



# CIEEMAT`19

The 5th Ibero-American Congress on  
Entrepreneurship, Energy, Environment  
and Technology

## PROCEEDINGS



5<sup>th</sup> Ibero-American Congress on

# Entrepreneurship, Energy, Environment and Technology

11<sup>th</sup> – 13<sup>th</sup> September 2019

Portalegre, Portugal

ISBN 978-84-17934-30-9



9 788417 934309 >

Portugal, September 2019

# Características de três bacias hidrográficas de montanha ao longo de um gradiente climático: inferências quanto a riscos hidrológicos

Vinicius Okada, Tomas Figueiredo, Felícia Fonseca, Maurício dos Santos

Vinicius Kenzo Okada  
*Escola Superior Agrária*  
*Instituto Politécnico de Bragança*  
Bragança, Portugal  
vkokada@gmail.com

Tomas de Figueiredo  
*Centro de investigação de Montanha*  
*(CIMO)*  
*Instituto Politécnico de Bragança*  
Bragança, Portugal  
tomasfig@ipb.pt

Felícia Maria da Silva Fonseca  
*Centro de Investigação de Montanha*  
*(CIMO)*  
*Instituto Politécnico de Bragança*  
line 4: Bragança, Portugal  
line 5: ffonseca@ipb.pt

Maurício Moreira dos Santos  
*Departamento Acadêmico de*  
*Engenharia Ambiental*  
*Universidade Tecnológica Federal do*  
*Paraná*  
Londrina, Brasil  
mmsantos@utfpr.edu.br

**Resumo** — A evidência à escala global de alterações climáticas poderá traduzir-se em impactos tanto nas atividades humanas como os serviços de ecossistemas. Em Portugal, as zonas de montanhas são consideradas territórios importantes na prestação desses serviços, sendo um destes principais a regulação do ciclo e controle da qualidade da água. É pois importante analisar fatores que contribuem para o risco hidrológico desses territórios, como sejam o clima, uso e ocupação dos solos, relevo, litologia e pedologia. Neste trabalho utilizaram-se técnicas de geoprocessamento em software de Sistemas de Informação Geográfica com o objetivo de relacionar variáveis caracterizadoras da superfície terrestre com dados de precipitações médias anuais e caudais médios anuais de 3 bacias hidrográficas de montanha de dimensão similar (407-530 km<sup>2</sup>) do nordeste de Portugal: rio Tuela, rio Sabor, rio Maçãs. Por meio das análises efetuadas pode-se concluir que, em termos comparativos e considerando as variáveis estudadas e o gradiente climático presente na região, a relação destas pode determinar a magnitude dos riscos hidrológicos, concluindo que as bacias do rio Tuela e Sabor podem intensificar a ocorrência de cheias hidrológicas, enquanto na bacia do rio Maçãs as secas hidrológicas são mais frequentes.

**Palavras-chave** — Zonas de montanha, Sistema de informação geográfica, cheias hidrológicas, secas hidrológicas, NE Portugal.

## I. INTRODUÇÃO

Atualmente em todo o planeta Terra vão sendo percebidos impactos causados pelas alterações climáticas, atingindo tanto o meio humano quanto o natural, sofrendo o último de forma intensificada e abrangente [1]. Segundo [2], na região do Mediterrâneo é mais evidente essa tendência de mudança climática quanto às variáveis temperatura e precipitação. Ainda, segundo o autor, as regiões mediterrânicas mostram tendência, nesse contexto, para a diminuição da capacidade hídrica e o aumento da assolação do solo.

As zonas de montanha portuguesas e as zonas de montanhas mediterrânicas em geral são reconhecidas pela comunidade científica como territórios que prestam importantes serviços de ecossistemas, produtivos e de conservação (alimentos, pastos, lenha, água, plantas medicinais), atuando também como regulador da qualidade da

água e do ar [3]. Em todos os casos, o solo e a água são recursos fundamentais a considerar na avaliação desses serviços, especialmente tendo em vista a mitigação dos impactos que o contexto de mudança climática gera naqueles recursos [4].

Este estudo propôs-se a analisar os riscos hidrológicos de três bacias hidrográficas de montanha do nordeste português localizadas ao longo de um gradiente climático. Foram estudadas e correlacionadas variáveis descritoras das bacias com a sua resposta hidrológica afim de caracterizar tendências para eventos extremos determinantes de risco hidrológico, designadamente cheias e secas.

## II. METODOLOGIA

O estudo localizou-se no nordeste português, numa zona de montanha fronteiriça com Espanha (Fig. 1). Foram selecionadas três estações hidrométricas, Gimonde (03Q/01), Ponte Pinelo (04R/01) e Vinhais-Quinta Ranca (03P/01), correspondendo a secções definidoras da parte superior das bacias hidrográficas dos rios Sabor, Maçãs e Tuela, respectivamente. As bacias localizam-se ao longo de um gradiente climático, verificado pela comparação da precipitação média anual nas três bacias; por outro lado, efetuou-se a comparação de dados hidrométricos das três estações, conforme descrito abaixo.

Os dados de precipitação foram obtidos junto do [5] e [6], Espanha, na aba Atlas agroclimático. Tomaram-se os trintênios mais recentes disponíveis: de 1971 a 2000 e de 1981 a 2010, para Portugal e Espanha, respectivamente. Em ambos os casos, a informação está livremente disponível em formato shapefile, em layer de pontos, com os valores médios anuais de precipitação do respetivo trintênio para cada ponto. Utilizando software de Sistema de informação geográfica (SIG), essas layers foram recortadas pelos limites de cada bacia e os valores por ponto exportados para folhas de cálculo, de modo a obter as respetivas médias de precipitação anual.

Os dados hidrométricos das três estações estão disponíveis no sítio do [7], do qual se extrairam as séries de caudal médio diário para folhas de cálculo. Determinaram-se as médias das séries para os anos de 1981 a 2000, período coincidente de dados pluviométricos dos dois países ibéricos. Este

procedimento foi adotado com o objetivo de relacionar, de modo consistente, os valores de escoamento com os de precipitação nas três bacias. Para isso, foi ainda necessário converter os valores médios anuais do caudal médio diário ( $m^3/s$ ) em altura equivalente (mm), o que implicou considerar as áreas das bacias. O coeficiente de escoamento determinou-se pela divisão do escoamento médio anual pela precipitação média anual.

A caracterização das bacias hidrográficas foi realizada a nível cartográfico com técnicas de geoprocessamento em software de SIG e recorreu-se também a planilhas de cálculo no software Excel para tratamento da informação exportada do SIG. Em concreto, estabeleceram-se as cartas com os limites das bacias, o seu relevo e hidrografia, o uso e ocupação do solo, a litologia e os solos.

Para isso, utilizou-se o modelo digital de terreno (DEM) do projeto ALOS World 3D (AW3D), que possuem imagens com resolução de 30 metros sendo selecionados os quadrantes N41W007, N41W008, N42W007 e N42W008, que se enquadram na área de estudo, disponibilizadas pela [8]. Com base no DEM, utilizaram-se técnicas de geoprocessamento no software de SIG, explorando ferramentas específicas, indicadas na Tabela I.

TABELA I. ELEMENTOS CARTOGRÁFICOS E RESPECTIVAS FERRAMENTAS EXPLORADAS NO SOFTWARE ARCCGIS.

Elementos	Índice	Ferramentas
Limites das Bacias Hidrográficas	<i>Hydrology</i>	<i>Fill, Flow Accumulation, Flow Direction, Snap Pour Point, Watershed Stream to Feature</i>
Malha Hidrográfica	<i>Hydrology</i>	<i>Stream to Feature</i>

Fig. 1. REGIÃO TRÁS OS MONTES ALTO DOURO, LOCAL DE ESTUDO.



Describe	<i>Surface, Zonal</i>	<i>Slope, Histogram</i>
Perfil Longitudinal	<i>3D analyst, Zonal</i>	<i>Profile Graph, Zonal Statistics as Table</i>
Orden dos rios	<i>Hydrology</i>	<i>Stream Order</i>
Área e Perímetro	<i>Zonal, Excel</i>	<i>Zonal Geometry as Table, Table to Excel</i>

Com os limites das bacias hidrográficas definidos foram identificados, também através do software de SIG, quais as predominâncias do uso e ocupação do solo, litologia e tipos de solo de cada uma. Sendo que os arquivos shapefiles foram disponibilizados para download pelo [9] para o território português, e devido aos limites transcendarem o território do país, os shapefiles de uso e ocupação do solo, litologia e tipos de solo de Espanha foram obtidos, respectivamente, no [10], no [11] e no [12]. Foi necessário realizar uma compatibilização das legendas utilizadas nos dois países em cada carta. Para isso, tomou-se como referência a legenda portuguesa, designadamente: (i) no uso e ocupação do solo consideraram-se as classes do nível 3 da [13]; (ii) na litologia considerou-se a classificação de [14]; (iii) nos solos considerou-se a nomenclatura das unidades cartográficas e pedológicas adotada em [14], a qual utiliza a legenda [15].

Para a caracterização física, extrairam-se do software de SIG informações como área (A), perímetro (P), altitude (Z), altura (H) e o comprimento das linhas da água (L) de cada bacia, elementos que possibilitaram o cálculo dos parâmetros indicados na Tabela II.

Com a obtenção de todos os resultados é possível explorar a relação das características das bacias e do gradiente climático com a sua resposta hidrológica, o que é abordado no tópico de resultados e discussão.

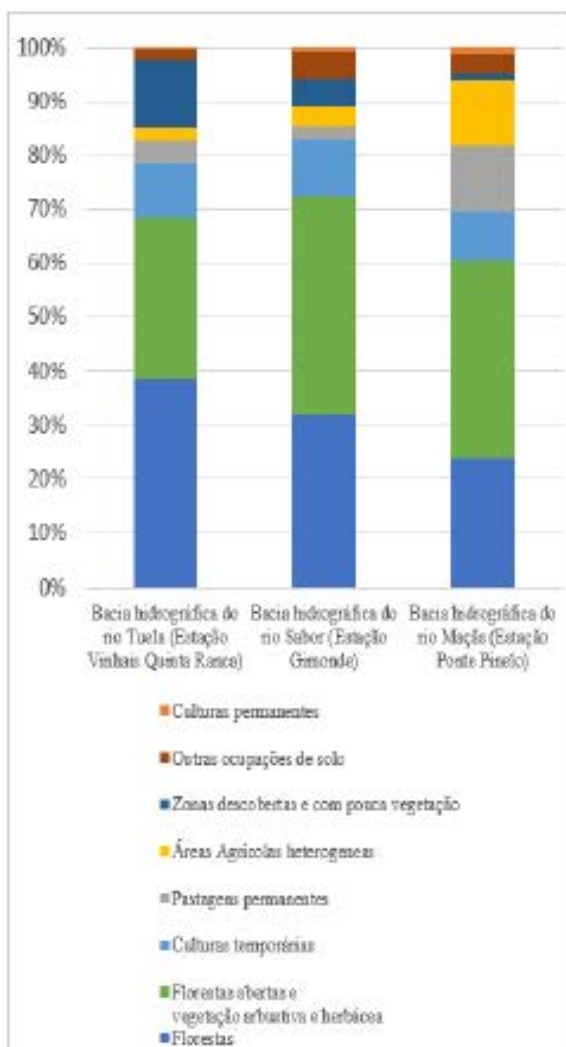
**TABELA II. PARÂMETROS CARACTERIZADORES DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS E RESPECTIVAS EQUAÇÕES DE CÁLCULO [16]**

Parâmetro	Equação
Coefficiente de compacidade ( $K_c$ )	$K_c = \frac{P}{2\pi r}$
Fator Forma ( $K_f$ )	$K_f = \frac{A}{L^2}$
Densidade de drenagem ( $\lambda$ )	$\lambda = \frac{L}{A}$
Altitude média ( $Z$ )	$Z = \frac{\sum Z_i A_i}{A}$
Altura média ( $H$ )	$H = \frac{\sum H_i A_i}{A}$

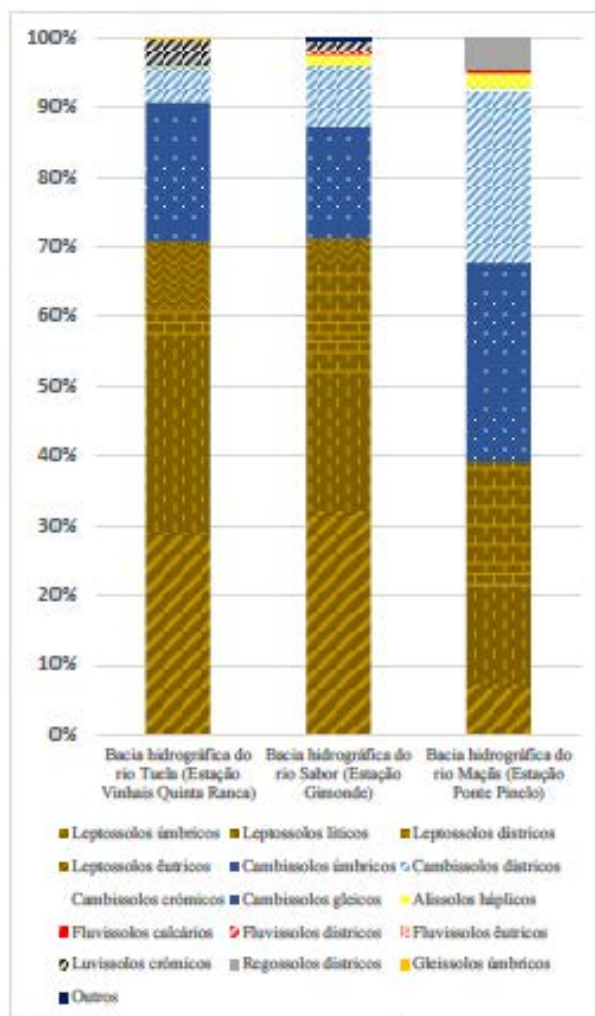
Sendo "r" igual ao raio de circunferência e L, igual ao comprimento da bacia.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do exercício de caracterização efetuado para as três bacias hidrográficas mostram-se na Tabela III. As Figuras 3 a 6 comparam as três bacias quanto à distribuição percentual das classes de ocupação do solo, das unidades pedológicas dominantes, das unidades secundárias de solos e das classes litológicas, respectivamente.



**Fig 2. REPRESENTAÇÃO EM PORCENTAGEM DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO TUELA, SABOR E MAÇÃS.**



**Fig 3. PARCELAS EM PORCENTAGEM DE ÁREA DE TIPOS DE SOLO (CLASSIFICAÇÃO PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA) DE ACORDO COM A UNIDADE PEDOLÓGICA E SUA RESPECTIVA BACIA HIDROGRÁFICA.**

Analisando os resultados de precipitação média anual e relacionando-os com resultados de altitude pode-se notar a presença do gradiente climático na área de estudo. Segundo [17] a altitude é um dos principais agentes que condicionam a heterogeneidade do clima montanhês sendo responsável direto nos valores de precipitação. Ademais, os autores [18], [19] e [20], dentre as classificações de tipos de chuvas, citam as orográficas que ocorrem quando massas de ar quentes e húmidas colidem com montanhas e ao se elevarem resfriam o vapor de forma adiabática provocando assim a precipitação. Assim ao analisar a tabela III é perceptível a ocorrência desse evento demonstrando que a bacia mais húmida é a do rio Tuella que tem o maior valor de altitude média, 1038,76, assim como o maior valor de precipitação média anual, 1409,80. Já a bacia do rio Sabor que se encontra entre as outras duas evidencia a transição do gradiente climático tendo como altitude média 852,82, precipitação média anual 1090,72, e a bacia do rio Maças, considerada a bacia com clima seco tem os menores valores, sendo para altitude média 766,21 e com precipitação média anual de apenas 822,56.

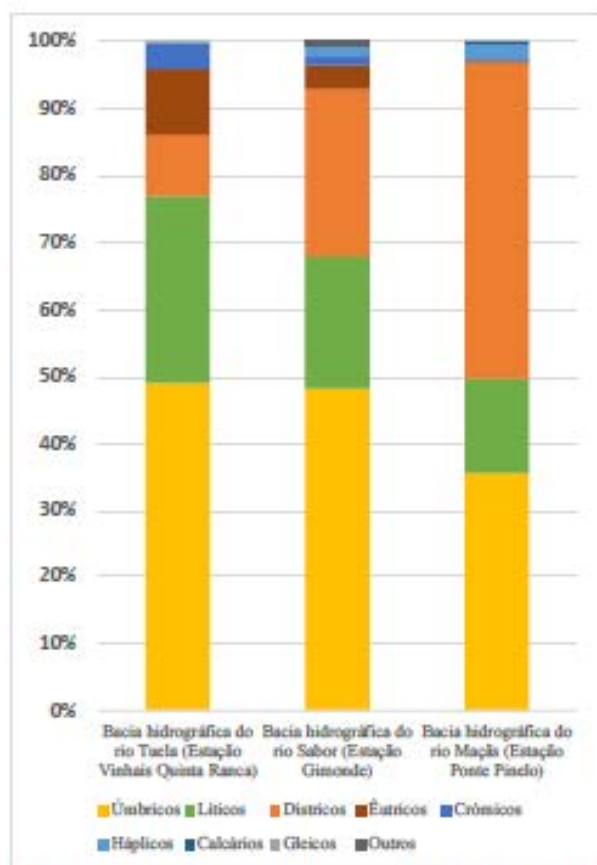


Fig. 4. PARCELAS EM PORCENTAGEM DE ÁREA DE TIPOS DE SOLO (CLASSIFICAÇÃO SECUNDÁRIA) DE ACORDO COM A UNIDADE PEDOLÓGICA E SUA RESPECTIVA BACIA HIDROGRÁFICA.

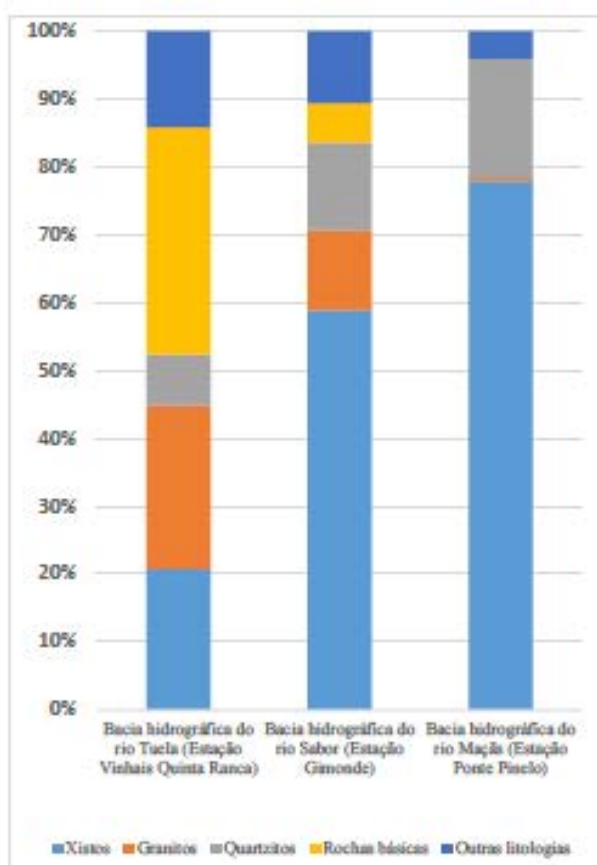


Fig. 5. PARCELAS EM PORCENTAGEM DAS LITOLÓGICAS PRESENTES EM SUA RESPECTIVA BACIA HIDROGRÁFICA.



Fig. 6. IDENTIFICAÇÃO DOS LIMITES DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS E SUAS HIDROGRAFIAS

TABELA III. ELEMENTOS CARACTERIZADORES DAS TRÊS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Características e indicadores	Bacias		
	Rio Tuella (Vinhais Quinta Ranca)	Rio Sabor (Gimonde)	Rio Maçãs (Ponte Pinelo)
Área	478,46	406,88	530,28
Perímetro	126,13	127,16	161,82
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,63	1,78	1,98
Fator Forma (Kf)	0,39	0,61	0,37
Comprimento da Bacia (Km)	34,89	25,77	37,92
Densidade de drenagem (Km <sup>2</sup> /Km)	0,95	1,79	2,30
Comprimento total linhas de água (km)	456,83	727,65	1221,92
Altitude Média	1038,76	852,82	766,21
Altura Média	329,68	353,82	290,81
Declive médio (°)	13,11	11,78	10,69
Precipitação média anual	1409,80	1090,72	822,56
Fornecimento médio diário (m <sup>3</sup> /s)	10,36	5,86	3,77
Coefficiente de escoamento	0,48	0,42	0,27

Pode-se notar a presença do gradiente climático também na figura 4 havendo maiores áreas de solos úmbricos nas bacias tanto do rio Tuella quanto do rio Sabor em comparação com a do rio Maçãs e, tomando como base [21] é clara a presença de solos úmbricos em locais com maiores precipitações e menores temperaturas, sendo ambas justificadas pela altitude ser maior nas duas bacias já que ambas são mais húmidas que a bacia do rio Maçãs.

Para a análise de risco hidrológico e sua comparação nas três bacias hidrográficas é necessário realizar a separação dos escoamentos superficiais e subterrâneos ao longo do tempo para poder inferir com mais propriedade sobre os riscos de cheias e secas hidrológicas. Porém, com os resultados obtidos nesse trabalho é possível avançar hipóteses sobre tendências das bacias hidrográficas com base na sua forma, relevo, uso e ocupação do solo e clima.

Observando os resultados obtidos quanto a forma da bacia hidrográfica e levando em consideração [16], é possível inferir sobre a propensão para a ocorrência de cheias de acordo com o coeficiente de compacidade (Kc) (sendo este valor mais próximo da unidade haverá mais tendência para a ocorrência de cheias), fator forma (Kf) (valores menores menos propenso para a ocorrência de cheias), e da densidade de drenagem ( $\lambda$ ) (bacias com melhor drenagem terão menos tendência para cheias). Pode-se perceber que a bacia do rio Maçãs é a que possui menor tendência para cheias, quando comparada com as outras duas bacias, devido possuir maior valor de Kc, 1,98, o menor valor de Kf, 0,37, e por fim possuir maior densidade

de drenagem, 2,30 Km/Km<sup>2</sup>. (Tabela III). As bacias dos rios Tuella e Sabor apresentam condições mais favoráveis à ocorrência de cheias sendo que a primeira possui para Kc, 1,63, Kf, 0,39 e densidade de drenagem, 0,95 Km/Km<sup>2</sup>, e a segunda para Kc, 1,78, Kf, 0,61, e densidade de drenagem, 1,79 Km/Km<sup>2</sup>, apesar da bacia do rio Tuella possuir dois resultados, Kc e densidade de drenagem, favoráveis a ocorrência de enchentes quando comparada com a bacia do rio Sabor, que possui apenas um, fator forma, não é possível afirmar qual delas possui maior tendência a enchentes.

No trabalho de [22] sublinha-se que a cobertura do solo exposta a ação da precipitação acarreta a maior formação de poças que posteriormente irão gerar escoamentos superficiais que são intensificados quanto maior for o declive do terreno. É possível inferir, pelos dados da Tabela III e pela Figura 2, que a bacia do rio Tuella está mais propensa a eventos de cheia devido ao maior declive e à maior proporção de área descoberta e com pouca vegetação. Seguida pela bacia do rio Sabor que possui valores de transição entre as outras duas bacias estando então, por suposição, menos propensa a enchentes quando comparada com a bacia do rio Tuella, mas maior tendência se comparada com a bacia do rio Maçãs, devido ao menor declive e a menor área com cobertura do solo exposta. Entretanto é notório que a bacia do rio Sabor é a que possui maior área com cobertura vegetal oferecendo resistência ao do escoamento superficial.

Os solos também exercem influência sobre o escoamento superficial e, assim, sobre as cheias hidrológicas, segundo [23] os leptossolos são característicos de serem delgados e assim secos ou alagados com certa facilidade. Observando a Figura 3 nota-se maior área com leptossolos nas bacias do rio Tuella e Sabor, então, teoricamente, essas bacias tendem a estar propensas à cheias com maior facilidade que a bacia do rio Maçãs, por esta possuir menos Leptossolos.

Segundo [24] a análise da seca a partir de uma visão regional é baseada na distribuição espacial das variáveis determinantes, fundamentadas nas características climáticas e geomorfológicas, em locais pontuais que sejam representativos da região a ser analisada. Portanto, tomando como base os resultados obtidos, é possível concluir que, teoricamente, a bacia do rio Maçãs está propensa a eventos de seca possuindo menor média de precipitação devido aos fatores como a altura que possibilita a ocorrência de chuvas orográficas.

#### IV. CONCLUSÃO

Visto que a região de montanha é um importante território para serviços de ecossistemas e, dentre eles, de regulação e qualidade hidrológica, este trabalho pode concluir que, mesmo com uma abordagem teórica, as bacias do rio Tuella e Sabor possuem tendências para ocorrência de cheias hidrológicas de acordo com os resultados de precipitação, assim como de uso e ocupação do solo e do principal tipo de solo encontrado na região. Já a bacia do rio Maçãs possui tendência para a ocorrência de seca hidrológica com base nos valores de precipitação média anual, obtendo a menor média entre as bacias analisadas. Ademais, nota-se que o gradiente climático acompanha diferentes respostas de risco hidrológico para as bacias

deixando evidente que, em um curto espaço territorial há bacias propensas a cheias, as bacias mais húmidas, e outras a secas hidrologicas, bacias com carência de água.

Por fim, pode-se inferir com mais convicção a ocorrência de risco hidrologicos dessas bacias através de estudos temporais da evolução dos caudais diretos e do escoamento de base, permitindo maior precisão da resposta hidrologica da região e comparando-a com as variáveis climatológicas, uso e ocupação do solo, forma da bacia hidrográfica, litologia e pedologia da região, que foi realizado nesse estudo.

#### AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Politécnico de Bragança por todo apoio fornecido para a realização deste trabalho.

#### REFERENCES

- [1] Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC). 2014. Alterações Climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade - Resumo para Decisores. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas. Organização Meteorológica Mundial (WMO), Genebra, Suíça, 34 págs.
- [2] F. Giorgi. (2006) - Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters*, vol. 33, p. L08707.
- [3] H.M. Pereira; T. Domingos e L. Vicente (Eds.) (2004) - Portugal Millennium Ecosystem Assessment: State of the Assessment Report. Lisboa, Centro de Biologia Ambiental, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 68 p.
- [4] C. Huntingford; J. Gash e A.M. Giacomello. (2006) - Climate change and hydrology: next steps for climate models. *Hydrological Processes* n. 20, p. 2085-2087.
- [5] Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Produtos e serviços - Base de dados de precipitação diária - Portugal Continental. Disponível Internet: <URL: <https://www.ipma.pt/pt/producoes/servicos/index.jsp?page=dataset.pt02.xml>>
- [6] Instituto Tecnológico Agrario da junta de Castilla y Laen (ITACyL). Atlas agroclimático. Disponível Internet: <URL: <http://atlas.itacyl.es/>>
- [7] Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH). Dados de base - Monitorização. Disponível Internet: <URL: <https://snirh.spainbioera.pt/index.php?idMenu=2&idItem=1>>
- [8] Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). ALOS Global Surface Model "ALOS World 3D - 30 m" (AW3D30). Disponível Internet: <URL: [https://www.sorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/data/hr/ml\\_v1903/m020/w030\\_m050e000.htm](https://www.sorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/data/hr/ml_v1903/m020/w030_m050e000.htm)>
- [9] Sistema Nacional de Informação Geográfica. Registro Nacional de Dados Geográficos. Disponível Internet: <URL: <https://catalogo.uig.dgterritorio.gov.pt/catalogo/srv/por/catalog.sea.rch/raarch>>
- [10] Sistema de Información de Ocupación del Suelo de España (SIOSE). Productos. Disponível Internet: <URL: <https://www.siose.es/web/guest/productos>>
- [11] Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Servicios de mapas. Disponível Internet: <URL: [http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx?IGME\\_MAGNA\\_50](http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx?IGME_MAGNA_50)>
- [12] Instituto Tecnológico Agrario da junta de Castilla y Laen (ITACyL). Portal de Suelos - Mapas. Disponível Internet: <URL: <http://suelos.itacyl.es/mapas>>
- [13] Direção-Geral do Território. 2018. Especificações técnicas da Carta de uso e ocupação do solo de Portugal Continental para 1993, 2007, 2010 e 2015. Relatório Técnico. Direção-Geral do Território. Disponível Internet: <URL: <http://mapas.dgterritorio.pt/atom-dgt/pdf-cons/COS2015/ET-COS-1993-2007-2010-2013.pdf>>
- [14] Agroconsultores & Caba. 1991. Carta de Solos, Carta do Uso Atual da Terra e Carta da Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Agroconsultores e Caba.
- [15] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAO SOILS PORTAL. Disponível Internet: <URL: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/soil-maps-and-databases/faounesco-soil-map-of-the-world/en/>>
- [16] A. Lancaster; F. M. Franco - Lições de Hidrologia. 3ª ed. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2006.
- [17] D.A. Gonçalves; T. Figueiredo; A. C. Ribeiro; S. M. Leite. A geografia e o clima das montanhas ibéricas. Sustentabilidade da montanha portuguesa: realidade e desafios. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2016. ISBN 978-972-745-220-0. Cap 2, p. 9-38.
- [18] P. E. Black - Watershed hydrology. 2ª ed. Michigan: Ann Arbor Press, 1996.
- [19] J. C. Bastoni; C. E. M. Tucci - Hidrologia: ciência e aplicação. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2001. Precipitação p.177-231.
- [20] W. Collischonn; R. Tassi. Introduzindo Hidrologia. 5ª ed. Maio 2008.
- [21] T. A. F. R. Figueiredo. Uma panorâmica sobre os recursos pedológicos do Nordeste Transmontano. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2013. ISBN 978-972-745-138-8
- [22] A. L. F. Alves. Efeitos de Condicionadores do Solo na Erosão Hídrica em Áreas Áridas no Nordeste de Portugal. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2018. Tese de Mestrado.
- [23] A. M. Ferreira. Caracterização de Portugal Continental. Dados Geoquímicos da Base de Sedimentos Fluviais de Amostragem de Baixa Densidade de Portugal Continental: Estudo de Factores de Variação regional. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2000. Cap. 2, p. 19-61.
- [24] M. J. J. SANTOS. Caracterização e monitorização de Secas. Instituto da Água - Direção de Serviços de Recursos Hídricos, 1998