

CATÁSTROFES MISTAS

UMA PERSPETIVA AMBIENTAL

IMPRESA DA
UNIVERSIDADE
DE COIMBRA
COIMBRA
UNIVERSITY
PRESS

LUCIANO LOURENÇO
ADÉLIA NUNES
(COORDS.)

RISCOS
E C A T Á S T R O F E S

I
IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
COIMBRA UNIVERSITY PRESS
U

ESTRUTURAS EDITORIAIS

Série Riscos e Catástrofes
Estudos Cindínicos

DIRETOR PRINCIPAL | MAIN EDITOR

Luciano Lourenço
Universidade de Coimbra

DIRETORES ADJUNTOS | ASSISTANT EDITORS

Adélia Nunes, Fátima Velez de Castro
Universidade de Coimbra

ASSISTENTE EDITORIAL | EDITORIAL ASSISTANT

Fernando Félix
Universidade de Coimbra

COMISSÃO CIENTÍFICA | EDITORIAL BOARD

Ana C. 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 Manuel Saraiva Lopes
Universidade de Lisboa

António Vieira
Universidade do Minho

Cármem Ferreira
Universidade do Porto

Helena Fernandez
Universidade do Algarve

Humberto Varum
Universidade de Aveiro

José Simão Antunes do Carmo
Universidade de Coimbra

Margarida Horta Antunes
Instituto Politécnico de Castelo Branco

Margarida Queirós
Universidade de Lisboa

Maria José Roxo
Universidade Nova de Lisboa

Romero Bandeira
Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Porto

Tomás de Figueiredo
Instituto Politécnico de Bragança

Antenora Maria da Mata Siqueira
Univ. Federal Fluminense, Brasil

Carla Juscélia Oliveira Souza
Univ. de São João del Rei, Brasil

Esteban Castro
Univ. de Newcastle, Reino Unido

José António Vega
Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Espanha

José Arnaez Vadillo
Univ.de La Rioja, Espanha

Lidia Esther Romero Martín
Univ. Las Palmas de Gran Canaria, Espanha

Miguel Castillo Soto
Universidade do Chile

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

Norma Valencio
Univ. Federal de São Carlos, Brasil

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

Victor Quintanilla
Univ. de Santiago de Chile, Chile

Virginia Araceli García Acosta
CIESAS, México

Xavier Ubeda Cartaña
Univ. de Barcelona, Espanha

Yvette Veyret
Univ. de Paris X, França

CATÁSTROFES MISTAS

UMA PERSPETIVA AMBIENTAL

IMPrensa DA
UNIVERSIDADE
DE COIMBRA
COIMBRA
UNIVERSITY
PRESS

LUCIANO LOURENÇO
ADÉLIA NUNES
(COORDS.)

EDIÇÃO

Imprensa da Universidade de Coimbra
Email: imprensa@uc.pt
URL: http://www.uc.pt/imprensa_uc
Vendas online: <http://livrariadaimprensa.uc.pt>

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Imprensa da Universidade de Coimbra

CONCEÇÃO GRÁFICA

Imprensa da Universidade de Coimbra

PRÉ-IMPRESSÃO

Fernando Felix

INFOGRAFIA DA CAPA

Mickael Silva

PRINT BY

KDP

ISBN

978-989-26-1902-6

ISBN DIGITAL

978-989-26-1901-9

DOI

<https://doi.org/10.14195/978-989-26-1901-9>

RISCOS - ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE RISCOS, PREVENÇÃO E SEGURANÇA

TEL.: +351 239 992 251; FAX: +351 239 836 733

E-MAIL: RISCOS@UC.PT

© DEZEMBRO 2019, IMPRENSA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

CATÁSTROFES MISTAS

Catástrofes mistas : uma perspetiva ambiental / coord. Luciano Lourenço, Adélia Nunes. – (Riscos e catástrofes)

ISBN 978-989-26-1902-6 (ed. impressa)

ISBN 978-989-26-1901-9 (ed. eletrónica)

I – LOURENÇO, Luciano, 1951-

II – NUNES, Adélia, 1971-

CDU 551

SUMÁRIO

PREFÁCIO	7
INTRODUÇÃO	11
RISCOS MISTOS DE COMPONENTE ATMOSFÉRICA.....	17
Riscos atmosféricos mistos	
Ana Monteiro e Helena Madureira	19
RISCOS MISTOS DE COMPONENTE GEODINÂMICA	39
Risco de sismicidade induzida	
Bruno M. Martins	41
Risco de erosão hídrica do solo	
Adélia Nunes	51
Risco de erosão fluvial	
Adélia Nunes	77
Risco de erosão costeira	
António Campar de Almeida.....	109
Risco de erosão eólica	
António Campar de Almeida.....	155
Risco de erosão química	
António Campar de Almeida.....	195
Desertificação	
Maria José Roxo e Carlos Russo Machado	211
Riscos de salinização do solo	
Maria da Conceição Gonçalves, José Casimiro Martins e Tiago Brito Ramos	241
Riscos relacionados com intrusão salina	
Bruno M. Martins	269
Riscos de poluição	
Cármén Ferreira.....	279
Riesgos de incendio forestal	
Miguel E. Castillo Soto.....	313
CONCLUSÃO	361

(Página deixada propositadamente em branco)

PREFÁCIO

O terceiro dos volumes dedicados às Catástrofes trata daquelas que tanto podem ter uma origem natural, como podem ser provocadas pelo ser humano, razão pela qual as designamos por catástrofes mistas. Porque a maioria delas produz efeitos notórios sobre o ambiente, por vezes também são referidas como catástrofes ambientais, embora, neste caso, não seja tida em conta a sua origem, ou seja, as causas que as determinaram, mas sim as suas consequências, o que corresponde a um critério diferente daquele que esteve subjacente à divisão que usámos para organizar os três últimos volumes da Série.

Mas, porque muitas das consequências das catástrofes mistas se refletem exatamente sobre o ambiente, torna-se difícil traduzir esses efeitos em perdas de seres humanos, como fizemos nos dois volumes anteriores, já que mesmo quando elas existem, raramente ocorrem em simultâneo e, por conseguinte, não se tornam tão visíveis como sucede nas catástrofes naturais e antrópicas, em que o número de mortos provocados por um único acontecimento pode ser muito elevado.

Todavia e embora sendo mais raro, as catástrofes mistas também podem provocar muitas mortes, sendo suficiente estar atento às notícias para, de quando em vez, tomar conhecimento de algumas dessas consequências, traduzidas em número de mortes.

Apenas a título de exemplo, referimos duas notícias sobre os efeitos da poluição. Uma delas da autoria de Amber Milne, da *Thomson Reuters Foundation*, publicada no jornal O Globo, de 12 de março de 2019, intitulada: *Poluição mata mais do que cigarro, revela estudo internacional*, dava conta de que “cientistas constataam que 8,8 milhões de pessoas morreram em apenas um ano, mais do que as 7 milhões de vítimas anuais do tabagismo” (<https://oglobo.globo.com/sociedade/saude/poluicao-mata-mais-do-que-cigarro-revela-estudo-internacional-23515245>).

Uma outra notícia, publicada no Público de 4 de abril de 2019, da autoria de Sofia Neves, intitulada *Só em 2017 morreram 3540 pessoas devido à poluição atmosférica em Portugal*, dava conta de que “a poluição do ar foi o quinto principal causador de mortes prematuras em todo o mundo: 4,9 milhões. Em Portugal, o problema

matou pelo menos 3540 pessoas. Os países em desenvolvimento são os mais afectados, mas os casos mais graves continuam a ser a China e a Índia” (<https://www.publico.pt/2019/04/04/ciencia/noticia/quase-dez-mortes-2017-causados-poluicao-atmosferica-1867924>).

E porque, na altura em que estou a redigir este prefácio, as notícias são sobre os grandes incêndios florestais que, de novo, voltaram ao Centro de Portugal, não posso deixar de referir o trabalho da Agência Lusa, publicado no Observador de 18 de junho de 2017, na sequência do incêndio florestal de Pedrógão Grande, registado no dia anterior e de triste memória, com o título: *Os incêndios que mais mataram no mundo*, dando conta de que aquele que mais vítimas mortais causou ter-se-á sido registado em 1871, nos Estados Unidos. “*O incêndio florestal mais mortífero parece ter sido o de outubro desse ano, em Peshtigo (Wisconsin), que causou entre 800 e 1 200 mortos, segundo as estimativas. O incêndio, que tinha deflagrado na floresta há uns dias, destruiu em algumas horas a localidade de 1 700 habitantes, bem como outras 16 vilas, numa área de mais de 500 000 hectares*” (<https://observador.pt/2017/06/18/os-incendios-que-mais-mataram-no-mundo/>). Depois, seguia-se a lista com o número de vítimas mortais provocados por outros grandes incêndios.

Como é sabido, em Portugal o ano com maior número de mortos foi o de 2017, num total de 121, sobretudo vítimas dos incêndios de 17 de junho e 15 de outubro, como refere a Sábado, um ano depois, a 16 de junho de 2018, num texto da Lusa com o título “*Está ‘tudo’ por fazer para que Pedrógão não regresse ao pré-incêndios*”. Entre outros aspetos, menciona expressamente:

“O incêndio que deflagrou há um ano em Pedrógão Grande (distrito de Leiria), em 17 de Junho, e alastrou a concelhos vizinhos provocou 66 mortos e cerca de 250 feridos.

As chamas, extintas uma semana depois, destruíram meio milhar de casas, 261 das quais habitações permanentes, e 50 empresas.

Em Outubro, os incêndios rurais que atingiram a região Centro fizeram 50 mortes, a que se somam outras cinco registadas noutros fogos, elevando para 121 o número total de mortos em 2017” (<https://www.sabado.pt/portugal/detalhe/esta-tudo-por-fazer-para-que-pedrogao-nao-regresse-ao-pre-incendios>).

Com efeito, os grandes incêndios florestais são um bom exemplo de catástrofes de origem mista, não tanto, felizmente, pelo número de mortos, mas sobretudo

pela destruição de diversos tipos de bens e haveres, bem como de extensas áreas de património florestal e, ainda, pelas graves consequências socioeconómicas e ambientais que acarretam *a posteriori*.

De facto, muitas das catástrofes que serão abordadas neste volume, não se traduzem diretamente num elevado número de mortos, mas antes fazem sentir os seus efeitos sobre o ambiente e, deste modo, indiretamente, sobre a população que, por vezes, só mais tarde acaba por ser afetada.

Porventura, as catástrofes mistas que permitem uma quantificação mais direta do número de mortos resultam da plena manifestação dos riscos biomédicos, também designados por riscos do foro infecto-contagioso, em resultado da atuação de microrganismos e parasitas, que podem ser transmitidos por vectores biológicos (vírus e bactérias), por ingestão de água e alimentos, por contágio de sangue contaminado e secreções orgânicas, por inalação e, ainda, por mais de que um dos mecanismos anteriores. Todavia, a conclusão deste capítulo foi mais demorada do que o inicialmente previsto e, para não atrasar mais a publicação deste volume, por opção dos autores foi decido publicá-lo mais tarde, num outro tomo dedicado ao assunto.

Depois desta breve nota sobre algumas das consequências das catástrofes mistas, esperamos ter aguçado o apetite do leitor para não só se embrenhar nas páginas seguintes, onde estes temas serão tratados de forma mais profunda, mas também para se empenhar na investigação das catástrofes mistas, uma área científica que ainda carece de muita pesquisa.

Coimbra, 23 de julho de 2019

Luciano Lourenço

(Página deixada propositadamente em branco)

INTRODUÇÃO

Adélia Nunes

Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras
CEGOT e RISCOS, Universidade de Coimbra, Portugal
ORCID: 0000-0003-3927-0748 adelia.nunes@ci.uc.pt

Os riscos mistos, de componente ambiental, associam-se a fenómeno potencialmente perigosos com causas combinadas, ou seja, para a sua manifestação concorrem condições naturais e/ou ações antrópicas. Resultam, assim, da combinação de ações continuadas da atividade humana com o funcionamento dos sistemas naturais, incluindo-se neste conjunto os incêndios florestais, a contaminação de cursos de água e aquíferos e a degradação e contaminação dos solos. Na terminologia sobre a Redução de Risco de Catástrofes do UNISDR emergem como riscos sicionatu-rais, pois estão associados à combinação de factores naturais e antropogénicos, enfatizando a degradação ambiental e as mudanças climáticas. Acrescentam, ainda, que podem ser riscos químicos, naturais e biológicos, e resultar da degradação ambiental ou da poluição física ou química do ar, da água e do solo. No entanto, muitos dos processos e fenómenos que se enquadram nesta categoria podem ser, também, considerados “*driving forces*” de outros riscos como a degradação do solo, a desfloresta-ção, a perda de biodiversidade, a salinização e o aumento do nível do mar.

Na obra que agora se apresenta analisam-se dois tipos principais de riscos: (i) os riscos mistos de componente atmosférica, quando, além do factor antrópico, se produzem no seio da atmosfera e os (ii) riscos mistos de componente geodinâmica, quando, além da ação antrópica, se relacionam com forças (geodinâmica interna) e processos (geodinâmica externa) que atuam sobre a Terra.

Nos riscos de componente atmosférica, no capítulo intitulado “*Riscos atmosfê-ricos mistos*”, as autoras, Ana Monteiro e Helena Madureira, pretendem identificar algumas das ameaças provenientes da atmosfera que podem causar, direta ou indiretamente, perdas e danos severos para os seres humanos, assim como a sua distribuição planetária. Entre a multiplicidade de riscos que podem ser identificados, abordaram três com grande relevância científica e mediatismo social, associados às alterações na composição química da atmosfera, e dois menos valorizados nos

planos de prevenção, como a queda de meteoritos e os resultantes das pesquisas espaciais. A redução de espessura da camada de ozono, o agravamento do efeito de estufa e a poluição da atmosfera por terem sido identificados como ameaças severas, tanto os estímulos como as consequências têm sido descritos e bastante divulgados na sociedade. Concluem, todavia, que a valorização destes riscos ainda se encontra fortemente condicionada pela magnitude das consequências, diretas e imediatas, e pelo contexto social, económico e político dos alvos.

A abordagem aos Riscos Mistos de componente geodinâmica inicia-se como o capítulo “*Risco de sismicidade induzida*”, da autoria de Bruno Martins. De acordo com o Autor, a génese antrópica de sismos, em reservatórios, minas, campos de petróleo e gás e injeção de fluidos justificam-se, fundamentalmente, pelas mudanças de pressão introduzidas sobre a estrutura geológica, modificadoras das pressões neutras nas falhas, no volume, forças aplicadas e carga. Acrescenta, ainda, que a dimensão da estrutura influi no impacto sobre a área crustal, sugerindo que quanto maior for, maior será o risco de sismicidade.

Os capítulos subsequentes, relacionados com a erosão (geodinâmica externa), têm como denominador comum a água enquanto agente erosivo. A erosão assume, assim, diversas formas: pluvial, resultante das águas das chuvas; fluvial, causada pela água que flui nas linhas de água; costeira, consequência da ação das águas do mar; química, através da reação dos materiais minerais das rochas à água, levando a formação de novos minerais (argilas) e sais solúveis. O “*Risco de erosão hídrica do solo*”, da autoria de Adélia Nunes, sintetiza os tipos e os principais fatores que interferem na erosão hídrica em vertentes. Analisam-se alguns dos principais métodos usados na sua avaliação/monitorização, assim com as atividades antrópicas que mais têm contribuído para acelerar estes processos, bem como as respetivas consequências e algumas medidas de mitigação. Com efeito, a erosão por efeito da água da chuva constitui um dos principais processos de degradação da camada edáfica superficial, à escala global, ameaçando a produtividade agrícola do solo e a estabilidade económica e social de diversas regiões do globo. No capítulo seguinte, da mesma autora, intitulado “*Risco de erosão fluvial*” analisa-se a dinâmica fluvial, enfatizando-se os agentes e processos que atuam ao nível do escavamento, transporte e deposição de sedimentos. São também abordadas as principais formas resultantes, os fatores

intervenientes, alguns dos métodos utilizados na avaliação do transporte de sedimentos e na erosão lateral, assim como na sua proteção.

António Campar de Almeida, autor dos três capítulos que se seguem, debruça-se em primeiro lugar sobre os “*Riscos de erosão costeira*”, discutindo as condições naturais terrestres e marinhas mais favoráveis à ação dos processos perigosos, assim como o aumento da exposição humana a esses processos. São abordadas as dinâmicas próprias da costa de arriba e da costa arenosa baixa e são analisadas as medidas que têm sido tomadas para combater ou mitigar a erosão costeira e possíveis adaptações. No capítulo que intitula “*Risco de erosão química*”, o autor refere que os principais processos químicos que se verificam à superfície da crosta terrestre têm como principal interveniente a água, quer como meio de reação quer como reagente. Assim, entre os múltiplos processos que podem ocorrer, aborda a hidratação, a dissolução, a hidrólise, a oxidação e a redução. São, igualmente, analisados alguns dos efeitos mais evidentes da ação destes processos, quer na natureza quer em construções humanas. Problematisa, também, algumas das alterações que se verificarão, em termos da generalidade dos processos químicos, na sequência das mudanças climáticas previstas.

No capítulo, com o título “*Riscos de erosão eólica*”, também da autoria de António Campar de Almeida, o vento assume-se como agente erosivo, cujos modos de atuar sobre as rochas e de destruir ou construir geoformas são muito diferenciados. Assim, depois de analisar como atua o vento, apresenta o modo como modela a paisagem nas regiões áridas e como pode afetar os solos das regiões semiáridas. Por último, discute algumas das medidas usadas para minimizar os efeitos da erosão eólica, tanto em solos como em dunas, assim como as adaptações humanas a essa erosão.

Maria José Roxo e Carlos Russo Machado, no seu capítulo “*Desertificação*”, descrevem este processo como gradual, marcado pela perda de produtividade do solo e de diminuição da cobertura vegetal, em consequência da interação das atividades humanas com as condições ambientais marcadas por situações de seca e aridez. Analisam a sua dimensão planetária, os processos envolvidos, as consequências, a sua evolução e discutem o papel de organizações como as Nações Unidas e a União Europeia no combate à desertificação, identificando os mecanismos, instrumentos e estratégias adotadas para minimizar os seus efeitos. O “desaparecimento do Mar

de Aral” e o fenómeno da desertificação na Península Ibérica, constituem os estudos de caso. No final, são perentórios quanto à necessidade, perante um cenário em que as alterações climáticas são bem evidentes, dos governos e dos cidadãos, em todo o mundo, terem o conhecimento da dimensão, das causas, consequências e de algumas medidas de mitigação/adaptação aos processos de desertificação.

“*Riscos de salinização do solo*”, de Maria da Conceição Gonçalves, José Casimiro Martins e Tiago Brito Ramos, e “*Riscos relacionados com intrusão salina*”, de Bruno Martins, abordam as questões da salinização, enquanto processos de degradação do solo e dos aquíferos, a nível mundial. Embora o problema de salinização do solo pareça limitado às zonas costeiras afetadas pelas marés (sapais) e a algumas áreas regadas no sul do País (Alentejo), o aumento do regadio e as perspetivas de mudanças climáticas para as próximas décadas, nomeadamente, o aumento das temperaturas e da concentração de sais solúveis na água de rega, podem levar a um acréscimo da área afetada em Portugal e a uma crescente degradação dos solos.

Por outro lado, a excessiva extração de água doce, devido à crescente pressão demográfica nas áreas costeiras, aliada a uma agricultura intensiva, exigentes em consumo de água, têm conduzido a uma penetração da água salgada para áreas mais continentais, responsável pela denominada intrusão salina em aquíferos. Os problemas relacionados com a intrusão salina são mundiais e têm-se agravado ao longo das últimas décadas, com consequências severas para o ambiente, as populações, a economia e a sociedade. De acordo com o autor, B. Martins, a diminuição do risco dependerá em boa parte das estratégias de redução das vulnerabilidades que passarão, necessariamente, por um planeamento e gestão global dos recursos hídricos objetivada num princípio de desenvolvimento sustentável.

O capítulo “*Riscos de poluição*”, de autoria de Carmén Ferreira, inicia-se com a discussão dos termos “poluição” *vs.* “contaminação”, concluindo que que um solo ou uma massa de água pode estar contaminado/a mas não poluído/a, todavia se estiver poluído/a está, obviamente, contaminado/a. Enfatizando os efeitos adversos da ação antrópica nestes dois recursos estratégicos, o solo e a água, dos quais depende o futuro da Humanidade, reforça a necessidade de um controlo da ocupação do solo urbano, das práticas agrícolas e industriais e o respeito pelo cumprimento da legislação relativa a estes recursos, tendo em conta a sua gestão baseada nos princípios de sustentabilidade.

O último dos capítulos desta obra, “*Riesgos de incendio forestal*”, da autoria de Miguel E. Castillo Soto, analisa a incidência geográfica dos incêndios florestais, numa perspetiva multiescalar, desde o global, com o intuito de definir macro zonas de ocorrência, ao particular, ou seja, através da análise de alguns exemplos de incêndios particularmente catastróficos, onde se incluem os incêndios de junho e outubro de 2017 em Portugal. Com efeito, entre os riscos mistos, os incêndios florestais têm merecido maior destaque sobretudo pela sua dimensão global, pelos impactes que provocam nas diferentes componentes da natureza e da sociedade. Apesar de fazerem parte da história da humanidade, os incêndios florestais representam, na atualidade, uma das mais importantes ameaças às funções e serviços dos ecossistemas, de que dependem o bem estar e a qualidade de vida da população.

(Página deixada propositadamente em branco)

**RISCOS MISTOS
DE COMPONENTE
GEODINÂMICA**

(Página deixada propositadamente em branco)

RISCOS RELACIONADOS COM INTRUSÃO SALINA RISKS RELATED TO THE SALTWATER INTRUSION

Bruno M. Martins

Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras
CEGOT, Universidade de Coimbra, Portugal
ORCID: 0000-0001-8681-2349 bruno.martins@uc.pt

Sumário: A crescente pressão demográfica nas áreas costeiras, aliada a uma agricultura intensiva, exigentes em consumo de água, arrogam-se como fatores responsáveis pelo aumento do risco de intrusão salina em aquíferos. A diminuição do risco dependerá, em boa parte, de estratégias de redução das vulnerabilidades que passarão, necessariamente, por um planeamento e gestão global dos recursos hídricos racional e otimizado, objetivado num princípio de desenvolvimento económico, ambiental e social sustentável.

Palavras-chave: Risco de intrusão salina, aquíferos, água.

Abstract: The increasing population pressure in coastal areas combined with intensive farming is demanding in terms of water consumption. These two factors are responsible for the greater risk of saline intrusion into freshwater aquifers. Lowering this risk will largely depend on implementing strategies to reduce vulnerability, and these will necessarily involve the planning and overall management of rational, optimized water resources. This goal must be based on economic, environmental and social development principles.

Keywords: Seawater intrusion risk, aquifer, water.

Introdução

As áreas costeiras possuem um equilíbrio dinâmico, facilmente perturbável, onde coabitam aquíferos de água salgada do mar e água doce continental. Uma excessiva extração de água doce nas captações conduz, frequentemente, a uma penetração da água salgada para áreas mais continentais, responsável pela denominada intrusão salina - fenómeno relacionado com a introdução de água salgada num aquífero. A implementação de furos ou poços sobre massas de água salgada contribuem para o avanço da cunha salina, ou do cone salino, sob as captações. Este tipo de intrusão é geralmente responsável por um impacto profundo nos ecossistemas, aumentando significativamente os problemas de salinização (Barlow e Wild, 2002; Zhang *et al.*, 2011).

A ocorrência de intrusão salina é, na maioria das vezes, sentida quando as captações já estão afetadas, uma vez que se trata de um processo lento, que ocorre no subsolo, não sendo frequente a existência de redes de monitorização.

As ações corretivas e de reabilitação de áreas afetadas são geralmente difíceis, demoradas e onerosas, pelo que, a gestão das captações deverá ser o mais equilibrada possível, garantido que os aquíferos não sejam excessivamente explorados de forma a caucionar a disponibilidade de água doce a longo prazo, em quantidade e qualidade. Para tal, devem ser considerados os fatores que mais condicionam o volume e a qualidade da água doce subterrânea.

A diminuição do risco de intrusão salina nos aquíferos das áreas costeiras deverá considerar estratégias de redução das vulnerabilidades que passam pelo planeamento e gestão global dos recursos hídricos. Estas deverão ter em conta uma gestão racional e otimizada com base no conhecimento de todas as eventuais origens de água doce subterrâneas e de superfície, alternativas de abastecimento, através de fornecedores exteriores que possam responder às diversas utilizações, fundamentação das regras de construção e implementação de captações. Deverão considerar ainda uma estreita ligação entre o regime de exploração e as características hidrogeológicas da área, utilização de técnicas de optimização no consumo de água doce, o incremento de recarga ou aproveitamento de águas residuais tratadas, de forma a perpetuar o volume de água doce no aquífero

(Silva *et al.*, 1998). É conveniente um trabalho de monitorização e de simulação de forma a detetar, atempadamente, os primeiros sinais de degradação da qualidade da água, e atuar sobre as causas, entre as quais, estão, provavelmente, a incorreta implantação das captações e a exploração excessiva (Silva *et al.*, 2000).

Em última instância, poderá implicar a imposição de limites para a extração de água doce, restrições sobre o número e localização das captações, tendo em conta as cotas dos níveis piezométricos da água doce, os caudais máximos a extrair ou, prever a construção de barreiras subterrâneas que impeçam a descarga de água doce no mar.

Os problemas relacionados com a intrusão salina são mundiais e têm-se agravado ao longo das últimas décadas, especialmente nas áreas costeiras, em resultado do aumento do consumo de água, com consequências severas sobre o ambiente, as populações, a economia e a sociedade.

Foram identificadas áreas de intrusão de água salgada nos aquíferos em diferentes países europeus, nomeadamente Portugal, Espanha, Itália, Grécia e Turquia (Arfib e Marsily, 2004) (fig. 1), evidenciado uma forte ligação entre a sobre-exploração da água e as áreas afetadas (fig. 2), especialmente, onde ocorreu um intenso processo de litoralização (AEA, 2003a,b).

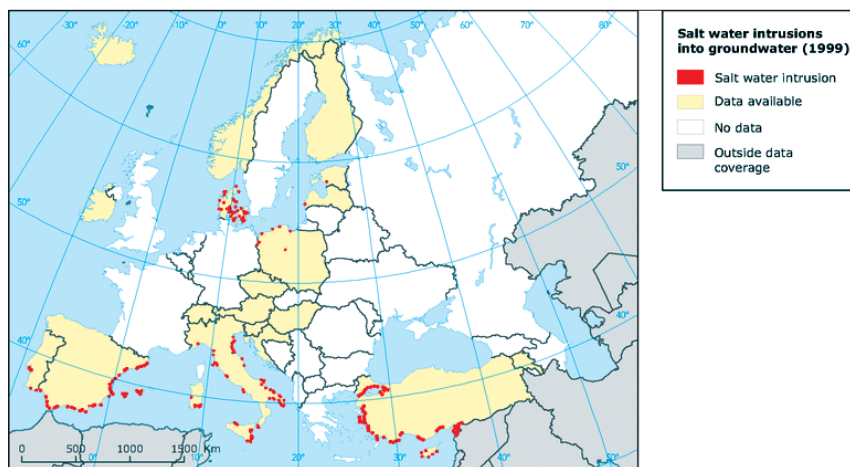


Fig. 1 - Salt water intrusion into groundwater in Europe in 1999 (Fonte: AEA, 2003a).

Fig. 1 - Salt water intrusions into groundwater in Europe for 1999 (Source: EAE, 2003a).

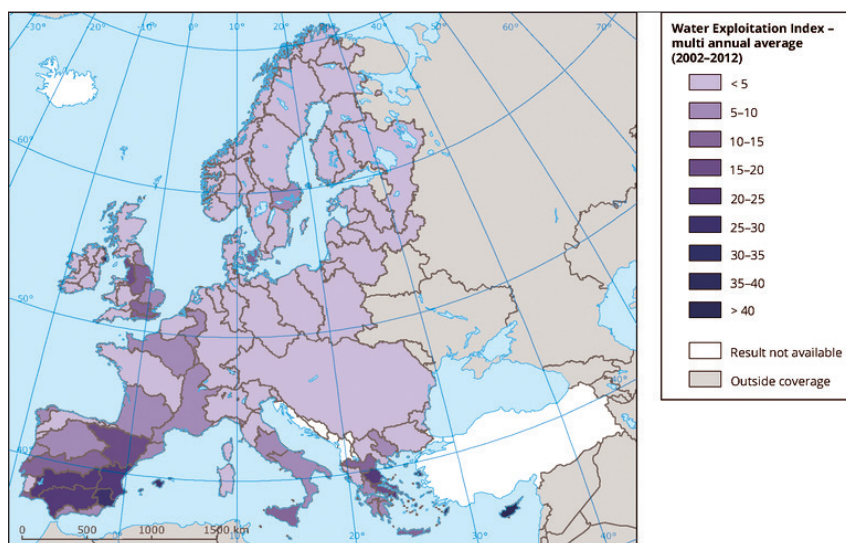


Fig. 2 - Índice médio de exploração de água na Europa entre 2002-2012
(Fonte: AEA, 2003a).

Fig. 2 - Average water resources exploitation in Europe between 2002 and 2012 (Source: EAE, 2003a).

A agricultura e o risco de intrusão salina

A agricultura, em especial a de regadio, assume um papel importante como fator responsável pela degradação da qualidade da água doce por intrusão salina em aquíferos, especialmente das áreas costeiras, agudizando os problemas de salinização dos solos e, em casos mais graves, conduzindo a processos que levam à desertificação. Atualmente, uma das principais causas da salinização secundária relaciona-se com o uso de águas salinas para irrigação nos locais onde a água do mar invadiu os aquíferos de água doce (Warrem e Maizels, 1992).

A localização de poços ou furos de grande caudal próximos das explorações agrícolas diminuem, naturalmente, os investimentos em adutoras, reduzindo os custos de exploração. No entanto, a excessiva captações de água doce subterrânea próximas do mar para rega tem sido responsáveis pelo avanço da cunha salina, e os subseqüentes reflexos negativos na produtividade das culturas (Langworthy e Finan, 1997).

A agricultura é a atividade que mais diretamente é afetada pelos problemas de salinização e perda de qualidade da água dos aquíferos, assumindo um duplo papel, como primeiro e último elemento e fator na cadeia das causas. Se por um lado é responsável pelo aumento da pressão sobre os recursos solo e água, por outro, terá que lidar, através das mais variadíssimas estratégias de mitigação e adaptação, com as consequências originalmente causadas por si.

Nas explorações agrícolas costeiras, a implementação de furos e poços em locais mais afastados do mar é geralmente mais segura, uma vez que a espessura de água doce é maior, sendo uma das medidas mais adoptadas na diminuição do risco de intrusão salina (Silva *et al.*, 2000). As alternativas colocam-se entre uma estratégia mais barata, em resultado de custos de extração mais baixos, ainda que imediatista, já que o risco de intrusão salina aumentará, e uma estratégia mais sustentável que assegure mais eficazmente o controlo da qualidade da água nos aquíferos.

Urge então a necessidade de se assumirem estratégias de carácter regional e institucional assentes no sólido conhecimento dos recursos hídricos disponíveis. As medidas podem passar pela instalação de sistemas de distribuição e armazenamento de água, adoção de práticas com o objetivo de melhorar a eficiência do uso da água, em termos de modalidade, tempo e necessidades, ações de adaptação, mitigação e recuperação de combate ao avanço da água do mar, responsabilização pela segurança e controlo de funcionamento de água, dessalinização, ou acordos entre vários sectores económicos e agentes decisores; e estratégias e medidas que os agricultores poderão adotar, como sistemas de irrigação mais eficientes, técnicas de conservação da água no solo, armazenamento de água, técnicas de gestão de recursos de água, ou escolhas de culturas mais adaptadas. Ao nível dos trabalhos de investigação, torna-se útil aprofundar o conhecimento dos mecanismos envolvidos na resposta das plantas e a sua tolerância a uma pressão adversa, bem como, métodos de rega mais eficientes que visem obter as mais elevadas produções unitárias possíveis com a mínima quantidade de água, sem deteriorar o sistema do solo.

A utilização de água salgada para rega em explorações agrícolas, após intrusão salina dos aquíferos, tem sido raro (Garduño, 1992), não sendo facilmente aproveitável para o crescimento das plantas. Está geralmente confinada a locais cujos solos são altamente permeáveis e em culturas tolerantes ao sal (Guan *et al.*, 2001; Guan e Liu, 2003). Águas com salinidade extraordinariamente elevadas podem ser toleradas quando aplicadas em solos muito permeáveis, em contraponto, a solos to-

pograficamente deprimidos e argilosos (Fang *et al.*, 2005). Neste contexto, mesmo a utilização de água doce poderá ser potencialmente perigosa.

Algumas explorações agrícolas, onde ocorreu intrusão salina recorreram a uma estratégia que passa por misturar a água com elevado conteúdo salino proveniente dos poços existentes com água doce, reduzindo, desta forma, a concentração de sal, aumentando a quantidade de água disponível para rega, diminuindo, contudo, a qualidade, geralmente com reflexos na produtividade.

O sólido conhecimento da quantidade de água disponível para a rega, os seus teores em lodo e em sais e a sua variação estacional assume primordial importância (Chhabra 1996). Arroga-se também, como fator determinante para o sucesso das explorações agrícolas, o conhecimento dos solos, da respetiva textura e salinidade, o efeito da direção do vento sobre a intrusão salina (Pan, 2007) e, em especial, a propriedade da água e a localização, o teor salino do lençol freático, assim como, as suas respetivas variações estacionais (Northey *et al.*, 2006).

A intrusão salina é um dos processos chave que pode levar à desertificação de extensas áreas de terra arável, por vezes, com consequências profundas sobre o indivíduo, a família, e comunidade, e em alguns casos, a nação (Kates *et al.*, 1992).

Os sistemas de regadio que recorrem ao bombeamento de águas subterrâneas, poços de água superficiais e furos profundos, embora apresentem menor risco de salinização dos solos, podendo ser até muito produtivos a curto prazo, podem conduzir a formas de desertificação por sobre-exploração dos lenções freáticos. Nas áreas costeiras são responsáveis, frequentemente, pela intrusão salina contribuindo para a perda substancial de qualidade dos aquíferos (Bear e Cheng, 2010).

O crescimento urbano e o risco de intrusão salina

As exigências face ao consumo de água são particularmente elevada, especialmente nas áreas costeiras. Cerca de 70% da população mundial vive nestas áreas, resultando, frequentemente, numa sobre-exploração dos recursos hídricos, em particular dos subterrâneos, agudizando os problemas de quantidade e qualidade de água dos aquíferos (Darneault e Godinez, 2008).

Aliado ao aumento da densidade populacional, associa-se a edificação de um conjunto de infraestruturas que influem na dinâmica hidrológica, diminuindo substancialmente a quantidade de água que se infiltra, agudizando os problemas de contaminação dos lenções freáticos (Bear e Cheng, 2012). Os sistemas de drenagem de águas pluviais de áreas residenciais ou de estradas, as caixas coletoras de águas residuais que admitem infiltrações, as drenagens de túneis e aterros, contribuem para uma maior concentração dos caudais, fator muito importante para o avanço da cunha salina (Fan *et al.*, 2010).

A elevada ocupação turística, associada a um conjunto de atividades relacionadas com o lazer, como parques aquáticos, piscinas ou campos de golfe que, na generalidade implicam grande consumo de água, sujeitam os aquíferos a uma elevada pressão. No domínio mediterrâneo, a elevada ocupação sazonal é coincidente com a época de menor recarga dos aquíferos, elevando o risco de intrusão salina (Pulido-Bosch *et al.*, 1999).

Urge a aplicação de programas que visem uma utilização mais racional da água, que podem incluir diversas ações com o desígnio de diminuir o consumo. Exemplos há onde se preconizou bacias de retenção de armazenamento de águas pluviais que posteriormente eram utilizadas para aumentar o caudal dos aquíferos, por infiltração. Naturalmente que os locais de rejeição deverão ter em conta as características hidrogeológicas da área para evitar problemas de erosão (Ferreira *et al.*, 1998). A localização de estações de tratamento de água deverá considerar a utilização da água, por exemplo, na rega de jardins, na irrigação agrícola e na recarga de aquíferos, corroborando a ideia da importância na concepção do sistema de abastecimento de água nas faixas costeiras, considerar o aproveitamento integral de todos os recursos hídricos disponíveis. A instalação de coletores paralelos e próximos ao mar permite, ainda, o armazenamento de quantidades significativas de água que então seriam vertidas para o mar, admitindo, ainda, o aumento das reservas dos aquíferos, em alternativa ao recurso de captações, que mesmo de pequena profundidade e caudal, aumentariam significativamente o risco de ascensão de sais.

A recarga artificial de aquíferos permite o incremento da extração de água doce de forma mais sustentada. São frequentes, no processo de recarga por infiltração a utilização de canais ou campos de racarga, sendo uma medida de diminuição do

risco de intrusão salina especialmente indicada em regiões de grandes variações na procura de água e longos períodos de estiagem. Têm, contudo, imbuído um conjunto significativo de resistências. A recarga através da injeção de água a partir de furos é geralmente dispendiosa, exigindo quantidade suficiente de água, com a qualidade adequada e a preços competitivos. Por outro lado, em áreas de elevada densidade populacional torna-se difícil a instalação de campos ou canais de infiltração face à ausência de áreas disponíveis, ou pelo preço elevado dos terrenos. Por outro lado, tem sido aventada como fator de aceleração de um conjunto de processos erosivos, responsáveis pelo recuo do interface água doce / água salgada, agravando o risco de intrusão de água salgada para áreas mais continentais.

Conclusão

Os problemas relacionados com a intrusão salina têm-se agravada ao longo das últimas décadas em resposta da sobre-exploração dos aquíferos, num contexto de crescimento urbano, especialmente nas áreas costeiras, e uma agricultura intensiva, exigente em termos de consumo de água. A diminuição do risco dependerá em boa parte das estratégias de redução das vulnerabilidades que passarão, necessariamente, por um planeamento e gestão global dos recursos hídricos objetivada num princípio de desenvolvimento económico, ambiental e social sustentável.

As consequências dos problemas de intrusão salina em aquíferos poderão implicar a imposição de limites para a extração de água doce, restrições sobre o número e localização das captações e/ou aumento do custo da água doce. Nas explorações agrícolas, pode contribuir para perda de produtividade que, no limite, poderá conduzir a um conjunto de processos que podem conduzir à desertificação.

A forma como as populações lidam com o risco de intrusão salina dependerá em larga medida da capacidade organizativa do grupo, da facilidade de acesso ao conhecimento e à informação sobre as características hídricas, das infra e supra-estruturas, bem como, da capacidade financeira e organizativa, refletindo as suas características sociodemográficas e o estado civilizacional.

Bibliografia

- AEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2003a). *Europe's Environment: The third assessment*.
- AEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2003b). *Europe's water: an indicator based assessment*, Topic report 1.
- Barlow, P. e Wild, E. (2002). Bibliography on the occurrence and intrusion of saltwater in aquifers along the Atlantic coast of the United States: U.S. *Geological Survey Open-File Report* 02–235, p.30.
- Bear, Jacob e Cheng, Alexander (2010). Modeling Groundwater Flow and Contaminant Transport, *Springer*.
- Chhabra R (1996) *Soil salinity and water quality*. Taylor and Francis, Brookfield.
- Fan H, Liu G, Tang Z, Shu L (2010). Analysis on main contributors influencing soil salinization of Yellow River Delta. *J Soil Water Conserv* 24(1):139–144.
- Fang H, Liu G, Kearney M (2005). Georelational analysis of soil type, soil salt content, landform, and land use in the Yellow River Delta, China. *Environ Manage* 35(1):72–83.
- Ferreira, Júlio; Naim, Haie; Vieira, J. (1998). Modelos de gestão de sistemas de abastecimento de água com origem em aquíferos sujeitos à contaminação salina, *VIII Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Outubro, Barcelos, 153-163.
- Garduño, Manuel (1992). Tecnologia e desertificação in *Desertificação: causas e consequências*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 501-678.
- Guan Y, Liu G (2003). Remote sensing detection of dynamic variation of the saline land in the Yellow River Delta. *Remote Sensing Land Res* 15(2):19–22.
- Guan Y, Liu G, Liu Q, Ye Q (2001). The study of salt affected soils in the Yellow River Delta based on remote sensing. *J Remote Sensing* 5(1):46–52.
- Huang C, Xue X, Wang T, De Mascellis R, Mele G, You Q, Peng F, Tedeschi A (2011). Effects of saline water irrigation on soil properties in northwest China. *Environ Earth Sci* 63(4):701–708.
- Kates, Robert; Johnson, Douglas; Haring, Kirsten (1992). Tecnologia e desertificação in *Desertificação: causas e consequências*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 408-499.
- Langworthy, M. and Finan, T. (1997). *Waiting for rain: Agriculture and ecological imbalance in Cape Verde: Boulder, Colorado*, Lynne Rienner Publishers, ISBN 1-55587-709-5, 212 p.
- Pulido-Bosch; Tahiri, Abdelkrim; Vallejos, Angela (1999). Hydrogeochemical Characteristics of Processes in the Temara Aquifer in Northwestern Morocco, *Springer*, Volume 114, Issue 3, 323-337
- Wang Q, Shi J, Chen G, Xue L (2002). Environmental effects induced by human activities in arid Shiyang River basin, Gansu province, northwest China. *Environ Geol* 43(1):219–227.
- Warren, A. e Maizels, J. (1992). Mudança ecológica e desertificação in *Desertificação: causas e consequências*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 265-407.
- Wu, Z., Zhao, S., Zhang, X. (1994). Studies on interrelation between salt vegetation and soil salinity in the Yellow River Delta. *Acta phytocologica sinica* 18(2):184–193.
- Zhang, T., Zeng, S., Gao, Y., Ouyang, Z., Li, B., Fang, C., Zhao, B. (2011). Assessing impact of land uses on land salinization in the Yellow River Delta, China using an integrated and spatial statistical model. *Land Use Policy* 28(4):857–866.
- Zheng, Z., Zhang, F., Ma, F., Chai, X., Zhu, Z., Shi, J., Zhang, S. (2009). Spatio temporal changes in soil salinity in a drip-irrigated field. *Geoderma* 149(3–4):243–248.

(Página deixada propositadamente em branco)

CONCLUSÃO

Adélia Nunes

Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras
CEGOT e RISCOS, Universidade de Coimbra, Portugal
ORCID: 0000-0003-3927-0748 adelia.nunes@ci.uc.pt

O contributo do ser humano, através das suas ações e atividades, constitui um elemento comum quando analisados os riscos mistos de componente ambiental, ampliando, de forma inequívoca, as suas causas e consequências. Acresce, por outro lado, os cenários futuros de mudanças climáticas, e a incerteza dos seus efeitos na amplificação dos riscos analisados.

Torna-se, por conseguinte, urgente e prioritário reduzir o risco através de esforços sistemáticos destinados a analisar e a gerir os fatores causadores deste tipo de catástrofes, assim como reconhecer a(s) vulnerabilidade(s), no intuito de proteger, de forma mais eficaz, as pessoas, as comunidades e os países, bem como os meios de subsistência, o património cultural e socioeconómico e os ecossistemas, incrementando, deste modo, a sua resiliência.

Assim, para alcançar tal desiderato, exige-se a implementação de medidas e ações integradas e o comprometimento de todos na salvaguarda dos recursos naturais. Neste contexto, emerge a necessidade de consciencialização da sociedade e das instituições sobre a complexidade destes fenómenos e das suas consequências, comprometedores do desenvolvimento social, económico, ambiental, cultural sustentável.

Torna-se, pois, necessário e urgente, neste contexto, integrar, na educação formal e na aprendizagem ao longo da vida, os conhecimentos, valores e habilidades necessárias para a redução do risco e para a promoção de modos de vida sustentáveis.

Embora os fatores de risco, aqui abordados, possam ser locais, nacionais, regionais ou globais, necessitam de ser compreendidos, para determinar as medidas de prevenção/redução a aplicar, requerendo novas formas de pensar e agir, mas também uma articulada cooperação e complementaridade entre os diferentes atores, nos planos local, nacional, regional e global, explorando as sinergias e interdependências entre as respetivas competências e estratégias. Na expectativa de que o presente livro sirva de inspiração a mais investigadores e decisores a participarem na

crescente avaliação e gestão dos riscos mistos, é também nosso desejo, através dos conteúdos aqui vertidos, facultar instrumentos metodológicos e pedagógicos que possam ser utilizados em atividades de investigação e educação, assim como promover competências pessoais, fundadoras de uma cidadania mais ativa, participada e informada, para uma prevenção e gestão mais eficaz dos riscos, e em simultâneo capazes de promover os valores e princípios da sustentabilidade.

Na expectativa de que o presente livro sirva de inspiração a mais investigadores e decisores a participarem na crescente avaliação e gestão dos riscos mistos, é também nosso desejo, através dos conteúdos aqui vertidos, facultar instrumentos metodológicos e pedagógicos que possam ser utilizados em atividades de investigação e educação, assim como promover competências pessoais, fundadoras de uma cidadania mais ativa, participada e informada, para uma prevenção e gestão mais eficaz dos riscos, e em simultâneo capazes de promover os valores e princípios da sustentabilidade.

SÉRIE
RISCOS E CATÁSTROFES

Títulos Publicados:

- 1 *Terramoto de Lisboa de 1755. O que aprendemos 260 anos depois?*
- 2 *Sociologia do Risco;*
- 3 *Geografia, paisagem e riscos;*
- 4 *Geografia, cultura e riscos;*
- 5 *Alcáçache. 30 anos depois;*
- 6 *Riscos e crises. Da teoria à plena manifestação;*
- 8 *Catástrofes antrópicas. Uma aproximação integral;*
- 9 *Catástrofes mistas. Uma perspectiva ambiental.*

Tomos em preparação:

- 7 *Catástrofes naturais. Uma abordagem global;*
- 10 *Riscos inerentes à rotura de barragens de acumulação de rejeitos de mineração;*
- 11 *Contributos da Ciência para a Redução do Risco;*
- 12 *Contributos da Educação para a Redução do Risco;*
- 13 *Contributos da Formação para a Redução do Risco.*

(Página deixada propositadamente em branco)

I
IMPRENSA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
COIMBRA UNIVERSITY PRESS
U

RISCOS
E C A T Á S T R O F E S

1 2 9 0



UNIVERSIDADE D
COIMBRA