

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 Goncalves, 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)

RISCO DE EROSÃO QUÍMICA

RISK OF CHEMICAL EROSION

António Campar de Almeida

Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras
CEGOT, Universidade de Coimbra, Portugal
ORCID: 0000-0002-7616-4023 campar@ci.uc.pt

Sumário: Neste capítulo pretende-se mostrar o papel desempenhado pelos principais processos químicos que atuam sobre os componentes das rochas à superfície da crosta, criando assim uma camada mais ou menos espessa de produtos que são o sustentáculo dos solos e do rególito. Os processos abordados são a hidratação, a dissolução, a hidrólise, a oxidação e a redução. Foram também analisados alguns efeitos mais evidentes da ação destes processos quer na natureza quer em construções humanas. Problematisa-se a alteração que se verificará, em termos da generalidade dos processos químicos, na sequência das mudanças climáticas previstas.

Palavras-chave: Processos químicos, alteração dos minerais, rególito.

Abstract: This chapter explains the role played by the main chemical processes that act on the rocks' components at the surface of the crust, thus creating a fairly thick layer of products that are the support of the soils and the regolith. The processes in question are hydration, dissolution, hydrolysis, oxidation and reduction.

Some of the more evident effects of the action of these processes in both nature and human buildings were also analysed. The change in the chemical processes generally, following foreseen climatic changes, is discussed.

Keywords: Chemical processes, alteration of minerals, regolith.

Introdução

Todos os corpos líticos sofrem transformações internas ou primárias (Aires-Barros, 1991), ou seja de geodinâmica interna, quando se acham no seio da crosta terrestre, pelo facto de estarem sujeitos ao peso e movimento das massas rochosas suprajacentes e adjacentes, a que se junta a ação química da água interna e, eventualmente, de outros fluidos. Quando atingem a superfície da crosta, libertam-se do peso das massas rochosas, o que por si só vai ter implicações na sua meteorização, mas passam a estar sujeitas a outro conjunto de fatores, agora externos, provenientes da atmosfera e do coberto biológico, que promovem a sua alteração, agora dita secundária, meteórica ou deutéria (*idem, ibidem*), e fazem parte da geodinâmica externa.

As alterações meteóricas são, em regra, mais rápidas do que as internas e para além das físicas e biológicas, porventura as mais visíveis e notadas, delas fazem parte as alterações químicas de que nem sempre se dá conta por se registar muitas vezes fora da vista do observador ou então muito lentamente. Se à superfície dos afloramentos rochosos é possível verificar-se o resultado de alterações químicas, caso esses produtos não sejam lavados ou varridos pela água das chuvas e pelo vento, já ao nível do solo ou do rególito a ação química, em regra até mais intensa, está fora da observação direta das pessoas.

As variadas rochas, ou mais corretamente os seus constituintes mineralógicos, sofrem ataques químicos nem sempre do mesmo modo nem ao mesmo ritmo. Alguns minerais são bastante resistentes a qualquer transformação química enquanto outros são fácil e rapidamente transformados quando expostos aos fatores de meteorização atmosféricos ou do solo (Bermúdez, 1992). Segundo Aires-Barros (1991, p. 15),

a alteração química das rochas é função de fatores intrínsecos e extrínsecos. No primeiro caso entram a natureza do material e a fraturação e vazios que apresentam, ou seja da superfície exposta ao ataque; no segundo caso, a temperatura, o pH (potencial hidrogeniônico), o Eh (potencial de oxidação-redução), a quantidade de água e as forças bióticas. Quer isto dizer que composições semelhantes das rochas poderão sofrer alteração diferenciada em função da variação dos fatores externos, assim como iguais exposições podem dar alterações diferentes em resultado de composições mineralógicas diferenciadas.

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. É nela que se dissolvem os gases atmosféricos mais ativos nas reações químicas como o dióxido de carbono e o oxigénio (Aires-Barros, 1991). Mas é também ela, pela sua circulação e, assim, renovação dos reagentes e retirada dos produtos das reações, que vai mantendo os necessários desequilíbrios entre os reagentes nas superfícies dos minerais, de modo a permitir a continuidade e maior rapidez das reações nesses sítios (Bloom, 1998, p. 128).

A erosão química é um dos componentes do conjunto de transformações sofridas pelas rochas no sentido da sua desorganização e estabilidade à superfície da Terra e que em Geomorfologia se costuma denominar de meteorização. Esta pode ser definida como o conjunto de ajustamentos e mudanças sofridos pelas rochas quando sujeitas aos ambientes superficiais sem a pressão ou temperatura da crosta mais ou menos profunda onde se formaram (Foth, 1984).

Processos

Embora não se verifique sempre consenso entre os geomorfólogos ou geólogos, diversos processos têm sido considerados como fundamentais para a explicação das alterações químicas verificadas na parte superficial da crosta terrestre: hidratação, dissolução (carbonatação no caso dos carbonatos), hidrólise, oxidação e redução. Estes processos não atacam os minerais constituintes das rochas do mesmo modo,

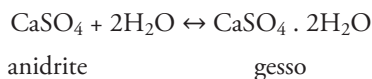
nem com igual intensidade, no entanto, em rochas polimineralógicas, como o granito, por exemplo, basta que um ou alguns dos minerais sejam atacados por um processo químico para que os outros se libertem e fiquem disponíveis para a ação de outros processos.

Hidratação

Hidratação é “o processo no qual um ião é rodeado por moléculas de água dispostas de uma determinada maneira” (Chang, 1994, p. 97). Esta maneira depende de as moléculas de água estarem a rodear um catião ou um anião: no primeiro caso aproximam-se pelo polo oxigénio, no segundo caso por um dos hidrogénios. A capacidade de adsorção dos catiões por parte das substâncias coloidais, como as argilas por exemplo, num solo, depende da valência do catião e do seu raio de hidratação: ficará mais fortemente agarrado se tiver maior valência e menor raio de hidratação (Foth, 1984). A chegada a um solo, por qualquer via, natural ou artificial, de igual quantidade de iões Ca^{2+} e Na^+ , o primeiro, com maior valência e menor raio de hidratação, ficará ligado ao complexo adsorvente em maior número do que o segundo que se manterá mais em solução, após ser atingido o novo equilíbrio do sistema.

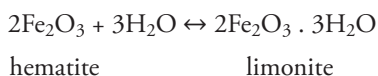
Alguns minerais argilosos, principalmente 2:1, ou seja de duas folhas de sílica para uma de alumínio, como a montmorilonite, também se hidratam com aumento de volume e desidratam com retração, após exsicação.

Mas ao nível de alguns minerais a sua hidratação também é importante por modificar as suas propriedades. A anidrite, sulfato de cálcio, quando se hidrata dá origem ao gesso, sulfato de cálcio hidratado, pela reação seguinte:



Com esta transformação química há um aumento de volume que se pode repercutir nas rochas encaixantes, alterando a sua disposição, dobrando-as ou fraturando-as mesmo.

Já com os óxidos de ferro, como a hematite por exemplo, ao hidratar-se passa a limonite e apenas muda de cor, do vermelho para o amarelo, sendo reversível a reação aquando da desidratação:



Como a hematite é um mineral bastante estável à superfície da crosta, logo dos menos meteorizáveis, a hidratação apenas se verifica à sua superfície (Aires-Barros, 1991).

Dissolução

Dissolução é o processo que leva à entrada em solução, sob a forma iónica, de componentes de substâncias sólidas num solvente que na superfície da crosta é, por norma, a água. A dissolução dos componentes pode ser total ou parcial, dependendo da sua solubilidade. Por exemplo o cloreto de sódio, NaCl, dissolve-se totalmente sob a forma de dois iões, Na⁺ e Cl⁻ (desde que a água não esteja sobressaturada), já o hidróxido de alumínio se dissolve em menor extensão, ou seja parcialmente, sendo por isso a reação reversível:



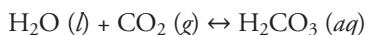
De igual modo, também a dissolução pode ser “*congruente, em que os componentes do sólido são igualmente solúveis e ocorrem na solução na mesma proporção como no sólido (ex. NaCl), ou incongruente se certos componentes solúveis vão para a solução e outros menos solúveis formam resíduos sólidos*”, ou seja, precipitados (Bloom, 1996, p. 128).

A solubilidade é a “*quantidade máxima de um soluto que pode ser dissolvida numa certa quantidade de solvente a uma dada temperatura*” (Chang, 1994, p. 98) e ajuda a saber se vai haver ou não precipitado quando se junta um composto a uma so-

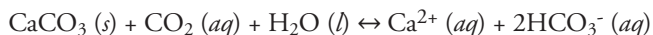
lução. Quando é fornecida a um solvente uma quantidade maior de soluto do que a sua solubilidade a solução fica sobressaturada e o excedente precipita, desde que se mantenham as condições iniciais do solvente. Ainda em termos de solubilidade e segundo Chang (1994, p. 99), todos os metais alcalinos (como o Li, o Na e o K), todos os compostos de amónio (NH_4^+) e todos os compostos com iões nitrato (NO_3^-), clorato (ClO_3^-), cloreto (Cl^-), brometo (Br^-) e iodeto (I^-), assim como a maioria dos sulfatos (SO_4^{2-}) são solúveis; a maioria dos hidróxidos (OH^-) e quase todos os carbonatos (CO_3^{2-}), fosfatos (PO_4^{3-}) e sulfuretos (S^{2-}), com exceção dos compostos de amónio e de metais alcalinos, são insolúveis.

A dissolução por vezes não é considerada um processo químico independente porque no decurso de outros processos resultam também substâncias em solução, como se verá.

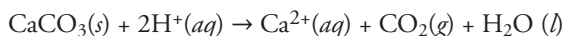
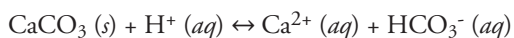
Os carbonatos, como acima referido, são praticamente insolúveis em água pura e isso acontece com o calcário, carbonato de cálcio (CaCO_3). Porém, na natureza a água contém sempre alguma substância dissolvida, que pode ser um gás com o qual contactou na sua descida na atmosfera, por exemplo, principalmente dióxido de carbono, tornando-se uma água ligeiramente ácida, pelo ácido carbónico gerado, segundo a reação seguinte:



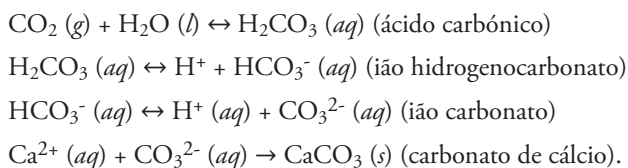
As águas meteóricas ao infiltrarem-se no solo ou no rególito passam por um ambiente, em regra, 10 a 1000 vezes mais rico em CO_2 do que a atmosfera livre (Bloom, 1998), graças à decomposição de matérias orgânicas, por exemplo, acidificando-se mais, o que lhe permite dissolver mais rapidamente o calcário se este estiver subjacente. A reação geral é (Chang, 1994):



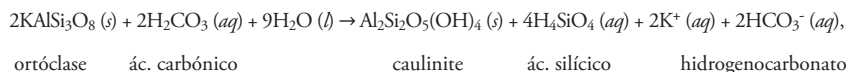
No entanto e na verdade, podem ocorrer em simultâneo outras reações (Dimuccio, 2014):



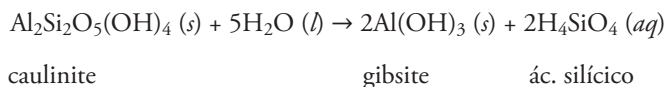
As transformações, desde a absorção pela água meteórica do dióxido de carbono na atmosfera ou no solo, até à recomposição do carbonato de cálcio, usando o ião cálcio entretanto libertado pelo ataque das rochas calcárias, como mostrado acima, podem sintetizar-se nesta sequência de reações (Carvalho, 2006, p. 117):



A hidrólise dos feldspatos manifesta-se, por regra, na produção final de argilas, daí poder ser denominada de argilização (Aires-Barros, 1991). Um dos exemplos pode ser representado pela ortóclase na reação seguinte (Bloom, 1998):



Apesar de bastante estáveis à superfície da crosta, as argilas podem sofrer sucessivas hidrólises com perdas sucessivas de cátions e de sílica, desde que sujeitas a cada vez maior lixiviação pela passagem da água, de tal modo que de argilas 2:1 como a illite e a montmorillonite, pode passar para caulinite, argila 1:1, e no final mesmo para a gibsite. Neste último caso pela reação (Bloom, 1998):

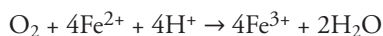


Este caso é praticamente exclusivo das regiões com clima equatorial.

Oxidação

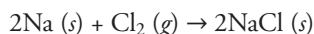
As reações de *oxidação* são caracterizadas por haver perda de eletrões por parte de um elemento químico, livre ou em compostos iónicos ou neutros, e que é o elemento oxidado. Em regra, a reação não se dá isolada mas juntamente com a redução em que há uma substância que recebe eletrões, daí se falar normalmente em reações de oxidação-redução ou redox.

Estas reações afetam muitos dos minerais constituintes das rochas, onde entram na sua composição metais como Al, Mg, Mn, Cr, Zn, Cu e outros, mas onde é mais manifestada a sua ação é naqueles que contêm ferro. Este em contacto com o oxigénio atmosférico ou dissolvido em água facilmente se oxida, passando do estado ferroso (número de oxidação 2⁺) para o férrico (número de oxidação 3⁺). A reação que traduz esta transformação é a seguinte (Kiely, 1999, p. 127):



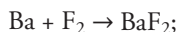
Com esta oxidação o ferro deixa de ter uma cor fria, acinzentada ou esverdeada, para adquirir uma cor quente, avermelhada ou amarelada, neste caso consoante estiver desidratado ou hidratado.

Para haver a oxidação nem sempre é necessária a presença do oxigénio, como acontece por exemplo com a formação do cloreto de sódio, a partir de um metal, Na, com um não-metal, Cl, na seguinte reação de combinação (Kiely, 1999, p. 129):



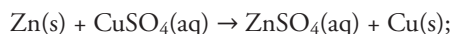
em que o Na é oxidado e o Cl é reduzido.

Ou então o fluoreto de bário pela reação:



onde o Ba é oxidado e o F é reduzido (Chang, 1994, p. 108).

Ou ainda a reação entre o zinco e o sulfato de cobre:



em que o zinco é oxidado e o cobre é reduzido.

Redução

A *redução*, reação em que uma espécie química recebe eletrões doados por outra que se oxida, normalmente ocorre juntamente com a oxidação, como referido acima, não adquirindo importância só por si. No entanto, na natureza há ambientes onde esta reação é favorecida em detrimento da oxidação. São ambientes onde escasseia o oxigénio, ou seja anaeróbios, e onde a matéria orgânica pode ser fermentada e libertar gás sulfídrico (H_2S) capaz de reduzir o ferro (III) em ferro (II), assim como certas bactérias que reduzem os sulfatos em sulfuretos (Aires-Barros, 1991; Ollier, 1969).

Efeitos

Muitos dos processos morfogenéticos, mais lentos ou mais rápidos, verificados à superfície da crosta terrestre, ou a pequena profundidade, têm muitas vezes por base a atuação de um ou mais do que um dos processos químicos descritos. Estes processos podem até ser relativamente lentos mas terem lugar há tempo suficiente para criar as condições propícias ao desencadear dos tais processos morfogenéticos. Um dos exemplos mais elucidativos é o do ataque profundo que a maior parte das rochas sofre, com especial incidência nas granitoides, em meio tropical húmido ou equatorial, através da ação da hidrólise e da oxidação-redução. O resultado é a formação de um rególito, em parte solo, que chega a atingir uma espessura de dezenas de metros, mesmo mais de cem metros, em superfícies aplanadas e vários metros em vertentes com florestas densas. É a chamada *superfície basal de alteração* ou *etch-plaine*, conceito apresentado por Julius Büdel em 1957 (Ferreira, 2005). Quando nas plataformas aplanadas das regiões tropicais húmidas, por desaparecimento da cobertura florestal, se criam as condições para uma incisão rápida de linhas de água, através da construção de barrancos, esta faz-se à custa do rególito preparado pela erosão química e pode aprofundar-se até à sua base. Em Bauru, Estado de S. Paulo, Brasil, uma voçoroca com cerca de 10 m de profundidade e 20 ou mais metros de largura formou-se na sequência da retirada de um bosque de cerrado nas cabeceiras de uma pequena bacia hidrográfica e da queda de cerca de 100 mm de precipitação numa manhã (fot. 1).

Nestes mesmos domínios climáticos são frequentes grandes deslizamentos em vertentes de áreas perfeitamente arborizadas, mas cujas árvores são incapazes de segurar uma grande espessura de materiais produzidos pela meteorização química, sempre que caem valores elevados de precipitação.

Sob clima temperado, como o subtropical seco ou mediterrâneo, atuam todos os processos de meteorização química como a hidrólise e a oxidação-redução em especial sobre os granitos, tão frequentes em Portugal, e onde criam rególitos de vários metros de espessura onde a rocha está mais fraturada e a erosão mecânica superficial é mais limitada. Por causa disso, há exemplos de algumas construções



Fot. 1 - Valeiro construído a partir de uma voçoroca em Bauru, S. Paulo, Brasil.

Photo 1 - Little valley formed from a gully in Bauru, S. Paulo, Brazil.

humanas entrarem em desequilíbrio ou mesmo em derrocada, onde essa realidade não foi tida em consideração no momento da abertura das respectivas fundações. Acresce que, sob este clima, as argilas formadas pela hidrólise dos feldspatos são maioritariamente 2:1, é a chamada bissialitização (Aires-Barros, 1991), passíveis de variarem de volume consoante são hidratadas ou desidratadas, o que também pode contribuir para uma certa instabilidade de qualquer infraestrutura que esteja sustentada sobre estes materiais.

Sob outra perspectiva, as regiões mais afetadas pela meteorização química são as calcárias. Como já foi referido acima, o carbonato de cálcio pode sofrer alguma dissolução pela água da chuva, graças à acidificação desta pelo dióxido de carbono existente na atmosfera, porém é no solo ou subsolo que a concentração deste gás é maior e, assim, o ataque mais intenso da rocha. Resulta daqui a formação das grutas e algares em profundidade que, regra geral, não são vistos à superfície. Mesmo com alguma espessura razoável, os tetos das grutas podem ser fragilizados por alargamento de fraturas já existentes ou pela simples dissolução do calcário a partir da

superfície, com a formação ou não de argilas, consoante a maior ou menor riqueza dos calcários em impurezas que podem ser minerais silicatados ou já argilas primárias. Não é invulgar o desabamento destes tetos em sítios aparentemente estáveis (Martins, 1949).

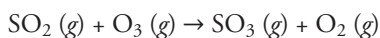
Fatores algo semelhantes parecem ter estado na recente derrocada registada na estrada junto a Borba e entre poços de pedreiras de exploração de mármore. As paredes dos poços pareciam mais ou menos intactas com os mármore à vista; porém o interior da rocha estava profundamente alterada por erosão química, com grande quantidade de argilas vermelhas, decerto o produto da atuação simultânea da dissolução do carbonato de cálcio dos mármore, da hidrólise dos silicatos misturados na rocha e oxidação do ferro que colora em vários tons aquela rocha (fot. 2). A grande riqueza em argilas, que se deduz da observação da fotografia, e que pelo clima sob o qual se desenvolveram, serão, decerto 2:1, ou seja, sujeitas a intumescerem com a sua hidratação e a retraírem com a exsicação. O facto de a estrada ter um piso em paralelepípedos, torna-a bastante filtrante, o que terá facilitado a longo prazo a transformação em argilas e a curto prazo a sua humectação com a posterior entrada em movimento.



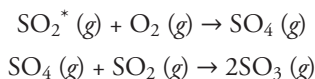
Fot. 2 - Desabamento nos mármore de Borba, 20/11/2018
(Fotografia de Nuno Veiga, Lusa).

Photo 2 - Collapse of the marbles of Borba, 20/11/2018
(Photo from Nuno Veiga, Lusa).

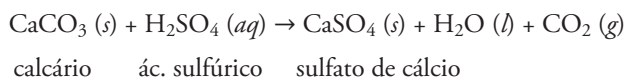
Um efeito muito importante da meteorização química é a exercida sobre obras de arte humanas, em especial se construídas por rochas facilmente solúveis por águas ácidas. Como já foi referido, a água da chuva sem poluentes é ligeiramente ácida e pouco ataca os calcários, por exemplo, mas se na atmosfera existirem gases poluentes que se dissolvam em concentrações razoáveis naquela água, esta pode ficar fortemente ácida e passa a ser conhecida por chuva ácida. Neste caso, as rochas carbonatadas e mesmo outras rochas com as quais foram construídos edifícios ou principalmente estátuas poderão ser atacadas à sua superfície. O dióxido de enxofre (SO₂), proveniente das indústrias, por exemplo centrais termoelétricas, mas também das erupções vulcânicas, e os óxidos de azoto, provenientes dos escapes dos automóveis, parecem ser os grandes responsáveis por esta acidificação da chuva. Segundo Chang (1994, 809-810) o SO₂ emitido para a atmosfera pode ser convertido em SO₃ pela reação com o ozono (O₃):



Ou então sofrer as seguintes reações, com o asterisco a significar a molécula excitada pelos raios solares:

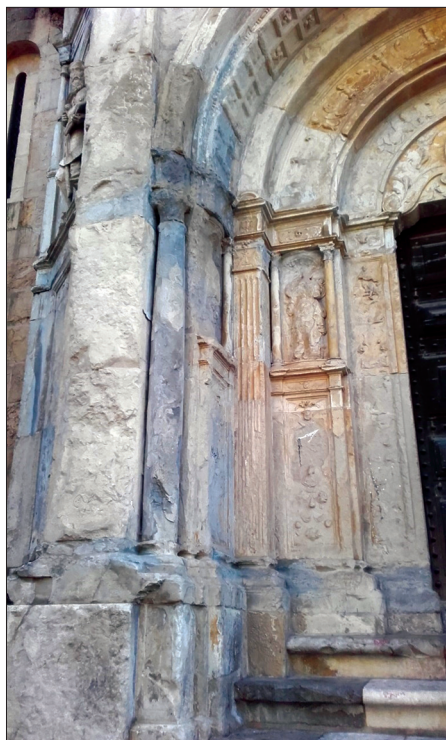


Com a água da chuva, estes dois últimos produtos são convertidos nos ácidos sulfúrico (H₂SO₄) e sulfuroso (H₂SO₃), respetivamente, os quais irão atacar o calcário, por exemplo, segundo a seguinte reação:



O calcário será tão mais facilmente atacado quanto mais poroso for, como acontece com o Calcário de Ançã, de que é feita grande parte da estatuária de Coimbra, como fachadas exteriores de monumentos antigos desta cidade. O caso mais grave em termos de destruição é o da Porta Especiosa da Sé Velha (fot. 3).

O concomitante aumento de CO₂ na baixa atmosfera, a um ritmo que ultrapassa qualquer subida natural expetável, tem-se traduzido em valores de concentração que



Fot. 3 - Porta Especiosa da Sé Velha, Coimbra, fortemente atacada pela erosão química.

***Photo 3** - Porta Especiosa [Beautiful Door] of the Old Cathedral, Coimbra, severely damaged by chemical erosion.*

já atingiu as 400 ppmv (partes por milhão em volume), quando antes da Revolução Industrial apenas registava cerca de 280 ppmv (Santos, 2006). Ou seja, este aumento da pressão parcial do dióxido de carbono no ar que, embora baixa, aumentou cerca de 40% em pouco mais de 200 anos, tem, decerto, um efeito importante na capacidade erosiva da água da chuva sobre os minerais das rochas mais suscetíveis à dissolução. A esta capacidade deve juntar-se o aumento paralelo de outros gases poluentes, já referidos, como o SO_2 e os óxidos de nitrogénio. O próprio aumento da temperatura média pode levar, também, ao aumento da velocidade da maioria das reações químicas. Pode até pensar-se que será vantajosa uma maior transformação dos minerais superficiais pela ação da água, que poderia proporcionar o fornecimento de maior quantidade de argilas e de sais dissolvidos para os solos e, portanto, a melhoria das condições de desenvolvimento da vegetação. No entanto, seria assim se não se verificasse uma simultânea destruição das florestas e outros ecossistemas naturais, pelos

incêndios, urbanizações, explorações mineiras, etc., que têm levado a uma diminuição dos ambientes onde se deveria verificar a potencial retenção desse aumento dos produtos das reações químicas. Desaparecendo as florestas desaparecem os solos e os sais minerais e as argilas vão alimentar os cursos de água que os arrastarão para o mar.

Conclusão

Variados são os processos químicos que, pouco a pouco e normalmente de modo discreto, vão alterando os constituintes minerais da superfície da crosta, algumas vezes denominada por “*epiderme da Terra*” (Tricart, 1962), constituída ou não por solo, que ajudam a compor, mas abalanzando-se também para o subsolo até onde chega a água meteórica, com capacidade ora reativa ora solvente. Significa que a quantidade de água caída em cada região do planeta é fundamental para explicar a maior ou menor importância da transformação dos minerais por esta via. Nas regiões áridas apenas se verificam alterações residuais, pelo contrário nas quentes e húmidas grande transformação química se verifica. Para além da tectónica, são os processos químicos que criam as condições de base para a movimentação de grandes quantidades de sedimentos, muitas vezes sob a forma de movimentos em massa, capazes de alterar rapidamente a morfologia de certos tramos da superfície terrestre.

Os produtos de alteração das rochas à superfície da crosta são constituídos ora pelos seus componentes mais resistentes à meteorização química, como o quartzo, por exemplo, ora pelos produtos residuais das reações químicas que se mostram bastante estáveis sob as condições bioclimáticas a que estão sujeitos, como é o caso das argilas ou de óxidos de ferro (III) e de óxidos de alumínio.

Um dos problemas a que a superfície da Terra está sujeita no futuro próximo, mesmo à escala humana, é o das mudanças climáticas que previsivelmente apontam para um aquecimento e modificações nas quedas pluviométricas, quer na quantidade quer na distribuição ao longo do ano. Estas alterações irão ter, decerto, significativa influência na intensidade e tipologia dos processos químicos futuros nas várias regiões do globo terrestre, apesar da aparente lentidão em que se verificam, pelo menos à escala humana.

Agradecimentos

Agradece-se à Prof.^a Doutora Maria Luísa Ramos, do Departamento de Química da Universidade de Coimbra, a leitura e correções pertinentes feitas ao texto.

Referências bibliográficas

- Aires-Barros, L. (1991). *Alteração e Alterabilidade de Rochas*. INIC, Lisboa.
- Bermúdez, F. López (1992). Geomorfología. In F. L. Bermúdez, J. M. Rubio Recio e J. M. Cuadrat. *Geografía Física*. Cátedra, Madrid, 17-227.
- Bloom, A. L. (1998). *Geomorphology. A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms*. 3rd ed., Prentice Hall, N. Jersey.
- Carvalho, A. M. G. (2006). *Geologia Sedimentar. Vol. III – Rochas sedimentares*. Âncora Editora, Lisboa.
- Chang, R. (1994). *Química*. 5^a ed. McGraw-Hill (Trad. de *Chemistry*, 5th ed).
- Dimuccio, L. A. (2014). *A carsificação nas colinas dolomíticas a sul de Coimbra (Portugal Centro-Occidental). Fácies deposicionais e controlos estratigráficos do (paleo)carso no Grupo de Coimbra (Jurássico Inferior)*. Universidade de Coimbra (Tese de doutoramento em Geologia).
- Ferreira, A. Brum (2005). Formas de relevo e dinâmica geomorfológica. In C. Alberto Me-deiros (dir.) e A. Brum Ferreira (coord.). *Geografia de Portugal. Vol. 1- Ambiente Físico*. Círculo de Leitores, Lisboa, 53-255.
- Foth, H. D. (1984). *Fundamentals of Soil Science*. 7th ed., John Wiley & Sons, N.Y.
- Kiely, G. (1999). *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. Mc Graw Hill, Madrid (Tradução de *Environmental Engineering*).
- Martins, A. Fernandes (1949). *Maciço Calcário Estremenho. Contribuição para um estudo de Geografia Física*. Coimbra.
- Ollier, C. D. (1969). *Weathering*. Oliver & Boyd, Edinburg.
- Santos, F. D. (2006). Problemática das Alterações Climáticas no Início do Século XXI. In F. D. Santos e P. Miranda (ed.) *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação*. Projecto SIAM II, Gradiva, Lisboa, 17-43.
- Tricart, J. (1962). *L'épiderme de la Terre: esquisse d'une géomorphologie appliquée*. Masson et Cie, Paris.

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 CATASTROFES

1290



UNIVERSIDADE D
COIMBRA