



**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

ADÉLIA NUNES  
LUCIANO LOURENÇO  
(COORDS.)



# ANÁLISE E MODELAÇÃO DE RISCO NO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

**EDIÇÃO**

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

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

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

**OBRA SUJEITA AO PROCESSO DE REVISÃO POR PARES**

**COORDENAÇÃO EDITORIAL**

Adélia Nunes e Luciano Lourenço

**IMAGEM DA CAPA**

Karine Nieman

**PAGINAÇÃO**

Fernando Félix

**EDIÇÃO GRÁFICA**

Fernando Félix

**ISSN**

2184-5727

**DOI (Série)**

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

**ISBN Digital**

978-989-9053-18-2

**DOI**

[https://doi.org/10.34037/978-989-9053-18-2\\_11](https://doi.org/10.34037/978-989-9053-18-2_11)

## SUMÁRIO

<b>PREFÁCIO</b> .....	9
<b>A importância dos modelos numéricos na previsão dos efeitos das alterações climáticas e dos eventos extremos em áreas estuarinas</b> Isabel Iglesias, José Luís Pinho, Ana Bio, Paulo Avilez-Valente, Willian Melo, José Vieira, Luísa Bastos e Fernando Veloso-Gomes .....	13
<b>Áreas sujeitas a inundação e alagamento na cidade de Maricá, RJ - Brasil</b> Alessandra Conde de Freitas, Fabiola de Souza Freitas e Lidiane dos Santos Lima ....	45
<b>Aplicação do modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) para mapeamento de inundação na bacia hidrográfica do rio Cuiá, João Pessoa, Paraíba, Brasil</b> Mária Luisa Palitot Remígio Alves, Hamilcar José Almeida Filgueira e Jessé Pedro Gomes Júnior .....	83
<b>Índice para avaliação de áreas sujeitas a risco de movimentos em massa</b> Thyago Anthony Soares Lima, Fernando Granja-Martins e Helena Fernandez .....	111
<b>O fator LS (EUPS) aplicado ao ordenamento do território para delimitação da Reserva Ecológica Nacional (REN)</b> António Alves da Silva e Fernando Lagos Costa .....	151
<b>Contributos para a análise de riscos em ambientes condicionados pelo ar húmido – estudos de caso</b> Mário Talaia .....	193



## PREFÁCIO

**Análise e modelação de risco no ordenamento do território** é o tema do décimo primeiro volume da série *Estudos Cindínicos*, lançada em 2018, a qual pretende compilar contributos diversos, provenientes tanto de autores de diferentes nacionalidades, cujas realidades estão sujeitas a vários tipos e graus de riscos, como de distintas áreas de investigação, cobrindo assim uma vasta diversidade de regiões e de temas, dentro das ciências cindínicas.

O ordenamento do território tem como fim acautelar a proteção da população, através de uma ocupação, utilização e transformação do solo que tenham em conta a segurança de pessoas, prevenindo riscos coletivos e reduzindo os seus efeitos nas pessoas e bens e, desta forma, aumentando a resiliência do território aos impactes decorrentes de manifestação de processos potencialmente perigosos. O território, por sua vez, constitui-se como um domínio complexo resultante da interação e influência de diversos elementos, também eles de elevada complexidade, os quais influenciam e condicionam a sua gestão e utilização. Como tal é imperioso conhecê-lo para que as que decisões que venham a ser tomadas sejam informadas e eficientes.

Neste contexto, a análise da informação geográfica, quantitativa ou qualitativa, permite o conhecimento mais detalhado desse território. Embora a modelação geográfica implique sempre uma simplificação da realidade, tornando-a manipulável, os resultados obtidos permitem uma aproximação à previsão do comportamento do território e dos fenómenos nele desenvolvidos, bem como dos agentes que intervêm no mesmo. Assume, assim, grande relevância na gestão e ordenamento do território, bem como ferramenta para a tomada de decisões sobre oportunidades, condicionantes, prevenção e mitigação de riscos.

Este volume, que agora dá à estampa, é constituído por seis capítulos que têm como denominador comum a análise e a modelação de riscos (hidrológicos, geomorfológicos, climáticos/meteorológicos) como ferramentas indispensáveis no ordenamento do território, na redução do risco de desastre e no fortalecimento da resiliência ambiental e social.

No primeiro capítulo, da autoria de Isabel Iglesias, José Luís Pinho, Ana Bio, Paulo Avilez-Valente, Willian Melo, José Vieira, Luísa Bastos e Fernando

Veloso-Gomes, intitulado “*A importância dos modelos numéricos na previsão dos efeitos das alterações climáticas e dos eventos extremos em áreas estuarinas*” analisa-se a hidrodinâmica estuarina do Douro e do Minho, como o intuito de reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência dos estuários. Para o efeito, combinaram diferentes modelos, considerando diversos cenários, atuais e futuros, fluxos de cheia e valores extremos do nível do mar segundo as projeções dos RCPs do IPCC. Os resultados obtidos fornecem informações essenciais para o desenvolvimento de protocolos e estratégias de mitigação, para proteger os recursos naturais, populações e infraestruturas costeiras, mais bem-adaptadas a eventos extremos futuros e às condições de alterações climáticas.

Alessandra Conde de Freitas, Fabíola de Souza Freitas e Lidiane dos Santos Lima são os autores do segundo capítulo, o qual tem como principal objetivo localizar as “*Áreas sujeitas a inundação e alagamento na cidade de Maricá, RJ – Brasil*”, recorrendo a metodologias diversas. Assim, das 32 localidades avaliadas, 5 foram afetadas por inundações, 15 por alagamentos e 12 foram afetadas por inundações e alagamentos, sendo esses processos típicos de regiões de média a alta suscetibilidade. Com efeito, esta cidade costeira do estado do Rio de Janeiro, Brasil, assinalou, nas últimas décadas, um crescimento populacional urbano significativo, potencializando a ocorrência de desastres hidrológicos. Os Autores são perentórios ao afirmar que os resultados obtidos através deste trabalho permitiram “[...] *verificar que fatores como urbanização, planeamento urbano, mudanças nos usos da terra, gerenciamento dos recursos naturais (por exemplo, água) e ações educativas, podem afetar a abrangência, frequência e a severidade de desastres associados a inundações e alagamentos, em termos de perdas de vidas, prejuízos económicos e impactos no meio ambiente*”.

O terceiro capítulo, com o título “*Aplicação do modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) para mapeamento de inundação na bacia hidrográfica do rio Cuiá*”, é da autoria de João Pessoa, Maria Luisa Palitot Remígio Alves, Hamilcar José Almeida Filgueira e Jessé Pedro Gomes Júnior. Tem como objetivo cartografar episódios de inundação numa secção da Bacia Hidrográfica do rio Cuiá, utilizando o modelo descritor de terreno *Height Above the Nearest Drainage* (HAND), antes e após a realização de desassoreamento no leito do rio. Para o efeito, obtiveram fotografias métricas que permitiram a realização de um Modelo Digital de Terreno



(MDT), com resolução espacial de 0,30 m. Os resultados obtidos, de acordo com o modelo HAND, mostraram que o desassoreamento reduziu em 50,8% o número de casas suscetíveis a inundação e em 31,5% a área total afetada pelas cheias. Apesar da intervenção no leito do rio poder ser considerada de eficiente, na minimização dos problemas relacionados com as inundações na área de estudo, os Autores classificam esta dragagem como uma medida paliativa, podendo ser classificada como uma prática agressiva ao rio.

O capítulo da autoria de Thyago Anthony Soares Lima, Fernando Granja-Martins e Helena Fernandez, com o título “*Índice para avaliação de áreas sujeitas a risco de movimentos em massa*” propõe-se apresentar um índice de risco de movimentos em massa, à escala regional, tendo sido aplicado à cidade de Maceió, Alagoas, Brasil, muito suscetível à manifestação deste risco. Na equação para o cálculo do Índice de Movimentos em Massa (IMM) consideraram duas componentes; a primeira inclui sete fatores de perigosidade (Litologia, Unidades do Relevo, Pedologia, Declive, Precipitação, Vegetação e o Uso e Ocupação do Solo) e a segunda o fator da vulnerabilidade (Densidade Demográfica e a Situação da Moradia e os Registos de Ocorrências). Os resultados obtidos mostram a existência de áreas muito suscetíveis à ocorrência de movimentos em massa, sendo que a elevada densidade demográfica dos bairros e a má qualidade de construção contribuem para o incremento da vulnerabilidade da população residente.

“*O fator LS (EUPS) aplicado ao ordenamento do território para delimitação da Reserva Ecológica Nacional (REN)*” é o título do quarto capítulo, de António Alves da Silva e Fernando Lagos Costa. Neste trabalho de investigação, os Autores visam definir os limites da Reserva Ecológica Nacional (REN) a nível municipal, tendo por base as Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo (AEREHS), definidas pela Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) Revista (RUSLE), de acordo com a legislação em vigor. Para o efeito, compararam os resultados da aplicação de métodos e variantes de cálculo do fator topográfico LS na perda potencial de solo em contextos geomorfológicos variáveis, no intuito de optar por uma solução genérica mais adequada. Os resultados obtidos sugerem que a versão 2 da RUSLE (RUSLE2), que limita o comprimento do escoamento não organizado a 305 m (máximo previsto pelos autores da EUPS), é a mais adequada ao cálculo do LS e delimitação das AEREHS no

âmbito da REN. Consideram os Autores, ainda, que esta versão da RUSLE se adapta melhor a regiões em que a erosão hídrica se concentra no inverno, discriminando as áreas de escoamento em toalha de sulcagem, consoante o declive. Reforçam, todavia, a necessidade de diferenciar contextos geomorfológicos em cada município, pois o método usado e sobretudo a cartografia de base afetam os resultados, com impactos substanciais na demarcação da REN.

Mário Talaia é o Autor do último capítulo deste livro, com o tema “*Contributos para a análise de riscos em ambientes condicionados pelo ar húmido – estudos de caso*”, no qual são explorados ambientes que podem gerar riscos para a saúde pública, nomeadamente ambiente térmico, mobilidade de vírus no ar húmido, riscos de saúde num incêndio florestal e riscos de saúde num mergulho em apneia. A análise deste tipo de risco assume particular relevância com a problemática das alterações climáticas, do aquecimento global e em cenários de novos ecossistemas. O Autor, com base em diferentes cenários, com risco para a saúde humana apresentou leis físicas e/ou químicas de modo a serem geradas expressões ou modelos simples para a interpretação dos estudos de caso considerados. Propôs ainda, para cada estudo de caso, estratégias de intervenção de modo a estabelecer limiares de segurança e manter limites de tolerância.

Trata-se, sem dúvida, de um livro de elevada utilidade para investigadores, decisores públicos, professores e estudantes, com interesse nestas matérias ou com responsabilidade na análise e gestão dos riscos e no ordenamento do território. A expectativa é a de que, com o envolvimento e articulação de todos, se possa gerir o território de modo reduzir os riscos e aumentar capacidade de antecipação e mitigação dos danos, através de comunidades e ecossistemas mais resilientes.

Coimbra, 12 de julho de 2023

**Adélia Nunes**