

**PRODUÇÃO DE CONTEÚDOS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS RELATIVOS
AOS RISCOS ASSOCIADOS ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, NO ÂMBITO
DA CANDIDATURA POSEUR-02-1708-FC-000049 - COMUNICAÇÃO E
SENSIBILIZAÇÃO EM CENÁRIOS DE RISCOS ASSOCIADOS ÀS
ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS**

1ª fase

Escala Internacional – Relatório Final

10 de dezembro de 2018

Versão 1

Promovido Por:



Elaborado por:



Ficha Técnica

Realização



Edifício IGOT
Rua Branca Edmée Marques
Cidade Universitária
1600-276 Lisboa

Portugal

Câmara Municipal de Setúbal
Praça de Bocage
2900-866 Setúbal

Centro de Estudos Geográficos – Instituto de Geografia e Ordenamento do Território – U Lisboa

Coordenação e Direção do Projeto	José Luís Zêzere, António Lopes
Equipa Técnica, Autores	António Lopes José Luís Zêzere Marcelo Fragoso João Vasconcelos Sandra Oliveira Sérgio Lopes Maria João Alcoforado Cláudia Reis

Índice

1.	INTRODUÇÃO	7
2.	RESPOSTA ÀS QUESTÕES-CHAVE DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA ESCALA INTERNACIONAL	9
2.1.	Questão 1: O planeta está mesmo a aquecer? Aquecimento Global é o mesmo que Alterações Climáticas? E as Alterações Climáticas já se fazem sentir?.....	9
2.2.	Questão 2: O que distingue a Variabilidade Climática (VC) das Alterações Climáticas (AC)?... 14	
2.3.	Questão 3: São as emissões antrópicas de Gases com Efeito de Estufa (GEE) as únicas responsáveis pelas alterações Climáticas, ou o causador é o efeito de estufa?	18
2.4.	Questão 4: Qual é o papel dos Oceanos no futuro da regulação dos climas? E o nível das águas do mar está a subir?	20
2.5.	Questão 5: Como estão a mudar os padrões de precipitação no Planeta?	23
2.6.	Questão 6: Como está a mudar a extensão de gelo e neve no Planeta?	25
2.7.	Questão 7: O que é que sabemos sobre as AC no passado?	27
2.8.	Questão 8: Quais são as fontes de dados que usamos para conhecer as AC nos últimos 1000 anos? 30	
2.9.	Questão 9: O que são Cenários e Projeções Climáticas? Os Cenários e as Projeções Climáticas são previsões do clima?.....	33
2.10.	Questão 10: Quais são as consequências das AC nos Ecossistemas?	35
2.11.	Questão 11: Quais são as consequências das Alterações Climáticas na saúde humana?	37
2.12.	Questão 12: Como serão as cidades do futuro com as AC?	39
2.13.	Questão 13: Estão os desastres naturais a aumentar com as AC?	41
2.14.	Questão 14: As ondas de calor vão ser mais intensas e prolongadas?.....	43
2.15.	Questão 15: Serão as inundações urbanas mais intensas e frequentes com as AC?	45
2.16.	Questão 16: Vai aumentar o risco de incêndio com as Alterações Climáticas?	47
3.	Bibliografia	49

Índice de Figuras

FIGURA 1 - EVIDÊNCIAS DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM CURSO (IPCC 2013).	10
FIGURA 2 – VARIAÇÃO DO NÍVEL DO MAR PASSADA, PRESENTE E FUTURA (IPCC 2013).	11
FIGURA 3 – ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E VARIABILIDADE NATURAL DOS CLIMAS.....	16
FIGURA 4 – FASES POSITIVA E NEGATIVA DA NAO (<i>NORTH ATLANTIC OSCILLATION</i>) E RESPECTIVOS TIPOS DE TEMPO PREDOMINANTES.	16
FIGURA 5 – O EFEITO DE ESTUFA NATURAL NA TERRA. FONTE: IPCC (2014)	18
FIGURA 6 – CONCENTRAÇÕES DE GEE NOS ÚLTIMOS 2000 ANOS (À ESQUERDA) E TEMPERATURAS DA ATMOSFERA TERRESTRE (À DIREITA) NOS ÚLTIMOS 1000 ANOS. FONTE: IPCC, 2013.	19
FIGURA 7 – SUBIDA DO NÍVEL DAS ÁGUAS DO MAR DESDE O INÍCIO DO SÉCULO XX (FONTE: HANZEN ET AL., 2016).....	22
FIGURA 8 – ALTERAÇÕES NOS PADRÕES MÉDIOS DE PRECIPITAÇÃO (1986 – 2005 NA FIGURA À ESQUERDA E 2081-2100 NA FIGURA À DIREITA). FONTE: IPCC, 2013	24
FIGURA 9 – DISTRIBUIÇÃO DA PERDA DE GELO NA ANTÁRTIDA (A) E NA GRONELÂNDIA (B), EM CM DE ÁGUA POR ANO NO PERÍODO DE 2003 A 2012. FONTE: IPCC, 2013.	25
FIGURA 10 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE MANCHAS SOLARES NA TERRA NOS ÚLTIMOS 400 ANOS E A CORRESPONDÊNCIA COM A TEMPERATURA DA ATMOSFERA. FONTE: EVANS (2016).....	27
FIGURA 11 – FONTES DE INFORMAÇÃO PARA A RECONSTRUÇÃO DOS CLIMAS DO PASSADO, DE ACORDO COM TABORDA ET AL. (2004).....	30
FIGURA 12 – UMA CHEIA DO RIO MONDEGO, EM COIMBRA, EM 24 DE FEVEREIRO DE 1788. A CHEIA DESTRUIU 3 ARCOS DA PONTE (1) E INUNDOU A BAIXA DA CIDADE (2 E 3). RECONSTRUÇÃO FEITA SOBRE UMA GRAVURA PUBLICADA EM CIVITATES ORBIS TERRARUM EM 1598 (FRAGOSO, 2015).	32
FIGURA 13 – BALANÇO RADIATIVO DO SISTEMA TERRA/ATMOSFERA. OS FLUXOS REPRESENTAM AS ENTRADAS E SAÍDAS DE RADIÇÃO SOLAR (DO LADO ESQUERDO DA FIGURA) E EMISSÕES INFRAVERMELHAS (À DIREITA), QUE CONSTITUEM O BALANÇO RADIATIVO. NO MEIO, AS TROCAS DE CALOR SENSÍVEL E LATENTE QUE COMPENSAM O SUPERAVIT GLOBAL E QUE PERMITE QUE O SISTEMA SE MANTENHA EM EQUILÍBRIO. FONTE IPCC (2013)	34
FIGURA 14 – SENSIBILIDADE ECOLÓGICA: PERCENTAGEM DE PAISAGENS ONDE SE ESPERAM MUDANÇAS NAS ESPÉCIES VEGETAIS E ANIMAIS DEVIDO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS INDUZIDAS PELO HOMEM ATÉ 2100. FONTE: HTTPS://CLIMATE.NASA.GOV/NEWS/645/CLIMATE-CHANGE-MAY-BRING-BIG-ECOSYSTEM-CHANGES/	35
FIGURA 15 – PRINCIPAIS IMPACTES CLIMÁTICOS NA SAÚDE HUMANA.....	38
FIGURA 16 – PRINCIPAIS CAUSAS DAS ILHAS URBANAS DE CALOR (FONTE:???)=	39
FIGURA 17 – ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E DOS EFEITOS DO FENÓMENO “ILHA DE CALOR” QUE DEVERÃO SER IMPLEMENTADAS NAS ÁREAS URBANAS: A) REDUÇÃO DO CALOR RESIDUAL E DAS EMISSÕES	

DE GASES DE EFEITO ESTUFA ATRAVÉS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, DO CONDICIONAMENTO AO TRANSPORTE INDIVIDUAL E DO AUMENTO DOS CAMINHOS PEDONAIS E VIAS CICLÁVEIS; B) MODIFICAÇÃO DA FORMA E DA DISPOSIÇÃO/CONFIGURAÇÃO DOS EDIFÍCIOS E DOS BAIRROS; C) USO DE MATERIAIS ENERGETICAMENTE EFICIENTES, RESISTENTES AO CALOR E DE REVESTIMENTOS DE SUPERFÍCIE QUE REFLETEM EM GRANDE QUANTIDADE A RADIAÇÃO SOLAR; D) AUMENTO DA COBERTURA VEGETAL. FONTE: URBAN CLIMATE LAB, NEW YORK INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2015.	40
FIGURA 18 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE CATÁSTROFES NATURAIS NO MUNDO ENTRE 1980 E 2017 (FONTE: NATCATSERVICE, MUNICH RE).	42
FIGURA 19 – EVENTOS EXTREMOS LIGADOS AO CALOR.	44
FIGURA 20 – VENEZA, EM NOVEMBRO DE 2012 (À ESQUERDA) E BOSTON, EM JANEIRO DE 2018 (À DIREITA), SÃO CIDADES NORMALMENTE INUNDADAS TANTO PELAS ÁGUAS FLUVIAIS COMO PELAS ÁGUAS OCEÂNICAS. A LEGENDA DO JORNAL “THE GUARDIAN” DIZ: FLOODING FROM HIGH TIDES HAS DOUBLED IN THE US IN JUST 30 YEARS. FONTE: WWW.THEGUARDIAN.COM.	46
FIGURA 21 – RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL NA EUROPA. FONTE: EPA, 2017.	48

1. INTRODUÇÃO

A equipa do Centro de Estudos Geográficos – Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (CEG-IGOT-ULisboa) tem a incumbência de produzir conteúdos técnicos e científicos relativos aos riscos associados às alterações climáticas, no âmbito da candidatura POSEUR-02-1708-FC-000049 - comunicação e sensibilização em cenários de riscos associados às alterações climáticas. Neste contexto, a partir da informação de referência para a identificação de cenários plausíveis, serão consideradas as seguintes escalas:

- a) Internacional;
- b) Portugal;
- c) Concelho de Setúbal (subunidades geográficas Sado e Arrábida).

O relatório preliminar que agora se apresenta é um documento metodológico que diz respeito à escala global, sendo consubstanciado em fontes oficiais, que incluem dados e resultados de estudos científicos de carácter nacional (e.g. dados do Portal do Clima), europeu (e.g. *European Environment Agency*, EU-JRC Joint Research Centre) e mundial (e.g. IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*). Adicionalmente, são considerados documentos de referência internacionais e nacionais, de entre os quais se destacam: “*United Nations Framework Convention on Climate Change*” (UNFCC), “*United Nations Environment Programme*” (UNEP), “*European Climate Adaptation Platform*” (ECAP), Quadro Estratégico da Política Climática (QEPiC), Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), Estratégia Nacional para a Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAAC), Plano Metropolitano para a Adaptação às Alterações Climáticas na área Metropolitana de Lisboa (PMAAC-AML), documentos de referência do Programa Cidades Resilientes (UNISDR) e “*Euro-Mediterranean Center on Climate Change*” (CMCC).

A abordagem metodológica utilizada tem em consideração os objetivos de comunicação e sensibilização dos riscos associados às Alterações Climáticas no Município de Setúbal, destinadas a um público diversificado e heterogéneo, tipicamente não familiarizado com as questões mais técnicas do assunto. Deste modo, pretendeu-se produzir um documento que seja facilmente compreensível, não prescindindo de rigor científico e da atualidade ditada pela investigação do Estado-da-Arte na matéria.

Neste contexto, considerou-se que a abordagem adequada deve passar pelo estabelecimento, e posterior resposta, de um conjunto de questões-chave que cobrem os grandes temas da discussão atual sobre Alterações Climáticas na escala internacional, a saber:

- a) Os Conceitos; a Ciência e as Evidências das Alterações Climáticas;
- b) Os Métodos de Estudo;
- c) Os Riscos e Impactes nas Sociedades Humanas e nos Ecossistemas;
- d) As Soluções: Mitigação e Medidas de Adaptação das Sociedades.

Na secção 2 são apresentadas 16 questões-chave, cujas respostas permitem consubstanciar o conhecimento científico atual sobre Alterações Climáticas e suas grandes consequências na escala internacional.

2. RESPOSTA ÀS QUESTÕES-CHAVE DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA ESCALA INTERNACIONAL

2.1. Questão 1: O planeta está mesmo a aquecer? Aquecimento Global é o mesmo que Alterações Climáticas? E as Alterações Climáticas já se fazem sentir?

Poderá parecer estranho tantas perguntas no início deste pequeno texto, mas este é o espírito maior do método científico: observar, questionar, elaborar hipóteses que nos permitam ter algumas certezas e demonstrar que estamos no caminho certo, até se desenvolver novo conhecimento científico que ponha em causa as ideias ou, muito frequentemente, as confirmem como certas. É assim que a ciência se constrói desde que as sociedades modernas fizeram luz no conhecimento.

Quanto à primeira pergunta a resposta é cabal: SIM! As três últimas décadas foram sucessivamente as mais quentes desde que há registos climáticos regulares, ou seja, obtidos através de observações em estações meteorológicas desde 1850. O período entre 1983 e 2012 (normal de 30 anos) foi o mais quente dos últimos 1400 anos no Hemisfério Norte. A média das temperaturas globais dos oceanos e da superfície terrestre mostram um aquecimento de cerca de 0,85°C entre 1880 e 2012 (IPCC, 2013).

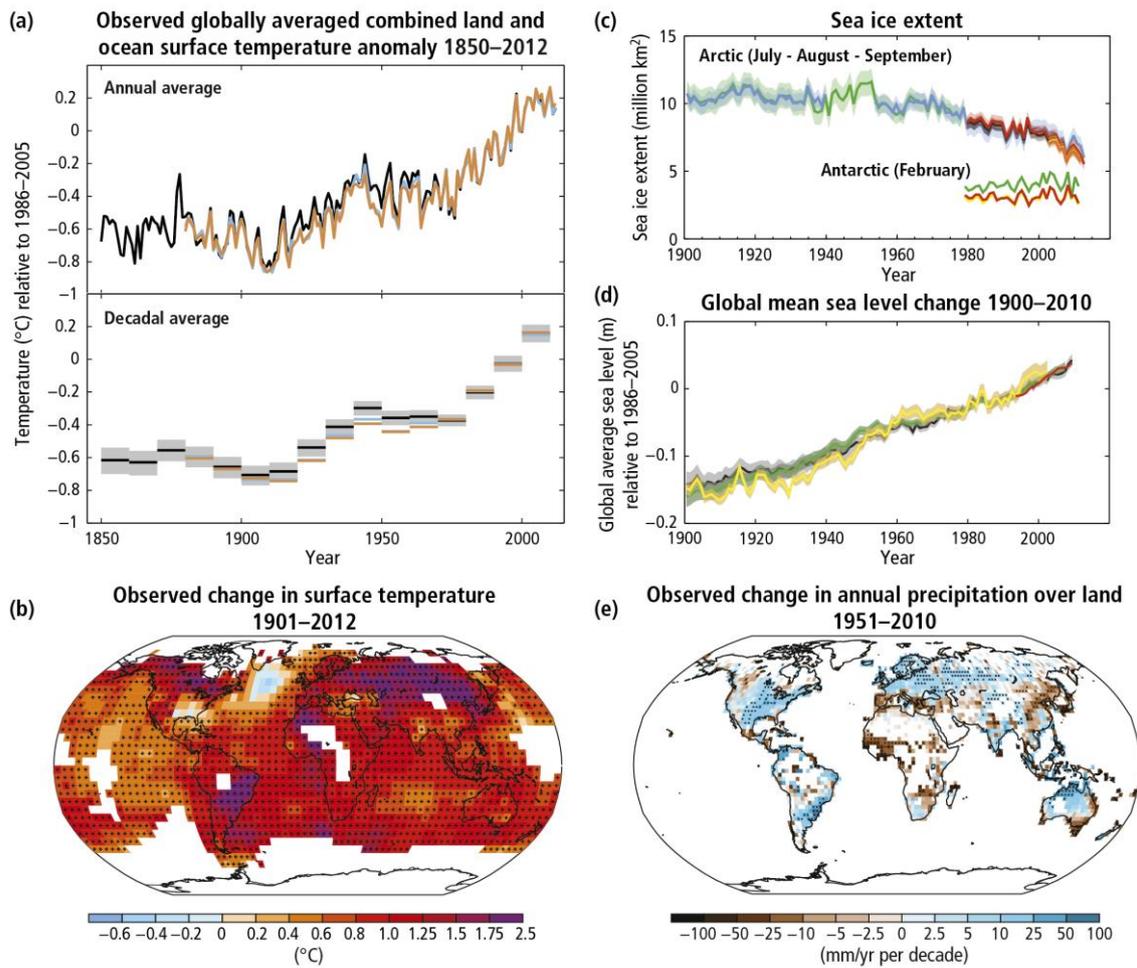


Figura 1 - Evidências de Alterações Climáticas em curso (IPCC 2013).

Fonte: <http://www.ipcc.ch/report/graphics/>

Para além disso, entre 1900 e 2000, os oceanos do planeta subiram cerca de 14 cm, a uma média anual de 1,4 mm em cada ano (climadpta.local.pt), ao mesmo tempo que as grandes massas de gelo e neve se têm fundido a ritmos assustadores.

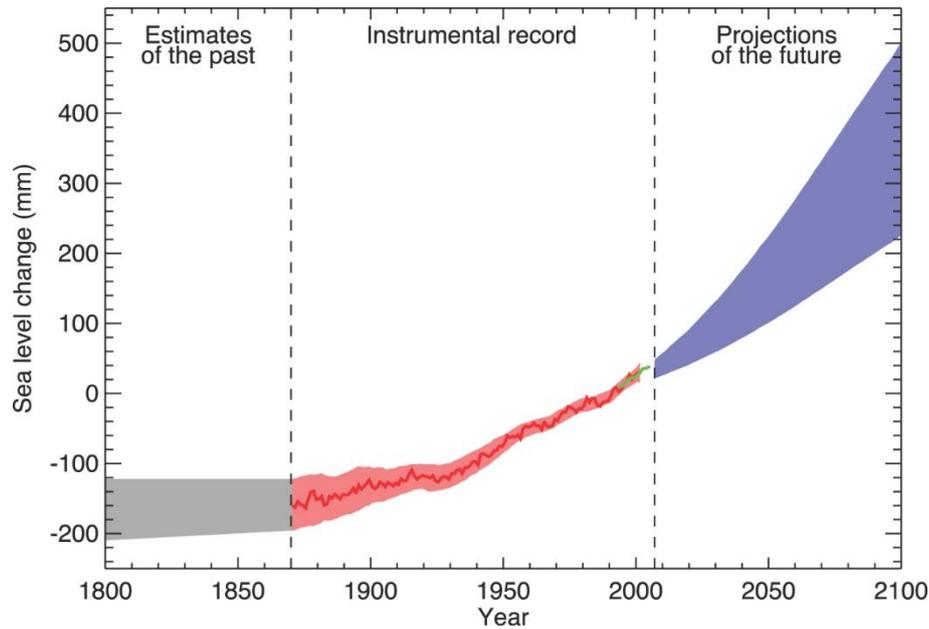


Figura 2 – Variação do nível do mar passada, presente e futura (IPCC 2013).

Fonte: <http://www.ipcc.ch/report/graphics>

Quanto à segunda pergunta: NÃO! Apesar de serem conceitos que normalmente andam de mãos dadas, eles são distintos: O aquecimento global é o fenômeno que acabamos de descrever, ou seja, o aumento progressivo das temperaturas dos oceanos e da superfície terrestre, representados por uma tendência observada. E algumas das consequências no Hemisfério Norte já se fazem sentir: o período mais quente do ano está mais extenso, com repercussões no período de crescimento das plantas. Por exemplo, no Japão, a floração de algumas espécies ocorre, em média, cinco dias mais cedo em relação ao período pré-industrial e nas latitudes muito elevadas algumas espécies chegam a florir 15 dias antes do que seria esperado. Com o aquecimento em certas regiões, novas espécies invasoras surgem (mosquitos, aves, etc.), aproveitando territórios onde eram até então desconhecidos.

As Alterações Climáticas são modificações dos climas da Terra ao longo do tempo, tanto devido a causas naturais, como às atividades humanas. Como se verá mais adiante (Questão 2), a ação antrópica (do Homem) direta ou indireta, como causa

única destas modificações, ainda divide as instituições internacionais. Robert Henson (2006) conta-nos um pouco da história desta designação e porque o papel do Homem neste processo tem sido tão valorizado. Nos anos 80 do século XX, altura da criação do IPCC, o termo *Global Warming (without the “a” in the front*, como refere aquele autor), ou Aquecimento Global, ganhou algum destaque junto da comunidade científica. Mas emergiu também a designação de *Global Change* (com o significado de ¹Mudanças Ambientais Globais), como forma de abarcar todos os modos de alterações ambientais provocadas pelas atividades humanas e que alteram as componentes do sistema climático (a hidrosfera, a litosfera, a biosfera, a criosfera e a atmosfera). É claro que o planeta está a aquecer, mas muitos cientistas preferiram o segundo termo, ao primeiro, com o receio que a público em geral interpretasse incorretamente que esse aquecimento se dava em todo o planeta, o que não é correto, porque nalguns locais até pode não ser esse o padrão e ocorrer o inverso. Sobretudo alguns analistas e consultores norte americanos, afirmavam aos seus clientes que “alterações globais” seria visto como menos drástico do que aquecimento global. Mas por outro lado, o “aquecimento global” iria atrair muito mais as atenções do grande público do que “alterações globais”, levando a que muitos ativistas preferissem a primeira designação, pelo carácter mais impactante do envolvimento humano. Resumindo, não são sinónimos, mas conjuntamente identificam um planeta em grande mudança desde o último período glaciário, cujo pico máximo ocorreu há cerca de 20 mil anos.

Concluindo, para o grande público, a expressão ‘aquecimento global’ é incorretamente considerada sinónimo de ‘alterações climáticas’, porque há mais informações sobre a temperatura, embora as séries temporais de outros elementos climáticos estejam a ser estudadas (particularmente a precipitação). Mas ainda subsistem muitas incertezas.

¹ *Intergovernmental Panel on Climate Change* (ver Questão 2)

Quanto à terceira pergunta: SIM! Como já se depreendeu do texto anterior, as Alterações Climáticas já se fazem sentir e não devemos estar descansados só porque alguns dizem que “as Alterações Climáticas vão acontecer no futuro e só daqui a muitos anos”. Esta é uma falsa ideia. As Alterações Climáticas são um problema atual e em curso, que exige respostas imediatas. Os custos da inação - ou seja, se não quisermos enfrentar os problemas a um nível global, são enormes. Um estudo recente do Banco Mundial, aponta um custo anual 520 biliões² de US dólares decorrente dos eventos extremos, afetando aspetos tão diferenciados como a água que necessitamos, a saúde, a agricultura, a segurança, os ecossistemas, as migrações, energia, etc., enfim, em tantos sectores, que a sociedade como a conhecemos atualmente poderia entrar em colapso. Sem intervenções urgentes, os impactos das alterações climáticas podem empurrar para a pobreza mais 100 milhões de pessoas até 2030.

² O “bilião americano” é diferente do Europeu e corresponde aquele que é usado na finança, com 9 zeros.

2.2. Questão 2: O que distingue a Variabilidade Climática (VC) das Alterações Climáticas (AC)?

Esta é uma das questões centrais no debate sobre AC: se, por um lado, a variabilidade natural do clima é a variação temporal dos elementos do clima (temperatura, precipitação, vento, etc.), que caracterizam o sistema atmosfera/oceano, em torno de um estado médio, em várias escalas espaciais e temporais, normalmente não relacionada com as atividades humanas (AMS Glossary³), a alteração climática é uma mudança persistente nesses elementos, normalmente em períodos superiores a várias décadas. O IPCC⁴, refere que esta mudança permanente do clima pode ser identificada através de testes aos parâmetros estatísticos dos valores (médios e análise de valores extremos e variabilidade), cuja tendência seja estatisticamente significativa durante um longo período de tempo, tipicamente várias décadas, quer devido à variabilidade natural, quer devido às atividades humanas. No entanto, esta definição difere ligeiramente de outra apresentada pela Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (*United Nations Framework Convention on Climate Change* - UNFCCC⁵),

³ http://glossary.ametsoc.org/wiki/Main_Page

⁴ IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*, ou Painel Intergovernamental das Alterações Climáticas é uma instituição científica-política que coordena os estudos das alterações Climáticas a nível global. Foi criado pela ONU (Organização das Nações Unidas) em 1988, no seio do UNEP (Programa das Nações Unidas para o Ambiente) e pela Organização Meteorológica Mundial (WMO). A sua finalidade é a de juntar a comunidade científica internacional e todos os estudos que esta produz e preparar os relatórios sobre o estado do clima mundial e as AC, produzindo regularmente relatórios (técnicos, científicos e sumários para *policymakers*, ou membros de governos, decisores e legisladores), com propostas para a mitigação e a adaptação humana às AC. Os últimos relatórios mais importantes foram: O 5º Relatório (2013) e o recente *Global Warming of 1.5°C* (2018).

⁵ As Partes (países subscritores da convenção, que acordaram em estabilizar as concentrações de gases com efeito de estufa a um nível que evite por em perigo o sistema climático Terra/Atmosfera. O artigo 3º da convenção enuncia os seus princípios: a) os Estados têm

que refere que Alteração Climática é uma mudança permanente dos elementos climáticos, devida direta ou indiretamente às atividades humanas, que alteram a composição global da atmosfera e implicitamente à variabilidade natural do clima. Como se vê, as instituições internacionais ainda não se puseram totalmente de acordo quanto às definições e ao papel do homem nas AC globais.

Para a maior parte dos cientistas, quando se fala de variabilidade climática descrevem-se os processos naturais (não antropogénicos) não permanentes que afetam a atmosfera: por exemplo, a Oscilação do Atlântico Norte (*North Atlantic Oscillation* - NAO) é uma anomalia nos campos de pressão atmosférica ao nível do mar que ocorre entre a Islândia e os Açores. A fase positiva da NAO está normalmente associada a temperaturas acima do normal e mais chuva na costa leste dos Estados Unidos e no norte da Europa, enquanto no sul da Europa o clima se mantém mais frio e seco. Os padrões opostos ocorrem durante a fase negativa da NAO: sul da Europa mais quente e húmido e o norte mais frio e seco. A periodicidade deste padrão atmosférico é muito irregular.

responsabilidades comuns mas podem ser diferenciadas; b) o Princípio da Precaução; c) que os países em desenvolvimento, em particular dos países mais vulneráveis, podem ter necessidades especiais de desenvolvimento; d) o direito ao desenvolvimento dos estados; e) a não interferência com o sistema de comércio internacional (Agencia Portuguesa do Ambiente, <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=119&sub3ref=494>).

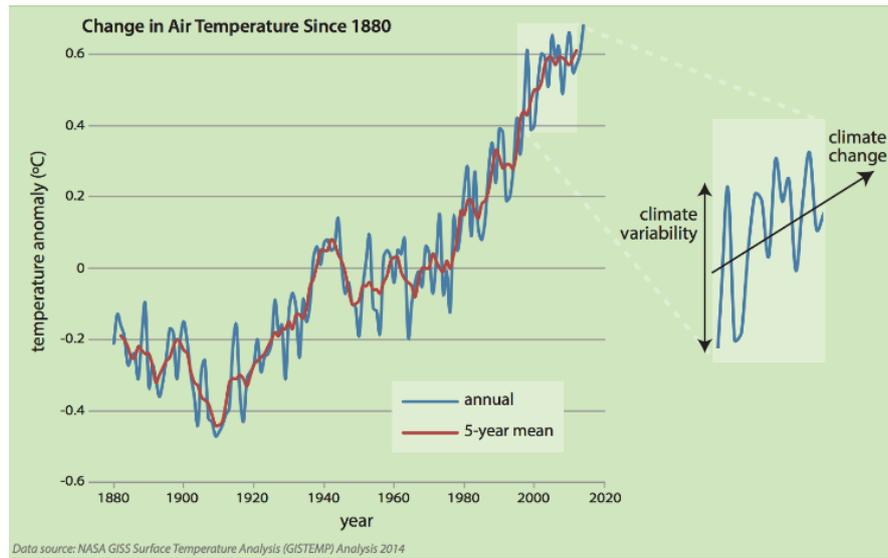
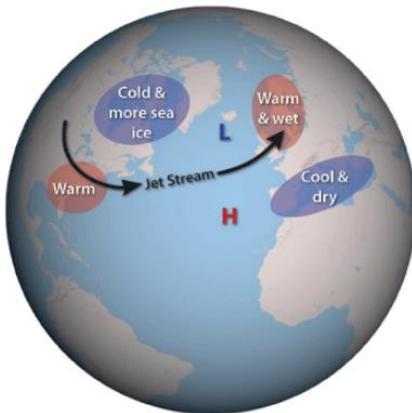


Figura 3 – Alterações Climáticas e variabilidade natural dos climas.

Fonte: <https://scied.ucar.edu/learn/climate-variability>

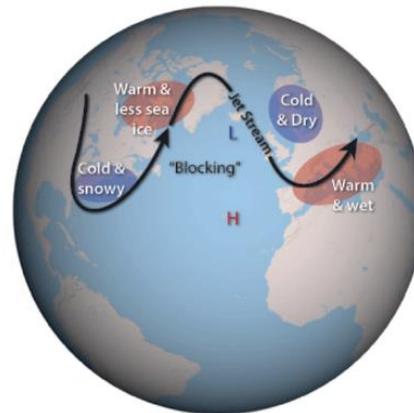
Positive NAO phase

In this scenario, mild, stormy and wet winter conditions are more likely in northern Europe and eastern US.



Negative NAO phase

In this scenario, Europe and eastern US are more likely to experience cold, calm and dry winters.



© Crown Copyright. 2016, Met Office

Figura 4 – Fases positiva e negativa da NAO (*North Atlantic Oscillation*) e respetivos tipos de tempo predominantes.

Fonte: <https://www.metoffice.gov.uk/learning/seasons/winter/factors-that-influence-uk-winters>

O Pacífico Equatorial também tem um padrão de variabilidade conhecido como ENSO (*El Niño Southern Oscillation*), com flutuações com variações da temperatura da água do mar a alternarem tipicamente entre uma fase quente (El Niño) e fria (La Niña). Este modo de variabilidade, onde interagem muitas componentes oceânicas e atmosféricas (as temperaturas do ar e dos oceanos, o *upwelling costeiro*, os ventos alísios e as grandes células atmosféricas equatoriais), apesar de muito irregulares ocorrem periodicamente entre 2 e 7 anos e durante 9 a 12 meses (mas podendo prolongar-se muito para além desse tempo). Mas uma coisa é certa: tanto a NAO, como o ENSO, como outros modos de variabilidade, são oscilações que vão e vêm, conforme a circulação atmosférica global vai ditando, enquanto as Alterações Climáticas têm ocorrido de uma forma consistente, permanente e contínua desde a revolução industrial. Ou seja, o aumento da temperatura é crescente, assim como os padrões de precipitação se têm alterado consistentemente. Por exemplo, nos últimos anos a tendência no Mediterrâneo é para uma diminuição da chuva e as projeções climáticas ajudam-nos a esclarecer o futuro: menos chuva, mas que cairá de uma forma mais intensa no sul da Europa. E as cidades como se adaptarão a esta realidade? (ver Questão 12)

2.3. Questão 3: São as emissões antrópicas de Gases com Efeito de Estufa (GEE) as únicas responsáveis pelas alterações Climáticas, ou o causador é o efeito de estufa?

O efeito de estufa é um processo natural que faz com que a temperatura da atmosfera terrestre se mantenha constante, em cerca de 15°C, e superior aquela que existiria sem esse efeito. Sem ele a vida na Terra como nós a conhecemos, não poderia existir. Este efeito ocorre porque a atmosfera terrestre (constituída sobretudo por azoto e oxigénio) deixa passar grande parte da radiação de pequeno comprimento de onda emitida pelo Sol. Mas outros gases (conhecidos por Gases com Efeito de Estufa – GEE) que existem em muito menor quantidade (dióxido de carbono, metano, vapor de água, etc.) absorvem a radiação infravermelha emitida pelas superfícies. A radiação absorvida por estes gases é reemitida em todas as direções e alguma dela é reenviada novamente para a superfície da Terra. Desta forma, o calor parcialmente retido permite que o Planeta se encontre em equilíbrio térmico. Mas o agravamento do efeito estufa devido às emissões antrópicas de GEE tende a provocar desequilíbrios no balanço térmico da Terra.

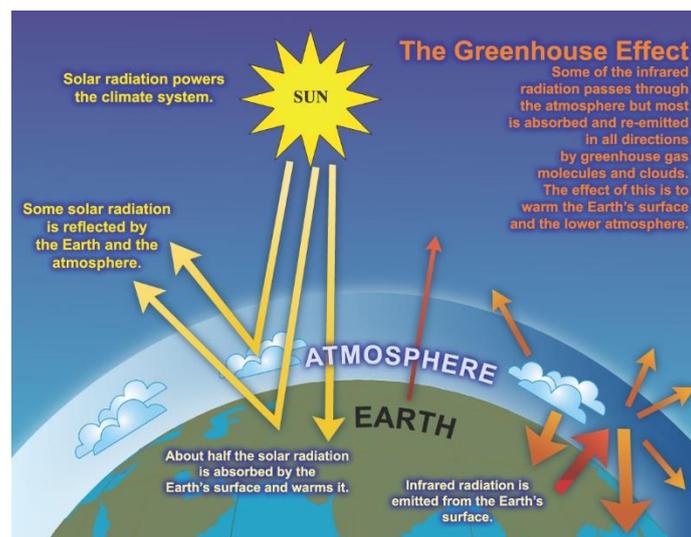


Figura 5 – O efeito de estufa natural na Terra. Fonte: IPCC (2014)

O que sabemos, com alguma certeza, é que existe uma relação forte entre as emissões de GEE e o aquecimento global. Também parece certo que, se nada for feito para reverter a situação atual em termos de poluição automóvel e industrial, a concentração desses gases na atmosfera continuará a subir e, por conseguinte, a temperatura irá continuar a aumentar.

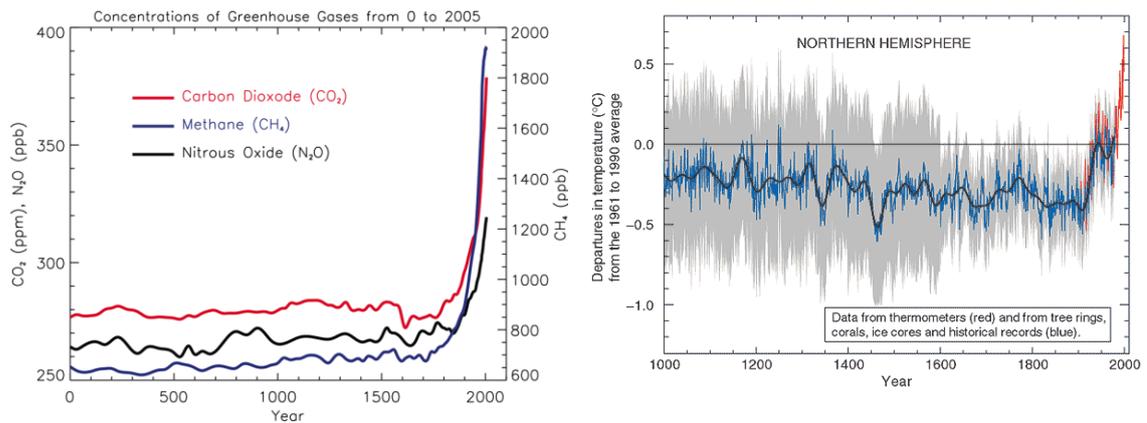


Figura 6 – Concentrações de GEE nos últimos 2000 anos (à esquerda) e temperaturas da atmosfera terrestre (à direita) nos últimos 1000 anos. Fonte: IPCC, 2013.

2.4. Questão 4: Qual é o papel dos Oceanos no futuro da regulação dos climas? E o nível das águas do mar está a subir?

Os oceanos que cobrem cerca de 71% do planeta, são fundamentais para manter o equilíbrio do sistema climático. Transferem energia das regiões equatoriais para os polos através das correntes marítimas, regulam a temperatura da atmosfera e são importantes sequestradores do CO₂ atmosférico. Para além disso, contêm uma grande quantidade de nutrientes e biomassa animal e vegetal que alimenta, através da cadeia trófica, uma miríade de outros seres vivos. Percebe-se assim que qualquer alteração na temperatura, na salinidade, na acidez, etc. da água pode modificar os climas da terra, especialmente das regiões banhadas pelos oceanos e pelos mares. Nos últimos anos, a modificação da composição da água através de efluentes, limpezas dos tanques dos grandes petroleiros e mais recentemente pelo plástico acumulado em grandes correntes que giram no Atlântico, no Pacífico e no Índico, são problemas que urge resolver.

Sim, o nível do mar está a subir e a uma taxa cada vez maior. A subida do nível do mar deve-se essencialmente a duas razões: A 1ª razão prende-se com a expansão térmica, que acompanha o aumento da temperatura que se está a verificar na água do mar. A 2ª razão prende-se com o degelo dos glaciares. Os glaciares e os mares permanentemente gelados estão a derreter devido ao aumento da temperatura e, por esta via, fornecem água líquida que incrementa o volume do oceano. Uma 3ª razão para a subida do nível do mar, muito menos importante do que as duas anteriores, é a diminuição da água armazenada nos continentes (aquíferos, lagos, rios, humidade do solo), essencialmente por consumo humano, que, tem sido transferida dos aquíferos para os oceanos.

Desde o final do século XX são conhecidos indícios do aquecimento das águas oceânicas até pelo menos 1000 metros de profundidade, sendo que nos 300 metros mais superficiais o aquecimento pode atingir até 0,3°C. Como a água se dilata

quando aquece, o aumento da temperatura traduz-se em cerca de 25 cm de subida do nível do mar.

Desde 1970 até à última década a fusão dos gelos e a expansão térmica oceânica contribuíram de modo mais ou menos equivalente para a subida do nível do mar. Contudo, a fusão dos glaciares e dos mares gelados acelerou imenso na última década e a sua contribuição para a subida do nível do mar duplicou, em comparação com o papel da expansão térmica.

O calor proveniente da atmosfera e absorvido pelos oceanos nas últimas décadas vai demorar muito tempo a libertar-se novamente. Mesmo que a emissão de gases que produzem efeito de estufa regredisse para os valores pré-industriais, o calor retido nos oceanos demoraria muitas décadas (talvez 100 anos?) a abandonar o sistema climático.

Com o aquecimento continuado da atmosfera e dos oceanos, o nível do mar deverá continuar a subir durante os próximos séculos, a taxas mais elevadas do que as observadas até agora, desde o início do século XX. Esta situação coloca problemas muito sérios, que incluem o desaparecimento de muitas ilhas atualmente habitadas. Para além disso, mais de metade da população mundial vive a menos de 100 km da costa e oito das dez maiores cidades do mundo situam-se junto ao litoral, onde a subida do nível do mar contribui para o incremento das inundações costeiras, erosão do litoral (arenoso e rochoso) e aumento das tempestades oceânicas.

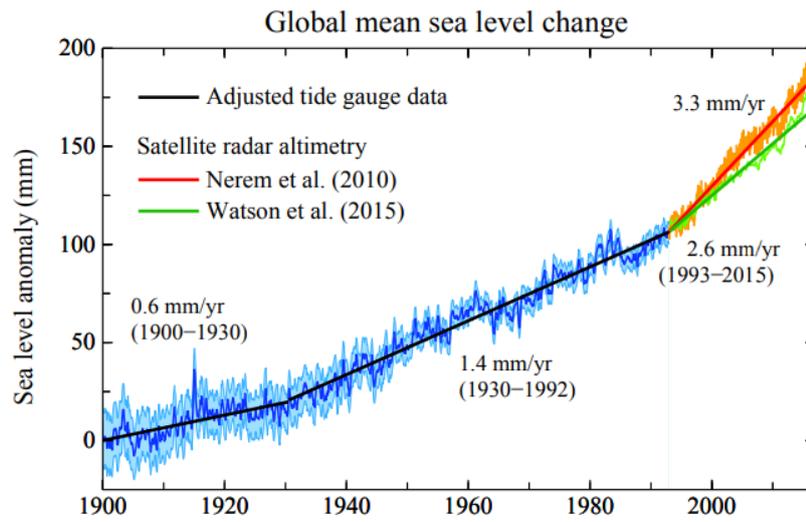


Figura 7 – Subida do Nível das Águas do Mar desde o início do século XX (Fonte: Hanzen et al., 2016).

2.5. Questão 5: Como estão a mudar os padrões de precipitação no Planeta?

Em primeiro lugar é importante relembrar que as mudanças nos regimes de precipitação devidas às alterações climáticas de origem antrópica não são nem serão uniformes em todas as regiões do planeta, com incrementos nalgumas regiões, reduções noutras, ou mesmo nenhuma alteração observada.

Nas latitudes médias e altas do Hemisfério Norte, durante o século XX, registou-se, sobretudo, um incremento da precipitação anual entre 7% a 12%, embora estes aumentos variassem espacial e temporalmente. Por exemplo, no norte da Europa a precipitação registou incrementos de 10% a 40% no mesmo período, enquanto em algumas regiões do sul, como é o caso do Mediterrâneo, os quantitativos de precipitação registaram uma diminuição até 20% (Dore, 2005). Por outro lado, nas regiões equatoriais e subtropicais tem-se observado uma redução na precipitação, com quantitativos anormalmente baixos na década de 1980. Ainda, em muitas regiões do Ártico têm-se observado incrementos na precipitação desde, pelo menos, a década de 1950, enquanto as mudanças nos padrões pluviométricos na Antártida não se encontram ainda bem compreendidas (Dore, 2005).

As projeções climáticas (IPCC, 2013) apontam para um aumento da precipitação média anual nas latitudes elevadas e no Oceano Pacífico equatorial até ao final do séc. XXI, assim como em algumas regiões húmidas das latitudes médias, enquanto em muitas regiões áridas subtropicais e semiáridas das latitudes médias são esperadas reduções significativas (Figura 8). Para além disto, prevê-se um aumento nos extremos de precipitação, principalmente em regiões com clima mais quente (o aumento das temperaturas provoca, por um lado, um aumento da evaporação e, conseqüentemente, das tempestades e, por outro lado, a secura dos solos). Foram encontrados indícios de aumentos na precipitação forte na América do Norte, América Central e Europa, e episódios de seca em algumas regiões como o Mediterrâneo (IPCC, 2013).

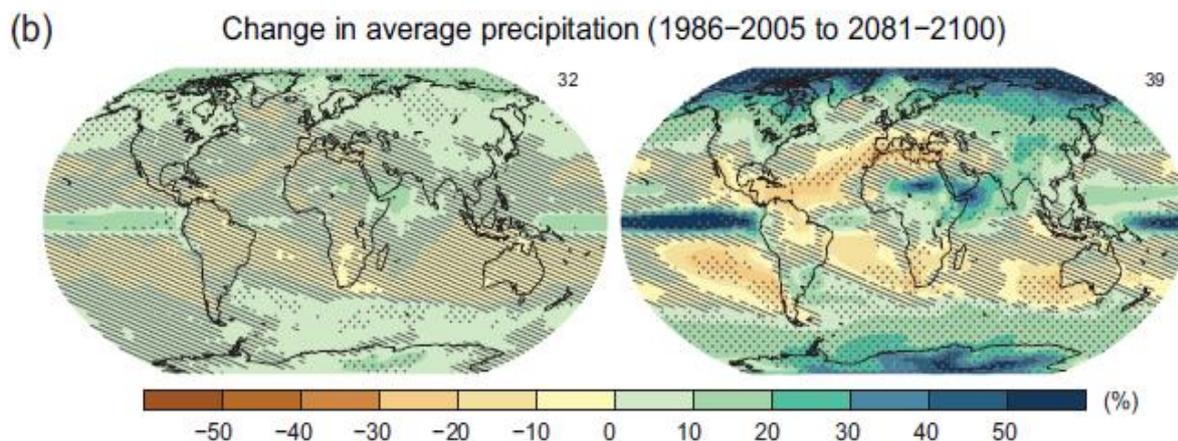


Figura 8 – Alterações nos padrões médios de precipitação (1986 – 2005 na figura à esquerda e 2081-2100 na figura à direita). Fonte: IPCC, 2013

Estima-se um aumento da frequência, intensidade e/ou quantidade de precipitação intensa, sobretudo na maior parte das massas terrestres das latitudes médias e nas regiões tropicais húmidas. Isto significa que grande parte da precipitação total anual ocorrerá num período de tempo cada vez menor (precipitação mais concentrada), com impactos no stress hídrico de inúmeras espécies vegetais.

2.6. Questão 6: Como está a mudar a extensão de gelo e neve no Planeta?

Nas duas últimas décadas, as massas de gelo da Gronelândia e da Antártida (que têm um papel fundamental no sistema climático global) têm perdido grandes quantidades de gelo a um ritmo crescente, com uma aceleração da perda de massa, sobretudo a partir de 2009 (Figura 9). Por outro lado, também quase todos os glaciares de montanha do globo continuam a reduzir-se, bem como a extensão do gelo do oceano Ártico e a cobertura de neve do Hemisfério Norte (IPCC, 2013).

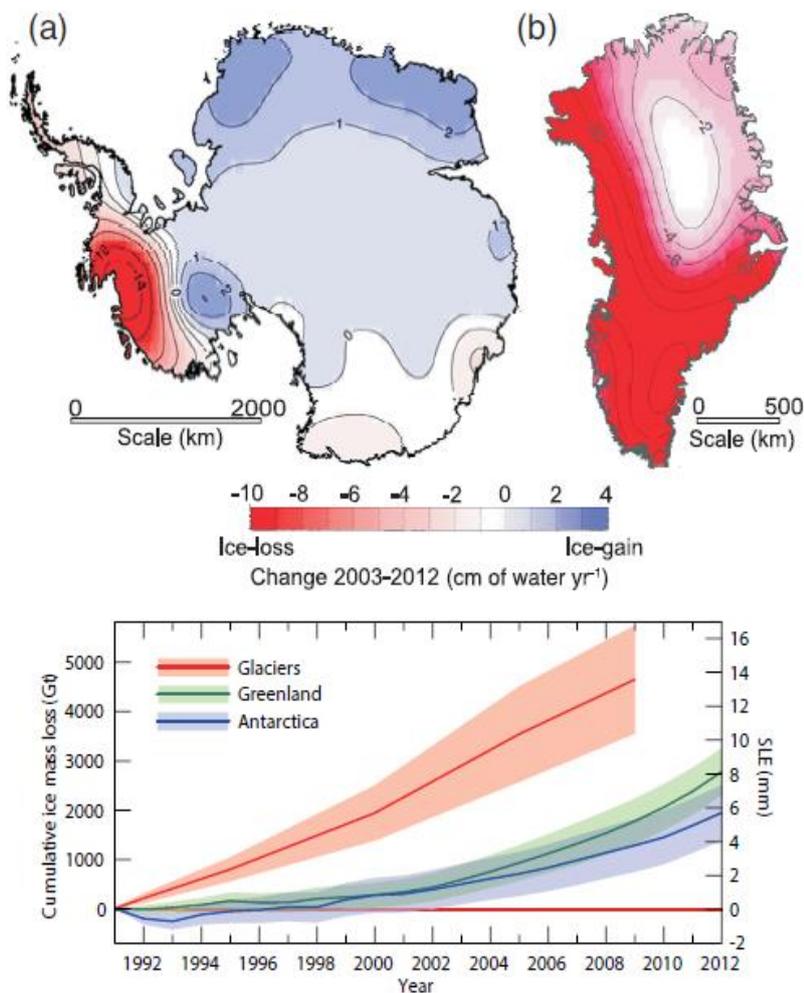


Figura 9 – Distribuição da perda de gelo na Antártida (a) e na Gronelândia (b), em cm de água por ano no período de 2003 a 2012. Fonte: IPCC, 2013.

A redução e eventual perda destas grandes massas de gelo tem e terá efeitos nefastos na subida do nível médio das águas do mar, na amplificação do aquecimento global (através da redução do albedo da superfície) e na circulação oceânica (com alterações na salinidade das águas). Entre 1992 e 2015 a massa da Gronelândia perdeu 3600 giga toneladas de gelo, contribuindo para a subida do nível médio das águas do mar em 10 mm. Já a Antártida perdeu cerca de 1500 giga toneladas, o que gerou uma subida de 5 mm do nível das águas (IPCC, 2013).

Em relação aos glaciares, a perda total de massa a nível global atingiu as 275 giga toneladas entre 1993 e 2009 e as 301 giga toneladas entre 2005 e 2009. A maior contribuição (80%) para esta redução do gelo na última década proveio dos glaciares do Alasca, do Ártico Canadiano, da periferia da massa de gelo da Gronelândia, do sul dos Andes e das montanhas asiáticas (IPCC, 2013).

No que toca à cobertura de neve, a sua extensão no Hemisfério Norte tem registado reduções de aproximadamente 10% desde 1972 devido aos défices nas estações da primavera e verão.

Por fim, tem-se registado igualmente um aumento das temperaturas do permafrost (solo permanentemente gelado) desde 1980 em grande parte das regiões do planeta onde existe, devido ao incremento das temperaturas atmosféricas e às alterações no período e na espessura da cobertura de neve. Os incrementos na temperatura atingiram 3°C no norte do Alasca (entre o início da década de 1980 e meados da década de 2000) e 2°C em algumas regiões da Rússia entre 1971 e 2010 (IPCC, 2013).

2.7. Questão 7: O que é que sabemos sobre as AC no passado?

As alterações do clima são devidas tanto a causas naturais como antrópicas. Entre as causas naturais, refiram-se processos internos ou “forçamento externo”, tais como, a variação da quantidade de radiação solar que atinge o solo, ou a sua distribuição à superfície da terra. Citem-se também fenómenos de vulcanismo que, quando frequentes, contribuem para períodos particularmente frios, como foi o caso do “Mínimo de Maunder” (1645-1715), em que o número de manchas solares também foi particularmente baixo (Figura 10). O clima resultante em cada época e lugar depende igualmente de complexas interações no sistema climático (entre a atmosfera, a hidrosfera, a litosfera, a criosfera e a biosfera), cujo equilíbrio dinâmico se processa através de mecanismos de retroação.

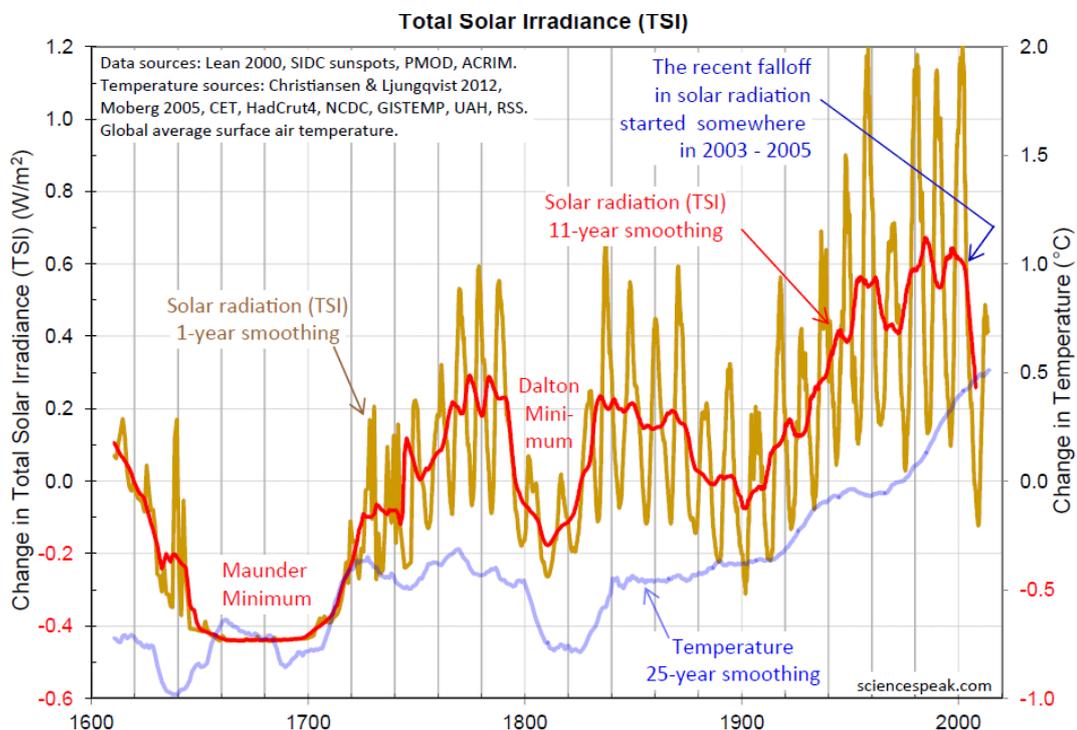


Figura 10 – Evolução do número de manchas solares na Terra nos últimos 400 anos e a correspondência com a temperatura da atmosfera. Fonte: Evans (2016).

Ao longo dos períodos geológicos da Terra têm ocorrido alterações climáticas de grande amplitude. No entanto, a partir da revolução industrial, o ser humano também passou a contribuir para as alterações climáticas, nomeadamente, ao nível do forçamento radiativo, pela intensificação do efeito de estufa devido à emissão de gases como o CO₂, o CO, o CH₄, os CFC, entre outros. Esta causa antrópica é a mais conhecida e discutida hoje em dia, embora não seja a única.

A concentração atual de CO₂ na atmosfera é a maior dos últimos 650 000 anos (410,79 ppm⁶ em julho de 2018). O 5º Relatório do IPCC concluiu que grande parte do aquecimento médio global, desde meados do séc. XX, é muito provavelmente devida à concentração de gases de efeito de estufa (GEE) de origem antrópica.

Grande parte do conhecimento paleo-ambiental disponível atualmente deve-se a estudos desenvolvidos tendo por base sondagens realizadas nos fundos oceânicos e nos inlandsis (grandes massas continentais cobertas permanentemente por gelo). As sondagens realizadas apontam para a ocorrência de ciclos estádios – interestádios designados por Ciclos Dansgaard-Oeschger, sendo que os interestádios correspondem a intervalos quentes, bruscos e de curta duração, dentro de uma fase glaciária.

No Plistocénico (primeira época do Quaternário) a fase de Máximo Arrefecimento da Última Glaciação ocorreu no intervalo de 20 000 – 18 000 anos BP (Before Present – tendo como referência o ano de 1950), depois segue-se uma fase lenta de deglaciação que dura até aos 11 000 anos BP. Entre os 11 000 e os 10 000 anos BP ocorre nova fase de arrefecimento designada por Dryas Recente. Já na época do Holocénico ou Atual, ocorre um Ótimo Climático que se prolonga até 2 500 anos BP. Posteriormente detetou-se uma Deterioração Climática, para novamente se registar um Pequeno Ótimo Climático (1 000 – 800 anos BP). Entre o século XVI e início do

⁶ ppm – parte por milhão de volume.

séc. XVIII ocorre um arrefecimento geral do Planeta designado por Pequena Idade do Gelo.

2.8. Questão 8: Quais são as fontes de dados que usamos para conhecer as AC nos últimos 1000 anos?

Para o estudo das alterações climáticas durante o último milénio, têm sido utilizadas fontes muito diversas. A principal distinção faz-se entre fontes antrópicas e naturais, por um lado, e entre fontes diretas e indiretas, por outro (Figura 11). Referir-se-ão primeiro as fontes antrópicas.

ORIGEM \ INFORMAÇÃO	NATURAL		ANTRÓPICA		
DIRECTA			Fontes Documentais	Descritivas	Instrumentais
				Anotações Esporádicas • Livros de Actas • Memórias • Periódicos	Registos Sistemáticos • Diários Meteorológicos
INDIRECTA (Proxy-Data): Fenómenos governados ou afectados por parâmetros meteorológicos	Geofísica	Biológica	Fontes Documentais	Para-Meteorológicas	Fenológicas e Para-Fenológicas
	• Isótopos • Sedimentos • Moreias etc.	• Grãos de pólen • Anéis de crescimento das árvores etc.		• Nível da água durante cheias • Queda de neve • Período de solo coberto de neve • Congelamento de lagos, rios. • Referências a falta de água	• Conteúdo em açúcar do vinho • Data das vindimas • Data de certos estados fenológicos
			Fontes Materiais	Pinturas, gravuras, fotografias, mapas, campos abandonados, vestígios arqueológicos	

Figura 11 – Fontes de informação para a reconstrução dos climas do passado, de acordo com Taborda et al. (2004).

As mais conhecidas são as fontes antrópicas diretas, que se referem às observações instrumentais dos diversos elementos climáticos (temperatura, humidade, precipitação, vento, etc.) em locais e momentos específicos. As observações meteorológicas começaram na Europa entre os séculos XVII e XVIII, ou seja, algum tempo depois da invenção dos aparelhos meteorológicos como a termómetro e o barómetro. A rede de observação mais antiga foi organizada pelo Grã-Duque da Toscana e tinha 7 estações em Itália e algumas outras em França, Áustria e Polónia (“Rede medicae” - 1654 e 1670). Em Portugal houve observações esporádicas no século XVIII, mas a série mais longa foi iniciada em 1835 por Marino Franzini em Lisboa, seguindo-se as observações “oficiais” do Instituto Geofísico Infante D. Luís,

iniciadas em 1854 em Lisboa; esta estação meteorológica, pertence hoje à Universidade de Lisboa e ainda se encontra em funcionamento. Ainda no séc. XIX ou no início do séc. XX, foram iniciadas observações no Porto, Coimbra, Montalegre, Guarda, Évora, Beja, Faro, entre outras cidades portuguesas. Devido a eventuais mudanças dos aparelhos meteorológicos ou do sítio das estações (muitas estavam inicialmente em torres), as séries longas têm de ser submetidas a diversos tratamentos estatísticos de modo a serem “homogeneizadas”, podendo depois ser utilizadas na procura da variabilidade ou variação climática do passado. No entanto, estas fontes cobrem um período relativamente curto do último milénio e, por isso, é necessário recorrer a fontes de outro tipo.

As fontes antrópicas indiretas, também designadas de *proxidata*, são fontes documentais que contêm informação datada, para um local específico, sobre fenómenos governados ou afetados por elementos climáticos (extremos ou não). Estas informações encontram-se em atas das catedrais e das câmaras municipais, memórias ou diários individuais, cartas, registos de navegação e de hospitais, etc. Este tipo de fontes subdivide-se em: fontes documentais escritas contendo observações “para-meteorológicas”. Por exemplo, indicação de nível de água durante as cheias (Figura 12), período de solo coberto de neve, congelação de lagos e rios, referências a falta de água.



Figura 12 – Uma cheia do rio Mondego, em Coimbra, em 24 de fevereiro de 1788. A cheia destruiu 3 arcos da ponte (1) e inundou a baixa da cidade (2 e 3). Reconstrução feita sobre uma gravura publicada em *Civitates Orbis Terrarum* em 1598 (Fragoso, 2015).

Fontes documentais escritas contendo informação fenológica: data de ultrapassagem de certos estádios fenológicos das plantas (como a data da floração da cerejeira, que foi registada durante séculos no Japão), conteúdo em açúcar do vinho, data das vindimas ou de inspeção dos campos para pagamento da dízima. Todas estas informações refletiam as características do clima em determinadas épocas do ano. Fontes materiais como pinturas (por exemplo do rio Tamisa gelado), gravuras, fotografias, etc. Também existem fontes naturais que são unicamente indiretas. Destas distinguem-se as geofísicas (estudo de isótopos, sedimentos marinhos, moreias, estudo de perfis de gelo em glaciares) e as biológicas (palinologia – análise dos grãos de pólen- e dendroclimatologia – análise dos anéis de crescimento das árvores), entre muitas outras.

2.9. Questão 9: O que são Cenários e Projeções Climáticas? Os Cenários e as Projeções Climáticas são previsões do clima?

Começando pela segunda pergunta, NÃO! Projeções do clima são respostas do sistema climático a determinadas emissões e concentrações de aerossóis e de GEE equivalentes a cenários de forçamento radiativo⁷ na troposfera. Estes cenários (*RCP's* - *Representative Concentration Pathways*, ou Patamares de Concentração Representativos) entram nos modelos climáticos de circulação atmosférica global, são capazes de simular processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no sistema atmosfera-oceano e cujos resultados são projeções climáticas que nos mostram as várias possibilidades que podem ocorrer (em termos de temperatura, precipitação e de outras variáveis climáticas) para cada cenário. Por exemplo, no caso do RCP 8.5 (que representa uma situação extrema em que as sociedades não fazem nada para mitigar os efeitos adversos das AC), pode acontecer que a temperatura média global aumente cerca de 2,5°C a 6°C (IPCC 2013) e alguns locais da Terra, por exemplo as regiões árticas, poderão registar aumentos ainda superiores. São possibilidades que nos levam a refletir sobre a inação dos estados e de todos nós. Uma abordagem diferente é a previsão do clima, muito mais restrito no espaço e no tempo. A partir do último relatório do IPCC (2013), o *5th Assessment Report*, os cenários (*RCP's*) são quatro: 2.6, 4.5, 6.0 e 8.5, progressivamente mais gravosos para o planeta. Estes valores (em W/m^2) correspondem a patamares de estabilização e equivalentes a determinados valores de concentrações de CO₂ e

7 Forçamento radiativo – balanço (positivo ou negativo) do fluxo de energia radiativa (irradiância) na tropopausa (entre a troposfera e a estratosfera), devido a uma modificação numa variável interna ou externa ao sistema climático, tal como a variação da concentração de dióxido de carbono na troposfera ou da radiância solar. Mede-se com W/m^2 (adaptado de IPCC, 2013). Extraído de Glossário Sobre Alterações Climáticas, ClimAdaPT.Local (<http://climadapt-local.pt/glossario/>)

outros gases de estufa. Para mais informações ver: <http://www.iiasa.ac.at/web-apps/tnt/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=welcome#descript>

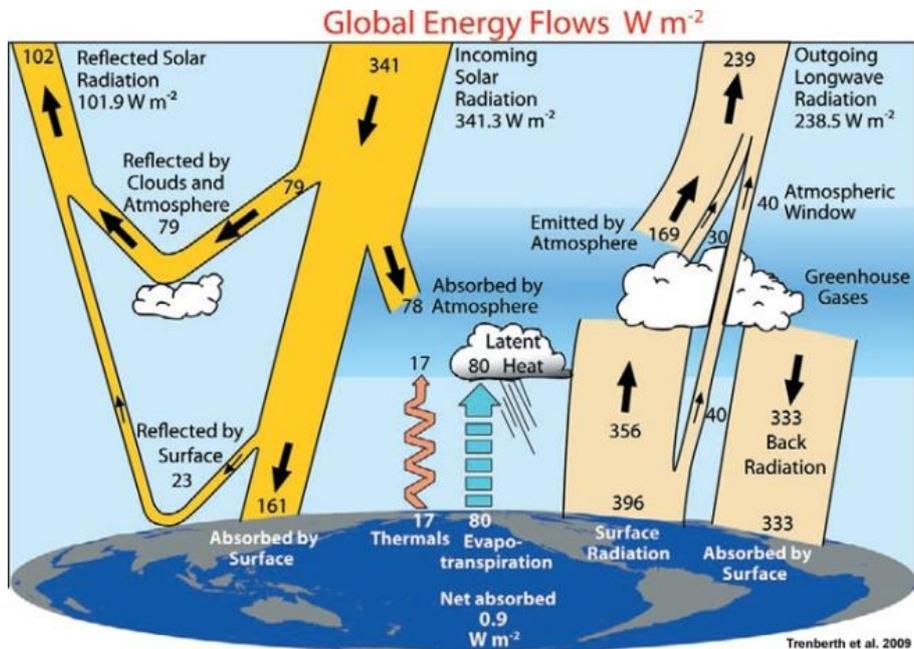


Figura 13 – Balanço radiativo do sistema Terra/Atmosfera. Os fluxos representam as entradas e saídas de radiação solar (do lado esquerdo da figura) e emissões Infravermelhas (à direita), que constituem o balanço radiativo. No meio, as trocas de calor sensível e latente que compensam o superavit global e que permite que o sistema se mantenha em equilíbrio. Fonte IPCC (2013)

2.10. Questão 10: Quais são as consequências das AC nos Ecossistemas?

O conjunto de animais, plantas e micro-organismos que vivem num dado lugar estão a ser profundamente afetados e, em alguns casos, irreversivelmente, pelas atividades humanas. O aquecimento global pode forçar as espécies a migrar para latitudes mais elevadas ou de maior altitude, onde as temperaturas são mais propícias à sua sobrevivência. Na segunda metade do séc. XX a mudança mais significativa dos ecossistemas terrestres, foi, sem dúvida, a transformação de cerca de ¼ da superfície do planeta em terrenos cultivados (IPCC, 2013). Esta conversão foi mais relevante na última metade do séc. XX do que durante a Revolução Industrial. Até 2100 (Figura 14), 10 a 20% das pastagens e florestas atuais deverão ser convertidas para outros usos, devido sobretudo à expansão da agricultura e áreas urbanas (IPCC, 2013). Estas transformações conduzem à extinção de inúmeras espécies e habitats terrestres, implicando a perda de biodiversidade.

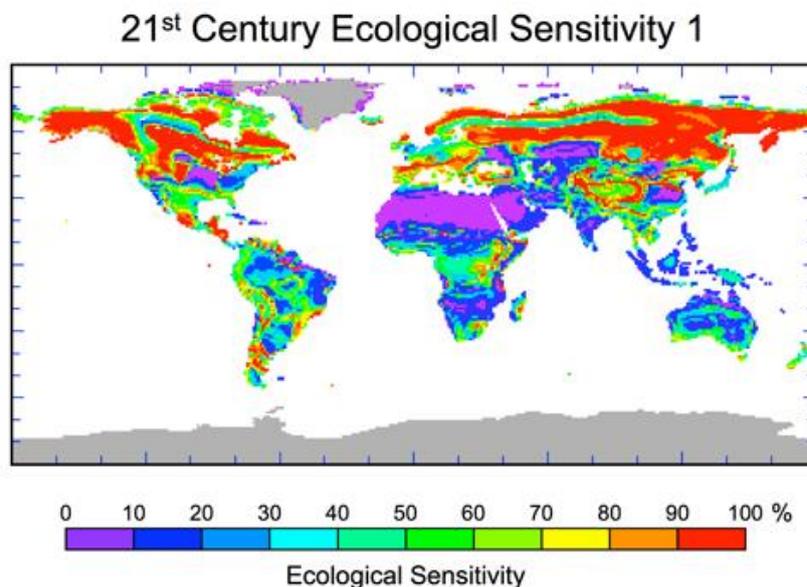


Figura 14 – Sensibilidade ecológica: percentagem de paisagens onde se esperam mudanças nas espécies vegetais e animais devido às alterações climáticas induzidas pelo Homem até 2100. Fonte: <https://climate.nasa.gov/news/645/climate-change-may-bring-big-ecosystem-changes/>

As modificações nas temperaturas e nos regimes pluviométricos terão influência também na produtividade biológica. O aumento das temperaturas prolonga a estação de floração das plantas, mas pode ser negativo ao incrementar as doenças infecciosas, transmitidas por insetos que se desenvolvem melhor a temperaturas elevadas (NCR, 2008).

À medida que o nível do mar aumenta, a intrusão de água salgada pode forçar algumas espécies-chave a se realocizarem, removendo predadores e presas tão importantes nas cadeias alimentares.

Os ecossistemas marinhos estão a sofrer com a pesca intensiva motivada pela crescente procura para consumo nos últimos 50 anos, conduzindo ao seu colapso e à perda de biodiversidade. Ao mesmo tempo, a acidificação do oceano conduz à deterioração de um número significativo de espécies como corais (ecossistemas com inúmeras funções, nomeadamente o amortecimento do impacto das tempestades nas comunidades costeiras) e moluscos. Cerca de 20% dos recifes de coral no planeta já se perderam e mais 20% foram degradados nas últimas décadas do séc. XX. (IPCC, 2013). Os ecossistemas de água doce têm sofrido igualmente inúmeras alterações graças à construção de barragens em inúmeros cursos de água, porque retêm uma quantidade significativa de água e sedimentos (30%) que não chegam aos estuários e ao oceano. Menos sedimentos implica a intensificação do fenómeno de erosão do litoral e o declínio das espécies de peixes (de água doce e salgada), motivado pelo aumento da eutrofização e acidificação das águas (IPCC, 2013). Todas estas mudanças relativamente abruptas nos ecossistemas resultam na degradação e perda dos serviços ecossistémicos com elevados custos para a humanidade.

2.11. Questão 11: Quais são as consequências das Alterações Climáticas na saúde humana?

As alterações no clima global influenciam o funcionamento de muitos ecossistemas e das suas espécies, como tal, é previsível que venham a ter consequências na saúde das populações humanas. De acordo com o IPCC, os impactos das alterações climáticas podem ser agrupados nas seguintes categorias:

Impactos diretos – São os impactos resultantes da exposição direta aos elementos meteorológicos e que afetam a saúde humana. Nesta categoria consideram-se os efeitos diretos na mortalidade e morbilidade associados a extremos térmicos, como sejam as ondas de calor e de frio, e também os impactos resultantes de tempestades e inundações. Exemplo: Episódios extremos de calor contribuem diretamente para as mortes por doenças cardiovasculares e respiratórias, particularmente entre a população idosa. Na onda de calor do verão de 2003 na Europa, foram registradas mais de 70.000 mortes em excesso (Robine et al., 2008).

Impactos indiretos – São os impactos que estão associados às alterações das condições ambientais e que, por esta via, condicionam a saúde humana. Nesta categoria são incluídos os impactos resultantes das modificações dos ecossistemas que contribuem para a alteração da saúde humana. São considerados, entre outros, o aumento de densidade de vetores (por exemplo, mosquitos) que resulta da alteração nos regimes pluviométricos e as suas consequências no escoamento, assim como o aumento da replicação dos agentes patogénicos resultante da alteração dos limiares térmicos. Exemplo: Diversos estudos têm identificado que a alteração do ambiente térmico e pluviométrico associado às alterações climáticas irá conduzir a um alargamento dos habitats dos vetores competentes para a transmissão de doenças na Europa (Semenza e Suk, 2017).

Impactos sociais – São os impactos que resultam das alterações económicas ou sociais das comunidades e que por esta via podem afetar a saúde humana. Nesta

categoria incluem-se a subnutrição e aumento de doenças mentais que possam resultar da alteração da produção agrícola ou da insegurança alimentar.

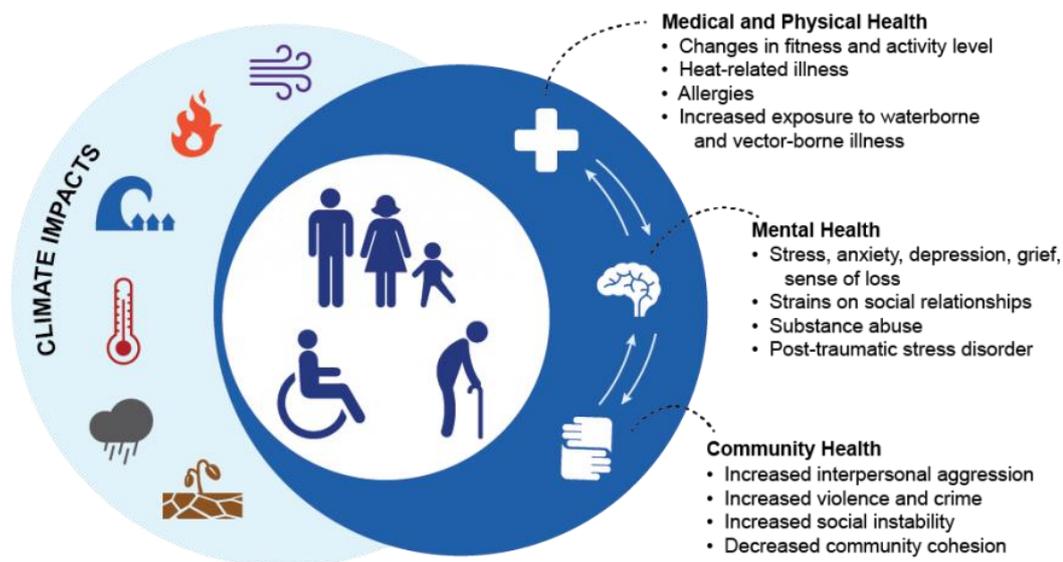


Figura 15 – Principais impactes climáticos na saúde humana.

Fonte: U.S. Global Change Research Program. <https://health2016.globalchange.gov/mental-health-and-well-being/content/effects-climate-change-mental-health-and-well-being>.

2.12. Questão 12: Como serão as cidades do futuro com as AC?

As projeções climáticas variam regionalmente e o grau de incerteza passou a ser referido em cada caso. Para o Sul da Europa e Mediterrâneo está projetado para 2100 um aumento da temperatura do ar entre 0,6°C e 4°C no RCP4.5 (IPCC, 2013) e um aumento de precipitação na Europa do Norte e decréscimo na Europa do Sul onde, não obstante, os episódios de precipitação intensa tendem a aumentar. O efeito de “ilha urbana de calor” tende a intensificar o aumento de temperatura nas cidades. Algumas áreas urbanas exercem influência na intensificação das precipitações convectivas e outras têm, também, um papel ativo no aquecimento do planeta, pois emitem entre 71 a 76% de CO₂ e 44% das emissões diretas de GEE (IPCC, 2013). Uma atmosfera urbana mais aquecida intensificará a poluição atmosférica (hoje devida sobretudo ao excessivo transporte individual que recorre aos motores de combustão movidos a energia fóssil), que com a diminuição da ventilação por causa do aumento da rugosidade aerodinâmica provocada pelos edifícios e outros elementos rugosos, amplificará os problemas de saúde especialmente durante as ondas de calor.

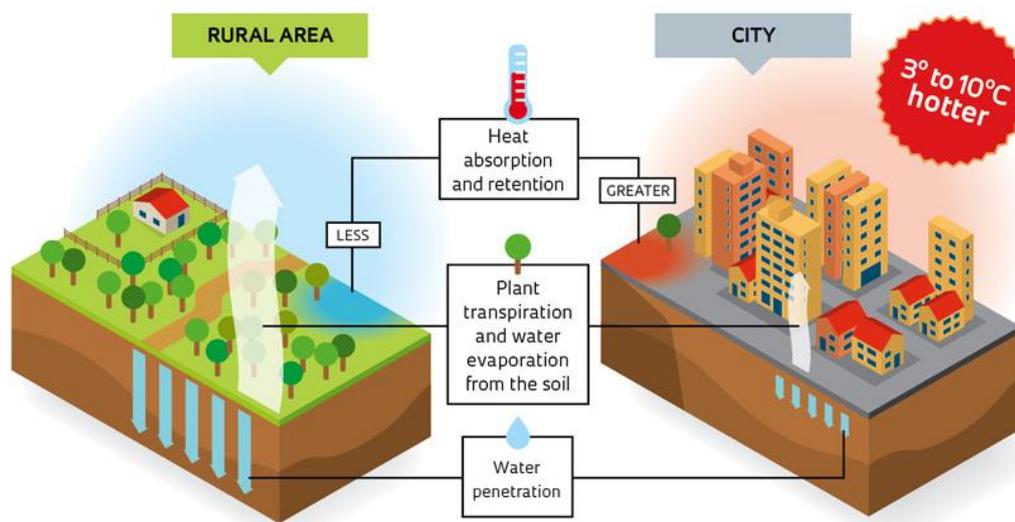


Figura 16 – Principais causas das ilhas urbanas de calor (Fonte:???)=.

Para além disto, prevê-se um aumento de episódios de secas, e fenómenos de *storm surge* (sobreelevação do nível da água por redução acentuada da pressão atmosférica) e inundações nas cidades costeiras. Estima-se que uma subida de 50cm no nível médio do mar triplique a população em risco em grandes cidades costeiras (Hanson et al., 2011), cujos custos poderão atingir 71 mil milhões de dólares (Rosenzweig et al., 2015) até ao final do século. O aumento da vegetação nas cidades, a utilização de materiais claros e mais refletores da radiação e a existência de canais de ventilação são medidas necessárias para mitigar o efeito ilha de calor e reduzir os impactes na saúde humana. *Smart and Health Cities* serão conceitos que no futuro deverão ser os temas centrais da governança das metrópoles.

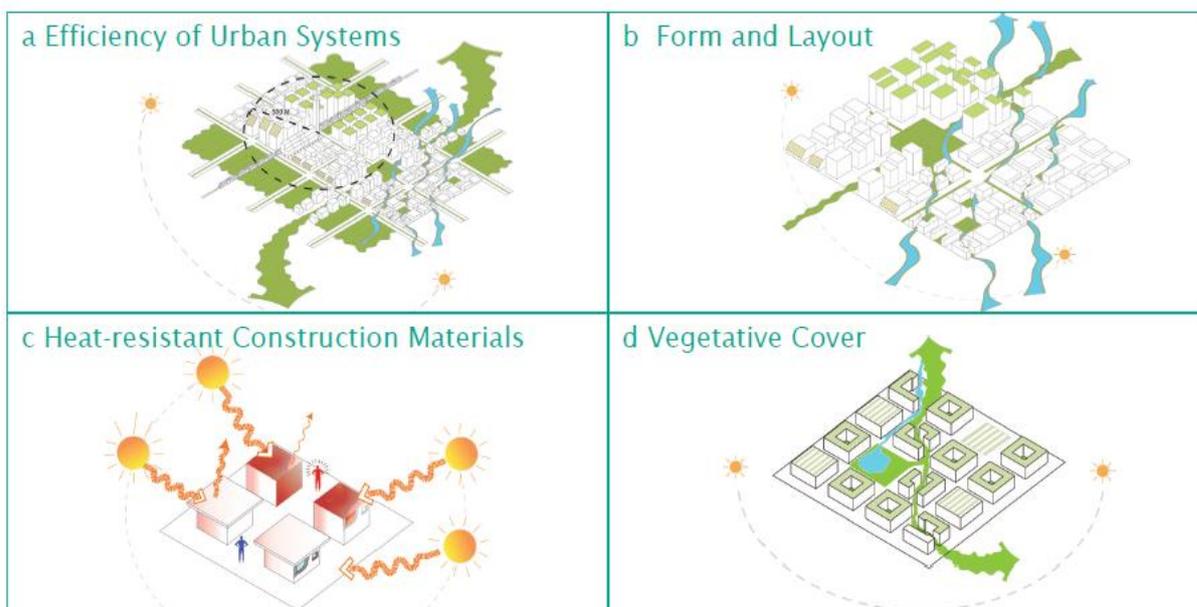


Figura 17 – Estratégias de mitigação e adaptação das alterações climáticas e dos efeitos do fenómeno “ilha de calor” que deverão ser implementadas nas áreas urbanas: a) redução do calor residual e das emissões de gases de efeito estufa através da eficiência energética, do condicionamento ao transporte individual e do aumento dos caminhos pedonais e vias cicláveis; b) modificação da forma e da disposição/configuração dos edifícios e dos bairros; c) uso de materiais energeticamente eficientes, resistentes ao calor e de revestimentos de superfície que refletem em grande quantidade a radiação solar; d) aumento da cobertura vegetal. Fonte: Urban Climate Lab, New York Institute of Technology, 2015.

2.13. Questão 13: Estão os desastres naturais a aumentar com as AC?

Um desastre natural consiste numa disrupção séria do funcionamento de uma comunidade ou sociedade, a qualquer escala, devido à interação de um ou vários processos perigosos naturais (e.g. sismo, furacão, cheia) com as condições de exposição, vulnerabilidade e capacidade de adaptação, responsável por perdas e impactos humanos, materiais, económicos e/ou ambientais.

Os desastres naturais ocorrem em todo o mundo, independentemente do nível de desenvolvimento de cada nação; porém, é a população dos países menos preparados e economicamente mais fragilizados que sofre os maiores impactos. São também os países mais pobres os que sentem maior dificuldade em fazer face às consequências de médio e longo prazo que resultam da ocorrência dos fenómenos perigosos.

O crescimento económico e o desenvolvimento tecnológico verificados durante o século XX e início do século XXI não foram acompanhados pela redução do número de desastres naturais. As justificações que determinam o incremento assinalável do número de desastres naturais nas últimas décadas têm sido objeto de amplo debate. Em muitos casos o agravamento dos prejuízos decorre do aumento da exposição e da vulnerabilidade das populações, que decorre da ocupação de terrenos naturalmente perigosos (e.g. leitos de cheia, vertentes instáveis), nomeadamente junto das grandes aglomerações urbanas e nas áreas litorais. No entanto, o incremento dos desastres tem sido mais sensível nos casos dos processos de origem climatológica, meteorológica e hidrológica, em resposta à ocorrência de eventos extremos cada vez mais frequentes, que têm sido associados às Alterações climáticas.

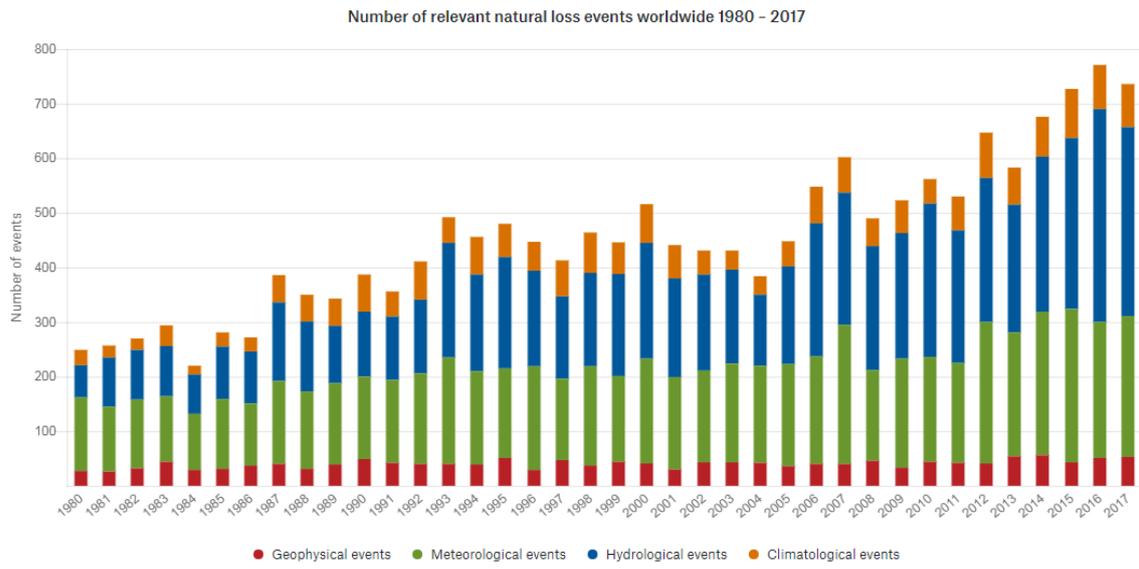


Figura 18 – Evolução do número de catástrofes naturais no Mundo entre 1980 e 2017 (Fonte: NatCatService, Munich RE).

2.14. Questão 14: As ondas de calor vão ser mais intensas e prolongadas?

Sim. Tanto as tendências recentes do clima, como as projeções futuras têm evidenciado alterações nesse sentido. As tendências recentes têm demonstrado em diversas regiões do globo um agravamento de episódios extremos de calor. Na Austrália, por exemplo, o número de dias extremos de calor tem aumentado muito frequentemente desde o início do século XX (Figura 19). No caso português, foi identificada na Área Metropolitana de Lisboa, desde 1970, uma tendência positiva significativa de aumento do nº de ondas de calor (+0,5 a +0,8 ondas de calor/década), assim como da sua duração, que se cifrou num aumento do nº de dias em onda de calor entre +2,5 e +3,5 dias/década.

As projeções do clima no futuro são coerentes na afirmação de que é provável um aumento na frequência e intensidade das ondas de calor, assim como verões mais quentes e invernos mais amenos no futuro.

No seguimento do que já tem sido apontado nos relatórios anteriores (IPCC, 2012), no mais recente relatório do Painel de Peritos das Alterações Climáticas é referido que é praticamente certo que haverá extremos de temperatura mais quentes e menos frios na maioria das áreas terrestres e muito provável que as ondas de calor ocorram com maior frequência e duração.

Alguns estudos recentes referem que para um cenário moderado de aquecimento global (1,5°C) aproximadamente 13,8% da população mundial seria exposta a fortes ondas de calor pelo menos uma vez a cada 5 anos e que esta percentagem de população poderá ser o triplo, caso se venha a observar um aumento de 2°C (Dosio et al., 2017).

As ondas de calor de França de 2003 e da Rússia em 2010 foram excecionais e tiveram um impacto muito severo na saúde humana. Diversos estudos têm vindo a identificar que há um aumento da probabilidade de ocorrência de ondas de calor extremas e muito extremas nos próximos anos - o que tornará habitual a ocorrência

de eventos da mesma gravidade que a onda de calor da Rússia de 2010 - e que estes eventos poderão vir a ocorrer a cada 2 anos em regiões como o sul da Europa, América do Norte, América do Sul, África e Indonésia (Russo, Marchese, Sillmann, & Immé, 2016).

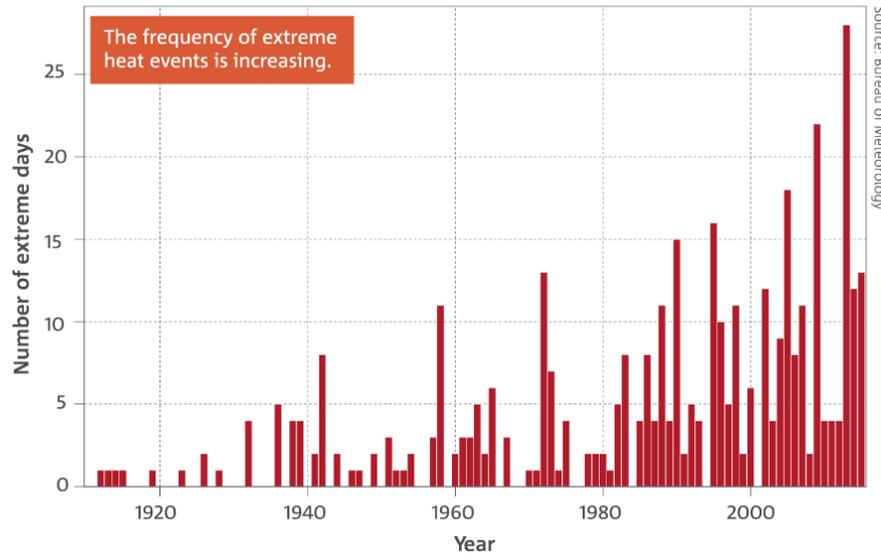


Figura 19 – Eventos extremos ligados ao calor.

2.15. Questão 15: Serão as inundações urbanas mais intensas e frequentes com as AC?

As cheias são processos naturais em que o escoamento extravasa o leito normal de um curso de água e inunda os terrenos circunvizinhos que correspondem habitualmente a uma planície de inundação. Nas pequenas bacias hidrográficas o aumento do caudal ocorre muito rapidamente após as chuvas que o originam. Nestas circunstâncias, ocorrem cheias rápidas ou repentinas, que são difíceis de antecipar e que podem ser muito perigosas, principalmente nas áreas urbanas.

O aumento dos episódios de precipitação intensa, conforme tem sido indicado nos cenários de alterações climáticas, tende a ser mais sentido e a gerar impactos mais severos nas áreas urbanas, devido à forte impermeabilização dos solos e, em muitos casos, a ações inadequadas na artificialização das redes de drenagem e da ocupação indevida dos leitos de cheia, resultando no aumento da magnitude e da área afetada pelas cheias e inundações, nomeadamente nas zonas ribeirinhas, pouco declivosas e topograficamente deprimidas. Com efeito, o desenvolvimento da urbanização não acompanhado pelo respeito do sistema fluvial natural e pelo correto dimensionamento dos sistemas de drenagem das águas pluviais tende a produzir picos de cheia em períodos mais curtos e com caudais de ponta mais elevados, mesmo sem variações significativas na precipitação registada. Como é evidente, nestas condições a situação tende a agravar-se em cenários que antecipam o incremento dos eventos de chuvadas intensas.

Nas zonas estuarinas as condições anteriores são agravadas pelos efeitos da subida do nível do mar, dinâmica das marés e fenómenos de *storm surge* (sobreelevação do nível da água por redução acentuada da pressão atmosférica).

As áreas urbanas são ecossistemas humanos bastante sensíveis à dinâmica climática, aos fatores de risco local e aos possíveis impactos das alterações climáticas, aspetos que tendem a afetar a saúde, a segurança e a qualidade de vida das populações. A

avaliação climática das cidades, em particular de fenómenos como as precipitações intensas e os efeitos de aquecimento local, deve considerar questões ambientais como as tendências de urbanização crescente, o crescimento populacional e as alterações climáticas.



Figura 20 – Veneza, em novembro de 2012 (à esquerda) e Boston, em janeiro de 2018 (à direita), são cidades normalmente inundadas tanto pelas águas fluviais como pelas águas oceânicas. A legenda do jornal “The Guardian” diz: Flooding from high tides has doubled in the US in just 30 years. Fonte: www.theguardian.com.

2.16. Questão 16: Vai aumentar o risco de incêndio com as Alterações Climáticas?

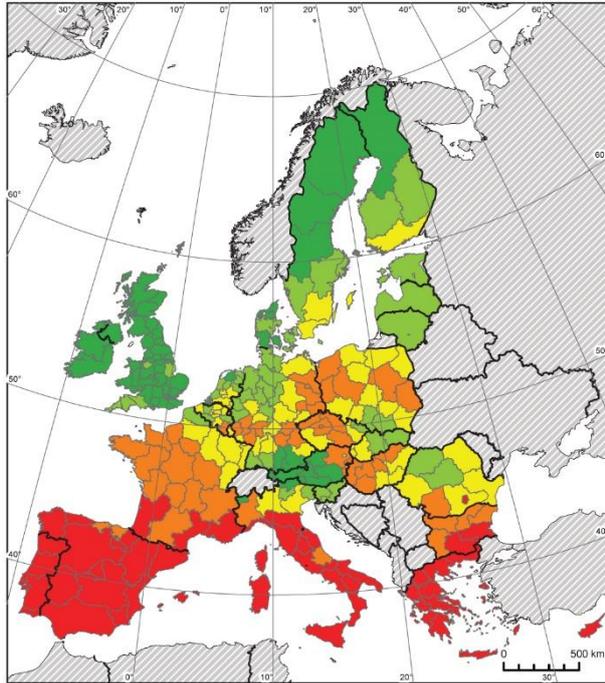
Sim. O aumento da temperatura, a redução da precipitação e o incremento da intensidade das secas, vão alterar as condições da vegetação e aumentar o número de dias com condições meteorológicas favoráveis à ignição e propagação de incêndios. Nos territórios onde a topografia irregular se conjuga com a presença de matos e florestas, esperam-se incêndios mais frequentes e mais intensos. Estes incêndios serão mais difíceis de combater e poderão afetar áreas mais extensas, percorrendo territórios onde, atualmente, o risco de incêndio é muito baixo. Estima-se também que ocorram mais incêndios em meses diferentes do que é agora habitual, fora da estação de Verão, com a época de incêndios a estender-se pela primavera e pelo outono.

A relação dos incêndios com as alterações climáticas assume também outras facetas. Durante um incêndio, a queima da vegetação liberta dióxido de carbono, que por sua vez alimenta o efeito de estufa. As partículas libertadas com o fumo diminuem a qualidade do ar e servem de obstáculo à passagem da luz solar pela atmosfera.

Após um incêndio, a vegetação que ocupa uma área ardida pode ser diferente da que lá estava antes, dependendo dos danos que o incêndio causou, das condições do solo e da estratégia de regeneração das espécies. Uma floresta demora vários anos a recuperar e, se os incêndios forem muito frequentes, pode até nem recuperar completamente. Pelo contrário, a vegetação arbustiva que compõe os matos mediterrânicos, como os que existem em Portugal, crescem mais depressa, ocupando rapidamente as áreas ardidas e constituindo, assim, novo combustível para alimentar a ignição e propagação de um fogo.

E no futuro? Basta olhar para a Figura 21 para compreendermos a dimensão do problema: o sul da Europa até ao final do Séc. XXI vai estar em grande risco.

(a) Baseline climate (1961–1990)



(b) climate scenario 2041–2070 (A1B emission scenario)

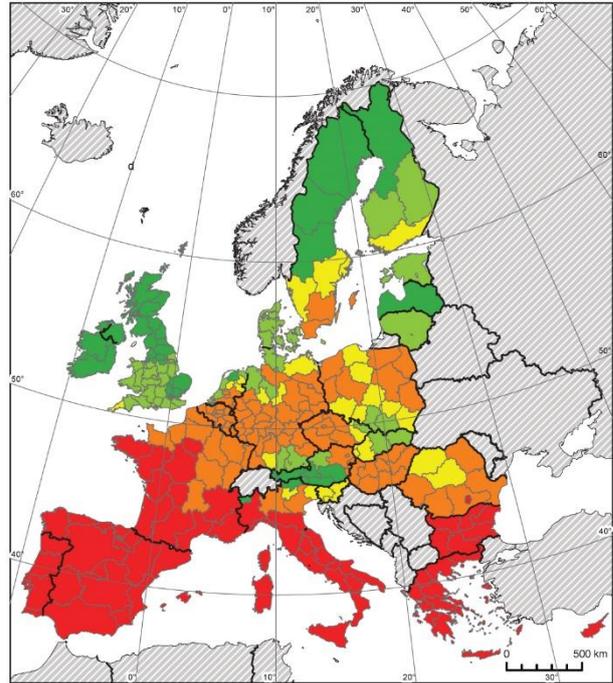


Figura 21 – Risco de Incêndio florestal na Europa. Fonte: EPA, 2017

3. Bibliografia

Dore, M. H. I. (2005). Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? *Environment International*, 31: 1167 – 1181

Dosio, A., & Fischer, E. M. (2017). Will half a degree make a difference? Robust projections of indices of mean and extreme climate in Europe Under 1.5°C, 2°C, and 3°C global warming. *Geophysical Research Letters*, 45

EEA (2017). *Projected Forest Fire Risk in Europe*, European Environment Agency, Copenhagen.

Evans, D. (2016). The Notch-Delay Solar Hypothesis. In Easterbrook (Ed.) - *Evidence-Based Climate Science. Data Opposing CO2 Emissions as the Primary, Source of Global Warming*. Elsevier, Amsterdam.

Fragoso M., Marques D., Santos J., Alcoforado M., Amorim I Garcia J, Silva L Nunes M (2015). Climatic extremes in Portugal in the 1780s based on documentary and instrumental records. *Climate Research*, 66:141-159.

Hansen, J., Sato, M., Hearty, P., Ruedy, R., Kelley, M., Masson-Delmotte, V., Russell, G., Tselioudis, G., Cao, J., Rignot, E., Velicogna, I., Tormey, B., Donovan, B., Kandiano, E., von Schuckmann, K., Kharecha, P., Legrande, A., Bauer, M., Lo, K. (2016). Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2°C global warming could be dangerous. *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 3761–3812.

Hanson, S., Nicholls, R., Ranger, N., Hallegatte, S., Corfee-Morlot, J., Herweijer, C., Chateau, J. (2011). A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes. *Climatic Change*, 104(1), 89-111

Henson, R (2006). *The Rough Guide to Climate Change*. Penguin Books, London

- IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by C. B. Field et al., 52 pp., Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K., and New York.
- IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1–30, doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- IPCC (2018). Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)].
- NCR (2008). Ecological Impacts of Climate Change. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12491>
- Robine, J-M, Cheung, S., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J-P., Herrmann, F. (2008). Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies* 331 (2): 171–178.
- Rosenzweig, C., W. Solecki, P. Romero-Lankao, S. Mehrotra, S. Dhakal, T. Bowman, and S. Ali Ibrahim (2015). ARC3.2 Summary for City Leaders — Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. Urban Climate Change Research Network, Columbia University.

Russo, S., Marchese, A. F., Sillmann, J., & Immé, G. (2016). When will unusual heat waves become normal in a warming Africa? *Environmental Research Letters*. doi.org/10.1088/1748-9326/11/5/054016.

Semenza, J. C., & Suk, J. E. (2017). Vector-borne diseases and climate change: a European perspective. *FEMS Microbiology Letters*, 365(2), 244.

Taborda JP, Alcoforado MJ, Garcia JC (2004). O clima no Sul de Portugal no século XVIII. Reconstituição a partir de fontes descritivas e instrumentais. *Área de Investigação em Geo-Ecologia*, 2, CEG, Lisboa.