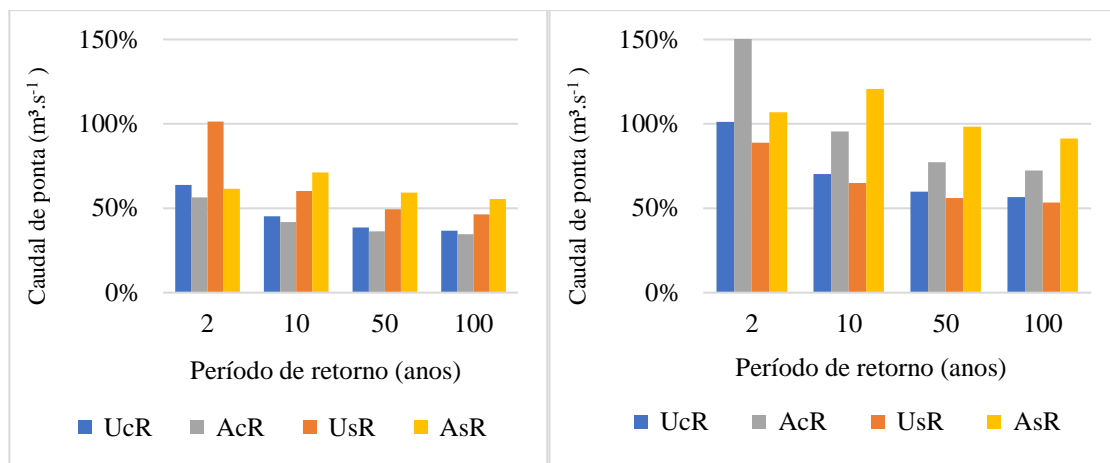


Figura 14. Gráfico da razão percentual entre os valores originais e cenários: (a) Cenário 4a; (b) Cenário 4b.
 Nota. UcR- Em uso com rio; AcR-Abandonado com rio; UsR-Em uso com rio; AsR-Abandonado sem rio

Por meio dos gráficos da Figura 14 e da Tabela 12 como suporte, pode-se observar um aumento de forma geral nos caudais de ponta para todas as situações de entrada, em todas as categorias consideradas e em todos os períodos de retorno, sendo um aumento global no caudal de ponta em 54% e 86% para o cenário 4a e 4b, respectivamente.

Conforme o esperado, houve um crescimento destacado nos períodos de retorno mais baixos e um decréscimo com o aumento dos períodos de retorno, ou seja, para os períodos de 2 anos houve um aumento médio global de todas as categorias de 71 % (4a) e 116% (4b). Já para o período de 100 anos o aumento médio global diminuiu, sendo para 4a, 43%, e para 4b, 68%.

Por categoria, embora o valor absoluto seja maior, o aumento relativo global é menor em categorias com rio (UcR e AcR) cerca de 44% para 4a e 87% para 4b. Em contrapartida, há um aumento global maior para as categorias sem rio (UsR e AsR) apenas no cenário 4b, sendo 63%. Já no cenário 4b, há um aumento de 85% nas categorias UsR e AsR.

Nas condições das categorias que abrangem bacias com lameiros abandonados para com os em uso, o aumento da diferença global é ligeiramente superior, na ordem dos 3%, das categorias UcR e UsR (55%) para AcR e AsR (52%).

Em relação aos valores absolutos, os maiores valores de caudal calculados tanto no cenário 4a como no 4b foram da categoria UsR. Ressalta-se que o valor relativo para da categoria AcR no período de 2 anos no cenário 4b não foi representado na escala, tendo sua relação a maior obtida de 166%.

Capítulo V – Conclusão

5. CONCLUSÃO

Mediante a caracterização das bacias hidrográficas onde os lameiros estão inseridos, foi possível identificar as características existentes relacionada à litologia, pedologia, tipo de solo, uso e ocupação do solo, tipo hidrológico de solo, bem como a precipitação associada ao relevo, comprovando o gradiente climático da região de estudo.

Foram comparadas diferentes metodologias para a aplicação do método SCS a fim de obter os resultados mais assertivos para a estimativa de caudal de ponta. Dessa forma, adotou-se o método de Temez (1978) por sinalizar um tempo de concentração mais crítico comparado ao método de Giandotti (1953). Já para o cálculo de intensidade e precipitação total das bacias, constatou-se a viabilidade da utilização das curvas IDF de PC (Matos e Silva, 1986) com dados extrapolados por meio da comparação curvas IDF propostas por Brandão (1995) e a curvas IDF construídas partir da estação udométrica de Rio do Onor.

Através das estimativas de caudais de ponta foi possível identificar diferentes efeitos entre as categorias das bacias hidrográficas com rio e sem rio, tendo um aumento significativo nos valores de caudais das bacias UcR para com AcR, cerca de 12%, e uma diminuição de 2% nos caudais das bacias UsR para com AsR. Esse efeito pode ser descrito pela influência da área do lameiro associada proporcionalmente à área da bacia e, principalmente, o número de escoamento obtido e adotado.

Nos cenários que estabeleceu-se as mudanças no uso e ocupação do solo nos lameiros, não houve alterações substanciais nos valores médios globais de N, conseqüentemente, não acarretaram diferenças significativas nos valores de caudal de ponta, ocorrendo somente no nível das decimais. Embora haja a percepção empírica da observação que a mudança do uso do solo pode ter um efeito na resposta hidrológica, o método SCS não foi sensível, não correspondendo a essa hipótese.

Para os cenários que compreendem as mudanças climáticas, associando a implicação do aumento das intensidades de precipitação sob as bacias hidrográficas, verificou-se que houve um aumento considerável, cerca de 86%, no incremento nos caudais de ponta até o final do ano de 2100.

Por meio do desenvolvimento deste trabalho foi possível avaliar de forma pioneira a resposta hidrológica das bacias hidrográficas onde os lameiros estão inseridos, no PNM, aplicando um modelo empírico de estimativa de caudais de ponta, onde foi detectável a influência perante às condições de uso e abandono, presença ou não de rio próximo aos lameiros, bem como foi possível perceber a sensibilidade do modelo e prever efeitos diante de diferentes cenários de mudança global.

6. REFERÊNCIAS

- Afonso, N.; Arrobas, M. (2009). Contribuição para a Elaboração da Carta de Solos
- Barry, RG, Chorley, RJ, & Guilló, AM (1985). Atmosfera, tempo e clima. Barcelona: Omega.
- Beltrame, L. F. S. et al. (2004). Evaporação e Evapotranspiração. In Hidrologia, ciência e aplicação (C.E.M. Tucci, ed.). ABRH; UFRGS, Porto Alegre, p. 253 .
- Bertoni, J. C. et al. (2004). Precipitação. In Hidrologia, ciência e aplicação (C.E.M. Tucci, ed.). ABRH; UFRGS, Porto Alegre, p. 177.
- Black, P. E. (1996). Watershed hydrology. 2ª ed. Michigan: Ann Arbor Press
- Brandão, C. C. (1995) – Análise de precipitações intensas. (Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos) IST, Universidade Técnica de Lisboa.
- Cantón, Y. et al. (2011) A review of runoff generation and soil erosion across scales in semiarid south-eastern Spain. *Journal of Arid Environments*, v. 75, n. 12, 2011.
- Castelo-Grande, T.; Augusto, P. A.; Fiúza, A.; et al.(2018). Strengths and weaknesses of European soil legislations: The case study of Portugal. *Environmental Science & Policy*, v. 79.
- Christofolletti, A. (1974) Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blucher,
- Coba, A. e. (1991). Carta dos Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta da Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. Vila Real: UTAD/PDRITM.
- Collischonn, W.; Tassi, R.. (2008). Introduzindo hidrologia.

Costa, J.B. (1999). Caracterização e constituição do solo, 6º ed., Fund. Cal. Gulbenkian da Cidade de Bragança. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, Qualidade do Ambiente Urbano: Novos Desafios, p. 136 – 142

Chow, V. T.; Maidment, D. R.; Larry, W. M. (1988). Applied Hydrology. McGrawHill International editions.

EMAAC (2016). Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas – Município de Bragança. Projeto ClimAdaPT.Local Câmara Municipal de Bragança. Consultado em 08 set 2020. Disponível em <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=118&sub3ref=395>.

Farinha, J.C. (coord.). (2000). Percursos. Paisagens e Habitats de Portugal. Assírio e Alvim. Lisboa Ferencz, C.; Bogner, P.; Lichtenberger, J.; Hamar, D.; Tarscai, G.; Timar, G.; Molnar, G.; Pasztor, S.; Steinbach, P.; Szekely, B.; Ferencz, O.E.; Ferencz-Arkos, I. 2004. Crop yield estimation by satellite remote sensing. International Journal of Remote Sensing 25.

Ferreira, A. D., et al. (2010). Efeitos do fogo no solo e no regime hidrológico. Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidas, Lisboa.

Figueiredo, T. (2013). Uma panorâmica sobre os recursos pedológicos do Nordeste Transmontano. (Intituto Politécnico de Bragança, Ed.) (84th-Série ed.). Bragança.

Figueiredo, T. D., Fonseca, F., e Hernández, Z. (2015). Uso da terra e riscos de degradação do solo no Nordeste de Portugal: mudanças nas últimas décadas. Encontro Anual das Ciências do Solo, 63-69.

Figueiredo, T. de (2013). Uma panorâmica sobre os recursos pedológicos do Nordeste Transmontano. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança.

Fortesa, J.; Latron, J.; García-Comendador, J.; Tomàs-Burguera, M.; Calsamiglia, A; Estrany, J. (2020). Multiple temporal scales assessment in the hydrological response of small mediterranean-climate catchments. Water, 12(1), 299.

Garcez, L.N.; Alvarez, G. (1988). Hidrologia. Editora Blucher.

Giandotti, M. (1953). Considerazioni idrologiche sulle piene del Po: con speciale riguardo alla piena del novembre 1951 [a cura della Commissione d'organizzazione del Congresso presso il Consiglio superiore dei lavori pubblici in Roma]. Istituto poligrafico dello Stato.

Gonçalves, D. A.; Figueiredo, T. de; Ribeiro, A- C.; Leite, S. M. (2016). A geografia e o clima das montanhas ibéricas. Sustentabilidade da montanha portuguesa: realidades e desafios. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança. Cap 2, p. 9-38.

Guimarães, R. C. P. D. C. (2005). Simulação no dimensionamento e gestão de sistemas de recursos hídricos, geração de séries sintéticas de escoamento.

HabMonte.(2018). Projeto de Preservação Estrutural e Conservação de Habitats Naturais Protegidos e Espécies Prioritárias do Parque Natural de Montesinho. Memória Descritiva.

Haria, A. H., et al. (2000). Evaporation from Scots pine (*Pinus sylvestris*) following natural re-colonisation of the Cairngorm mountains, Scotland. Consultado em 9 set 2020. Disponível em <https://doi.org/10.5194/hess-4-451-2000>

ICNF. (2020a). Classificação e Caracterização do Parque Natural de Montesinho. Consultado em 5 jul 2020. Disponível em <http://www2.icnf.pt/portal/ap/p-nat/pnm/geo>.

ICNF. (2020b). Geologia, Hidrologia e Clima do Parque Natural de Montesinho. Consultado em 5 jul 2020. Disponível em <http://www2.icnf.pt/portal/ap/p-nat/pnm/geo>.

ICNF. (2020c). Flora do Parque Natural de Montesinho. Consultado em 5 jul 2020. Disponível em <http://www2.icnf.pt/portal/ap/p-nat/pnm/flora#:~:text=A%20flora%20e%20vegeta%C3%A7%C3%A3o%20que,diversos%20endemismos%20ib%C3%A9ricos%20ou%20lusit%C3%A2nicos.&text=Esp%C3%A9cies%20raras%20ou%20pouco%20comuns,glabra%2C%20a%20Corydalis%20cava%20ssp>.

ICNF. (2020d). Natura 2000. Consultado em: 18 out 2020. Disponível em <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000>.

Khorchani, M., et al. (2020). Effects of active and passive land use management after cropland abandonment on water and vegetation dynamics in the Central Spanish Pyrenees. *Science of The Total Environment*.

Lencastre, A.; Franco, F. M. (2006). *Lições de Hidrologia*. 3ª ed. Lisboa: Universidade

Linsley, R. K. Jr.; Franzini, S. B. (1978). *Engenharia de recursos hídricos*. Tradução e adaptação de Luiz Américo Pastorino. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.

Louzada, J. A. et al . (2004). Infiltração e Armazenamento no Solo. In *Hidrologia, ciência e aplicação* (C.E.M. Tucci, ed.). ABRH; UFRGS, Porto Alegre, p. 335.

MATOS, M. R. e SILVA, M. H., (1986). Estudos de precipitação com aplicação no projecto de sistemas de drenagem pluvial. Curvas intensidade-duração-frequência da precipitação em Portugal. Encontro Nacional de Saneamento Básico/86. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Mc Cuen, R. H., Wong, S. L., Rawls, W. J., (1984). Estimating urban time of concentration. *Journal of Hydraulic Engineering*.

MC CUEN, R. H., WONG, S. L., RAWLS, W. J., (1984). Estimating urban time of concentration. *Journal of Hydraulic Engineering*.

Melchior, C. (2006). Comparativo de resultados de medição de vazão pelos métodos: convencional e acústicos. Trabalho Final de Graduação, União Dinâmica de Faculdades Cataratas Engenharia Civil, Foz do Iguaçu-PR.

Moreira, F. D. (2017). Protótipo do Atlas da Qualidade do solo e Cartografia da suscetibilidade à contaminação de solos. Lisboa: Universidade de Lisboa. Relatório de Estágio.

Moreira, N.; Aguiar, C.; Pires, J.M. (2001) Lameiros e outros prados e pastagens de elevado valor florístico. Pastagens de Montanha. Direcção Geral de Desenvolvimento Rural. Lisboa.

Naghetini, M., & Pinto, É. J. D. A. (2007). Hidrologia estatística. CPRM.

Noronha, F., Aires, S., Carvalho, C., Ramos, J. F., Moura, A. C., Moura, R., & Ramos, V. (2011). Os xistos como recurso: o caso de Trás-os-Montes e Alto Douro. VI Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território. Nova de Lisboa.

Okada, V.K., (2019). Escoamentos fluviais e riscos hidrológicos em bacias de montanha do Parque Natural de Montesinho, NE de Portugal: variabilidade espacial e tendências temporais. (Dissertação de Mestrado, Programa de dupla diplomação em Tecnologia Ambiental). Instituto Politécnico de Bragança (IPB) e Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Pereira, L. S.; Sousa, V. S.(2005). Lameiros e prados de lima, uma paisagem das terras altas húmidas de Portugal. V Seminário Internacional CYTED-XVII. Un enfoque para la gestion sustentable del agua: Experiencias en zonas humedas.

Pereira, P. et al. (2003) Geomorfologia do Parque Natural de Montesinho: controlo estrutural e superfícies de aplanamento. In: VI Congresso Nacional de Geologia, 4 a 6 de Junho de 2003.

Pires, J.; Pinto, P.; Moreira, N. (1994). Lameiros de Trás-os-Montes: perspectivas de futuro para estas pastagens de montanha. Bragança, Portugal: Instituto Politécnico de Bragança, 1994.

PNM (2007). Plano de Ordenamento do Parque Natural de Montesinho. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Conservação da Natureza. Parque Natural de Montesinho. Bragança.

Poças, I; Pereira, L. S.; Cunha, M. (2008). Pastagens como factor de conservação da água em zonas de montanha, os Lameiros. Pastagens e Forragens.

Ponce, V. M., Hawkins, R. H. (1996). Runoff curve number: Has it reached maturity?. *Journal of hydrologic engineering*, 1(1), 11-19.

Portela, M. M. (2006). Modelação hidrológica. Instituto Superior Técnico de Civil, SHRHA. Apostila.

Quintela A. C. (1992). Hidráulica aplicada. Parte I - Hidrologia e Recursos Hídricos. Instituto Superior Técnico. Lisboa.

Righetto, A.,M. (1998). Hidrologia e recursos hídricos.

Rodrigues, A. J. A. (2008). Gestão da Conservação da Natureza no Parque Natural de Montesinho: a teoria e a prática ao longo de 25 anos. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão e Conservação da Natureza, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2008. Consultado em 09 fev. 2020 Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/153411699.pdf>.

Rodrigues, C. M., Guimarães, R. C., Moreira, M. (2011). Apontamentos para as aulas de Hidrologia.

Ruhoff, A. L., et al. (2014) Cenários de uso do solo. Efeitos das mudanças climáticas.

Schulte, R.P.O. (2014), et al. Functional land management: A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science & Policy*.

SCS.(1956). Hydrology, National Engineering Handbook, Supplement A, Section 4, Chapter 10 . *Soil Conservation Service*, USDA, Washington, DC (1956)

Silveira, A.L.L. (2004). Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In Hidrologia, ciência e aplicação (C.E.M. Tucci, ed.). ABRH; UFRGS, Porto Alegre, p. 25-51.

Sousa Pinto, N. L. et al. (1976) Hidrologia básica. Editora Blucher.

SRAF (2020). Regulamento CE 2080/92. Secretaria Regional Da Agricultura e Florestas. Direção Regional Dos Recursos Florestais. Consultado em 16 out 2020. Disponível em http://drrf.azores.gov.pt/areas/incentivos_investimento/Paginas/REG_CE_2080_92.aspx.

Teles, A.N. 1970 Os lameiros de montanha do norte de Portugal. Subsídios para a sua caracterização fitossociológica e química. Separata da Agronomia Lusitana – Vol. XXXI – Tomo I – II.

Temez, J.R. (1978). Calculo hidrometeorologico de caudales maximos em pequenas cuencas naturales. Madrid: Ministério de Obras Publicas y Urbanismo (MOPU). Direccion General de Carreteras, n. 12.

Tomaz, P. (2002). Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais. 1. ed. São Paulo: Editora Navegar.

Tucci, C. E. M, Clark R. T. (1997). Impactos da cobertura vegetal no escoamento: revisão. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 2, p. 18, 1997.

Tucci, C. E. M.; Clarke, R. T. (1997). Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. 2,1 , 135 – 152. Consultado em 29 out 2020 Disponível em <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=57&SUMARIO=763>. Acesso em

Tucci, C. E.M. (2002). Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos. Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas–Câmara Temática de Recursos Hídricos, Brasília.

Tyagi, J. V.; Mishra, S. K.; Singh, R.; Singh, V. P. (2008). SCS-CN based time-distributed sediment yield model. Journal of Hydrology, v. 352, p. 388–403.

Vieira, J., Gonçalves, S., Sanches, D., Bernardo, A., & Moreira, N. (2000). Sustentabilidade dos lameiros e do sistema de agricultura de montanha do Norte de Portugal. II. Lameiros (Sustainability of Mountain Seminatural Meadows and Agricultural Systems in Northern Portugal. II. Seminatural Meadows). Actas da 3a Reunião Ibérica de

Pastagens e Forragens, Soc. Portuguesa de Pastagens e Forragens, Bragança-A Coruna-Lugo, 737-742.

Wisler, C. O. (1964). Hidrologia. Centro de Publicacoes Tecnicas da Alianca.

ANEXO I

Tabela 1. Dados utilizados para a realização dos cálculos e médias de cada categoria das bacias hidrográficas em estudo. .

Categoria	Bacia	Área (km ²)	Área do lameiro (km ²)	Comprimento rio principal (km)	Declive médio rio principal (m.m ⁻¹)	Altura média bacia (m)	tc		Número de escoamento (N)				h0 (mm)
							Temez	Giandotti	Actual	C1	C2	C3	
Em uso com rio (UcR)	Lave20_05	12,81	0,003	9,63	0,036	146,73	3,15	2,97	84,41	84,41	84,41	84,41	9,38
	Lave20_06	12,96	0,013	9,95	0,035	148,54	3,25	3,01	84,40	84,39	84,39	84,40	9,39
	Lave20_07	13,95	0,009	10,68	0,033	149,16	3,47	3,17	84,29	84,29	84,29	84,29	9,47
	Lave20_08	14,47	0,010	11,15	0,032	151,97	3,61	3,24	84,28	84,28	84,28	84,28	9,47
Abandonado com rio (AcR)	Lave20_13	16,26	0,009	10,33	0,031	150,61	3,42	3,22	86,14	86,14	86,14	86,15	8,18
	Lave20_15	14,96	0,007	9,59	0,033	145,00	3,20	3,10	86,62	86,62	86,62	86,63	7,85
	Lave20_19	13,45	0,009	8,24	0,036	131,53	2,80	2,95	87,04	87,04	87,04	87,05	7,57
	Lave20_25	13,78	0,009	8,77	0,034	135,68	2,97	3,00	86,98	86,98	86,99	86,99	7,61
Em uso sem rio (UsR)	LRio21_02	0,54	0,007	1,00	0,057	50,07	0,52	0,78	86,04	85,95	86,01	86,04	8,25
	LRio21_04	0,36	0,005	1,04	0,095	85,41	0,48	0,54	86,25	86,17	86,22	86,25	8,10
	LRio21_05	1,44	0,003	2,34	0,058	103,34	0,98	1,02	86,21	86,19	86,20	86,21	8,13
	LRio21_09B	3,16	0,017	2,87	0,054	111,68	1,17	1,35	85,81	85,78	85,80	85,81	8,40
Abandonado sem rio (AsR)	Lave20_11	0,23	0,012	0,28	0,031	55,09	0,22	0,40	81,00	81,00	81,20	81,30	11,91
	Lave20_12	0,45	0,008	0,60	0,033	150,61	0,39	0,37	80,13	80,13	80,20	80,24	12,60
	Lave20_18	0,40	0,007	0,70	0,036	50,53	0,43	0,63	86,09	86,00	86,06	86,09	8,21
	LRio21_09	0,69	0,003	2,06	0,034	90,15	0,99	0,84	86,01	85,98	86,00	86,01	8,26

Categoria	Bacia	h (mm)				hu (mm)				Q (m ³ .s ⁻¹) - Actual				Q (m ³ .s ⁻¹) - C1			
		Período de retorno (anos)															
		2	10	50	100	2	10	50	100	2	10	50	100	2	10	50	100
Em uso com rio (UcR)	Lave20_05	24,84	41,18	56,54	64,18	3,83	12,85	23,65	29,53	2,95	9,88	18,18	22,70	2,94	9,88	18,18	22,70
	Lave20_06	25,15	41,75	57,35	65,14	3,96	13,20	24,23	30,25	2,99	9,96	18,29	22,84	2,99	9,96	18,28	22,83
	Lave20_07	25,86	42,99	59,16	67,26	4,21	13,90	25,45	31,77	3,21	10,58	19,37	24,18	3,21	10,57	19,37	24,17
	Lave20_08	26,28	43,74	60,25	68,54	4,40	14,39	26,28	32,78	3,35	10,93	19,96	24,91	3,34	10,93	19,96	24,90
Abandonado com rio (AcR)	Lave20_13	25,71	42,72	58,77	66,80	5,26	15,83	27,99	34,54	4,73	14,24	25,18	31,07	4,74	14,24	25,18	31,08
	Lave20_15	24,97	41,43	56,89	64,59	5,20	15,48	27,25	33,55	4,61	13,72	24,15	29,73	4,61	13,73	24,15	29,74
	Lave20_19	23,62	39,05	53,45	60,56	4,79	14,30	25,15	30,92	4,35	12,99	22,84	28,09	4,35	12,99	22,85	28,10
	Lave20_25	24,21	40,07	54,93	62,30	5,05	14,95	26,24	32,26	4,43	13,14	23,06	28,35	4,44	13,14	23,06	28,36
Em uso sem rio (UsR)	LRio21_02	11,56	18,23	23,92	26,39	0,25	1,95	4,32	5,55	0,05	0,38	0,85	1,10	0,05	0,38	0,84	1,08
	LRio21_04	11,24	17,69	23,18	25,55	0,23	1,84	4,09	5,25	0,03	0,26	0,57	0,73	0,03	0,25	0,56	0,73
	LRio21_05	15,17	24,35	32,47	36,20	1,04	4,63	9,12	11,47	0,29	1,28	2,52	3,17	0,29	1,28	2,52	3,17
	LRio21_09B	16,30	26,28	35,19	39,34	1,25	5,34	10,44	13,13	0,64	2,75	5,36	6,74	0,64	2,73	5,35	6,73
Abandonado sem rio (AsR)	Lave20_11	8,06	12,41	15,95	17,37	0,27	0,00	0,26	0,46	0,05	0,00	0,05	0,09	0,05	0,001	0,05	0,09
	Lave20_12	10,27	16,06	20,93	23,00	0,09	0,18	0,97	1,48	0,02	0,04	0,21	0,32	0,02	0,04	0,21	0,32
	Lave20_18	10,68	16,76	21,88	24,08	0,14	1,47	3,42	4,43	0,03	0,26	0,61	0,79	0,02	0,26	0,60	0,78
	LRio21_09	15,19	24,39	32,52	36,26	1,00	4,53	8,97	11,31	0,13	0,59	1,18	1,49	0,13	0,59	1,18	1,48

Categoria	Bacia	Qp (m ³ .s ⁻¹) - C2				Qp (m ³ .s ⁻¹) - C3				Qp (m ³ .s ⁻¹) - C4a				Qp (m ³ .s ⁻¹) - C4b			
		Período de retorno (anos)															
		2	10	50	100	2	10	50	100	2	10	50	100	2	10	50	100
Em uso com rio (UcR)	Lave20_05	2,95	9,88	18,18	22,70	2,95	9,88	18,18	22,70	4,86	14,40	25,29	31,12	5,99	16,93	29,19	35,70
	Lave20_06	2,99	9,96	18,29	22,83	2,99	9,96	18,29	22,84	4,91	14,49	25,41	31,25	6,05	17,02	29,30	35,83
	Lave20_07	3,21	10,58	19,37	24,18	3,21	10,58	19,37	24,18	5,24	15,33	26,83	33,01	6,43	17,98	30,91	37,80
	Lave20_08	3,34	10,93	19,96	24,91	3,35	10,93	19,96	24,91	5,43	15,80	27,59	33,94	6,66	18,51	31,76	38,84
Abandonado com rio (AcR)	Lave20_13	4,74	14,24	25,19	31,08	4,74	14,24	25,19	31,09	7,41	20,19	34,33	41,83	8,96	23,48	39,29	47,63
	Lave20_15	4,61	13,73	24,15	29,74	4,61	13,73	24,15	29,74	7,20	19,43	32,89	39,99	8,69	22,58	37,64	45,53
	Lave20_19	4,35	13,00	22,85	28,10	4,35	13,00	22,86	28,10	6,82	18,45	31,21	37,89	8,25	21,48	35,75	43,18
	Lave20_25	4,44	13,15	23,07	28,36	4,44	13,15	23,07	28,36	6,92	18,61	31,42	38,15	8,35	21,63	35,96	43,44
Em uso sem rio (UsR)	LRio21_02	0,05	0,38	0,85	1,09	0,05	0,38	0,85	1,10	0,14	0,68	1,37	1,71	0,20	0,87	1,66	2,06
	LRio21_04	0,03	0,26	0,57	0,73	0,03	0,26	0,57	0,73	0,09	0,46	0,92	1,15	0,13	0,58	1,12	1,39
	LRio21_05	0,29	1,28	2,52	3,17	0,29	1,28	2,52	3,17	0,57	2,03	3,74	4,61	0,75	2,47	4,43	5,42
	LRio21_09B	0,64	2,74	5,36	6,74	0,64	2,75	5,36	6,74	1,24	4,30	7,88	9,73	1,60	5,20	9,30	11,38
Abandonado sem rio (AsR)	Lave20_11	0,05	0,001	0,06	0,10	0,05	0,002	0,06	0,10	0,04	0,01	0,12	0,19	0,02	0,04	0,19	0,28
	Lave20_12	0,02	0,04	0,22	0,33	0,02	0,04	0,22	0,33	0,07	0,11	0,41	0,57	0,11	0,18	0,57	0,78
	Lave20_18	0,02	0,26	0,61	0,78	0,03	0,26	0,61	0,79	0,08	0,47	0,98	1,24	0,12	0,61	1,22	1,51
	LRio21_09	0,13	0,59	1,18	1,48	0,13	0,59	1,18	1,49	0,25	0,94	1,76	2,18	0,34	1,15	2,09	2,57

Tabela 2. Percentagens de uso e ocupação do solo e seus respectivos tipos hidrológico de solo para cada bacia

COS 2015	Tipo hidrológico de solo	Em uso com rio (UcR)			
		Lave20_05	Lave20_06	Lave20_07	Lave20_08
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais		0%	0%	0%	0%
Áreas ardidas		0%	0%	0%	0%
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes		0%	0%	0%	0%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação		0%	0%	0%	0%
Florestas abertas, cortes e novas plantações		3%	3%	3%	2%
Florestas de castanheiro		0%	0%	0%	0%
Florestas de folhosas	B	2%	2%	1%	1%
Florestas de outras folhosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outras resinosas		8%	8%	7%	7%
Florestas de outros carvalhos		0%	0%	0%	0%
Florestas de pinheiro bravo		0%	0%	0%	0%
Florestas de sobreiros		0%	0%	0%	0%
Matos		11%	11%	10%	10%
Pastagens permanentes		3%	3%	3%	3%
Vegetação herbácea natural		0%	0%	0%	0%
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais			0%	0%	0%
Áreas ardidas		0%	0%	0%	0%
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes		0%	0%	0%	0%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação		8%	8%	8%	7%
Florestas abertas, cortes e novas plantações		10%	10%	10%	9%
Florestas de castanheiro		0%	0%	0%	0%
Florestas de folhosas	C	3%	3%	3%	3%
Florestas de outras folhosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outras resinosas		9%	9%	8%	8%
Florestas de outros carvalhos		0%	0%	0%	0%
Florestas de pinheiro bravo		0%	0%	0%	0%
Florestas de sobreiros		0%	0%	0%	0%
Matos		14%	14%	13%	13%
Pastagens permanentes		2%	2%	2%	2%
Vegetação herbácea natural		0%	0%	0%	0%
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais			0%	0%	1%
Áreas ardidas		0%	0%	0%	0%
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes		0%	0%	0%	0%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação		0%	0%	0%	0%
Florestas abertas, cortes e novas plantações		0%	0%	0%	0%
Florestas de castanheiro		0%	0%	0%	0%
Florestas de folhosas	D	0%	0%	0%	0%
Florestas de outras folhosas		1%	1%	1%	1%
Florestas de outras resinosas		11%	11%	13%	14%
Florestas de outros carvalhos		0%	0%	0%	0%
Florestas de pinheiro bravo		1%	1%	1%	1%
Florestas de sobreiros		0%	0%	0%	0%
Matos		12%	13%	15%	17%
Pastagens permanentes		1%	0%	0%	0%
Vegetação herbácea natural		0%	0%	0%	0%

COS 2015	Tipo hidrológico de solo	Abandonado com rio (AcR)			
		Lave20_13	Lave20_15	Lave20_19	Lave20_25
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais		0%	0%	0%	0%
Áreas ardidas		6%	7%	7%	7%
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes		0%	0%	0%	0%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação		0%	0%	0%	0%
Florestas abertas, cortes e novas plantações		0%	0%	0%	0%
Florestas de castanheiro		0%	0%	0%	0%
Florestas de folhosas	B	4%	4%	5%	5%
Florestas de outras folhosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outras resinosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outros carvalhos		0%	0%	0%	0%
Florestas de pinheiro bravo		0%	0%	0%	0%
Florestas de sobreiros		0%	0%	0%	0%
Matos		7%	8%	9%	9%
Pastagens permanentes		8%	8%	9%	9%
Vegetação herbácea natural		0%	0%	0%	0%
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais		0%	0%	0%	0%
Áreas ardidas		15%	17%	19%	18%
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes		1%	1%	1%	1%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação		0%	0%	0%	0%
Florestas abertas, cortes e novas plantações		0%	0%	0%	0%
Florestas de castanheiro		0%	0%	0%	0%
Florestas de folhosas	C	4%	5%	5%	5%
Florestas de outras folhosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outras resinosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outros carvalhos		0%	0%	0%	0%
Florestas de pinheiro bravo		0%	0%	0%	0%
Florestas de sobreiros		0%	0%	0%	0%
Matos		16%	18%	20%	19%
Pastagens permanentes		8%	8%	9%	9%
Vegetação herbácea natural		0%	0%	0%	0%
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais		1%	1%	1%	1%
Áreas ardidas		0%	0%	0%	0%
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes		0%	0%	0%	0%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação		0%	0%	0%	0%
Florestas abertas, cortes e novas plantações		0%	0%	0%	0%
Florestas de castanheiro		0%	0%	0%	0%
Florestas de folhosas	D	0%	0%	0%	0%
Florestas de outras folhosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outras resinosas		12%	6%	2%	3%
Florestas de outros carvalhos		1%	0%	0%	0%
Florestas de pinheiro bravo		1%	1%	1%	1%
Florestas de sobreiros		0%	0%	0%	0%
Matos		16%	16%	11%	13%
Pastagens permanentes		0%	0%	0%	0%
Vegetação herbácea natural		0%	0%	0%	0%

COS 2015	Tipo hidrológico de solo	Em uso e sem rio (UsR)			
		LRio21_02	LRio21_04	LRio21_05	LRio21_09B
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais	B	0%	0%	0%	0%
Áreas áridas		0%	0%	0%	0%
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes		0%	0%	0%	0%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação		0%	0%	0%	0%
Florestas abertas, cortes e novas plantações		0%	0%	0%	0%
Florestas de castanheiro		0%	0%	0%	0%
Florestas de folhosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outras folhosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outras resinosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outros carvalhos		0%	0%	0%	0%
Florestas de pinheiro bravo		0%	0%	0%	0%
Florestas de sobreiros		0%	0%	0%	0%
Matos		3%	0%	1%	1%
Pastagens permanentes		0%	0%	0%	0%
Vegetação herbácea natural		0%	0%	0%	0%
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais		C	0%	0%	0%
Áreas áridas	0%		0%	0%	0%
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes	0%		0%	0%	0%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação	0%		0%	0%	0%
Florestas abertas, cortes e novas plantações	0%		0%	0%	0%
Florestas de castanheiro	0%		0%	0%	0%
Florestas de folhosas	0%		0%	0%	0%
Florestas de outras folhosas	0%		0%	0%	0%
Florestas de outras resinosas	0%		0%	0%	0%
Florestas de outros carvalhos	0%		0%	0%	0%
Florestas de pinheiro bravo	0%		0%	0%	0%
Florestas de sobreiros	0%		0%	0%	0%
Matos	0%		0%	0%	0%
Pastagens permanentes	0%		0%	0%	0%
Vegetação herbácea natural	0%		0%	0%	0%
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais	D		2%	4%	4%
Áreas áridas		0%	0%	0%	0%
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes		0%	0%	0%	0%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação		0%	0%	0%	0%
Florestas abertas, cortes e novas plantações		0%	0%	0%	0%
Florestas de castanheiro		3%	0%	1%	3%
Florestas de folhosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outras folhosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outras resinosas		0%	0%	0%	2%
Florestas de outros carvalhos		0%	0%	0%	0%
Florestas de pinheiro bravo		0%	0%	0%	4%
Florestas de sobreiros		0%	0%	0%	0%
Matos		83%	96%	90%	83%
Pastagens permanentes		0%	0%	0%	0%
Vegetação herbácea natural		9%	0%	3%	4%

COS 2015	Tipo hidrológico de solo	Abandonado e sem rio (AsR)			
		Lave20_11	Lave20_12	Lave20_18	LRio21_09
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais		0%	0%	0%	0%
Áreas áridas		0%	0%	0%	0%
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes		0%	0%	0%	0%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação		0%	0%	0%	0%
Florestas abertas, cortes e novas plantações		0%	0%	0%	0%
Florestas de castanheiro		0%	0%	0%	0%
Florestas de folhosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outras folhosas	B	0%	0%	0%	0%
Florestas de outras resinosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outros carvalhos		0%	0%	0%	0%
Florestas de pinheiro bravo		0%	0%	0%	0%
Florestas de sobreiros		0%	0%	0%	0%
Matos		0%	0%	0%	0%
Pastagens permanentes		0%	0%	0%	0%
Vegetação herbácea natural		0%	0%	0%	0%
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais		0%	0%	0%	0%
Áreas áridas		0%	0%	0%	0%
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes		0%	0%	0%	0%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação		0%	0%	0%	0%
Florestas abertas, cortes e novas plantações		0%	0%	0%	0%
Florestas de castanheiro		0%	0%	0%	0%
Florestas de folhosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outras folhosas	C	0%	0%	0%	0%
Florestas de outras resinosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outros carvalhos		0%	0%	0%	0%
Florestas de pinheiro bravo		0%	0%	0%	0%
Florestas de sobreiros		0%	0%	0%	0%
Matos		0%	0%	0%	0%
Pastagens permanentes		0%	0%	0%	0%
Vegetação herbácea natural		0%	0%	0%	0%
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais		0%	0%	2%	4%
Áreas áridas		0%	0%	0%	0%
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes		0%	0%	0%	0%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação		0%	0%	0%	0%
Florestas abertas, cortes e novas plantações		0%	0%	0%	0%
Florestas de castanheiro		0%	0%	0%	10%
Florestas de folhosas		0%	0%	0%	0%
Florestas de outras folhosas	D	0%	0%	0%	0%
Florestas de outras resinosas		71%	83%	0%	0%
Florestas de outros carvalhos		0%	0%	0%	0%
Florestas de pinheiro bravo		0%	1%	0%	0%
Florestas de sobreiros		0%	0%	0%	0%
Matos		29%	16%	98%	76%
Pastagens permanentes		0%	0%	0%	0%
Vegetação herbácea natural		0%	0%	0%	10%

ANEXO II

Quadro 1. Classificação do N segundo a COS (2015) e o tipo hidrológico do solo (adaptada da classificação de Moreira (2017))

ID COS 2007	Descrição COS 2007	A	B	C	D
1.1.1.01.1	Tecido urbano contínuo predominantemente vertical	98	98	98	98
1.1.1.02.1	Tecido urbano contínuo predominantemente horizontal	98	98	98	98
1.1.1.03.1	Áreas de estacionamento e logradouros	80	86	90	92
1.1.2.01.1	Tecido urbano descontínuo	60	74	83	87
1.1.2.02.1	Tecido urbano descontínuo esparsos	55	70	80	80
1.2.1.01.1	Indústria	85	90	93	94
1.2.1.02.1	Comércio	85	90	93	94
1.2.1.03.1	Instalações agrícolas	60	74	83	87
1.2.1.04.1	Equipamentos públicos e privados	60	74	83	87
1.2.1.05.1	Infra-estruturas de produção de energia renovável	80	86	90	92
1.2.1.05.2	Infra-estruturas de produção de energia não renovável	80	86	90	92
1.2.1.06.1	Infra-estruturas de captação, tratamento e abastecimento de águas para consumo	80	86	90	92
1.2.1.07.1	Infra-estruturas de tratamento de resíduos e águas residuais	80	86	90	92
1.2.2.01.1	Rede viária e espaços associados	82	88	91	93
1.2.2.02.1	Rede ferroviária e espaços associados	55	70	80	80
1.2.3.01.1	Terminais portuários de mar e de rio	98	98	98	98
1.2.3.02.1	Estaleiros navais e docas secas	98	98	98	98
1.2.3.03.1	Marinas e docas pesca	98	98	98	98
1.2.4.01.1	Aeroportos	90	90	90	90
1.2.4.02.1	Aeródromos	80	86	90	92
1.3.1.01.1	Minas a céu aberto	81	88	91	93
1.3.1.02.1	Pedreiras	81	88	91	93
1.3.2.01.1	Aterros	81	88	91	93
1.3.2.02.1	Lixeiras e Sucatas	81	88	91	93
1.3.3.01.1	Áreas em construção	81	88	91	93
1.3.3.02.1	Áreas abandonadas em territórios artificializados	81	88	91	93
1.4.1.01.1	Parques e jardins	46	68	78	84
1.4.1.02.1	Cemitérios	46	68	78	84
1.4.2.01.1	Campos de golfe	46	68	78	84
1.4.2.01.2	Outras instalações desportivas	46	68	78	84
1.4.2.02.1	Parques de campismo	46	68	78	84
1.4.2.02.2	Outros equipamentos de lazer	46	68	78	84
1.4.2.03.1	Equipamentos culturais e zonas históricas	46	68	78	84
2.1.1.01.1	Culturas temporárias de sequeiro	60	72	81	84
2.1.1.02.1	Estufas e Viveiros	60	72	81	84
2.1.2.01.1	Culturas temporárias de regadio	60	72	81	84
2.1.3.01.1	Arrozais	100	100	100	100
2.2.1.01.1	Vinhas	62	74	82	85
2.2.1.02.1	Vinhas com pomar	62	74	82	85
2.2.1.03.1	Vinhas com olival	62	74	82	85
2.2.2.01.1	Pomares de frutos frescos	62	74	82	85
2.2.2.01.2	Pomares de amendoeira	62	74	82	85
2.2.2.01.3	Pomares de castanheiro	62	74	82	85
2.2.2.01.4	Pomares de alfarrobeira	46	68	78	84
2.2.2.01.5	Pomares de citrinos	62	74	82	85
2.2.2.01.6	Outros pomares	62	74	82	85
2.2.2.02.1	Pomares de frutos frescos com vinha	62	74	82	85
2.2.2.02.2	Pomares de amendoeira com vinha	62	74	82	85
2.2.2.02.3	Pomares de castanheiro com vinha	62	74	82	85
2.2.2.02.4	Pomares de alfarrobeira com vinha	46	68	78	84
2.2.2.02.5	Pomares de citrinos com vinha	62	74	82	85

2.2.2.02.6	Outros pomares com vinha	62	74	82	85
2.2.2.03.1	Pomares de frutos frescos com olival	62	74	82	85
2.2.2.03.2	Pomares de amendoeira com olival	62	74	82	85
2.2.2.03.3	Pomares de castanheiro com olival	62	74	82	85
2.2.2.03.4	Pomares de alfarrobeira com olival	46	68	78	84
2.2.2.03.5	Pomares de citrinos com olival	62	74	82	85
2.2.2.03.6	Outros pomares com olival	62	74	82	85
2.2.3.01.1	Olivais	62	74	82	85
2.2.3.02.1	Olivais com vinha	62	74	82	85
2.2.3.03.1	Olivais com pomar	62	74	82	85
2.3.1.01.1	Pastagens permanentes	62	74	82	85
2.4.1.01.1	Culturas temporárias de sequeiro associadas a vinha	61	73	82	85
2.4.1.01.2	Culturas temporárias de sequeiro associadas a pomar	61	73	82	85
2.4.1.01.3	Culturas temporárias de sequeiro associadas a olival	61	73	82	85
2.4.1.02.1	Culturas temporárias de regadio associadas a vinha	61	73	82	85
2.4.1.02.2	Culturas temporárias de regadio associadas a pomar	61	73	82	85
2.4.1.02.3	Culturas temporárias de regadio associadas a olival	61	73	82	85
2.4.1.03.1	Pastagens associadas a vinha	61	73	82	85
2.4.1.03.2	Pastagens associadas a pomar	61	73	82	85
2.4.1.03.3	Pastagens associadas a olival	61	73	82	85
2.4.2.01.1	Sistemas culturais e parcelares complexos	61	73	82	85
2.4.3.01.1	Agricultura com espaços naturais e semi-naturais	61	73	82	85
2.4.4.01.1	SAF de sobreiro com culturas temporárias de sequeiro	53	70	80	84
2.4.4.01.2	SAF de azinheira com culturas temporárias de sequeiro	53	70	80	84
2.4.4.01.3	SAF de outros carvalhos com culturas temporárias de sequeiro	53	70	80	84
2.4.4.01.4	SAF de outras espécies com culturas temporárias de sequeiro	53	70	80	84
2.4.4.01.5	SAF de sobreiro com azinheira e com culturas temporárias de sequeiro	53	70	80	84
2.4.4.01.6	SAF de outras misturas com culturas temporárias de sequeiro	53	70	80	84
2.4.4.02.1	SAF de sobreiro com culturas temporárias de regadio	53	70	80	84
2.4.4.02.2	SAF de azinheira com culturas temporárias de regadio	53	70	80	84
2.4.4.02.3	SAF de outros carvalhos com culturas temporárias de regadio	53	70	80	84
2.4.4.02.4	SAF de outras espécies com culturas temporárias de regadio	53	70	80	84
2.4.4.02.5	SAF de sobreiro com azinheira e com culturas temporárias de regadio	53	70	80	84
2.4.4.02.6	SAF de outras misturas com culturas temporárias de regadio	53	70	80	84
2.4.4.03.1	SAF de sobreiro com pastagens	53	70	80	84
2.4.4.03.2	SAF de azinheira com pastagens	53	70	80	84
2.4.4.03.3	SAF de outros carvalhos com pastagens	53	70	80	84
2.4.4.03.4	SAF de outras espécies com pastagens	53	70	80	84
2.4.4.03.5	SAF de sobreiro com azinheira com pastagens	53	70	80	84
2.4.4.03.6	SAF de outras misturas com pastagens	53	70	80	84
2.4.4.04.1	SAF de sobreiro com culturas permanentes	53	70	80	84
2.4.4.04.2	SAF de azinheira com culturas permanentes	53	70	80	84
2.4.4.04.3	SAF de outros carvalhos com culturas permanentes	53	70	80	84
2.4.4.04.4	SAF de outras espécies com culturas permanentes	53	70	80	84
2.4.4.04.5	SAF de sobreiro com azinheira com culturas permanentes	53	70	80	84
2.4.4.04.6	SAF de outras misturas com culturas permanentes	53	70	80	84
3.1.1.01.1	Florestas de sobreiro	26	52	62	69
3.1.1.01.2	Florestas de azinheira	26	52	62	69
3.1.1.01.3	Florestas de outros carvalhos	26	52	62	69
3.1.1.01.4	Florestas de castanheiro	26	52	62	69
3.1.1.01.5	Florestas de eucalipto	26	52	62	69
3.1.1.01.6	Florestas de espécies invasoras	26	52	62	69
3.1.1.01.7	Florestas de outras folhosas	26	52	62	69
3.1.1.02.1	Florestas de sobreiro com folhosas	26	52	62	69
3.1.1.02.2	Florestas de azinheira com folhosas	26	52	62	69

3.1.1.02.3	Florestas de outros carvalhos com folhosas	26	52	62	69
3.1.1.02.4	Florestas de castanheiro com folhosas	26	52	62	69
3.1.1.02.5	Florestas de eucalipto com folhosas	26	52	62	69
3.1.1.02.6	Florestas de espécies invasoras com folhosas	26	52	62	69
3.1.1.02.7	Florestas de outra folhosa com folhosas	26	52	62	69
3.1.2.01.1	Florestas de pinheiro bravo	26	52	62	69
3.1.2.01.2	Florestas de pinheiro manso	26	52	62	69
3.1.2.01.3	Florestas de outras resinosas	26	52	62	69
3.1.2.02.1	Florestas de pinheiro bravo com resinosas	26	52	62	69
3.1.2.02.2	Florestas de pinheiro manso com resinosas	26	52	62	69
3.1.2.02.3	Florestas de outra resinosa com resinosas	26	52	62	69
3.1.3.01.1	Florestas de sobreiro com resinosas	26	52	62	69
3.1.3.01.2	Florestas de azinheira com resinosas	26	52	62	69
3.1.3.01.3	Florestas de outros carvalhos com resinosas	26	52	62	69
3.1.3.01.4	Florestas de castanheiro com resinosas	26	52	62	69
3.1.3.01.5	Florestas de eucalipto com resinosas	26	52	62	69
3.1.3.01.6	Florestas de espécies invasoras com resinosas	26	52	62	69
3.1.3.01.7	Florestas de outra folhosa com resinosas	26	52	62	69
3.1.3.01.8	Florestas de misturas de folhosas com resinosas	26	52	62	69
3.1.3.02.1	Florestas de pinheiro bravo com folhosas	26	52	62	69
3.1.3.02.2	Florestas de pinheiro manso com folhosas	26	52	62	69
3.1.3.02.3	Florestas de outra resinosa com folhosas	26	52	62	69
3.1.3.02.4	Florestas de misturas de resinosas com folhosas	26	52	62	69
3.2.1.01.1	Vegetação herbácea natural	49	69	79	84
3.2.2.01.1	Matos densos	30	58	71	78
3.2.2.02.1	Matos pouco densos	40	65	45	82
3.2.3.01.1	Vegetação esclerófita densa	30	58	71	78
3.2.3.02.1	Vegetação esclerófita pouco densa	40	65	45	82
3.2.4.01.1	Florestas abertas de sobreiro	46	68	78	84
3.2.4.01.2	Florestas abertas de azinheira	46	68	78	84
3.2.4.01.3	Florestas abertas de outros carvalhos	46	68	78	84
3.2.4.01.4	Florestas abertas de castanheiro	46	68	78	84
3.2.4.01.5	Florestas abertas de eucalipto	46	68	78	84
3.2.4.01.6	Florestas abertas de espécies invasoras	46	68	78	84
3.2.4.01.7	Florestas abertas de outras folhosas	46	68	78	84
3.2.4.02.1	Florestas abertas de sobreiro com folhosas	46	68	78	84
3.2.4.02.2	Florestas abertas de azinheira com folhosas	46	68	78	84
3.2.4.02.3	Florestas abertas de outros carvalhos com folhosas	46	68	78	84
3.2.4.02.4	Florestas abertas de castanheiro com folhosas	46	68	78	84
3.2.4.02.5	Florestas abertas de eucalipto com folhosas	46	68	78	84
3.2.4.02.6	Florestas abertas de espécies invasoras com folhosas	46	68	78	84
3.2.4.02.7	Florestas abertas de outra folhosa com folhosas	46	68	78	84
3.2.4.03.1	Florestas abertas de pinheiro bravo	46	68	78	84
3.2.4.03.2	Florestas abertas de pinheiro manso	46	68	78	84
3.2.4.03.3	Florestas abertas de outras resinosas	46	68	78	84
3.2.4.04.1	Florestas abertas de pinheiro bravo com resinosas	46	68	78	84
3.2.4.04.2	Florestas abertas de pinheiro manso com resinosas	46	68	78	84
3.2.4.04.3	Florestas abertas de outra resinosa com resinosas	46	68	78	84
3.2.4.05.1	Florestas abertas de sobreiro com resinosas	46	68	78	84
3.2.4.05.2	Florestas abertas de azinheira com resinosas	46	68	78	84
3.2.4.05.3	Florestas abertas de outros carvalhos com resinosas	46	68	78	84
3.2.4.05.4	Florestas abertas de castanheiro com resinosas	46	68	78	84
3.2.4.05.5	Florestas abertas de eucalipto com resinosas	46	68	78	84
3.2.4.05.6	Florestas abertas de espécies invasoras com resinosas	46	68	78	84
3.2.4.05.7	Florestas abertas de outra folhosa com resinosas	46	68	78	84

3.2.4.05.8	Florestas abertas de misturas de folhosas com resinosas	46	68	78	84
3.2.4.06.1	Florestas abertas de pinheiro bravo com folhosas	46	68	78	84
3.2.4.06.2	Florestas abertas de pinheiro manso com folhosas	46	68	78	84
3.2.4.06.3	Florestas abertas de outras resinosas com folhosas	46	68	78	84
3.2.4.06.4	Florestas abertas de misturas de resinosas com folhosas	46	68	78	84
3.2.4.07.1	Outras formações lenhosas	56	75	86	91
3.2.4.08.1	Cortes rasos	46	68	78	84
3.2.4.08.2	Novas plantações	46	68	78	84
3.2.4.09.1	Viveiros florestais	46	68	78	84
3.2.4.10.1	Aceiros e/ou corta-fogos	46	68	78	84
3.3.1.01.1	Praias, dunas e areais interiores	30	60	70	80
3.3.1.02.1	Praias, dunas e areais costeiros	30	60	70	80
3.3.2.01.1	Rocha nua	98	98	98	98
3.3.3.01.1	Vegetação esparsa	49	69	79	84
3.3.4.01.1	Áreas ardidas	49	69	79	84
4.1.1.01.1	Paúis	90	92	94	96
4.1.2.01.1	Turfeiras	90	92	94	96
4.2.1.01.1	Sapais	90	92	94	96
4.2.2.01.1	Salinas	100	100	100	100
4.2.2.02.1	Aquicultura litoral	100	100	100	100
4.2.3.01.1	Zonas entre-marés	100	100	100	100
5.1.1.01.1	Cursos de água naturais	100	100	100	100
5.1.1.02.1	Canais artificiais	100	100	100	100
5.1.2.01.1	Lagos e lagoas interiores artificiais	100	100	100	100
5.1.2.01.2	Lagos e lagoas interiores naturais	100	100	100	100
5.1.2.02.1	Reservatórios de barragens	100	100	100	100
5.1.2.03.1	Reservatórios de represas ou de açudes	100	100	100	100
5.1.2.03.2	Charcas	100	100	100	100
5.1.2.03.3	Aquicultura interior	100	100	100	100
5.2.1.01.1	Lagoas costeiras	100	100	100	100
5.2.2.01.1	Desembocaduras fluviais	100	100	100	100
5.2.3.01.1	Oceano	100	100	100	100