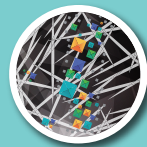


Coordenadores:

Luciano Lourenço

Adélia Nunes

XIV ENCONTRO  
NACIONAL  
de RISCOS



# Risco de Cheias e Risco de Inundações Fluviais. Aprender com o Passado



**RISCOS**

Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança  
Coimbra, 2022



Volvida uma década, o Encontro Nacional de Riscos, na sua XIV edição, regressou à Universidade de Coimbra. Depois de vários Encontros terem decorrido de Norte a Sul do território continental e no arquipélago da Madeira, o XIV Encontro, sobre “Risco de Cheias e Risco de Inundações Fluviais - Aprender com o Passado”, voltou a Coimbra para visitar as cheias e inundações de 2001, que imprimiram um rasto de destruição em várias bacias hidrográficas nacionais, com destaque para a do rio Mondego, onde o rebentamento de vários diques, a jusante de Coimbra, provocou mais de uma centena de desalojados.

No decurso destas duas décadas, o risco de cheia e de inundação voltou a manifestar-se, com as inundações de janeiro e fevereiro de 2016 a causarem avultados prejuízos na área ribeirinha de Coimbra e, as de dezembro de 2019, a afetarem vastas áreas da planície aluvial do rio Mondego. Assim, diremos que o objetivo deste Encontro, à semelhança de outros anteriores, visou visitar acontecimentos nefastos, para deles retirar os ensinamentos que podem transmitir e, assim, aprender com essa(s) experiência(s) do passado.

Para tal, neste Encontro colocaram-se os agentes de proteção civil, o órgão de gestão das bacias hidrográficas, a empresa de gestão da produção de energia da barragem da Aguieira e o Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos, a discutir com a comunidade científica as causas e as consequências destes acontecimentos e, sobretudo, a refletir sobre os desafios que se colocam à gestão integrada desta bacia hidrográfica, no intuito de evitar/reduzir o risco de cheias e o consequente risco de inundações no Baixo Mondego.

A expectativa foi a de que, com o envolvimento e articulação de todos, se pudesse reduzir o risco de inundações no Baixo Mondego, através do aumento tanto da resiliência das comunidades, como das capacidades de antecipação e de resposta dos meios de prevenção e socorro em situação de crise. A publicação das intervenções proferidas durante este XIV ENR pretende contribuir para esse desiderato.





**RISCOS**

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA  
DE RISCOS, PREVENÇÃO  
E SEGURANÇA

**ESTRUTURAS EDITORIAIS | EDITORIAL STRUCTURES**  
Estudos Cindínicos

**DIRETOR PRINCIPAL | MAIN EDITOR**  
Luciano Lourenço

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

**DIRETORES ADJUNTOS | ASSISTANT EDITORS**  
António Amaro, Adélia Nunes, António Vieira, Fátima Velez de Castro  
RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

**ASSISTENTE EDITORIAL | EDITORIAL ASSISTANT**  
Fernando Félix  
RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

**COMISSÃO CIENTÍFICA | EDITORIAL BOARD**

**Adélia Nunes**  
Universidade de Coimbra

**Ana Meira Castro**  
Instituto Superior de Engenharia do Porto

**António Betâmio de Almeida**  
Instituto Superior Técnico, Lisboa

**António Duarte Amaro**  
Escola Superior de Saúde do Alcoitão

**António Vieira**  
Universidade do Minho

**Cármem Ferreira**  
Universidade do Porto

**Fátima Velez de Castro**  
Universidade de Coimbra

**Helena Fernandez**  
Universidade do Algarve

**Humberto Varum**  
Universidade de Aveiro

**José Simão Antunes do Carmo**  
Universidade de Coimbra

**Luciano Lourenço**  
Universidade de Coimbra

**Romero Bandeira**  
Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Porto

**Tiago Ferreira**  
Universidade do Minho

**Tomás de Figueiredo**  
Instituto Politécnico de Bragança

**Antenora Maria da Mata Siqueira**  
Universidade Federal Fluminense, Brasil

**Carla Juscélia Oliveira Souza**  
Universidade de São João del Rei, Brasil

**Esteban Castro**  
Universidade de Newcastle, Reino Unido

**José António Vega**  
Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Espanha

**José Arnaez Vadillo**  
Universidade de La Rioja, Espanha

**Lidia Esther Romero Martín**  
Universidade Las Palmas de Gran Canaria, Espanha

**Miguel Castillo Soto**  
Universidade do Chile

**Montserrat Díaz-Raviña**  
Inst. Inv. Agrobiológicas de Galicia, Espanha

**Norma Valencio**  
Universidade Federal de São Carlos, Brasil

**Ricardo Alvarez**  
Univ. Atlântica, Florida, Estados Unidos da América

**Victor Quintanilla**  
Universidade de Santiago de Chile, Chile

**Virginia Araceli García Acosta**  
CIESAS, México

**Xavier Ubeda Cartaña**  
Universidade de Barcelona, Espanha

**Yvette Veyret**  
Universidade de Paris X, França

LUCIANO LOURENÇO  
ADÉLIA NUNES  
(COORDS.)



**RISCO DE CHEIAS E RISCO  
DE INUNDAÇÕES FLUVIAIS.  
APRENDER COM O PASSADO**

**EDIÇÃO**

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

**Email:** [riscos@riscos.pt](mailto:riscos@riscos.pt)

**URL:** <https://www.riscos.pt/publicacoes/sec/>

**COORDENAÇÃO EDITORIAL**

Luciano Lourenço e Adélia Nunes

**IMAGEM DA CAPA**

Karine Nieman

**PRÉ-IMPRESSÃO**

Fernando Félix

**EXECUÇÃO GRÁFICA**

Simões & Linhares, Lda.

**ISSN**

2184-5727

**DOI (Série)**

<https://doi.org/10.34037/978-989-54295-1-6>

**Depósito Legal**

495408/22

**ISBN**

978-989-9053-11-3

**ISBN Digital**

978-989-9053-12-0

**DOI**

[https://doi.org/10.34037/978-989-9053-12-0\\_10](https://doi.org/10.34037/978-989-9053-12-0_10)

**1.ª Edição**

**CEGOT**  
Centro de Estudos de Geografia  
e Ordenamento do Território

**FCT**  
Fundação  
para a Ciência  
e a Tecnologia



**REPÚBLICA  
PORTUGUESA**

*Este trabalho é Financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto “UIDB/GEO/04084/2020” e “UIDP/GEO/04084/2020”.*

*This work is Financed by National Funds through the FCT - Foundation for Science and Technology under the project “UIDB/GEO/04084/2020” and “UIDP/GEO/04084/2020”.*



## ÍNDICE

<b>PREFÁCIO</b> .....	9
<b>AS CHEIAS E O RISCO DE INUNDAÇÕES NO BAIXO MONDEGO</b> .....	15
<b>Monitorização da variação secular dos parâmetros climatológicos em Coimbra: o caso da precipitação para análise de riscos hidrológicos</b> Joana R. Domingues, Maria Alexandra Pais, Paulo Ribeiro, Alcides Pereira e Vasco Mantas .....	17
<b>Estudo das inundações do rio Mondego a jusante da confluência do rio Ceira até à ponte Açude</b> Teresa Fragoso, João Bravo, António Correia e Luís Araújo Santos .....	39
<b>Contributos do Laboratório de Hidráulica da Universidade de Coimbra para o estudo das Cheias do Mondego</b> José Afeu Sá Maques, Nuno Eduardo Simões e Fernando Seabra Santos .....	53
<b>Impactos das grandes cheias do rio Mondego na região de Coimbra - uma resenha histórica</b> João Pardal, Lúcio Cunha, Alexandre Oliveira Tavares, Pedro Pinto Santos e Luís Leitão .....	75
<b>Gestão do risco de inundações no Baixo Mondego</b> Carlos Luís Tavares .....	109
<b>Investimentos do PO SEUR na redução de riscos de cheias e inundações. “O exemplo do Baixo Mondego”</b> José Marques Guedes .....	129
<b>Projetar o futuro revivendo acontecimentos passados: as cheias de 2001 no rio Mondego e na queda da ponte Hintze Ribeiro, no rio Douro</b> José Simão Antunes do Carmo .....	145
<b>RISCOS DE INUNDAÇÃO NOUTRAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE PORTUGAL E DO BRASIL</b> .....	167
<b>O risco hidrológico no município de Braga: contributo para a sua cartografia</b> Isabel Catarina da S. M. Ferreira, António Bento-Gonçalves e António Vieira .....	169
<b>Estimativas de caudais de ponta no Parque Natural de Montesinho aplicando o método SCS</b> Tamires Bertocco, Tomás de Figueiredo e Felícia Fonseca .....	197
<b>Tendências de evolução temporal dos caudais médios diários em bacias de montanha do NE de Portugal</b> Vinícius Kenzo Okada, Tomás de Figueiredo, Felícia Fonseca e Maurício Morerira dos Santos .....	209

## ÍNDICE

<b>A vala de Alpiarça e o risco de inundação em Almeirim</b> Samuel Rodrigues Tomé e Luciano Lourenço .....	225
<b>Inundações urbanas na Amazónia setentrional, Boa Vista-RR-Brasil</b> Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior .....	249
<b>Gestão do risco de inundações em Petrópolis (RJ - Brasil). Interface entre diferentes políticas públicas</b> Jacques Manz, Raul Reis Amorim e Carmen Ferreira .....	269
<b>Contribuição da educação na resolução do risco de inundação: estudo de caso através da observação de imagens</b> Mário Talaia e Pedro Talaia .....	313

## PREFÁCIO

A nível mundial, as cheias e as consequentes inundações fluviais são as catástrofes mais comuns, representando 44% das manifestações registadas no período compreendido entre 2000 e 2019, de acordo com a *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* (UNISDR). Afetaram, nesse período, 1,6 mil milhões de pessoas em todo o mundo, o valor mais elevado quando comparado com outros tipos de catástrofes.

À escala europeia, nestas últimas décadas, as cheias e as inundações representaram cerca de 1/3 das perdas causadas por fenómenos naturais e, na União Europeia, os seus respetivos custos anuais médios ultrapassam 4 mil milhões de euros. Também na região mediterrânea, as cheias e as inundações são consideradas as catástrofes com maior potencial de destruição, sendo de igual modo as que causaram o maior número de vítimas mortais e os danos materiais mais elevados.

Em Portugal, as cheias e as inundações foram, de igual modo, o fenómeno natural mais frequente e mortífero durante o último século. A este propósito, recorde-se o evento ocorrido de 25 para 26 de novembro de 1967, na área da Grande Lisboa, com inundações a causarem um elevado número de mortos, a rondar cinco centenas, milhares de desalojados e inúmeras habitações destruídas. Também as cheias e inundações de 2001 imprimiram um rasto de destruição em várias bacias hidrográficas nacionais, destacando-se a do rio Mondego, onde o rebentamento de vários diques, a jusante de Coimbra, provocou mais de uma centena de desalojados. Em dezembro de 2019, apesar de se terem registado caudais bastante superiores aos assinalados na cheia de 2001, apenas dois diques colapsaram, deixando também vastas áreas da planície aluvial do rio Mondego submersas pela água, inúmeras povoações isoladas, estradas cortadas e danos muito significativos em múltiplas infraestruturas e nos campos agrícolas.

Na bacia do Mondego, à semelhança de outras bacias do território nacional, as cheias e as inundações são seculares e, apesar das obras de regularização realizadas, elas continuam a ocorrer, provocando avultados prejuízos. Pode afirmar-se, todavia, que o estado atual de conhecimento sobre os processos que conduzem à ocorrência de cheias e de inundações se encontra relativamente bem consolidado, integrando processos eminentemente naturais, a que se associam outros fatores desencadeantes ou agravantes de origem antrópica. Como justificar, neste contexto, a contínua manifestação dos riscos de cheia e de inundações, com consequências mais ou menos graves, ano após ano?

Sob o tema “Risco de Cheias e Risco de Inundações Fluviais. Aprender com o Passado” decorreu nos dias 16 e 17 de julho de 2021, na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, o XIV Encontro Nacional de Riscos em que, à semelhança do que aconteceu com edições anteriores, se revisitou um acontecimento particularmente nefasto, cuja efeméride “redonda” ocorreu neste ano, para dele retirar os ensinamentos que pode transmitir e, assim, aprender com essas experiências. Neste Encontro colocou-se a comunidade científica, bem como e, sobretudo, os agentes de proteção civil, os órgãos de soberania regionais/locais, os professores dos ensinos básico e secundário e a população em geral, a refletir sobre o que fazer em caso de situações de catástrofe provocadas pela manifestação dos riscos de cheias e de inundações fluviais, aprendendo com o passado para melhorar o presente e o futuro, tomando consciência de que a frequência e intensidade destes eventos hidrológicos excecionais têm tendência para aumentar e afetar um número crescente de pessoas e bens. Discutiu-se, também, a importância que um eficaz planeamento e ordenamento do território podem ter na redução destas catástrofes e avaliou-se e refletiu-se sobre a importância da educação formal na construção de sociedades mais conscientes e resilientes a tais riscos.

Porque a “memória do risco” tem um papel fundamental na evolução do conhecimento, por ter uma importância determinante na estrutura das ações dos atores sociais e na escolha das tomadas de decisão, tendo em vista a redução dos riscos, presentes ou futuros, baseada na experiência adquirida, o livro que agora se apresenta, para “memória futura”, reúne vários contributos que, de forma complementar, consolidam os conhecimentos e as aprendizagens que se possam retirar do estudo de eventos catastróficos passados. Constitui-se por catorze capítulos, dividido em duas partes; a primeira, sobre “As cheias e o risco de inundações no Baixo Mondego” e, a segunda, sobre “Riscos de inundação noutras bacias hidrográficas de Portugal e do Brasil”.

No primeiro capítulo, intitulado “*Monitorização da variação secular dos parâmetros climatológicos em Coimbra: o caso da precipitação para análise de riscos hidrológicos*”, da autoria de Joana Domingues, Maria Alexandra Pais, Paulo Ribeiro, Alcides Pereira e Vasco Mantas, avalia-se a correlação entre a precipitação, medida na estação meteorológica da Av. Dr. Dias da Silva, em Coimbra, e as cheias registadas nesta cidade. Os resultados obtidos mostram correlações baixas entre os anos de cheias em Coimbra e os anos de maior precipitação anual, sugerindo a necessidade de integração de maior

número de parâmetros de toda a Bacia do Mondego, nomeadamente a intensidade e a duração da precipitação noutros pontos da bacia, o caudal, assim como o uso e ocupação do território, características geomorfológicas da bacia, entre outros.

Teresa Fragoso, João Bravo, António Correia e Luís Araújo Santos apresentam, na sequência o “*Estudo das inundações do rio Mondego a jusante da confluência do rio Ceira até à Ponte Açudé*”, onde procuram avaliar a adequabilidade da utilização de programas de simulação dinâmica de Precipitação-Escoamento como ferramenta para a previsão de cheias. Como caso de estudo adotaram o evento de cheia ocorrido no Mondego, em dezembro de 2019. Pela análise verificou-se que o coeficiente de rugosidade de Manning tem uma forte relevância nos resultados obtidos sendo um parâmetro crucial na calibração do programa, pelo que o conhecimento rigoroso da cobertura vegetal nas margens do rio se torna fundamental, segundo os autores deste trabalho.

José Alfeu Sá Maques, Nuno Eduardo Simões e Fernando Seabra Santos, no capítulo seguinte explanam os “*Contributos do Laboratório de Hidráulica da Universidade de Coimbra para o estudo das cheias na região de Coimbra*” ao qual, na sequência das inundações de 2000/2001 e 2016, foi solicitado uma análise destes eventos. Os estudos requeridos tinham como objetivo explicar as razões da ocorrência das cheias, avaliar o comportamento dos intervenientes na operação de gestão das barragens e retirar ensinamentos para a gestão e atuação futuras. Os resultados obtidos demonstraram que, em ambas as cheias, a gestão das descargas da barragem da Aguieira não foi feita de acordo com os protocolos em vigor, pois, a serem seguidos, os caudais máximos e os níveis de água poderiam ter sido muito reduzidos e as inundações drasticamente mitigadas. Acrescentam, no entanto, outros fatores agravantes dos respetivos impactes: a deficiente manutenção das infraestruturas e da limpeza das margens, bem como o assoreamento do leito junto à cidade de Coimbra. Acresce a necessidade de integração dos conhecimentos mais atuais no domínio da previsão, seja meteorológica, hidrológica ou hidráulica, e das tecnologias de comunicação, para que a decisão do operador possa ser mais bem informada, e que é outra das conclusões evidenciada.

No capítulo seguinte, os autores, João Pardal, Lúcio Cunha, Alexandre Oliveira Tavares, Pedro Pinto Santos e Luís Leitão, fazem um levantamento dos “*Impactos das grandes cheias do rio Mondego na região de Coimbra - uma resenha histórica*”, através da consulta de bases documentais históricas e registos

hidrométricos (antigos e atuais). Assim, no período de 1200 a 2021, identificaram 296 cheias, 32 classificadas de catastróficas e 60 de extraordinárias. Entre os impactos mais relevantes, salientam a perda de vidas humanas, o isolamento das populações, situações de insalubridade e doenças, perdas agrícolas e na pecuária, destruição de infraestruturas hidráulicas e vias de comunicação, habitações, igrejas, conventos e comércio. Concluíram que o Mondego poderá estar parcialmente “domado” pelas atuais estruturas hidráulicas, mas “não controlado”, por isso é necessário adaptar o atual sistema de gestão da Bacia Hidrográfica à realidade atual.

Sobre a “*Gestão do risco de inundação no Baixo Mondego*”, Carlos Luís Tavares conclui, no capítulo que se segue, que as medidas estruturais de proteção são fundamentais na redução dos riscos de cheias e de inundações, acrescentando que, nos eventos de 2000, 2001, 2016 e, principalmente, no de 2019, ficou evidente a necessidade de serem complementadas com o desenvolvimento de atividades não-estruturais. Destaca, neste âmbito, o ordenamento do território, a gestão da emergência e o envolvimento das comunidades locais em todo o processo de gestão do risco.

O “*Investimento do POSEUR na Redução de Riscos de Cheias e Inundações. O Exemplo do Baixo Mondego*”, é o título do capítulo da autoria de José Marques Guedes, no qual se analisa o financiamento comunitário a projetos com o objetivo de Redução de Riscos de Cheias e Inundações, com especial destaque para os investimentos aprovados na Bacia Hidrográfica do Mondego. Assim, no que concerne ao Baixo Mondego foram 7 as operações financiadas, que representam um investimento total superior a 36 M€, destinados principalmente à limpeza de leitos e margens (vegetação e/ou materiais), e a ações para reduzir a impermeabilização dos solos, através da rearboreção das margens em zonas críticas.

No capítulo “*Projetar o futuro revivendo acontecimentos passados. As cheias do rio Mondego e a queda da ponte Hintze Ribeiro*”, José Antunes do Carmo analisa as cheias de 2000/2001 que afetaram a cidade de Coimbra e a planície do Baixo Mondego. Contudo, nesse mesmo ano hidrológico ocorreu a “tragédia de Entre-os-Rios”, com o colapso da ponte Hintze Ribeiro, provocando a morte de 59 pessoas. O Autor é perentório ao afirmar que o colapso da ponte Hintze Ribeiro é um exemplo concreto de resposta do leito aluvionar a alterações antrópicas, só possíveis por manifesta permissividade, gestão inadequada, negligência e fiscalização inexistente. Acrescenta que o fenómeno de erosão localizada, em pilares de pontes construídas em fundos

aluvionares, representa um risco acrescido à segurança da estrutura e dos seus utilizadores. Enfatiza, por fim, a necessidade de estudar e acompanhar as alterações do leito junto aos pilares, mas também ao longo de extensões significativas do rio para montante e para jusante do trecho onde a infraestrutura se encontra implantada.

A segunda parte deste livro, congrega vários capítulos sobre os “Riscos de inundação noutras bacias hidrográficas de Portugal e do Brasil”. No trabalho apresentado por Isabel Machado Ferreira, António Bento-Gonçalves e António Vieira, sobre “*O risco hidrológico no município de Braga: contributo para a sua cartografia*”, constatou-se que apesar do risco hidrológico estar inserido no grande grupo dos riscos naturais, uma vez que a sua manifestação se encontra associada às características do meio natural, também apresenta várias condicionantes antrópicas, sobretudo relacionadas com a evolução da urbanização, sendo de destacar, neste município, as construções nas proximidades dos cursos de água, o aumento das taxas de impermeabilização e as obstruções nos cursos de água e nos sistemas de drenagem.

Os dois capítulos seguintes, versam sobre a resposta hidrológica de cursos de água, localizados Nordeste de Português; o primeiro, da autoria de Tamires Bertocco, Tomás de Figueiredo e Felícia Fonseca, trata “*Estimativas de caudal de ponta no Parque Natural de Montesinho aplicando o método SCS*” e avalia a influência que os lameiros exercem na regulação do ciclo hidrológico em pequenas bacias de drenagem em zonas de montanha; o segundo, da autoria de Vinícius Kenzo Okada, Tomás de Figueiredo Felícia Fonseca e Maurício Morerira dos Santos, analisa as “*Tendências de evolução temporal dos caudais médios diários em bacias de montanha do NE de Portugal*”. Os resultados obtidos, no primeiro destes estudos, mostra a influência da área ocupada por lameiros nas respostas hidrológicas, apontando para um aumento, em cenários de mudanças climáticas, mais expressivo nos caudais de ponta, quando os lameiros estão em condição de abandono. No segundo estudo ficou evidente um decréscimo tanto dos caudais como dos coeficientes de escoamento (valores médios), com a redução da precipitação a significar caudais abaixo do expectável, quando se considera apenas a variação espacial das precipitações na região.

No capítulo seguinte, com o título “*A vala de Alpiarça e o risco de inundação em Almeirim*”, Samuel Rodrigues Tomé e Luciano Lourenço analisam as inundações fluviais ocorridas durante mais de um século, na cidade de Almeirim, com o intuito de perceber se a construção de barragens, no rio Tejo, teve um impacte significativo

na sua redução, tanto em termos de periodicidade como de altura hidrométrica. Os resultados mostram que o risco de inundação diminuiu, contudo o seu controlo só será efetivo quando se promover uma gestão adequada de água descarregada pelas barragens, em plena concertação entre Portugal e Espanha.

Os capítulos que se seguem, de Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior e de Jacques Manz, Raul Reis Amorim e Carmen Ferreira, versam, respetivamente, sobre as “*Inundações urbanas na Amazônia Setentrional, Boa Vista-RR-Brasil*” e sobre a “*Interface entre diferentes políticas públicas na gestão do risco de inundações em Petrópolis, RJ – Brasil*”. No primeiro, analisam-se, de forma integrada, fatores biofísicos e socioeconómicos, essenciais no enquadramento geoespacial do risco de inundação na cidade de Boa Vista, com o intuito de identificar as áreas potencialmente perigosas e socialmente vulneráveis a eventos desta natureza, enquanto no segundo, se analisa a interface entre Políticas Nacionais, seja de Recursos Hídricos ou de Proteção e Defesa Civil, e Sistemas Nacionais, neste caso, o de Unidades de Conservação, na gestão do risco de inundações em Petrópolis.

A fechar este livro, Mário Talaia e Pedro Talaia apresentam o capítulo intitulado “*Contribuição da educação na resolução do risco de inundação: caso através da observação de imagens*”, onde exploram a combinação de fundamentos teóricos, que permitem a interpretação do risco de inundações e a utilização de imagens de diferentes locais, para mostrar as consequências da manifestação deste risco, considerando-a como uma valiosa estratégia na prevenção de eventos futuros.

Trata-se, sem dúvida, de um livro de elevada utilidade para investigadores, decisores públicos, professores e estudantes, com interesse nesta matéria ou com responsabilidade na análise e gestão dos riscos de cheias e de inundações fluviais. A expectativa é a de que, com o envolvimento e articulação de todos, se possa reduzir o risco de inundações no Baixo Mondego, assim como noutras bacias nacionais e internacionais, através do aumento, tanto da capacidade de antecipação, tornando as comunidades mais resilientes, como da capacidade de resposta dos meios de socorro em situação de crise, para mitigar os danos.

Coimbra, 14 de novembro de 2021.

Adélia Nunes

RISCOS DE INUNDAÇÃO  
NOUTRAS BACIAS  
HIDROGRÁFICAS DE  
PORTUGAL E DO BRASIL



**TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS  
CAUDAIS MÉDIOS DIÁRIOS EM BACIAS DE  
MONTANHA DO NE DE PORTUGAL**  
**TIME SERIES TRENDS OF DAILY AVERAGE FLOWS  
IN MOUNTAIN RIVER WATERSHEDS IN  
NORTH-EASTERN PORTUGAL**

**Vinícius Kenzo Okada\***

ORCID: 0000-0002-9637-0115  
vkokada@gmail.com

**Felícia Fonseca\***

ORCID 0000-0001-7727-071X  
ffonseca@ipb.pt

**Tomás de Figueiredo\***

ORCID: 0000-0001-7690-8996  
tomasfig@ipb.pt

**Maurício Moreira dos Santos\*\***

ORCID: 0000-0002-5632-2020  
mmsantos@utfpr.edu.br

\*Instituto Politécnico de Bragança, CIMO  
Escola Superior Agrária, Campus de Santa Apolónia (Portugal)

\*\*Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Ambiental, Campus Londrina (Brasil)

**Resumo:** As zonas de montanha são de fulcral importância para o regime hidrológico das grandes bacias, designadamente quanto ao risco a que estão expostas as suas zonas baixas. A resposta hidrológica das bacias de montanha é muito variada em consequência das condições de relevo que determinam variabilidade espacial acentuada na precipitação. O presente trabalho tem por objetivo avaliar tendências de evolução temporal nas últimas décadas na resposta hidrológica de bacias de montanha dos rios Tuela, Sabor e Maçãs, situadas ao longo de um gradiente climático no NE de Portugal.

Por meio de dados hidrométricos registados durante 42 anos hidrológicos analisaram-se os escoamentos fluviais e os respetivos hidrogramas a fim de separar as componentes do escoamento (base e

direto) a essa escala temporal. Utilizou-se análise de regressão linear aplicada às séries cronológicas para avaliar as tendências de variação no caudal médio e suas componentes.

O incremento na aridez ao longo do gradiente climático estudado corresponde redução da proporção de escoamento de base no total, acentuado ao longo da série e significando tendência para o aumento do escoamento direto. Portanto, evidenciam-se acréscimos na severidade dos riscos hidrológicos (seca e cheia) nas últimas décadas, mais importantes nas bacias de menor precipitação.

**Palavras-chave:** Bacias de montanha, séries temporais, risco hidrológico.

**Abstract:** Mountain zones are of crucial importance in terms of the hydrological regime of the great basins, because of the risks to which their lowlands are exposed. Mountain watershed hydrological response is very varied as a result of the slope conditions which determine the precipitation variability. The present work aims to evaluate time series trends in the hydrological response of three mountain watersheds in the last few years. These watersheds are the Tuela river, Sabor river, and Maças river, located along a climatic gradient in north-eastern Portugal.

Hydrometric data recorded during 42 hydrological years made it possible to analyse the river discharges and their respective hydrographs and then separate the components of the runoff (direct flow and baseflow) at this time scale. Linear regression analysis was applied to time series to assess trends in variation of the average runoff and its components.

The increase in aridity along the climatic gradient corresponds to a reduction in the proportion of the baseflow as part of the total runoff, intensified throughout the series and indicating a trend for an increase in direct flow. Therefore, increases in the severity of hydrological risks (drought and flood) were found to occur in recent decades, and they were more important in watersheds with less rainfall.

**Keywords:** Mountain watershed, time series, hydrological risks.

## Introdução

A região mediterrânica, na qual está inserido o território continental português, é considerada uma das zonas onde são mais evidentes as alterações climáticas, com alterações na temperatura e na precipitação e ocorrência mais frequente de eventos climáticos excepcionais (Nunes, 2016). A representar cerca de 40% do território transmontano, NE de Portugal, as zonas de montanha exercem papel crucial para o regime hidrológico das bacias hidrográficas, no que se refere a disponibilidade hídrica e ao risco hidrológico a exercer em suas zonas a jusante (Aguiar *et al.*, 2009 e Pereira *et al.*, 2004).

A resposta hidrológica das bacias de montanha é muito diversificada sendo resultante da interação da sua complexa fisiografia e a circulação geral da atmosfera se traduzindo em uma variabilidade espacial acentuada no regime climático, em particular na precipitação (Gonçalves, 2016).

Segundo Bronstert (2004) para estudo das mudanças climáticas, no contexto hidrológico, deve-se investigar a interação e evolução temporal do uso e ocupação do solo com o regime climático. Essa interação pode ser representada através de modelos de escoamento superficial.

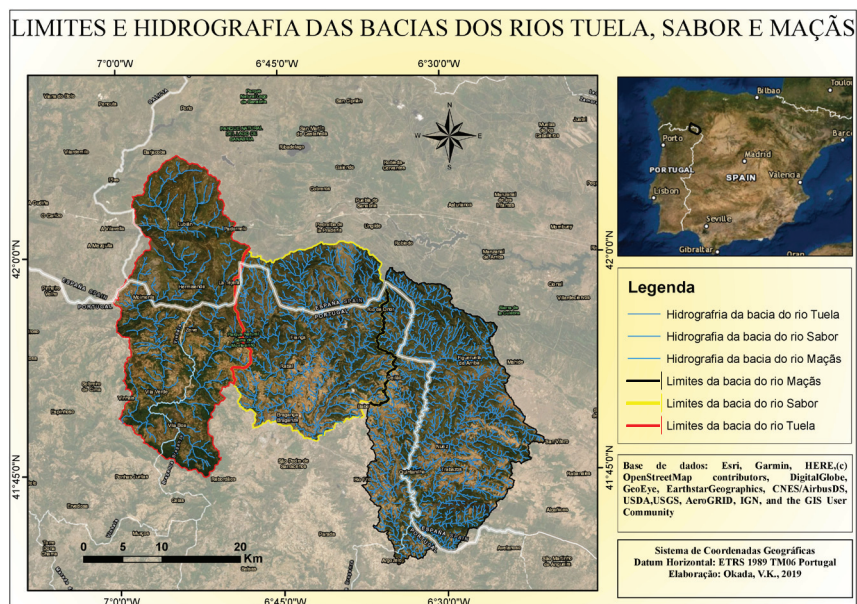
Deste modo, a análise de séries longas de escoamentos fluviais pode permitir identificar tendências de evolução temporal, com consequências propagáveis para as zonas baixas das grandes bacias. Nesta análise deve-se destacar, com grande relevância, a separação dos escoamentos de base e direto, em virtude do escoamento global mascarar possíveis variações de diferente sentido em cada uma das suas componentes.

O presente estudo visa avaliar o efeito de um gradiente climático na resposta hidrológica de bacias hidrográficas de montanha e as suas tendências de evolução temporal nas últimas décadas, sendo analisadas três bacias contíguas do Parque Natural de Montesinho, NE de Portugal, zona de montanha de elevado valor socioambiental e exposta a ameaças aos seus recursos fundamentais: solo e água (Castro *et al.*, 2010)

## Material e métodos

### Localização da área de estudo

Três bacias hidrográficas foram tomadas como objeto de estudo, sendo definidas pelas secções das estações hidrométricas de Ponte Pinelo (rio Maçãs), Vinhais Quinta-Ranca (Rio Tuela) e Gimonde (rio Sabor). Estas bacias representam as cabeceiras de alguns dos principais afluentes da margem direita do rio Douro, o rio Sabor e o rio Tua, para os quais drenam, respetivamente, Maçãs e Tuela. Encontram-se sob influência de um gradiente climático, de mais húmido a oeste a mais árido a leste. Situam-se no NE de Portugal e em parte em território espanhol, cobrindo também parcialmente a área do Parque Natural de Montesinho (fig. 1).



As bacias não diferem substancialmente quanto a área, perímetro, coeficiente de compacidade, fator forma e declividade, mas apresentam diferenças sensíveis

em características determinantes da sua resposta hidrológica, como a precipitação média anual e a altitude média (TABELA I) as quais diminuem de oeste para leste, acentuando o gradiente climático nessa direção (Okada, 2019).

**TABELA I** - Dimensões e características das bacias hidrográficas estudadas.

*TABLE I - Studied Watersheds: Dimension and characteristics.*

Parâmetros	Bacia Hidrográfica (Rio – Estação)		
	Tuela – Vinhais Quinta Ranca	Sabor – Gimonde	Maçãs – Ponte e Pinelo
Área (km <sup>2</sup> )	478	407	530
Perímetro (km)	126	127	161
Coefficiente de Compacidade (kc)	1,63	1,78	1,98
Fator Forma (km <sup>2</sup> /km <sup>2</sup> )	0,39	0,61	0,37
Declive médio (°)	13	12	11
Altitude média (m)	1039	853	766

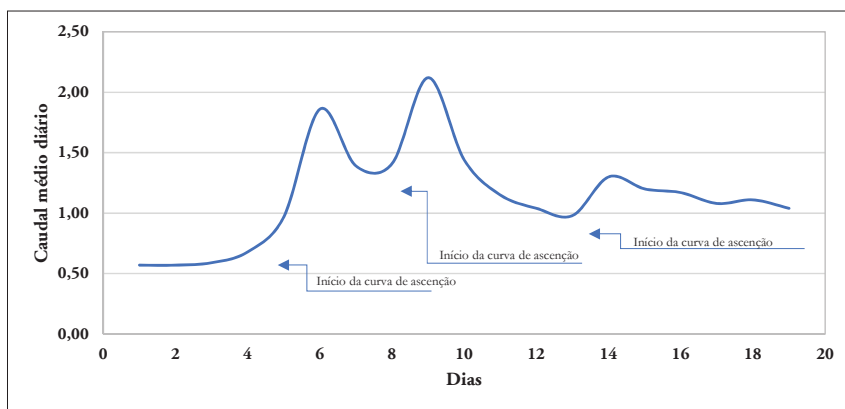
Fonte/Source: Okada, 2019.

### Tratamento dos dados hidrológicos

O estudo utilizou séries cronológicas de caudal médio diário, livremente disponíveis no *website* do Sistema Nacional de Informação em Recursos Hídricos (SNIRH), para o período mais amplo de registo comum de dados nas três estações (de 1967/68 a 2010/11, 42 anos hidrológicos).

O processo para separação das componentes do escoamento fluvial (escoamento direto e escoamento de base) está descrito detalhadamente em Okada (2019). Em suma, o mesmo assume que, para cada ano hidrológico, a média dos caudais médios diários no início de cada curva de ascensão (fig. 2) dos hidrogramas registados reproduz o caudal de base médio diário do ano (Q<sub>base</sub> médio). Sendo o caudal de base diário (Q<sub>base</sub> dia) uma fração variável do caudal médio diário (Q<sub>total</sub> dia), para o cálculo do primeiro o Q<sub>total</sub> dia é afetado por um fator (f), representando a dita fração. Este fator é obtido por otimização para cada ano hidrológico, respeitando as condições (Somatórios referem-se ao ano hidrológico com N dias):

$$N \text{ Q}_{\text{base}} \text{ médio} = \sum \text{ Q}_{\text{base}} \text{ dia} = \sum f \text{ Q}_{\text{total}} \text{ dia}; \text{ sendo } \text{ Q}_{\text{base}} \text{ dia} \leq \text{ Q}_{\text{total}} \text{ dia}.$$



**Fig. 2** - Hidrograma: representação das curvas de ascensão.

*Fig. 2 - Hydrograph: Rising curves representation.*

As séries de caudal total, de base e direto diário ( $m^3/s$ ), também representadas em caudal específico ( $l/s/km^2$ ) e altura equivalente (mm) para possibilitar a comparação de resultados entre bacias (Lencastre e Franco, 2006), foram submetidas a tratamento estatístico. As estatísticas descritivas das séries permitiram a comparação entre as três bacias quanto às componentes dos escoamentos. Para além disso, foi realizada a avaliação de tendência temporal de cada uma das componentes ao longo do período analisado, aplicando análise de regressão linear.

### **Tratamento de dados de precipitação**

Por se tratar de bacias transfronteiriças, parte dos cursos de água estão em território espanhol. Os dados de precipitação, dispostos em arquivo *shapefile* em *layer* de pontos, foram obtidos no *website* do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) e no *website* do Instituto Tecnológico Agrario da Junta de Castilla e León em Atlas Agroclimático, para os anos de 1981 a 2000. Este período corresponde à sobreposição dos trinténios mais recentes disponíveis nas duas fontes (1971-2000 em Portugal e 1981-2010 em Espanha). Por outro lado, é praticamente central nas séries de registo de caudal tratadas.

Criada a *layer* de pontos de precipitação, mediante compatibilização das duas fontes de informação, foi a mesma recortada pelos limites das três bacias hidrográficas. Tal permitiu obter os valores médios de precipitação anual de cada bacia hidrográfica.

Os dados de precipitação média sobre as bacias permitiram calcular coeficientes de escoamento (razão entre escoamento e precipitação), e suportaram a interpretação das variações nos caudais médios diários de base e total ao longo do gradiente climático prevalecente na região.

## Resultados

### Gradiente climático: Relevo, precipitação e escoamento

A heterogeneidade do relevo das bacias estudadas condiciona naturalmente a distribuição espacial da precipitação (Gonçalves *et al.*, 2016). A variação da precipitação acompanha a da altitude, sendo ambas mais elevadas a oeste e decrescendo progressivamente para leste (TABELA II). A correlação entre as duas variáveis é forte (muito próximo de significativa) e o gradiente de precipitação, para a fraja de altitudes e localização no território das bacias estudadas, é próximo de 190 mm / 100 m de variação de altitude (ver coeficiente da regressão linear  $y = 1,8673x - 624,27$ ;  $R^2 = 0,9917$ ;  $p = 0,05794$ ;  $y$  – precipitação média anual sobre a bacia, mm;  $x$  – altitude média da bacia, m). Este gradiente é concordante com os efeitos do relevo e da continentalidade na distribuição das precipitações nesta região (Gonçalves, 1985; Figueiredo e Gonçalves, 1991; Gonçalves, 2016).

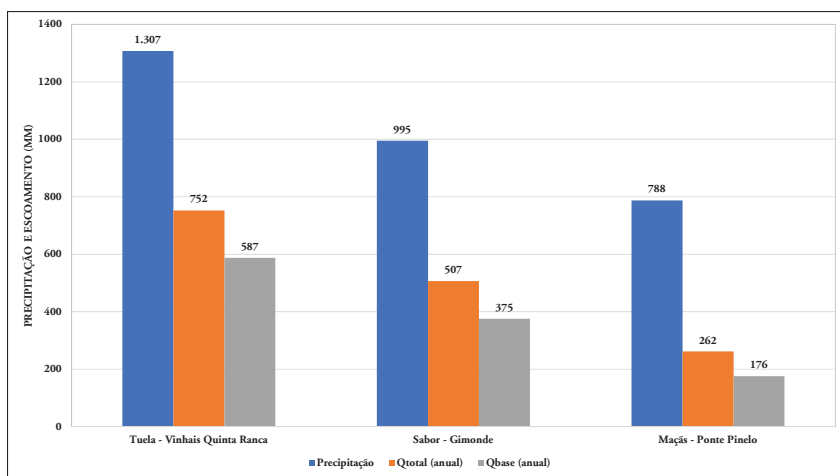
TABELA II - Altitude e precipitação médias das bacias estudadas.

TABLE II - Average slope and rainfall of the watersheds.

Parâmetros	Bacia Hidrográfica (Rio – Estação)		
	Tuela – Vinhais Quinta Ranca	Sabor – Gimonde	Maçãs – Ponte e Pinelo
Altitude média (m)	1039	853	766
Precipitação média anual (mm)	1307,25	995,36	787,75

Com comportamento similar ao gradiente de precipitação, os escoamentos médios anuais total e de base das três bacias são superiores a oeste e diminuem em direção a leste (fig. 3). Os coeficientes de escoamento foram de 0,58, para bacia do Tuela, de 0,51 para a do Sabor e de 0,33 para a do Maçãs, apresentando, portanto, um decréscimo acentuado ao longo do gradiente de precipitação. A mesma tendência se verifica na razão  $Q_{base}/Q_{total}$ , com 0,78 (Tuela), 0,71 (Sabor) e 0,67 (Maçãs). No caso do escoamento direto, encontram-se naturalmente valores complementares para 1 e variação de sentido inverso ao mencionado para o escoamento de base, a significar que a proporção de escoamento direto no escoamento fluvial total é crescente com a aridez.

Observa-se, portanto, a influência do gradiente climático nas respostas hidrológicas das bacias estudadas, sendo mais húmidas e mais produtivas a oeste e mais áridas, menos produtivas e com maior torrencialidade a leste.

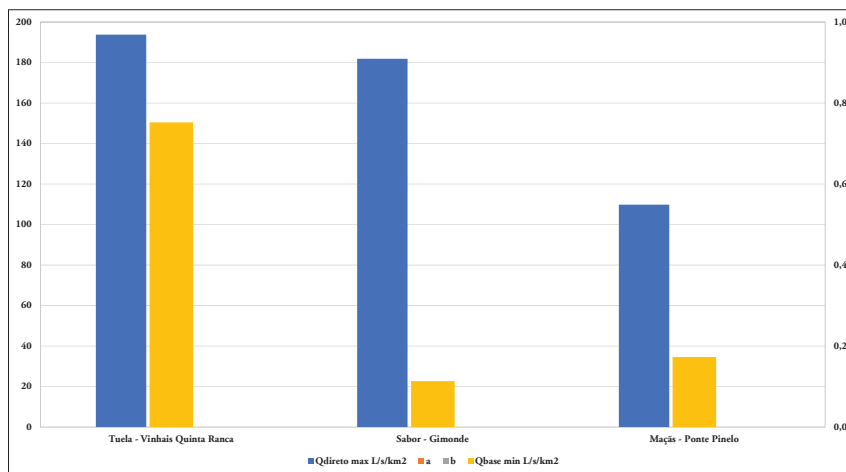


**Fig. 3** - Precipitação, Escoamento ( $Q_{total}$ ) e Escoamento de base ( $Q_{Base}$ ) nas bacias hidrográficas estudadas.

*Fig. 3 - Rainfall, Runoff, and Baseflow of the studied Watersheds.*

Discorrendo sobre os caudais extremos (fig. 4), máximo e mínimo, de caudais específicos direto e de base, respetivamente, percebe-se que o caudal direto máximo anual é maior a oeste e decresce gradualmente em direção a leste de forma a

acompanhar o gradiente climático, úmido a oeste a tornar-se árido em direção a leste. Por outro lado, observando o caudal de base mínimo anual decresce da bacia do rio Tuela para bacia do rio Sabor, entretanto, volta a subir em direção a bacia do rio Maçãs, dessa maneira, os caudais de base mínimos não acompanham o gradiente climático presente na região.



**Fig. 4** - Caudais Específicos extremos, máximo direto e mínimo de base, nas bacias estudadas.

*Fig. 4 - Specific discharge extremes (maximum direct flow and minimum baseflow), in the studied watersheds.*

As relações entre as variáveis analisadas nas três bacias (TABELA III) mostra o coeficiente de correlação de Pearson e o p-value para cada relação (TABELA V). De acordo com as tabelas se observa forte correlação entre escoamento de base vs. escoamento total, escoamento direto vs. escoamento total e precipitação vs. altitude, tendo a primeira relação o valor de p-value menor que alfa de 0,05 e os demais com p-value próximo a 0,05.

As fortes correlações também podem ser observadas pelo coeficiente de determinação e a proporcionalidade entre essas variáveis no declive da reta de regressão (fig. 5).

TABELA III - Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis estudadas.

TABLE III - Pearson's correlation coefficient for the studied variables.

Variáveis	Precipitação	Qtot (anual)	Qbase (anual)	Qdireto (anual)	Altitude	Coeficiente de escoamento
Precipitação	1,000					
Qtot (anual)	0,993	1,000				
Qbase (anual)	0,995	0,999	1,000			
Qdireto (anual)	0,979	0,996	0,994	1,000		
Altitude	0,996	0,979	0,982	0,957	1,000	
Coeficiente de escoamento	0,934	0,969	0,965	0,987	0,898	1,000

TABELA IV - Significância da correlação entre as variáveis estudadas (valores de p).

TABLE IV - p-value of correlation for the studied variables.

Variáveis	Precipitação	Qtot (anual)	Qbase (anual)	Qdireto (anual)	Altitude	Coeficiente de escoamento
Precipitação						
Qtot (anual)	0,0731					
Qbase (anual)	0,0622	0,0109				
Qdireto (anual)	0,1298	0,0567	0,0676			
Altitude	0,0579	0,1311	0,1202	0,1877		
Coeficiente de escoamento	0,2318	0,1587	0,1696	0,1020	0,2898	

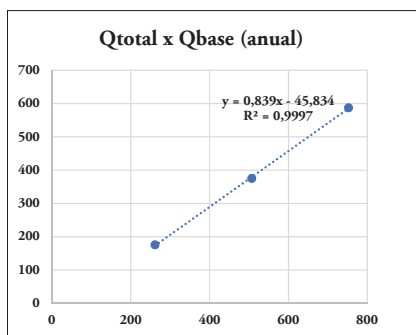
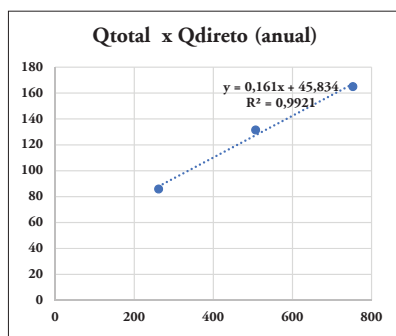
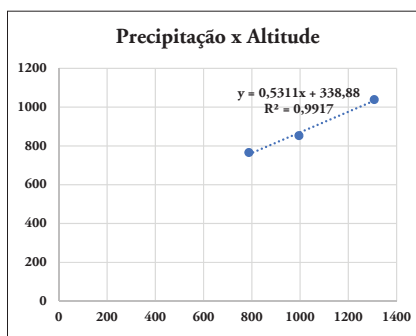


Fig. 5 - Relação entre os valores médios das variáveis estudadas (equação das retas de regressão apresentadas no gráfico): A – Escoamento de base médio vs. Escoamento total médio; B – Escoamento direto médio vs. Escoamento total médio; C – Precipitação vs. Altitude.

Fig. 5 – Relationship between the average values of the studied variables (Regression Line Equation is shown in the graph): A - Average Baseflow against Average Runoff; B - Average Direct Runoff against Average Runoff; C - Rainfall against Altitude.

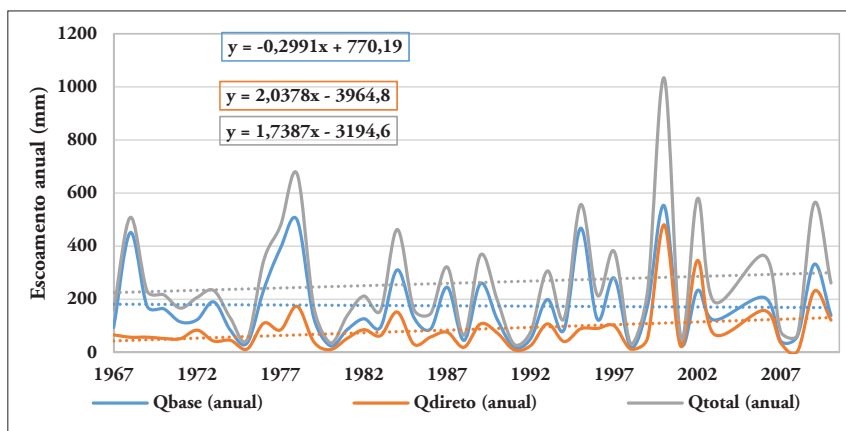
## Tendências de Evolução temporal dos caudais

A tendência de evolução temporal dos caudais médios anuais, obtida pela análise do coeficiente da equação de regressão da reta de tendência temporal de variação dos escoamentos anuais para o período estudado (fig. 6), indica comportamento similar nas bacias do Sabor e do Maçãs e diferenciado na do Tuela (TABELA V). Portanto, observa-se tendência de decréscimo do escoamento total na bacia do rio Tuela (-1,67 mm/ano) e de aumento nas bacias do rio Sabor (+1,49) e rio Maçãs (+1,74), a demonstrar relação positiva com a aridez.

**TABELA V** - Variação média anual dos escoamentos médios anuais no período de 42 anos hidrológicos nas três bacias hidrográficas estudadas.

*TABLE V - Annual average change of the Annual Average Flow for the period of 42 hydrological years in the three watersheds studied.*

Caudais	Bacia Hidrográfica (Rio – Estação Hidrométrica)		
	Tuela – Vinhais Quinta Ranca	Sabor – Gimonde	Maçãs – Ponte e Pinelo
<i>Taxas de variação média anual em mm/ano</i>			
Qtotal	-1,67	+1,49	+1,74
Qbase	-2,39	-0,33	-0,30
Qdireto	0,72	1,83	2,04



**Fig. 6** - Tendências de variação das séries temporais de escoamento anual (de base, direto e total): exemplo da bacia do rio Maçãs.

*Fig. 6 - Variation trends in Annual Runoff time series for the Maçãs river basin.*

Abordando os elementos, caudais de base e direto, os comportamentos são semelhantes, diferenciando apenas no grau de intensidade da variação, negativo no caudal de base com valor mais expressivo no rio Tuela, -2,39 mm/ano, e positivo no caudal direto sendo mais expressivo na bacia do rio Maçãs+2,04 mm/ano.

Portanto, a ponto de vista hidrológico, ocorre um declínio na recarga e na disponibilidade hídrica subterrânea, traduzindo-se em maiores riscos de secas, e acréscimo no escoamento direto, ocasionando maiores riscos de cheias.

Estudaram-se ainda as tendências de evolução temporal para caudais específicos extremos (máximo para direto e mínimo para base) (TABELA VI), no sentido de melhor compreender as variações dos extremos de caudal ao longo do período temporal analisado.

Abordando-se os extremos, o caudal direto específico máximo tende a aumentar em todas as bacias com os respectivos valores, +0,187  $ls^{-1}km^{-2}ano^{-1}$  (Tuela), +2,286 (Sabor) e +2,890 (Maçãs). Já, para o caudal de base específico mínimo tende a diminuir em todas bacias seguindo os respectivos valores, -0,078 (Sabor)  $ls^{-1}km^{-2}ano^{-1}$ , -0,005 (Tuela) e -0,007 (Maçãs).

Discorrendo sobre riscos hidrológicos, cheias e secas, remete-se aos extremos dos caudais direto e de base específicos, máximo e mínimo, respectivamente. Por conseguinte, há tendência que com o aumento dos máximos de escoamentos específicos diretos ocorra a intensificação dos eventos de cheias, por outro lado com o decréscimo do mínimo do escoamento de base os eventos de seca hidrológica tendem a se acentuarem.

**TABELA VI** - Variação média anual dos caudais específicos médios no período de 42 anos hidrológicos nas três bacias hidrográficas estudadas

*TABLE VI - Annual average variation of the Average Specific Flow for the period of 42 hydrological years in the three watersheds studied.*

Caudais	Bacia Hidrográfica (Rio – Estação Hidrométrica)		
	Tuela – Vinhais Quinta Ranca	Sabor – Gimonde	Maçãs – Ponte e Pinelo
<i>Taxas de variação média anual em <math>ls^{-1}km^{-2}ano^{-1}</math></i>			
Qdireto específico máximo	+0,187	+2,286	+2,890
Qbase específico mínimo	-0,078	-0,005	-0,007

## Breves apontamentos de discussão

Estudo realizado em outra bacia de montanha localizada na Serra da Estrela, Zona Centro de Portugal, cita valores de escoamento superficial na ordem de 1613 mm/ano para precipitação média anual de 2336 mm/ano (Marques *et al.*, 2010). Portanto, a título de comparação do trabalho realizado por Marques *et al.* (2010), o escoamento superficial na bacia do rio Zêzere (Serra da Estrela) equivale a 69% da precipitação média anual da região enquanto nas bacias do rio Tuela, Sabor e Maçãs representam, respetivamente, 58%, 51% e 33%, indicando relação de aumento do escoamento superficial com aumento de humidade e altitude mesmo estando em outra localização do país.

Ainda tratando-se de bacias de montanha de Portugal, o trabalho realizado por Nunes (2016) estudou processos hidrológicos e alterações climáticas nas serras de Caldeirão, com precipitação média anual de 825 mm, e de Loures e Montejunto, com precipitação média anual de 889 mm, indicando que o aumento de aridez afeta negativamente o caudal de base. Isso é observado também nas bacias de montanha do NE de Portugal tomadas como objeto deste estudo, ou seja, a mais úmida a oeste tem escoamento de base médio anual de 587 mm representando 45 % da precipitação média total anual, enquanto a bacia mais árida a leste possui escoamento de base médio anual de 176 mm representando 22% da precipitação média total anual.

As tendências de evolução temporal do escoamento não foram objeto de avaliação nos estudos mencionados, o que não permite estabelecer comparações com os resultados do presente estudo. Todavia, as tendências regionais de evolução do regime de precipitações apontam em sentido idêntico ao encontrado nas 3 bacias estudadas quanto aos caudais. De facto, analisando séries longas de precipitação na Região NE de Portugal, Royer (2019) e Royer *et al.* (2021) encontraram também um acentuar dos extremos desta variável no trinténio mais recente com informação livremente disponível.

## Conclusão

A análise da resposta hidrológica nas três bacias de montanha mostra que a produtividade responde menos que proporcionalmente ao gradiente climático presente na região. Contudo, evidenciou-se o decréscimo tanto dos caudais como dos coeficientes de escoamento (valores médios) com a redução da precipitação, a significar caudais abaixo do expectável quando se considera somente a variação espacial das precipitações na região.

Para além disso, os resultados sugerem que o potencial de recarga subterrânea está diminuindo nas três bacias hidrográficas, ou seja, não se traduzindo em maior proporção do escoamento de base, a gerar hipótese do acréscimo da transferência de água do solo para atmosfera através da evapotranspiração e/ou na influência do uso e ocupação do solo de modo a gerar mais escoamento direto. De forma contrária, é evidente pelos resultados um aumento relativo do escoamento direto com o aumento da aridez. Deste modo, nas bacias mais secas haverá maior propensão para o risco hidrológicos, tanto associado à escassez de água (seca) quanto ao excesso (cheia).

Ao se referir ao cenário integral dos caudais anuais a tendência é haver o decréscimo do potencial hídrico na bacia do rio Tuela e acréscimo nas bacias do rio Sabor e Maçãs. Toda via, as tendências nas componentes do escoamento são similares, diferindo apenas na intensidade de variação. para as três bacias: decréscimo do caudal de base anual e acréscimo do caudal direto anual.

Ao se referir as tendências dos caudais totais no período de análise constata-se, comportamentos a diferir na bacia do rio Tuela, decrescente, e a se assemelhar nas bacias do rio Sabor e Maçãs, crescente. Todavia, assemelham-se nas suas componentes: decrescente no escoamento de base e crescente no escoamento direto. Neste último, a taxa de variação aumenta em conformidade com o aumento da aridez.

É concluído, portanto, que as tendências identificadas ao longo das últimas décadas apontam para a intensificação das condições de risco hidrológico, com mais expressivos os episódios excepcionais em bacias de montanha com maior aridez.

## Bibliografia

- Aguiar, C., Rodrigues, O., Azevedo, J., Domingos, T. (2009). *Ecosistemas e Bem-Estar Humano: avaliação para Portugal do Millenium Ecosystem Assentment*. Lisboa: Escolar Editora, Montanha, 293-337.
- Bronstert, A. (2004). Rainfall – Runoff Modelling for Assessing Impacts of Climate and Land Use Change. *Hydrological Processes*, 18, 3, 567-570.
- Castro, J., Figueiredo, T. de, Fonseca, F., Castro, J. P., Nobre, S., Pires, L. C. (2010). Montesinho Natural Park: general description and natural values. In Evelpidou, N., Figueiredo, T., Mauro, F., Tecim, V., Vassilopoulos, A. (eds) *Natural Heritage from East to West: case studies from 6 EU Countries*. New York: Springer, 119-132.
- Figueiredo, T. de & Gonçalves, D. (1990). A Erosividade da Precipitação no Interior de Trás-os-Montes: distribuição espacial do factor R da Equação Universal de Perda de Solo estimado por modelo de Arnouldus. *Pedon*, 9, 136-161.
- Gonçalves, D. A. (1985). *Contribuição para o estudo do clima da Bacia Superior do Rio Sabor. (Influência da circulação geral e regional na estrutura da Baixa Atmosfera) (Dissertação de doutoramento)*. Vila Real, Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro, 510 p.
- Gonçalves, D. A., Figueiredo, T. de., Ribeiro, A. C., Leite, S. M. (2016) A geografia e o clima das montanhas ibéricas. In *Sustentabilidade da montanha portuguesa: realidades e desafios*. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, Cap 2, 9-38.
- INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA -IPMA. Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/produoseservicos/index.jsp?page=dataset.pt02.xml>
- INSTITUTO TECNOLÓGICO AGRARIO DE JUTA DE CASTILLA Y LEON - ITACYL. Disponível em: <http://atlas.itacyl.es/>
- Lencastre, A., Franco, F. M. (2006) *Lições de Hidrologia*. 3ª ed. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- Marques, J. E., Samper, J., Pisani, B., Alvares, D., Carvalho, J. M., Chaminé, H. I., Marques, J. M., Vieira, G. T., Mora, C., Borges, F. S (2010) Evaluation of water resources in a high-mountain basin in Serra da Estrela, Central Portugal, using a semi-distributed hydrological model. *Environ Earth Sci* 62, 1219-1234. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0610-7>
- Nunes, J. P. C. (2016). Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: realidades e desafios. *Processos Hidrológicos em montanhas e alterações climáticas*, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, ISBN 978-972-745-220-0, 91-106.
- Okada, V. K. (2019) *Escoamentos Fluviais e Riscos Hidrológicos em Bacias de Montanha do Parque Natual de Montesinho, NE de Portugal: Variabilidade Espacial e Tendências Temporais (Tese de Mestrado em Tecnologia Ambiental)*. Instituto Politécnico de Bragança.
- Pereira, H. M., Domingos, T. e Vicente, L. (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.
- Royer, A. C. (2019). *Caracterização e efeitos dos períodos de seca e da aridez na suscetibilidade do solo à erosão hídrica no nordeste de Portugal (Tese de Mestrado em Tecnologia Ambiental)*. Instituto Politécnico de Bragança.
- Royer, A. C., Figueiredo, T., Fonseca, F., Schütz, F. C. A., Hernández, Z. (2021). Trends of change in precipitation and in drought susceptibility as assessed by the Standardized Precipitation Index (SPI) in northeast Portugal. *Territorium - International Journal of Risks*, 28 (II), 13-26.  
DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_28-2\\_2](https://doi.org/10.14195/1647-7723_28-2_2)
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS - SNIRH) Dados de base – Monitorização. Disponível em: <https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=2&idItem=1>



## SÉRIE ESTUDOS CINDÍNICOS

### Títulos Publicados:

- 1 *Incêndios em Estruturas. Aprender com o Passado;*
- 2 *Educação para a Redução dos Riscos;*
- 3 *Metodologia de Análise de Riscos através de Estudos de Casos;*
- 4 *Riscos Hidrometeorológicos;*
- 5 *Pluralidade na Diversidade de Riscos;*
- 6 *Risco Sísmico - Aprender com o Passado;*
- 7 *Territórios em Risco;*
- 8 *Resiliência ao Risco;*
- 9 *Madeira Região Resiliente - Aprender com o Passado;*
- 10 *Risco de Cheias e Risco de Inundações Fluviais - Aprender com o Passado.*

### Tomos em preparação:

- 11 *Ciência e Redução do Risco;*
- 12 *Geografia dos Incêndios Florestais. 50 anos de Incêndios a queimar Portugal;*
- 13 *Efeitos dos Incêndios Florestais nos Solos de Portugal.*
- 14 *Floresta, Incêndios e Educação;*
- 15 *Redução do Risco e Educação.*



Luciano Lourenço é doutorado em Geografia Física, pela Universidade de Coimbra, onde foi Professor Catedrático, encontrando-se atualmente na situação de jubilado.

É Diretor do NICIF - Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra e Presidente da Assembleia Geral da RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança.

Exerceu funções de Diretor-Geral da Agência para a Prevenção de Incêndios Florestais, Presidente do Conselho Geral da Escola Nacional de Bombeiros e Presidente da Direção da Escola Nacional de Bombeiros.

Consultor científico de vários organismos e de diversas revistas científicas, nacionais e estrangeiras, coordenou diversos projetos de investigação científica, nacionais e internacionais, e publicou mais de mais de três centenas de títulos, entre livros e capítulos de livro, artigos em revistas e atas de colóquios, nacionais e internacionais.



Adélia Nunes é Professora Associada, com Agregação em Geografia, na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, onde exerce funções de docência e investigação.

Diretora do Departamento de Geografia e Turismo, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, membro integrado do Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT), da RISCOS (Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança) e do NICIF (Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais).

Ingressou na carreira docente universitária em 1999. Em 2001 concluiu o Mestrado em Geografia Física e em 2007 o Doutoramento em Geografia.

Dinâmica da paisagem, riscos naturais e mistos e gestão de recursos naturais são as principais áreas de investigação, tendo publicado várias dezenas de trabalhos, onde se incluem capítulos de livros e artigos em revistas de especialidade. Desde 2008 colabora no Mestrado em Ensino de Geografia e em 2017 assumiu a Coordenação do Mestrado em Geografia Física, Ambiente e Ordenamento do Território.



# RISCOS

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA  
DE RISCOS, PREVENÇÃO  
E SEGURANÇA



estudos  
**CINDÍNICOS**