

DM

# Impacto das Alterações Climáticas nas Atividades de Engenharia Civil

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Nídia Deise Franco Góis**

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



UNIVERSIDADE da MADEIRA

*A Nossa Universidade*

[www.uma.pt](http://www.uma.pt)

maio | 2023



# **Impacto das Alterações Climáticas nas Atividades de Engenharia Civil**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Nídia Deise Franco Góis**

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

ORIENTAÇÃO

José Manuel Martins Neto dos Santos





# **IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NAS ATIVIDADES DE ENGENHARIA CIVIL**

Dissertação submetida para a obtenção de Grau de  
**Mestre em Engenharia Civil**

**Nídia Deise Franco Góis**  
(Licenciada em Engenharia Civil)

ORIENTADOR:  
Doutor José Manuel Martins Neto dos Santos

Funchal, maio 2023

**Título:** Impacto das Alterações Climáticas nas Atividades de Engenharia Civil

**Palavras-chave:** Alterações Climáticas; Projeto; Obra; Manutenção; Mitigação; Adaptação; Durabilidade.

**Keywords:** Climate Change; Project; Constructions; Maintenance; Mitigation; Adaptation; Durability.

**Autor:** Nídia Deise Franco Góis

FCEE – Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia

Campus Universitário da Penteada

9020-105 Funchal - Portugal, s/n

Telefone +351 291 705 230

Correio eletrónico: [gabinete@reitoria.uma.pt](mailto:gabinete@reitoria.uma.pt)

Funchal, Madeira, Portugal

## **DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS**

A presente dissertação foi realizada com o máximo de apoio e incentivo dos meus entes queridos, foram eles que me mantiveram positiva e ativa até ao último instante da sua conclusão.

A minha família é o meu porto seguro, e sem o apoio deles nada seria possível ao longo da minha vida. Agradeço aos meus pais e irmã pelo amor incondicional e por serem as peças basilares, que me forneceram as ferramentas necessárias para enfrentar os obstáculos que possam surgir e tomar as decisões mais sensatas. Ao meu marido, pela compreensão, cumplicidade e carinho incondicional me ajudando a concretizar os meus sonhos.

Ao meu orientador, Professor Doutor José Santos pela sua orientação e disponibilidade competentemente prestadas, por todos os esclarecimentos e incentivos ao longo do desenvolvimento desta dissertação.

Aos amigos que me ajudaram pela sua amizade, disponibilidade e companheirismo ao longo desta dissertação.

E por fim, mas não menos importante, aos meus colegas de curso e profissão pela partilha de conhecimentos, e pela ajuda ao longo do meu percurso universitário.

Foi com muita satisfação, alegria e agradecimento percorrer este percurso convosco.



## RESUMO

As alterações climáticas são variações meteorológicas que já existem desde a formação do planeta Terra há cerca de 4.5 mil milhões de anos. O maior problema que a Terra está a passar atualmente é o aquecimento global, que é causado pelo aumento dos gases emitidos com efeito de estufa, tendo como consequências o aumento do nível médio do mar, precipitações extremas, variações drásticas de temperaturas, ventos fortes, entre outros.

Neste sentido, esta dissertação tem como objetivo analisar o impacto das alterações climáticas nas atividades de Engenharia Civil. São apresentadas as causas e consequências das alterações climáticas bem como a sua quantificação a nível geral. Efetua-se uma revisão bibliográfica sobre a evolução política ambiental e exploração das instituições, convenções e normas existentes. Após a abordagem do tema em geral, são identificadas as medidas de mitigação e de adaptação que têm vindo a ser tomadas, concluindo com um balanço das mudanças até à atualidade.

Pretende-se esclarecer os impactos das alterações climáticas para cada ramo da Engenharia Civil: Geotecnia, Hidráulica, Construção, Estruturas, Vias de Comunicação e Planeamento Urbano. Dentro de cada uma destas áreas, são identificados e quantificados os agentes mais condicionantes das alterações climáticas que alteram as atividades de Engenharia Civil.

Por conseguinte aos impactos, são apresentadas várias propostas de alteração de execução das atividades de Engenharia Civil, tendo em conta as fases do ciclo de vida útil de uma edificação, sendo essas a fase de projeto, fase de obra e fase de manutenção. As fases mencionadas têm de ser previstas e considerados os agentes de maior relevância, criando maior resistência e durabilidade às edificações tendo em conta os eventos de meteorologia atuais.

Dada a pertinência dessa preocupação com o enquadramento ao tema, identificam-se vários exemplos distintos, já existentes a nível mundial da Engenharia Civil, que contribuem para a mitigação e adaptação às alterações climáticas, passando por reforços costeiros, melhoramentos de drenagens urbanas, criação de bacias de retenção e espaços verdes, entre outros.

Desta forma, pode-se concluir que a execução das atividades de Engenharia Civil tem sido prejudicada de um modo geral pelos agentes extremos atuais, e para tal prevê-se a criação de novos desafios, estudos e tecnologias desde a fase de projeto à fase de manutenção. Contudo, as obras de Engenharia Civil têm dado bons contributos para a mitigação e adaptação às alterações climáticas no planeta e no ser humano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adaptação; Alterações climáticas; Durabilidade; Manutenção; Mitigação; Obra; Projeto.



## **ABSTRACT**

Climate changes are meteorological variations that have existed since the formation of planet Earth about 4.5 billion years ago. The biggest problem that the Earth is currently experiencing is global warming, which is caused by the increase in greenhouse gases emitted, resulting in an increase in the average sea level, extreme precipitation, drastic temperature variations, strong winds, between others.

In this sense, this dissertation aims to analyze the impact of climate change on Civil Engineering activities. The causes and consequences of climate change are presented, as well as their quantification at a general level. A bibliographic review is carried out on the evolution of environmental policy and the exploration of existing institutions, conventions, and norms. After approaching the theme in general, the mitigation and adaptation measures that have been taken are identified, concluding with a balance of the changes to date.

It is intended to clarify the impacts of climate change for each branch of Civil Engineering: Geotechnics, Hydraulics, Construction, Structures, Roads, and Urban Planning. Within each of these areas, the most conditioning agents of climate change that modify Civil Engineering activities are identified and quantified.

As a result of the impacts, several proposals are presented to change the execution of Civil Engineering activities, taking into account the phases of the useful life cycle of a building, these being the design phase, construction phase and maintenance phase. The mentioned phases must be foreseen and considered the most relevant agents, creating greater resistance and durability to the buildings taking into account the current meteorological events.

Given the pertinence of this concern with framing the theme, several different examples are identified, already existing worldwide in Civil Engineering, which contribute to the mitigation and adaptation to climate changes, including coastal reinforcements, improvements in urban drainage, creation of retention basins and green spaces, among others.

In this way, it can be concluded that the execution of Civil Engineering activities has been hampered in general by current extreme agents, and for that it is foreseen the creation of new challenges, studies, and technologies from the design phase to the maintenance phase. However, Civil Engineering works have made good contributions to mitigate and adapt the climate changes effects on the planet and in human beings.

**KEYWORDS:** Adaptation; Climate Change; Constructions; Durability; Maintenance; Mitigation; Project.



# ÍNDICE

<b>DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>xv</b>
<b>NOMENCLATURA.....</b>	<b>xvii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 ENQUADRAMENTO GERAL .....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	3
<b>2 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS .....</b>	<b>5</b>
2.1 ORIGENS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....	5
2.2 CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....	8
2.2.1 Causas das Alterações Climáticas .....	10
2.2.2 Consequências das Alterações Climáticas.....	11
2.3 QUANTIFICAÇÃO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS .....	14
2.4 EVOLUÇÃO DA POLÍTICA AMBIENTAL .....	16
2.5 INSTITUIÇÕES, CONVENÇÕES E NORMAS .....	24
2.5.1 IPCC .....	24
2.5.2 Protocolo de Quioto.....	27
2.5.3 Acordo de Paris .....	28
2.5.4 Normas.....	31
2.6 MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS .....	32
2.6.1 Mitigação.....	33
2.6.2 Adaptação .....	34
2.7 BALANÇO DA ATUALIDADE .....	34
<b>3 IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NAS ATIVIDADES DE ENGENHARIA CIVIL.....</b>	<b>39</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	39
3.2 GEOTECNIA .....	40
3.2.1 Identificação dos Impactos .....	40
3.2.2 Quantificação dos Impactos.....	42
3.3 HIDRÁULICA .....	43

3.3.1	Identificação dos Impactos .....	43
3.3.2	Quantificação dos Impactos .....	45
3.4	CONSTRUÇÃO.....	47
3.4.1	Identificação dos Impactos .....	47
3.4.2	Quantificação dos Impactos .....	48
3.5	ESTRUTURAS.....	49
3.5.1	Identificação dos Impactos .....	49
3.5.2	Quantificação dos Impactos.....	50
3.6	VIAS DE COMUNICAÇÃO.....	51
3.6.1	Identificação dos Impactos .....	51
3.6.2	Quantificação dos Impactos.....	52
3.7	PLANEAMENTO URBANO.....	53
3.7.1	Identificação dos Impactos .....	53
3.7.2	Quantificação dos Impactos.....	54
<b>4</b>	<b>PROPOSTAS DE ALTERAÇÃO DE EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES DE ENGENHARIA CIVIL.....</b>	<b>55</b>
4.1	INTRODUÇÃO .....	55
4.2	GEOTECNIA.....	56
4.3	HIDRÁULICA.....	61
4.4	CONSTRUÇÃO.....	64
4.5	ESTRUTURAS.....	68
4.6	VIAS DE COMUNICAÇÃO.....	70
4.7	PLANEAMENTO URBANO.....	71
<b>5</b>	<b>CONTRIBUTOS DA ENGENHARIA CIVIL PARA MITIGAR E ADAPTAR AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....</b>	<b>73</b>
5.1	INTRODUÇÃO .....	73
5.2	GEOTECNIA.....	73
5.3	HIDRÁULICA.....	80
5.4	CONSTRUÇÃO.....	89
5.5	ESTRUTURAS.....	92
5.6	VIAS DE COMUNICAÇÃO.....	93
5.7	PLANEAMENTO URBANO.....	93
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....</b>	<b>95</b>
6.1	CONCLUSÕES .....	95
6.2	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	96
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>97</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Alterações climáticas [1] .....	1
Figura 2 - Onda de Calor derrete ponte Hammersmith em Londres, [2]. .....	2
Figura 3 - Alterações Climáticas: SOS [3].....	5
Figura 4 - Influências causadoras do efeito de estufa (adaptado de [6]). .....	6
Figura 5 - Gráfico do aquecimento global projetada para 2100 [13]. .....	8
Figura 6 - Relatório IPCC entre 1990 e 2013 em relação à contribuição humana [6]. .....	9
Figura 7 - Mudanças globais até 2020 [6].....	10
Figura 8 - Pico mais alto da Groenlândia regista chuva pela 1ª vez [19].....	12
Figura 9 - Tempestade Filomena em Espanha, 2021 [20].....	12
Figura 10 - Furacão Ida, Estados Unidos 2021 [21].....	13
Figura 11 - Seca da Etiópia, Quênia e Somália [22]. .....	13
Figura 12 - Evolução das emissões de CO <sub>2</sub> para a atmosfera [4].....	14
Figura 13 - Emissões antropogénicas globais (2004) [4].....	14
Figura 14 - Evolução percentual sectorial face ao total anual de emissões de GEE [24]. .....	15
Figura 15 - Países e regiões mais afetadas pelas alterações climáticas [25]. .....	15
Figura 16 - Depleção da camada de ozônio na Antártida [30].....	17
Figura 17 - O Mandato de Berlim [45]. .....	27
Figura 18 - Percentagem das emissões de GEE em relação a 1990, na UE (Dados do Eurostat 2017) [37]. .....	30
Figura 19 - Percentagem das emissões de GEE em 2015 em relação a 1990, nos Estados-Membros da UE (Dados do Eurostat 2017) [37]. .....	30
Figura 20 - Principais emissores de GEE no mundo [13]. .....	31
Figura 21 - Modelo do SGA – ISO 14 001 [52].....	32
Figura 22 - Evolução das anomalias da temperatura média anual [56].....	37
Figura 23 - Suscetibilidade à desertificação [56]. .....	37
Figura 24 - Erosão na zona costeira, Costa da Caparica (imagem da direita), Esmoriz (imagem da esquerda), Portugal [59], [60].....	40
Figura 25 - Deslizamento de terras, Guimarães [61].....	40
Figura 26 - Deslizamento de Terras, Washington (EUA) [62]. .....	41
Figura 27 - Deslizamento de solo e lixo devido a Chuvas fortes, Brasil [63], [64]. .....	41
Figura 28 - Colapso do solo, São Paulo [65].....	41
Figura 29 - Colapso de uma parede derruba edifício, Colónia [66]. .....	42
Figura 30 - Inundação junto à Avenida da Liberdade [73]. .....	44
Figura 31 - Inundação em Nova Orleães, nos EU [74]. .....	44
Figura 32 - Inundação devido ao Furacão Sandy, na costa de Nova Jersey,2012 [75]. .....	44
Figura 33 - Inundação por colapso da Barragem de Quati, no Brasil, 2019 [76].....	45
Figura 34 - Campo de Refugiados Rohingya em Kutupalong, Bangladesh, 2021 [77]. .....	45
Figura 35 - Precipitação total em Portugal entre 1960 e 2021 [82].....	46
Figura 36 - Número de dias de ondas de calor em Portugal entre 1960 e 2021 [82] .....	47
Figura 37 - Danos na cobertura devido a ação de granizo, Campos Gerais [84]. .....	47
Figura 38 - Industria do cimento [85]. .....	48

Figura 39 - Consequência de chuva e ventos fortes em posto de combustível, Indaiatuba [89].	50
Figura 40 - Estufa agrícola destruída em Póvoa de Varzim [91].	50
Figura 41 - Colapso da Ponte de Foros do Mocho, Portalegre [90].	50
Figura 42 - Linha ferroviária de Cascais, Lisboa [94].	51
Figura 43 - Ciada de árvore na estrada em São Paulo [95].	52
Figura 44 - Aquaplanagem nas estradas [93].	52
Figura 45 - Corte de ponte que liga duas freguesias, Guimarães [96].	52
Figura 46 - Tempestade 20 de Fevereiro 2010, Ilha da Madeira [98].	53
Figura 47 - Fenómeno de ilha de calor em Xangai, China [99].	54
Figura 48 - Ocupação irregular juntamente com poluição, Índia [97].	54
Figura 49 - Fases do Ciclo de vida [101].	55
Figura 50 - Interação solo-água-vegetação em taludes (adaptado [103]).	57
Figura 51 - Redução da inclinação média [103].	57
Figura 52 - Execução de banquetas intermedias [103].	58
Figura 53 - Escavação de material na crista do talude [103].	58
Figura 54 - Retaludamento_Alteração da geometria do talude [104].	58
Figura 55 - Drenagem superficial do talude (esq) e Drenagem profunda do Talude (dir) [104].	59
Figura 56 - Muro de gabião [105].	60
Figura 57 - Exemplo de vala próxima de edificações [107].	60
Figura 58 - Entivação de madeira, Porto [106].	61
Figura 59 - Malha reforçada [110].	63
Figura 60 - Leito do rio [111].	64
Figura 61 - Túnel de Pen-y-Clip, Norte do País de Gales, Reino Unido [118].	74
Figura 62 - Talude Rochoso, Curral das Freiras, Ilha da Madeira (foto de minha autoria).	75
Figura 63 - Malha reforçada [110].	75
Figura 64 - Túnel aberto, Funchal, Ilha da Madeira [119].	75
Figura 65 - Contenção com ancoragens e pregagens definitivas, Hotel Savoy Royal, Funchal, 1990..	76
Figura 66 - Exemplo de terraços [121].	76
Figura 67 - Modelo esquemático e exemplo de enchimento com material leve [120].	77
Figura 68 - Tubulações para drenagem (foto de minha autoria)	78
Figura 69 - Exemplo de Grades de Madeira [120].	78
Figura 70 - Muros de Caixa de Aço [120].	78
Figura 71 - Grampeamento do Solo [104].	79
Figura 72 - Terra Armada [104].	79
Figura 73 - Muros de gabião [122].	80
Figura 74 - Esquema ilustrativo de obras de reforço costeiro [124].	81
Figura 75 - Reforços costeiro, enrocamento e paredes.	81
Figura 76 - Situação na zona do parque de campismo na Costa da Caparica, antes e depois das intervenções de alimentação artificial com areia [125].	82
Figura 77 - Aspetos do sistema de reforço dunar na praia de Ofir durante (junho de 2015) e após a construção (novembro de 2015) [126].	82
Figura 78 - Reforço dunar com big-bags [126].	83
Figura 79 - Quebramar destacado emerso (esquerda) e submerso (direita) [127].	83
Figura 80 - Esporão transversal, Costa de Lavos [128].	84

Figura 81 - Forças e estruturas envolvidas junto aos molhes portuários [128].	84
Figura 82 - Sistemas de drenagem unitário e separativo [108].	85
Figura 83 - Drenagem do escoamento desorganizado das coberturas para a via pública [108].	86
Figura 84 - Sargetas e sumidouros entupidos [108].	86
Figura 85 - Barragem de Aguieira, Portugal [130].	88
Figura 86 - O dique Afsluitdijk, nos Países Baixos [132].	88
Figura 87 - Açude Rio Seia, Portugal [133].	89
Figura 88 - Palafitas em aço galvanizado, Reino Unido (direita) e Palafitas de betão armado, República Checa (esquerda) [134].	90
Figura 89 - Palafitas de madeira, Chile (direita) e Palafitas de metal, Itália (esquerda) [134].	90
Figura 90 - Isolamento térmico com poliestireno [135].	90
Figura 91 - Telhas termocrómicas, Portugal [136].	91
Figura 92 - Esquema ilustrativo de Ventilação Cruzada [137].	91
Figura 93 - Arrefecimento passivo de Brises [137].	92
Figura 94 - Estufa tipo túnel, Minho [138].	92
Figura 95 - Bacia de retenção no Parque das Hortas, Portugal [109].	94
Figura 96 - Espaços verdes entre edificações [139].	94
Figura 97 - Projeto de edificações com espaços verdes, iluminação natural e telhados ecológicos [139].	94



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Escala de Saffir-Simpson adaptado.....	21
Tabela 2 - Grupos de Trabalho do IPCC.....	25
Tabela 3 - Quadro-síntese do combate às alterações climáticas [37].....	28
Tabela 4 - Cinco pontos chave de melhor eficiência da sociedade .....	34
Tabela 5 - Metas da UE [25].....	35
Tabela 6 - Metas de Portugal [25].....	36
Tabela 7 - Impactos e seus principais agentes [58].....	39
Tabela 8 - Resumo de quantificação dos impactos .....	42
Tabela 9 - Projeções climáticas até ao final do século [78]. .....	45
Tabela 10 - Impactos ambientais nas fases de produção de cimento [86].....	48
Tabela 11 - Tabela da Velocidade do vento (Adaptada) [92]. .....	51
Tabela 12 - Propostas de alterações na área de Geotecnia na fase de projeto.....	56
Tabela 13 - Propostas de alterações na área de Geotecnia na fase de obra .....	56
Tabela 14 - Propostas de alterações na área de Geotecnia na fase de manutenção.....	57
Tabela 15 - Propostas de alterações na área de Hidráulica na fase de projeto .....	62
Tabela 16 - Propostas de alterações na área de Hidráulica na fase de obra .....	62
Tabela 17 - Propostas de alterações na área de Hidráulica na fase de manutenção .....	63
Tabela 18 - Propostas de alterações na área de Construção na fase de projeto.....	65
Tabela 19 - Propostas de alterações na área de Construção na fase de obra.....	66
Tabela 20 - Propostas de alterações na área de Construção na fase de manutenção.....	66
Tabela 21 - Propostas de alterações na área de Estruturas na fase de projeto.....	68
Tabela 22 - Propostas de alterações na área de Estruturas na fase de obra .....	68
Tabela 23 - Propostas de alterações na área de Estruturas na fase de manutenção.....	69
Tabela 24 - Propostas de alterações na área de Vias de Comunicação na fase de projeto .....	70
Tabela 25 - Propostas de alterações na área de Vias de Comunicação na fase de obra .....	70
Tabela 26 - Propostas de alterações na área de Vias de Comunicação na fase de manutenção .....	70
Tabela 27 - Propostas de alterações na área de Planeamento Urbano na fase de projeto .....	71
Tabela 28 - Propostas de alterações na área de Planeamento Urbano na fase de obra.....	72
Tabela 29 - Propostas de alterações na área de Planeamento Urbano na fase de manutenção .....	72
Tabela 30 - Ações de adaptação geotécnicas .....	74
Tabela 31 - Ações de adaptação hidráulicos .....	80
Tabela 32 - Soluções de adaptação a inundações urbanas em espaços públicos [108].....	87
Tabela 33 - Ações adaptativas à construção.....	89
Tabela 34 - Ações adaptativas ao Planeamento Urbano .....	93



## NOMENCLATURA

<b>C</b>	Carbono
<b>CFCs</b>	Clorofluorcarbonetos
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>CNUDM</b>	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>COP</b>	Conference of the Parties / Conferencia das Partes
<b>DRAAC</b>	Direção Regional do Ambiente e Alterações Climáticas
<b>ERRAM</b>	Estratégia Resíduos Madeira
<b>GEE</b>	Gases do Efeito de Estufa
<b>GEF</b>	<i>Global Environment Fund</i> / Fundo Global para o Meio Ambiente
<b>H</b>	Hidrogénio
<b>HNO<sub>3</sub></b>	Ácido Nítrico
<b>IPCC</b>	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> / Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas
<b>IDMC</b>	Centro de Monitoramento de Deslocamentos Internos
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization / Organização Internacional para Padronização
<b>IV</b>	Radiação Infravermelha
<b>N</b>	Azoto
<b>NMP</b>	Nemátodo da Madeira do Pinheiro
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Óxido Nitroso
<b>O</b>	Oxigénio
<b>OMM</b>	Organização Mundial de Meteorologia
<b>OMS</b>	Organização Mundial de Saúde
<b>ONG</b>	Organização não Governamental
<b>OPEP</b>	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
<b>PGRH</b>	Plano de Gestão Hidrográfica do Arquipélago da Madeira
<b>PGRI</b>	Plano de Gestão dos Riscos de Inundações da RAM
<b>PNALE</b>	Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão
<b>PNUA</b>	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
<b>PSOEM</b>	GeoPortal do Plano de Situação do Ordenamento do Espaço Marítimo
<b>UE</b>	União Europeia
<b>UICN</b>	União Internacional para a Conservação da Natureza
<b>UNFCCC</b>	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas
<b>UV</b>	Radiação Ultravioleta
<b>RAM</b>	Região Autónoma da Madeira



# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Enquadramento geral

A presente dissertação aborda um dos temas atualmente mais discutidos, as Alterações Climáticas.

Desde a formação do planeta, o clima da Terra tem sofrido alterações, mas nas últimas décadas o aquecimento global tem aumentado a um ritmo nunca antes presenciado, forçando a humanidade a tomar medidas para reduzir os seus impactos. Ocorrem com maior frequência eventos meteorológicos extremos influenciados pela ação humana (Figura 1), aumento das temperaturas, aquecimento dos oceanos, derretimento das massas geladas, aumento do nível médio da água do mar, aumento das precipitações intensas, entre outras.



Figura 1 - Alterações climáticas [1]

As alterações no planeta estão fora do controle até mesmo seguindo medidas de adaptação e mitigação criadas nos protocolos e convenções. Estas medidas ajudam, mas ainda estão a ser revistas e melhoradas de forma a manter a salvo o nosso planeta.

Os impactos das alterações climáticas mudam consoante a sua localização, e cada vez são mais extremos condicionando também as diferentes áreas de Engenharia Civil. Alguns continentes são afetados com as ondas de calor que comprometem o funcionamento de escolas, aeroportos, linhas ferroviárias e rodoviárias, e em outros continentes são afetados com inundações, ventos e neve [15].

A Figura 2 representa uma das possíveis consequências do aumento de temperatura em estruturas, no qual este aumento inesperado não foi considerado no seu dimensionamento. Tal como este exemplo, podemos ter outros nas atividades e áreas de Engenharia Civil.



Figura 2 - Onda de Calor derrete ponte Hammersmith em Londres, [2].

As variações a nível do clima condicionam a Engenharia Civil desde o projeto até à manutenção. Numa fase de projeto deve-se ter em conta cada agente climático e calcular as suas interferências, para um bom funcionamento. Já na fase de obra/execução, deve-se prever os acontecimentos e estar mais atento à meteorologia diária com os sistemas e protocolos de segurança sempre atualizados. Quanto à fase de manutenção, pode-se constatar que haverá maiores preocupações e limpezas frequentes para o seu bom funcionamento aquando da sua vida útil.

Engenharia é o futuro, e para usufruir um futuro próspero serão necessárias muitas mudanças. À data desconhece-se um estudo que nos oriente de que forma a Engenharia Civil poderá mitigar e adaptar às alterações climáticas.

## 1.2 Objetivos

No seguimento da questão apresentada relativa à falta de conhecimento sobre o efeito das alterações climáticas na Engenharia Civil, esta dissertação tem como objetivo principal analisar o impacto das alterações climáticas nas atividades de Engenharia Civil.

De modo a satisfazer este objetivo principal propõem-se os seguintes objetivos parciais:

- Efetuar uma revisão bibliográfica sobre alterações climáticas;
- Identificar de que forma as alterações climáticas impactam nas atividades de Engenharia Civil;
- Propor alterações na execução das atividades de Engenharia Civil;
- Indicar contributos da Engenharia Civil para mitigar e adaptar as alterações climáticas.

### **1.3 Estrutura da dissertação**

Esta dissertação é formada por seis capítulos, incluindo a Introdução e as Conclusões.

O capítulo 1 é composto pelo enquadramento do tema, seguido dos objectivos e estrutura a ter em conta ao longo desta dissertação.

No capítulo 2 serão abordadas as Alterações Climáticas de modo global, desde as suas origens, a sua evolução da política ambiental envolvendo as instituições, convenções e normas até a atualidade, com as medidas de mitigação e adaptação aplicadas e programadas. Serão analisadas as suas causas e consequências bem como a sua quantificação.

No capítulo 3 serão identificados e quantificados os agentes climáticos que originam maiores impactos nas atividades de Engenharia Civil, visando as áreas de Geotecnia, Hidráulica, Construção, Estrutural, Vias de Comunicação e Planeamento Urbano.

No capítulo 4 serão apresentadas algumas propostas de execução nas atividades de Engenharia Civil perante as alterações climáticas de modo melhorar a execução de edificações. Por cada área serão identificadas várias propostas para a fase de projeto, fase de obra e fase de manutenção consoante os agentes climáticos de maior relevância.

No capítulo 5 serão apresentados alguns contributos da Engenharia Civil já existentes a nível mundial no combate às alterações climáticas. Estas propostas serão referentes também a cada área de Engenharia Civil, de modo a contribuir para a adaptação e mitigação.

Por fim, no capítulo 6 serão expostas as principais conclusões decorrentes do trabalho realizado na presente dissertação, seguido de algumas propostas para trabalhos futuros nesta área.



# Capítulo 2

## ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Pretende-se neste capítulo abordar as alterações climáticas como um todo, as suas causas e consequências bem como normas e políticas identificando assim qual o seu estado na atualidade. Este tema, já se prolonga por muitos anos, mas nos tempos de hoje podemos dizer que estamos a chegar ao colapso global (Figura 3).

Temos de agir!



Figura 3 - Alterações Climáticas: SOS [3].

### 2.1 Origens das Alterações Climáticas

Para perceber o conceito de alterações climáticas é necessário conhecer a sua história desde a formação do planeta bem como o clima contemporâneo. Deste modo por clima entende-se alterações temporais meteorológicas como a temperatura, a precipitação e o vento. A Organização Mundial de Meteorologia (OMM) estabeleceu a climatologia normal através de um período de 30 anos sendo possível perceber a sua variabilidade e evolução [4].

As alterações climáticas são variações do clima da terra de longo prazo, com efeitos em todo o planeta a nível de temperatura, precipitação, aumento do nível do mar, extinção de várias espécies entre outras. A temperatura média do planeta tem vindo a aumentar, tendo o nome de fenómeno de aquecimento global, ou seja, intensificação do efeito de estufa [5].

O efeito de estufa é um fenómeno natural, onde devido à acumulação de gases atmosféricos levam a que radiação infravermelha (mais conhecida como calor) seja irradiada para a atmosfera. É um dos fatores que torna o planeta um lugar habitável para os seres humanos. O fluxo de energia

proveniente do sol atinge a superfície do planeta e a atmosfera por absorção, dispersão e reflexão. Este processo enfraquece o feixe solar sendo a maior parte da radiação absorvida sob radiação ultravioleta (UV) e 30% é refletida para o espaço. Esta energia absorvida pelo planeta ocorre no ar, na água e no solo através do aumento da superfície terrestre, da evaporação, ou convertida em energia mecânica, elétrica ou química. Quanto à energia refletida para o espaço é na forma de radiação infravermelha (IV) sendo absorvida pelos gases do efeito de estufa (GEE) [4].

Analisando a Figura 4, existem dois grandes sistemas influenciadores das alterações climáticas, os terrestres e os extraterrestres (não controláveis). Quando há influência de atividades humanas, a atividade antrópica influencia diretamente o clima através de libertação de gases, da alteração das características terrestres (desflorestação, expansão urbana) e coeficiente de reflexão da superfície (energia que é absorvida e refletida) [6]. Nos extraterrestres a atividade humana não tem influência pois são flutuações climáticas que surgiram no passado devido a atividades vulcânicas, orogenias e movimentações de massas continentais

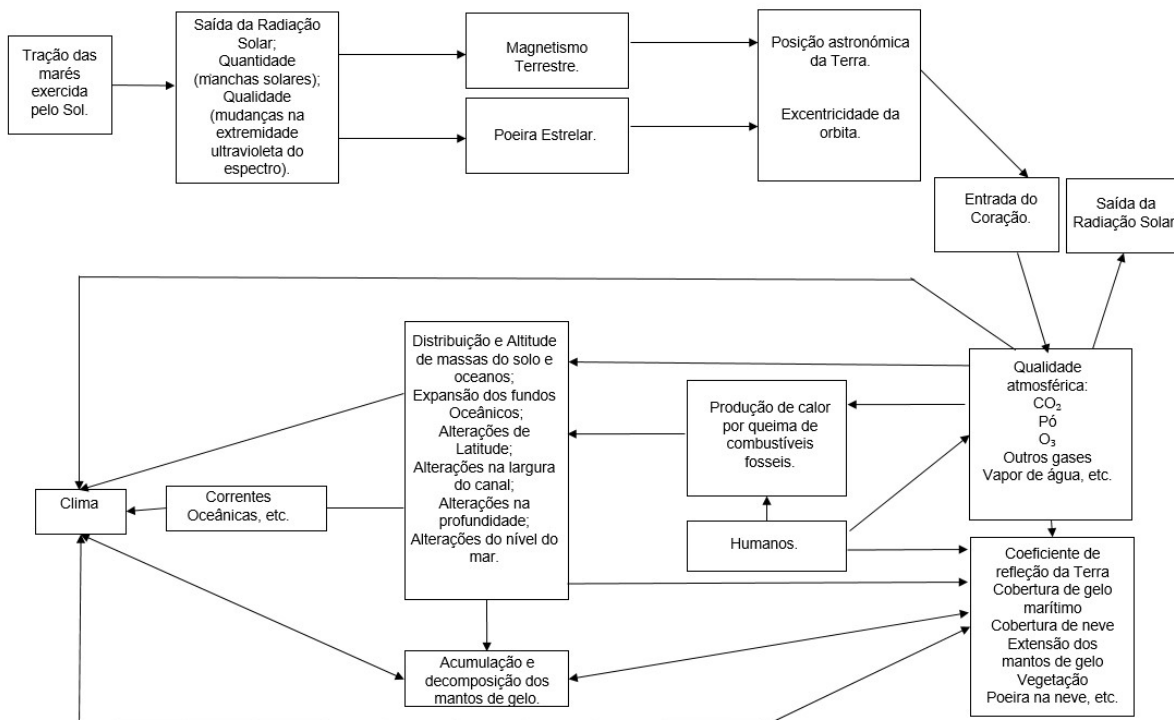


Figura 4 - Influências causadoras do efeito de estufa (adaptado de [6]).

Os GEE, tais como dióxido de carbono, retêm a luz do sol libertando esse calor de volta do ar, não deixando escapar para o espaço, mantendo a Terra com temperaturas médias de 14 graus Celsius (°C). Devido às atividades humanas, os GEE na atmosfera estão aumentando, resultando assim num aumento de calor na Terra, sendo prejudicial para todos os seres vivos [7]. As principais alterações climáticas devem-se à combustão de combustíveis fósseis (o petróleo, o carvão e o gás natural), e às atividades humanas (a agricultura e a desflorestação), permitindo libertações dos gases para a atmosfera [5].

Há mais de 4 000 milhões de anos que se verifica que o clima da Terra tem vindo a mudar radicalmente e a variar de forma cíclica, o que resulta num processo de investigação no século XIX pelo físico francês Joseph Fourier. Na primeira metade do século XIX iniciou-se o primeiro processo de investigação das causas das alterações climáticas, no qual Fourier concluiu através de cálculos de balanço radioativo, a existência de um mecânico aumento da temperatura semelhante ao do efeito de estufa, devendo igualar a radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre ao fluxo de energia absorvido pela Terra [8].

O cientista John Tyndall questionou: “É a temperatura média do solo de qualquer forma influenciada pela presença de gases que absorvem calor em uma atmosfera?”, atraindo a atenção dos físicos [9]. Segundo Fourier a atmosfera atua como o vidro de uma estufa, ou seja, deixa passar os raios do sol retendo os raios escuros do solo. Os físicos Pouillet e Langley pesquisaram sobre o assunto e concluíram que “a temperatura da terra sob luz solar direta, mesmo que a nossa atmosfera estivesse presente como agora, provavelmente cairia para  $-200^{\circ}\text{C}$ , se essa atmosfera não possuiu a qualidade de absorção seletiva” [10]. Do mesmo modo, a Lei de Newton foi abandonada, visto que a lua cheia não possui atmosfera de absorção de calor sensível, tendo uma média afetiva de  $45^{\circ}\text{C}$  [11].

Em 1896, Svante Arrhenius (futuro prémio nobel da química) publicou artigos sobre o modelo da influência dos GEE no ar, na temperatura e no solo, bem como a importância das atividades humanas na alteração das temperaturas globais. Sendo um meio científico séptico na altura, não deram muita importância aos problemas das alterações climáticas de origens humanas [12].

Após a segunda guerra, o físico teórico doutorado Gilbert Plass, fez cálculos da radiação infravermelha em 1950 e conclui que o aumento do  $\text{CO}_2$  aumenta efetivamente a temperatura [8].

Nos últimos 150 anos as temperaturas aumentaram radicalmente, comparando aos anos anteriores. Segundo a Organização Meteorológica Mundial os níveis de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) aumentaram desde 1750 até 2019 anos cerca de 150% [5].

Entre 2015 e 2017, os climatologistas fizeram algumas alterações ao que achavam que poderia ajudar nas mudanças climáticas. Pensavam que o aumento da temperatura global deveria estar a baixo dos  $2^{\circ}\text{C}$  de modo a evitar consequências graves em relação aos níveis pré-industrial, mas após vários estudos e análises, concordaram que só haveria melhoras se a temperatura global estivesse abaixo de  $1,5^{\circ}\text{C}$  [13].

De modo a combater ou amenizar estas alterações climáticas, são necessárias medidas de adaptação face aos problemas que inevitavelmente poderão surgir, e será preciso uma redução de emissão de GEE criando medidas de atenuação [14].

Nas últimas três décadas pode-se identificar que as alterações climáticas deixaram marcas em muitos sistemas físicos e biológicos por todo o mundo desde água, alimentação, espaços costeiros, ecossistemas e biodiversidade. Atendendo ao aquecimento global até 2100, as expectativas mais positivas oscilam entre  $1,8^{\circ}\text{C}$  e  $4^{\circ}\text{C}$  em relação aos níveis de 1990, Figura 5 [13].

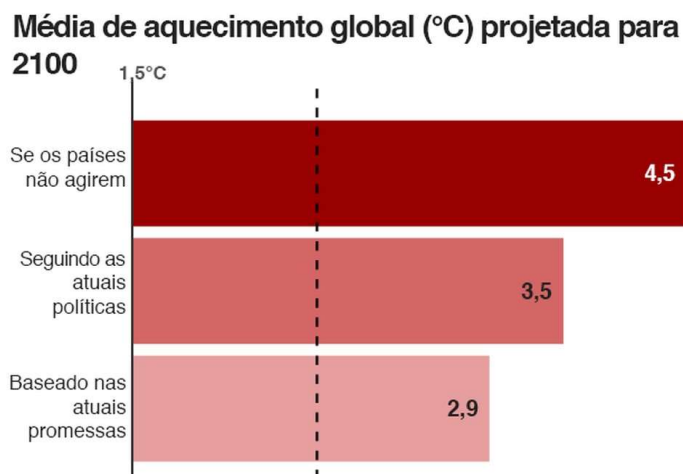


Figura 5 - Gráfico do aquecimento global projetada para 2100 [13].

## 2.2 Causas e Consequências das Alterações Climáticas

As alterações climáticas é um dos assuntos da atualidade, que contribuem para eventos meteorológicos extremos como tempestades, inundações, secas, insegurança alimentar, vagas de calor, incêndios florestais, escassez da água potável, dependendo das várias partes do mundo sendo umas mais afetadas do que outras [5].

O aumento da temperatura global tem um enorme impacto nos glaciares polares, pois desencadeiam o seu derretimento proporcionando a subida do nível do mar no qual podem-se gerar inundações tornando-se uma ameaça para as zonas costeira [5].

Os fenómenos extremos mais frequentes e mais intensos são os incêndios florestais, vagas de calor, secas e inundações, colocando em risco a segurança alimentar [5].

Um dos principais determinantes nas alterações climáticas é o efeito de estufa, devido a alguns gases presentes na atmosfera que funcionam como paredes de vidro, ou seja, retém o calor do sol impedindo de escapar para o espaço contribuindo assim para o aquecimento global. A atividade humana é responsável também pelo aquecimento global devido a vários gases que produz mesmo que seja em menores quantidades [15].

Estes são exemplos de alguns gases produzidos pela atividade humana: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e gases fluorados. O  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$  são produzidos através da queima de carvão, petróleo ou gás. A desflorestação impede com que as árvores estabilizem o  $\text{CO}_2$  evitando que vá para a atmosfera. O  $\text{CH}_4$  aumenta devido a atividade pecuária, assim como os fertilizantes que contêm azoto (N) produzem emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  [15].

Relatando as várias regiões da Europa, constatamos que na Europa mediterrânea e central ocorrem maiores vagas de calor, incêndios florestais e secas. Na região mediterrânica por se estar a tornar mais árida é mais vulnerável a incêndios florestais, por conseguinte no norte da Europa, devido às chuvas intensas desencadeiam-se cheias, não esquecendo as zonas urbanas que estão mal preparadas para alterações climáticas estão expostos a vagas de calor e inundações. Os países em

desenvolvimento serão os mais afetados principalmente os mais pobres pois os seus habitantes dependem muito do meio natural [15].

Os riscos para a saúde humana, sociedade, economia e para a vida selvagem são muito elevados. Quanto à saúde humana, registou-se mais mortalidade devido ao calor, algumas doenças sendo algumas delas relacionadas com a qualidade da água. Os custos para a sociedade e economia, entre 1980 e 2011 devido às inundações, afetaram a humanidade com prejuízos económicos principalmente nos sectores da agricultura, silvicultura, energia e turismo. Devido às mudanças climáticas, e se assim continuarem as espécies terrestres, vegetais e animais ficarão expostas a um risco elevado de extinção [15].

Com muito esforço conseguiremos garantir um planeta melhor para a nossa e futuras gerações.

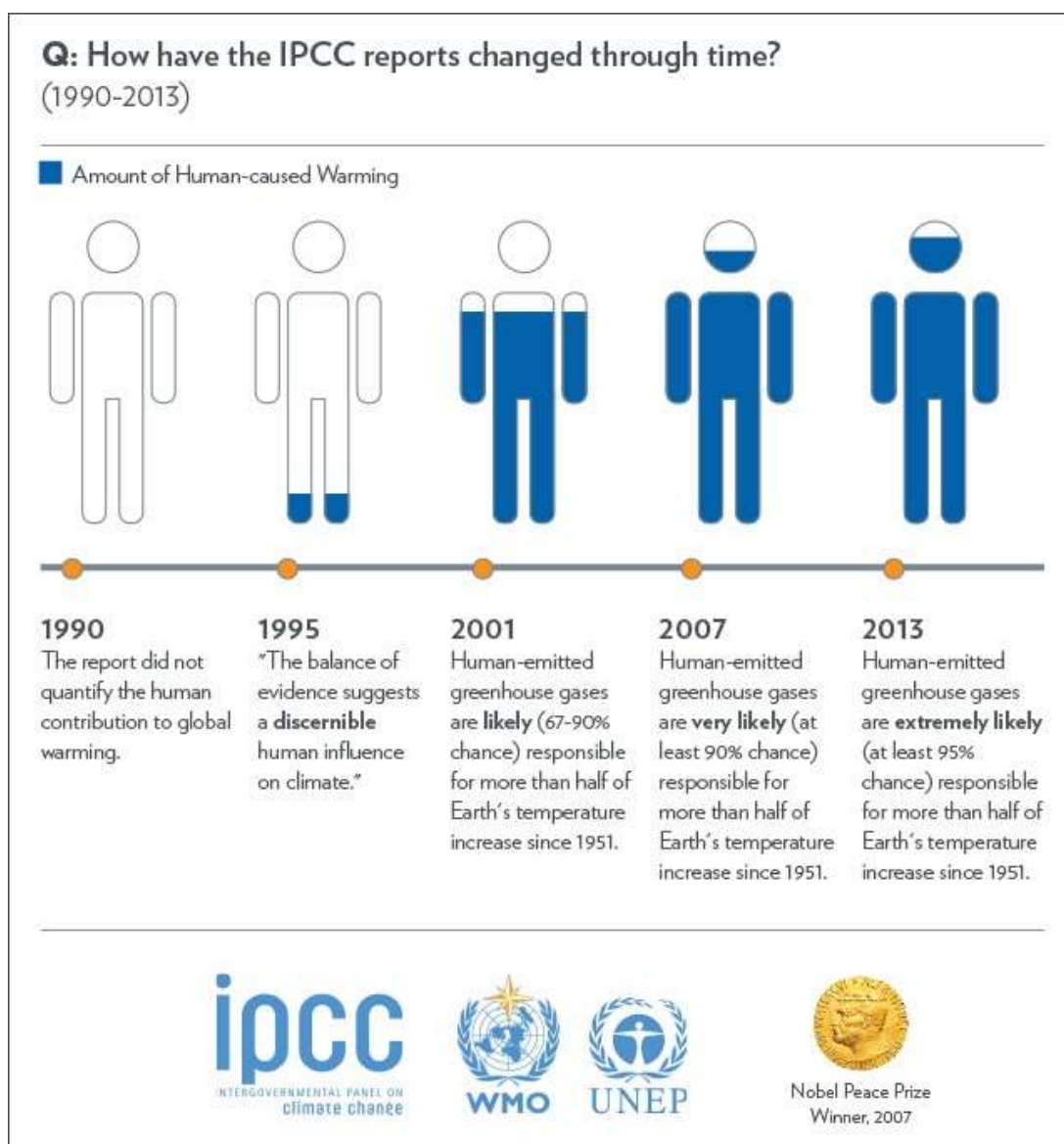


Figura 6 - Relatório IPCC entre 1990 e 2013 em relação à contribuição humana [6].

Analisando a Figura 6, no ano de 1990 a contribuição humana não foi quantificada para efeitos do aquecimento global. Após 5 anos (1995), surge uma influência humana notável, comprovando que em 2001, o homem foi responsável por mais de metade do aumento da temperatura terrestre (67-90%)

através de emissão dos GEE. Nos relatórios de 2007 passam a pelo menos 90% e de 2013 a 95%, em que o homem é provavelmente a contribuição mais responsável pela emissão de GEE por mais de metade do aumento da temperatura na Terra desde 1951. Portanto, podemos analisar que entre 1990 e 2013, a ação humana contribuiu para o aumento percentual de pelo menos 95% dos gases do efeito de estufa, sendo responsáveis por mais de metade da temperatura da terra desde 1951 [6].

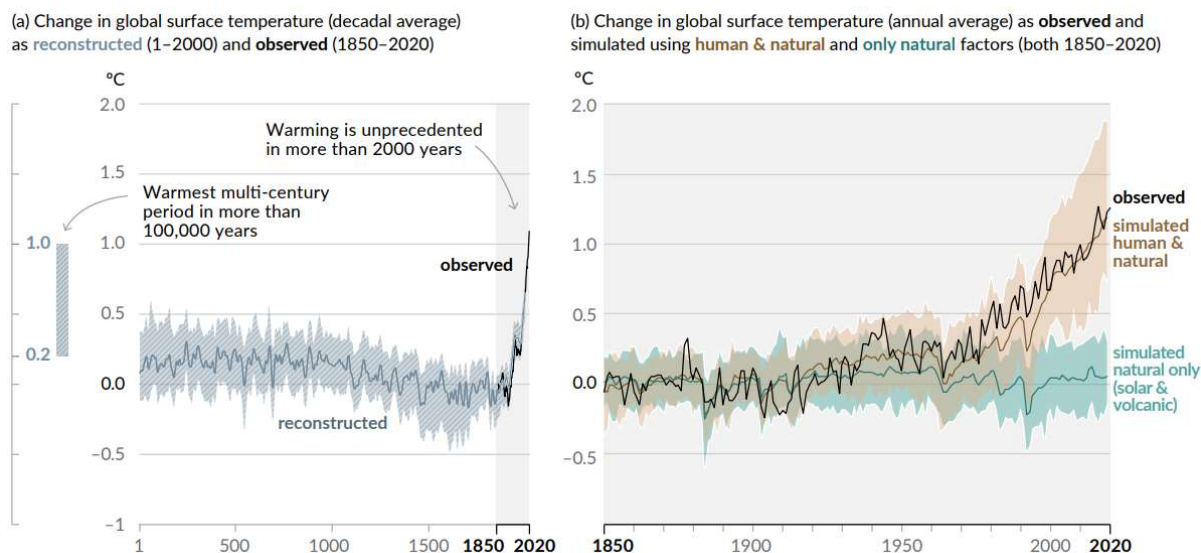


Figura 7 - Mudanças globais até 2020 [6].

A Figura 7 divide-se em dois gráficos sendo: a) alteração da temperatura da superfície global (média por década) conforme reconstruída (1-200) e observada (1850-2020); b) alterações da temperatura da superfície global (média anual) conforme observada e simulada usando fatores humanos naturais e apenas naturais (1850-2020). Estes dados estão atualizados até 2020, sendo publicados no segundo relatório do IPCC em agosto de 2021, verificando-se que o aumento exuberante do aquecimento global se iniciou a partir de 1950. Para o gráfico a) a linha cinzenta representa os valores reconstitutivos com base em arquivos paleoclimáticos em que a mancha cinza significa o intervalo de confiança e a linha preta são as temperaturas registadas, quanto ao gráfico b), a linha preta é a variação média das temperaturas globais à superfície, a linha castanha é a simulação humana e natural e linha verde é a simulação somente natural (solar e vulcânica). Assim sendo, verificamos que a inclusão das causas humanas é a mais intensa e significativa fazendo subir as temperaturas globais [6].

### 2.2.1 Causas das Alterações Climáticas

Uma das principais causas das alterações climáticas deve-se ao facto das atividades humanas, tais como, combustão de combustíveis fósseis, a desflorestação e a agricultura. Os combustíveis fósseis emitem gases para a atmosfera provocando o aquecimento global e as outras atividades contribuem para a sua proliferação [5].

Muitos dos GEE já estão presentes na atmosfera, mas alguns gases estão aumentando as suas concentrações devido à atividade humana.

- **Uso dos combustíveis fósseis:**

O uso de combustíveis fósseis em especial, o petróleo, o carvão e o gás natural, ativam a concentração de gases na nossa atmosfera, tais como, o dióxido de carbono, o metano, o óxido nitroso e gases fluorados. O dióxido de carbono é um dos principais responsáveis pelo aquecimento global vindo pela atividade humana, cerca de 48% acima do nível pré-industrial em relação a 1750. Quanto ao metano, embora seja um gás mais potente que o dióxido de carbono tem uma durabilidade mais curta na atmosfera. O óxido nitroso é um gás com durabilidade na atmosfera semelhante ao dióxido de carbono, acumulando-se na atmosfera durante décadas ou até mesmo séculos [5].

- **Combustão de combustíveis fósseis:**

Tal como acima referido, sendo os gases um dos principais fatores para o aquecimento global e havendo combustão dos combustíveis, há uma ativação dos gases presentes na atmosfera sendo prejudicial para o Planeta. Devido à ocorrência de incêndios florestais haverá um aumento dos gases, a Terra retém mais calor, proporcionando o aumento do aquecimento global.

- **Desflorestação:**

As árvores têm um papel fundamental no planeta, pois ajudam a regular a concentração de CO<sub>2</sub> presente na atmosfera, retirando essa concentração do ar e armazenando por décadas nos seus troncos, folhas e raízes. Quando são abatidas deixam de ter essa funcionalidade reforçando ainda mais o efeito de estufa, pois libertam o CO<sub>2</sub> armazenado para a atmosfera. Em média cada ser humano emite entre 5 a 7 toneladas de CO<sub>2</sub> e para compensar esse facto são necessários plantar cerca de 5 a 7 árvores. A desflorestação pode ser muito catastrófica, pois a cada retirada de árvores pode levar a um aumento da temperatura [16].

- **Agricultura e Pecuária:**

Estas atividades agropecuárias são responsáveis de quase um quarto dos GEE, porque baseiam-se em modelos não sustentáveis. Verifica-se a grande produção de metano e óxido nitroso. O metano produz-se durante a digestão do gado e o óxido nitroso deve-se a um produto indireto dos adubos de azoto orgânicos e minerais [17].

- **Lixo:**

A decomposição dos resíduos depositados sem qualquer cuidado, produz libertação de toneladas de GEE, tal como o metano.

Devido às atividades humanas o aquecimento global, aumenta 0,2°C por década [17].

### **2.2.2 Consequências das Alterações Climáticas**

As alterações climáticas estão afetando o Planeta. Os glaciares estão a derreter, provocando subida do nível da água do mar. Numas regiões, os fenómenos extremos de meteorologia estão cada vez mais comuns e noutras regiões agravam-se os problemas de seca e vagas de calor.

- Degelo e subida do nível das águas do mar:

Os glaciares polares são formados pela acumulação de gelo, sendo um processo milenar. Devido ao aumento da temperatura terrestre/aquecimento global ocorre o seu derretimento, o que se agrava cada vez mais em tempo recorde. A água dilata ao ser aquecida, provocando a fusão de lençóis de gelo desencadeando a subida do nível do mar resultando assim inundações e erosão de zonas costeiras a baixa altitude [18]. As inundações costeiras provocarão perda de vidas e destruição de habitações. O derretimento também prejudica as espécies marinhas, tais como morsas, baleias, ursos polares, entre outros.

- Fenómenos meteorológicos extremos:

Algumas regiões poderão sofrer de chuvas torrenciais, provocando deslizamentos constantes de terra e originando inundações e cheias nos rios muito destrutivos, Figura 8. Um exemplo de chuva observada recentemente por várias horas foi a chuva no cume da Groenlândia, ocorrida em agosto de 2021 [19].



Figura 8 - Pico mais alto da Groenlândia regista chuva pela 1ª vez [19].

As ondas de frio, estendem-se por vários dias com temperaturas baixas o que se torna mais comum nos dias de hoje segundo o relatório do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Exemplo disto foi a tempestade Filomena em Espanha, Figura 9, entre os dias 6 e 11 de janeiro de 2021, que paralisou o País durante alguns dias provocando o caos, e causando mortes [20].



Figura 9 - Tempestade Filomena em Espanha, 2021 [20].

Quanto às ondas do mar, tendem a aumentar de altura não só pelo efeito das tempestades, mas também por ventos fortes. Desde o início do século XX constatamos que as inundações costeiras são maiores e mais frequentes.

Nas últimas décadas os ciclones tropicais têm sido mais frequentes, sendo mais destrutíveis com escalas superiores quanto aos efeitos. Em 2021, ocorreu o Furacão Ida de categoria 4, Figura 10, sendo um dos piores até a data [21].

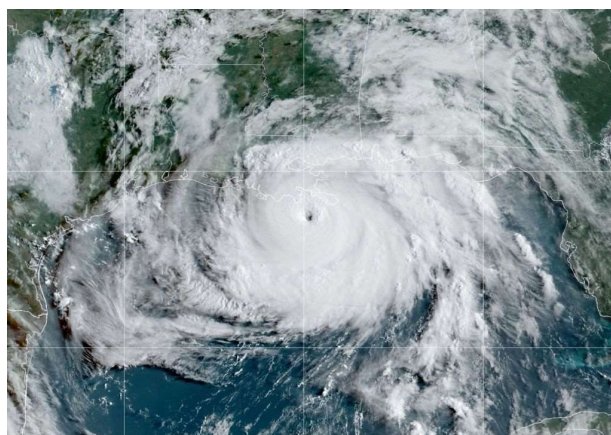


Figura 10 - Furacão Ida, Estados Unidos 2021 [21].

As ondas de calor são fenômenos de temperaturas altas que prolongam durante vários dias tornando-se mais frequentes e intensas na maioria das regiões do Planeta Terra. Devido à falta de precipitação, originam-se secas em certas regiões do mundo como por exemplo a África, obrigando à emigração de milhares de pessoas. As áreas secas sofrem de escassez de água, que provavelmente originará mortes e disputas políticas. Além disso, a ocorrência de incêndios, perda de biodiversidade é uma ameaça para a humanidade sendo cada vez mais frequente nos dias de hoje.

Não esquecendo da insegurança alimentar, devido ao aumento da temperatura global, que afeta a saúde humana causando problemas de alergias, doenças, desnutrição e fome, Figura 11 [22].



Figura 11 - Seca da Etiópia, Quênia e Somália [22].

Os danos das infraestruturas, patrimoniais e de saúde humana representam custos elevados para a sociedade e para a economia [18].

## 2.3 Quantificação das Alterações Climáticas

Desde a revolução industrial (em meados do século XVIII) e até 2004 devido à atividade humana, a concentração de CO<sub>2</sub> aumentou 35% da presente na atmosfera comparando aos últimos 420 mil anos, Figura 12. Entre 1970 e 2004, a emissão de GEE aumentou cerca de 70%, aumentando assim a temperatura global [23].

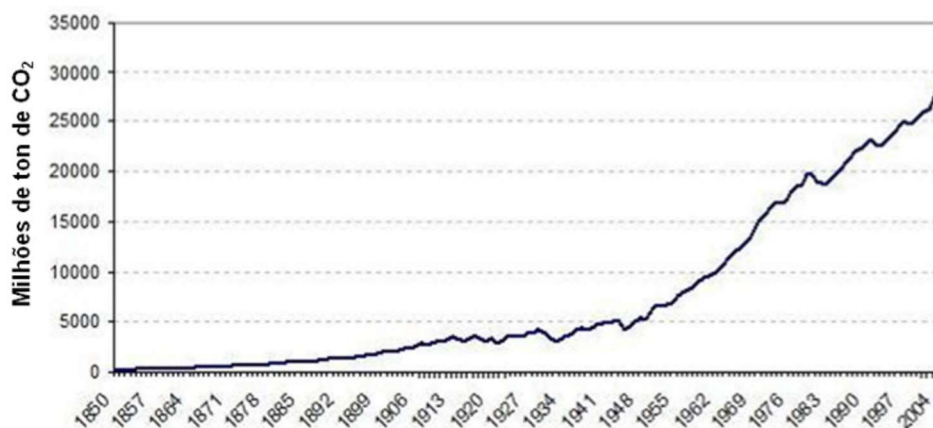


Figura 12 - Evolução das emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera [4].

Segundo relatórios do IPCC, o planeta aqueceu cerca de 0.74°C entre 1906 e 2005, no Hemisfério norte e na Europa cerca de 1°C [4].

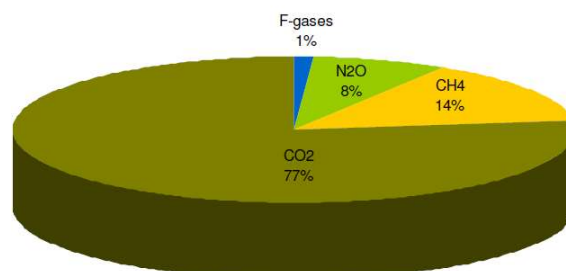


Figura 13 - Emissões antropogénicas globais (2004) [4].

Segundo os inventários do relatório do IPCC, as emissões de 2004 representam cerca de 77% do total das emissões antropogénicas, de seguida com 14% o metano, 8% o óxido nitroso e para os gases fluorados cerca de 1%, consoante Figura 13. Estes são os gases considerados no Protocolo de Quioto [4].

Desde a era pré-industrial a temperatura global do planeta aumentou 1,1°C, e se assim continuar é previsto um aumento entre 3°C a 5°C até o final deste século [5]. A nível mundial, o decénio 2010-2020 foi marcado por atingir níveis altos de temperatura.

A evolução das emissões de GEE, quanto à sua redução, iniciou-se antes da crise nas melhorias das tecnologias de controlo e eficiência energética, entrada de combustíveis menos poluentes (gás natural), crescimento de energias renováveis (energia eólica), reutilização e reciclagem, novas medidas de gestão de resíduos, entre outras [24].

Foi realizado em março/abril de 2021 pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC) um inventário nacional da União Europeia, c Figura 14 [24].

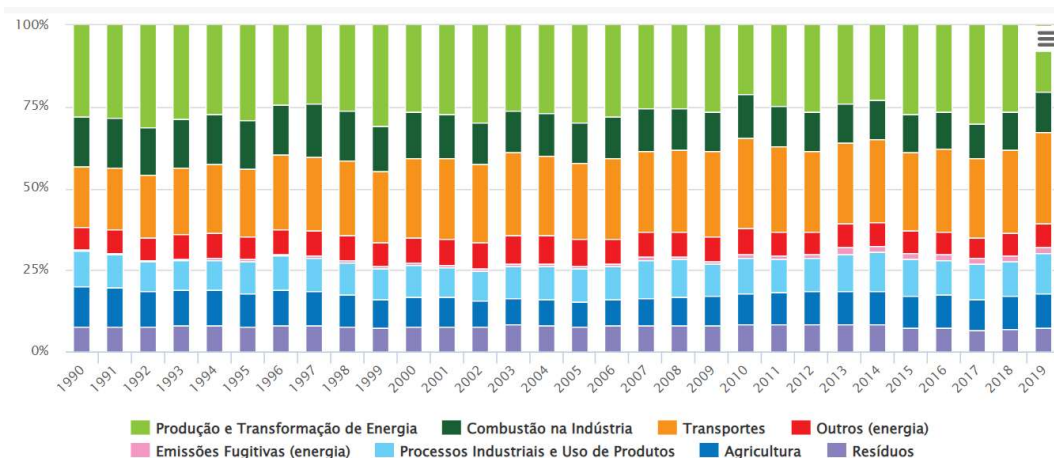


Figura 14 - Evolução percentual sectorial face ao total anual de emissões de GEE [24].

Analisando o gráfico, constatamos que o sector de energia e os transportes, correspondem às maiores percentagens responsáveis pelas emissões de GEE. Em 2019, face a 2018 os seus resultados diminuíram devido à maior proporção de energia renovável, substituindo o carvão pelo gás natural na produção elétrica, e recorrendo à importação de eletricidade que foi maior. Cerca de 64% é responsável pelo sector dos transportes, apresentando maior crescimento de emissões entre 1990 a 2019. A percentagem nos sectores de processos industriais e uso de produtos é de 12%, na agricultura é de 11% e nos resíduos é de 7%. Os sectores de processos industriais e os sectores agrícolas face a 2018, apresentam variações positivas ao contrário dos sectores de resíduos em que a sua tendência é negativa, na ordem de 0,3%. O aumento associado à agricultura deve-se ao facto do número de bovinos aos quais são engordados, de ovinos e das aves. Os subsectores de ar condicionado e a refrigeração comercial também influenciam no crescimento das emissões de gases fluorados [24].

Em 2017, as emissões aumentaram devido a incêndios florestais, devido a ser um ano particularmente seco, com altas temperaturas e ainda com a ocorrência do furacão Ofélia que com os seus ventos fortes varreu a costa da Península Ibérica. Em 2020, com o aparecimento da pandemia Covid-19, as emissões de gases poluentes do país reduziram [24].

Num estudo de mapeamento, constatamos que os países mais vulneráveis são os países em desenvolvimento sendo que a maior parte estão na África e Ásia. A Figura 15 mostra quais os países e regiões mais afetadas pelas alterações climáticas [25].

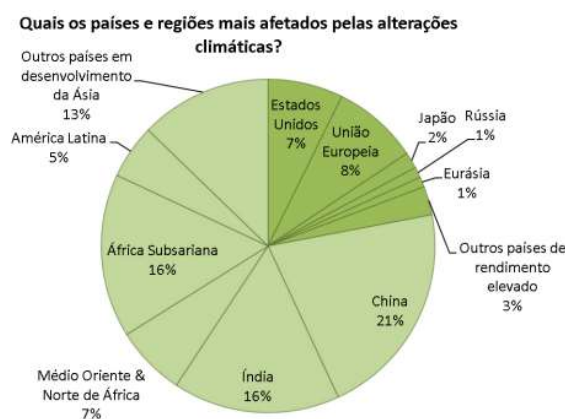


Figura 15 - Países e regiões mais afetadas pelas alterações climáticas [25].

A vulnerabilidade nos países em desenvolvimento se conjuntura a uma debilidade na capacidade de resposta, o que os torna também menos responsáveis nas ações climáticas.

## 2.4 Evolução da Política Ambiental

Com o passar do tempo, novas medidas e princípios foram surgindo de modo a que a era existencial fosse melhorando a nível mundial sendo uma estratégia de crescimento ambiental e desenvolvimento sustentável, melhorando o presente e não comprometendo as gerações futuras.

Desde 1968 até à era atual, houve uma evolução das políticas ambientais, nos âmbitos de conferências, criação de movimentos, crises, acidentes, convenções, protocolos e reuniões, que aludo de seguida.

História/ Evolução das políticas ambientais anuais [26]:

- 1968 – Conferência Intergovernamental sobre uso e a conservação da Biosfera – UNESCO  
Conferência organizada pela UNESCO, que visou promover soluções para reconciliar a conversão da biodiversidade com o uso sustentável através de atividades locais e conhecimentos científicos, ou seja, a origem das reservas da Biosfera que são áreas de ecossistemas costeiros e terrestres.
- 1969 – Criação da ONG “Friends of the Earth”  
Organização ambientalista “Amigos da Terra” criada pelo David Ross Brower, fundador de várias organizações ambientais. Esta organização teve como objetivos relatar assuntos ambientais, tais como, alterações climáticas, agricultura, pesticidas, poluição, alimentação, entre outras de modo a proteger o planeta.
- 1971 – Criação da ONG “Greenpeace” - Canadá  
Organização fundada em 1971, por ativistas canadenses, para defesa do ambiente. “Greenpeace” vem de green (verde) e peace (paz), que tem por objetivo a ideia de pacifismo e proteção do meio ambiente não gerando ações violentas da sociedade civil [27].
- 1972 – Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente Humano - Estocolmo / Publicação de “Limites do Crescimento” Clube de Roma  
Em 1972, surgiu a primeira grande conferência das Nações Unidas Intergovernamental de Ambiente, em Estocolmo, liderada por Maurice Strong. A preocupação com os problemas ambientais não era recente, então surgiu esta conferência principalmente no âmbito dos problemas do controle da poluição, sobretudo atmosféricas e marinha, em particular, chuvas ácidas [28]. No mesmo ano, é lançado um alerta para os limites de recursos humanos “The Limits to Growth” (Limites do Crescimento), que discute problemas económicos que deixaram sempre de lado. Esta proposta tende a parar com o crescimento económico e populacional [29].
- 1974 – Alerta para o perigo da degradação da Camada de Ozono Estratosférico Revista “Nature” / Modelo Mundial sobre os Recursos Naturais Fundacion Bariloche Em junho de 1974

foi publicado na revista “Nature” por Rowland e Molina, um alerta para a preocupação da degradação da camada do ozônio devido a efeitos dos Clorofluorcarbonetos (CFCs). Na Figura 16 verifica-se em cor cinza escura a área aproximada do buraco na camada do ozônio na região da Antártida [30].

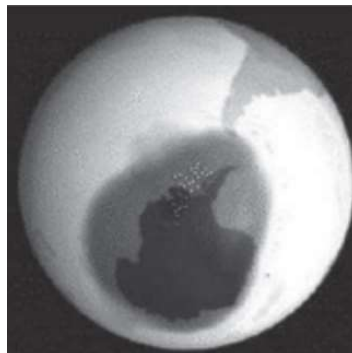


Figura 16 - Depleção da camada de ozônio na Antártida [30].

No mesmo ano, surgiu o Modelo Mundial Latino – Americanos, fundado pela Bariloche, sobre os recursos naturais, que visava mostrar caminhos para um futuro mundo melhor, mais quantitativo, expansivo e menos consumista. Surgindo como resposta ao modelo proposto no MIT “Limites do Crescimento”, reclamando o crescimento e imparcialidade para o 3º Mundo.

- 1975 – Convenção CITES – Washington  
CITES (Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas de Fauna e Flora Selvagens), também conhecida por convenção de Washington entrou em vigor em 1975, com o propósito de regular o comércio de espécies de fauna e flora que estavam em risco de extinção. Este acordo foi autenticado por Portugal em 1980.
- 1976 – Habitat – Nairobi, Quênia  
Habitat foi a primeira reunião da ONU mundial sobre acordos humanos dentro dos sistemas das Nações Unidas, com sede em Nairobi, Quênia. Esta conferência sucedeu em Vancouver, Canadá em 1976, abordando assuntos relacionados com cidades sustentáveis e novos projetos de acertos precários, tendo novas visões para a construção de moradias [31].
- 1977 – Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação  
Nesta conferência sobre desertificação, apresentaram os níveis de problemas no continente africano, que ocorreram entre as décadas de 1950 e 1970. A importância dos esforços dos estados e organizações internacionais no combate à desertificação e mitigação dos efeitos de seca [32].
- 1979 – Convenção sobre poluição atmosférica transfronteiriça de longa distância - CEE/ONU Genebra  
A convenção sobre poluição atmosférica transfronteiriça a longa distância ficou concluída em Genebra e entrou em vigor em 16 de março de 1983. Estabelece princípios gerais de proteção contra efeitos negativos da poluição do ar, diminuir e antecipar a degradação da qualidade do ar e incluindo a precipitação ácida, a acidificação das massas dos solos e da água.

- 1980 – União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN)  
União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), como o próprio nome indica, é uma organização dedicada a conservação da natureza, ou seja, proteção dos recursos da natureza em perspectiva de sustentabilidade, conservação do ambiente natural, habitats, biodiversidade e ecossistemas, com estratégias internacionais para um desenvolvimento mais estável e dinâmico, combatendo os impactos de pobreza.
- 1982 – Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar - ONU / Carta Mundial da Natureza – ONU  
A convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), confere referências do direito internacional do mar contemporâneo, estabelecendo normas ambientais, como também a aplicação de planos que contribuem contra a poluição dos meios ambientais marinhos. No mesmo ano de 1982, a ONU elaborou a “Carta Mundial da Natureza”, adotando o princípio que o Homem pertence à natureza do planeta, que por sua vez depende do bom funcionamento dos sistemas naturais, deste modo, apela que a dependência da humanidade quanto aos recursos naturais seja em prol do controle da exploração desses recursos.
- 1984 – Acidente de Bhopal - Bhopal, Índia / Seca na Etiópia / Conferência Internacional sobre Ambiente e Economia – OCDE  
O acidente de Bhopal, ocorreu em Bhopal, na Índia, no dia 3 de dezembro de 1984. Na fábrica de pesticidas Union Carbide India Limited houve uma emissão de 40 toneladas de gases tóxicos letais (compostos de cianeto) colocando em exposição cerca de 500 mil pessoas, sendo considerado o pior acidente industrial da história. Entre 1983 e 1985, a Etiópia passou por um período de seca, devido à falta da precipitação de 1984 havendo falhas nas colheitas dos alimentos, bem como problemas entre governos e guerrilhas. Com esta crise, morreram entre 250 mil a 1 milhão de pessoas à fome.  
A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), realizou uma conferência internacional que concluiu que o ambiente e a economia se reforçam reciprocamente.
- 1985 – Alterações Climáticas Áustria /Buraco da Camada de Ozono na Antártida / Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozono - Nações Unidas  
Nas alterações climáticas da Áustria, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUA) reuniu-se com a Sociedade Meteorológica Mundial e o Conselho das Uniões Científicas Internacionais, averiguaram que a concentração de CO<sub>2</sub> e GEE da atmosfera aumentaram prevendo assim o aquecimento global. Joseph Farman, investigador, desde 1957 recolhia dados atmosféricos da Antártida, e concluiu-se em 1985 um declínio significativo no ozono, ou seja, a camada do ozono da Antártida reduziu até 50% manifestando-se na primavera austral [33]. A convenção de Viena para a Proteção da camada do Ozono, foi ratificada por 28 países, em que acordaram tomar medidas adequadas de cooperação e monitoramento da

produção e emissão de CFC's, protegendo a saúde humana e o ambiente. O ato Único Europeu teve como principais objetivos, rever o Tratado de Roma (Comunidade Económica Europeia e Comunidade Europeia Atómica), materializar o mercado interno e rever a integração europeia, sendo que o ambiente é uma ação comunitária.

- 1987 – Relatório Brundtland “O nosso Futuro Comum” - Nações Unidas / Protocolo de Montreal sobre as Substâncias que Empobrecem a Camada de Ozono - Nações Unidas

O Relatório “*O nosso Futuro Comum*”, mais conhecido como Relatório Brundtland, é um Relatório da Comissão Mundial sobre o Ambiente e Desenvolvimento publicado em 1987, que determina uma nova forma de relação com o meio ambiente, sendo utilizado pela primeira vez a expressão “Desenvolvimento Sustentável” [34]. Este relatório intitula soluções globais para as questões sociais, culturais, económicas e ambientais. O Protocolo de Montreal sobre as Substâncias que empobrecem a Camada do Ozono, visa aplicar medidas à Convenção de Viena de 1985, eliminando o consumo e produção de efeitos que afetem a camada do ozono, bem como a redução dos hidrofluorcarbonetos, incluindo cláusulas e calendários diferentes para cada país para que em determinadas circunstâncias não sejam aplicadas estas medidas.

- 1988 – Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas - Nações Unidas

O Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (IPCC), é uma organização científico-política criada em 1988, pelas Nações Unidas (ONU), pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Este painel avalia as alterações climáticas divulgando e sintetizando, quanto ao aquecimento global, tentando combater os seus problemas.

- 1992 – Cimeira da Terra - Rio de Janeiro “Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento” / Cimeira da Terra – Fórum Global das ONG - Rio de Janeiro / Tratado de Maastricht que cria a União Europeia - Maastricht, Holanda. A Cimeira da Terra ocorreu no Rio de Janeiro em 1992, dando seguimento à Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, presidida por Maurice Strong. Nesta conferência foram introduzidas questões relativas ao ambiente e ao desenvolvimento sendo um ponto de viragem em debate público. Após esta Cimeira da Terra, realizaram um Fórum Global, pela Organização não Governamental (ONG), publicando documentos alternativos aos documentos oficiais. O Tratado de Maastricht, criado pela União Europeia visa reforçar as políticas comunitárias adotando uma moeda única, ou seja, união monetária e económica. Sendo assim, a promoção do ambiente e política comunitária.

- 1993 – Primeira reunião da CDS - Nações Unidas, Nova Iorque / Conferência Mundial sobre Direitos Humanos - Nações Unidas, Genebra

A reunião da Comissão das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (CDS), visa supervisionar, acompanhar e implementar os resultados da conferência do PNUA, conhecida por Cimeira da Terra ou ECO-92. É nesta conferência que os Governos intituam o primeiro ato

comissário da ONU e concedem ao homem o direito de reafirmar o compromisso internacional para com o ambiente.

- 1994 – Fundo Mundial para o Ambiente (GEF) – Washington / Convenção para combate à Desertificação - Nações Unidas, Paris

GEF (Global Environment Fund, GEF), é um fundo mundial que visa financiar projetos ambientais e iniciativas nacionais de desenvolvimentos sustentável. Os resultados desta convenção são mais notórios em Africa, devido às secas severas e desertificação, que visa a proteção do ambiente natural combatendo a desertificação. Proteção para zonas de seca, e controlo na desertificação, pois estas causas são complexas devido a padrões comerciais e práticas insustentáveis dos solos.

- 1995 – Cimeira Mundial para o Desenvolvimento Social – Copenhaga

Nesta cimeira foi analisado e debatido os problemas e soluções da comunidade mundial, para o desenvolvimento social e a serenidade da humanidade, visando a erradicação da pobreza absoluta.

- 1996 – Cimeira das Américas, Santa Cruz - Bolívia / ISO 14001

A reunião da Cimeira foi entre os chefes de Estado do continente americano, que visa alcançar o desenvolvimento sustentável de cooperação entre o hemisfério sul. ISO 14001 é uma norma internacional adotada voluntariamente pelas empresas de modo a gerir os sistemas ambientais.

- 1997 – Tratado de Amesterdão da União Europeia - Amesterdão, Holanda / Rio + 5 - Nações Unidas, Nova Iorque / Protocolo de Quioto - Japão

O Tratado de Amesterdão altera o Tratado da União Europeia, os Tratados que instituem as Comunidades Europeias e alguns atos relativos a esses Tratados, tendo como objetivo principal a segurança, a justiça e criação de espaços de liberdade para a humanidade e reforçando a política comunitária do ambiente. Rio+5, foi a 19ª secção especial da Assembleia geral das Nações Unidas. Este congresso analisou e identificou o progresso dos acordos do Rio, em particular a Agenda 21, notando que não progrediram assim tanto. Nesta cimeira foi aprovada uma nova implementação da Agenda 21, sendo esta melhorada comparada a anterior. Em 1997 os estados signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas assinam o Protocolo de Quioto. Este Protocolo visa reduzir as emissões de gases do efeito de estufa e estabelece medidas para países desenvolvidos e para países em desenvolvimento.

- 1998 – Convenção sobre acesso à Informação, Participação do Público na Processo de Tomada de Decisão e Acesso à Justiça em Matéria de Ambiental, CEE/ONU – Arhus / Condições climáticas anormais

É uma organização internacional da Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa que visa relacionar os direitos humanos com os direitos do ambiente, e obrigações das autoridades públicas. São registadas alterações climáticas na Ásia e na América. Cheias anormais acontecem na China e Bangladesh que durante vários dias ficam inundados e na América central ocorre o

furacão Mitch, ou seja, 54 países afetados por inundações extremas e 45 países devido a secas graves.

- 2001 – 4ª Reunião Mundial da OMC - OMC Doha, Qatar / Acordos da COP 7 das Alterações Climáticas - Marraquexe, Marrocos

A 4ª Reunião Mundial da OMC, mais conhecida por Agenda Doha de Desenvolvimento, teve como objetivo negociações sobre o comércio mundial em aspetos do ambiente e desenvolvimento, resolver as questões comerciais dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. A sétima Conferência das Partes (COP 7), visa reforçar e finalizar as negociações que permitem colocar em prática o Protocolo de Quioto.

- 2003 – Vaga de Calor – Portugal

Em agosto do ano 2003, a Europa presenciou uma vaga de calor cerca de duas semanas, proporcionando incêndios florestais de larga escala, afetando uma área de 42 500 hectares em Portugal [35].

- 2005 - Protocolo de Quioto / Furacão Katrina

Voltando ao ano 1997, o Protocolo de Quioto foi negociado, discutido e aberto para assinaturas. Para entrar em vigor eram necessários 55 países que juntamente produzissem não mais do que 55% das emissões. Após uns anos obtiveram as assinaturas, entrando em vigor em fevereiro de 2005. O Furacão Katrina, conhecida por uma tempestade tropical alcançou categoria 3 em terra e categoria 5 no Oceano (Tabela 1), causando vários prejuízos e colocando a população e urbanizações em risco sendo estas pessoas evacuadas das suas residências. Este furacão causou cerca de 1 800 mortos e imobilizou a extração de gás natural e petróleo dos EUA [36].

Tabela 1 - Escala de Saffir-Simpson adaptado

<b>Categoria</b>	<b>Pressão Central (hPa)</b>	<b>Vento máximo forte (km/h)</b>	<b>Altura (metros)</b>	<b>Escala de Danos</b>
<b>1</b>	980	118 ~ 153	1,2 ~ 1,6	Mínimos
<b>2</b>	979 ~ 965	154 ~ 177	1,7 ~ 2,5	Moderados
<b>3</b>	964 ~ 945	178 ~ 209	2,6 ~ 3,8	Extensos
<b>4</b>	944 ~ 920	210 ~ 250	3,9 ~ 5,5	Extremos
<b>5</b>	<920	>250	>5,5	Catastróficos

- 2006 - COP12 – Nairobi, Quênia

A Conferência incluiu a 12ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas e a 2ª Reunião das partes do Protocolo de Quioto, para discutirem os próximos passos do Protocolo, porém as Partes não chegaram a acordo e adiaram a decisão para futuros COP's.

- 2007 - 4º Relatório do IPCC – Paris

Publicação do Sumário Executivo do 4º Relatório do IPCC, ocorrido em Paris, sendo dividida em quatro secções distintas. (Abordados na subsecção 2.5.12.5.1)

- 2009 - Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho

Na Diretiva do ano 2003, do Parlamento Europeu e do Conselho, foi criado um regime comunitários estabelecendo reduções das GEE, com boa relação custo – eficácia de modo a que seja economicamente viável. A Diretiva de 2009, vem alterar a antiga Diretiva de forma a melhorar e alargar o regime comunitário de comércio quantos às licenças de GEE.

- 2013/2014 - 5º Relatório do IPCC
- 2015 - 6º Relatório do IPCC / COP 21  
Deram início em 2015 ao 6º Relatório do IPCC, nos quais terá uma duração entre 5 a 7 anos para a sua exposição. Realizou-se a Conferência de Paris sobre as alterações climáticas, COP 21, com participação de delegações de cerca de 150 países.
- 2016 - Acordo de Paris  
O Acordo de Paris entra em vigor a 4 de novembro de 2016, visando controlar o aumento dos gases do planeta, ratificado por 55 países pelos quais têm como objetivo de limitar as emissões mundiais de GEE por um mínimo de 55%.
- 2017 - COP 23  
Esta conferência teve lugar em Bona, onde realizaram-se progressos sobre as orientações para implementação do Acordo de Paris.
- 2018 - COP 24  
Esta conferência teve lugar em Katowice, uma cidade da Polónia. Foi adotado o Pacote de Katowice em matéria de clima, que tende a clarificar e proceder aos mecanismos essenciais para por em prática o Acordo de Paris.
- 2019 - COP 25  
Conclusão do Conselho sobre o financiamento da ação climática na perspetiva COP 25, com o objetivo de os países industrializados contribuírem no financiamento internacional até chegar aos 100 milhões de dólares por ano até 2020 e continuar contribuindo semelhantemente até 2050.
- 2020 - EU para 2030  
O conselho Europeu debateu a ambição climática da EU de redução das emissões para 55% até 2030.
- 2021 - COP 26 / Crise do Carvão na Índia  
A Conferência das Nações Unidas sobre o Clima (COP 26) realizou-se em Glasgow, no Reino unido, tendo como principais resultados o aumento do financiamento da ação climática, reduzir o metano em 30% até 2030, proteção sobre as florestas e o uso do solo e finalizar as Regras de Katowice.
- 2022 - Aprovação das conclusões da COP 26  
Em fevereiro de 2022, os ministros dos Negócios Estrangeiros da EU aprovam as conclusões da COP 26 de modo a acelerar a execução das ações.

Com o passar dos anos, as políticas ambientais foram evoluindo até os dias de hoje. Cada década foi marcada por um desenvolvimento diferente, mas pelo mesmo motivo.

Na década de 70 criou-se o movimento ambiental, consistindo na proteção e preocupação do meio ambiente.

Na década de 80, surgiu a palavra Desenvolvimento Sustentável reivindicando medidas, hábitos e valores da sociedade de modo a instituir esse padrão de sustentabilidade.

*“Desenvolvimento Sustentável – desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades das gerações atuais sem comprometer as gerações futuras de satisfazer as próprias necessidades.”*  
(Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento, Nações Unidas 1987, Relatório Brundtland)

Na década de 90, foi criada uma Agenda para o desenvolvimento sustentável.

Após 2000, ocorreu a revisão da Agenda, promovendo a qualidade e não quantidade do crescimento e a Globalização, que permitiu conceções globais para um só propósito.

Tal como previsto, chegamos a 2020 e cada país da EU cumpriu voluntariamente o que foi possível quanto à redução de emissões do GEE. A EU está a dar o exemplo e serve de modelo de comportamento em matéria de tecnologia verde e potencializada em legislação ambiental, não sendo mais indiferente a ninguém, ou seja, está dedicada numa mudança para com as alterações climáticas [37].

Quanto ao arquipélago da Madeira segue os planos da Direção Regional do Ambiente e Alterações Climáticas (DRAAC) lançada ao longo dos anos:

- 2009 – Plano de Gestão Hidrográfica do Arquipélago da Madeira (PGRH – Madeira 2009-1015)  
Primeiro ciclo de planeamento do PGRH vigente entre 2009 – 2015, que tem como documento o Plano de Gestão de Riscos de Inundações na Região Autónoma da Madeira.
- 2016 – Plano de Gestão Hidrográfica do Arquipélago da Madeira (PGRH – Madeira 2016-1021)  
Segundo ciclo de planeamento do PGRH vigente entre 2016 – 2021, aprovada e publicada em 2016 pelo Governo Regional.
- 2017 – Plano de Gestão dos Riscos de Inundações da RAM (PGRI – RAM 2016-2021)  
Plano lançado no mês de outubro de 2017, com cartografia de riscos e identificação de zonas de riscos potenciais significativos de inundações.
- 2018 – GeoPortal do Plano de Situação do Ordenamento do Espaço Marítimo (PSOEM)  
Ponto de viragem da cartografia tradicional em papel para digital, integrando informações das quatro subdivisões: Continente, Madeira, Açores e Plataforma Continental estendida. Os responsáveis pelo GeoPortal são a Direção Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos (DGRM).
- 2020 – Plano de atividades 2020 – DRAAC  
O plano de atividades da DRAAC constituiu um instrumento de gestão para 2020, de forma a cumprir com as ações a desenvolver no Programa do Governo Regional estabelecidas pela

Secretaria Regional do Ambiente, Recursos Naturais e Alterações Climáticas, tendo em consideração as áreas de intervenção.

- 2021 - Estratégia Resíduos Madeira (ERRAM)

Esta estratégia tem como objetivos a ambição e ação política na gestão de resíduos da próxima década.

- 2021 – Agenda Madeira Circular

Esta agenda Consiste num Plano de Ação para a economia Circular:

*“Uma economia circular é entendida como uma economia que promove ativamente o uso eficiente e a produtividade dos recursos por ela dinamizados, através de produtos, processos e modelos de negócio assentes na desmaterialização, reutilização, reciclagem e recuperação dos materiais. Desta forma, procura-se extrair valor económico e utilidade dos materiais, equipamentos e bens pelo maior tempo possível, em ciclos energizados por fontes renováveis. Os materiais são preservados, restaurados ou reintroduzidos no sistema de modo cíclico, com vantagens económicas para fornecedores e utilizadores, e vantagens ambientais decorrentes de menor extração e importação de matérias-primas, redução na produção de resíduos e redução de emissões associadas” [38].*

Vários acontecimentos marcantes que afetaram os espaços florestais da Região Autónoma da Madeira (RAM): Estratégia Regional para Florestas enquadrada na respetiva Estratégia Nacional (2006); Aparecimento do Nematodo da Madeira do Pinheiro (NMP), (2009); Intempérie de fevereiro (2010); Incêndios (2010 e 2012); 1º Inventário Florestal da RAM; Quadro de apoio comunitário (2014 - 2020) [39].

## 2.5 Instituições, Convenções e Normas

“A Europa não será feita de uma só vez, ou de acordo com um plano único. Será construída através de passos concretos que criarão primeiro uma solidariedade de facto.” Robert Schuman (1886-1963) político francês e pai fundador da União Europeia [37].

### 2.5.1 IPCC

O IPCC foi criado em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial e Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, ou seja, é uma organização de governos membros das ONU (Organização das Nações Unidas) ou OMM (Organização Mundial de Meteorologia) com milhares de contributos mundiais, cerca de 195 membros, sendo o seu principal objetivo fornecer aos governos todos os níveis de informações científicas para desenvolvimento de políticas climáticas. Estas informações científicas das alterações climáticas são realizadas através de relatórios de avaliação

baseados em artigos científicos a cada ano onde exibem suas mudanças, seus impactos, suas consequências, seus riscos, como adaptação e mitigação para a sua melhoria [40].

“O IPCC não conduz suas próprias pesquisas” [40]. O IPCC esclarece onde as pesquisas são mais necessárias, identifica diferenças de opinião e consensos da comunidade científica através de Relatórios de avaliação. Os Relatórios do IPCC consistem numa parceria entre decisores de política e cientistas tornando-se assim uma fonte fiável para os governos. Estas avaliações devem ser neutras, coerentes, precisas e transparentes sendo relevantes na política, para negociações internacionais de modo a defrontar as alterações climáticas, mas não devem ser prescritos.

Desde a sua criação em 1988, já foram produzidos cinco relatórios de avaliação e diversos relatórios especiais, e estando atualmente a ser produzido o sexto relatório. Estes Relatórios de Avaliação do IPCC consciencializam a relação entre as Alterações Climáticas e os impactos da humanidade. É dividido em três grupos de trabalho e um Relatório de síntese integrando contribuições dos grupos e de relatórios especiais. O IPCC também produz Relatórios de Metodologia que fornecem diretrizes práticas sobre a preparação de inventários de GEE para as exigências de relatórios de inventários das Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (UNFCCC) [40].

Tabela 2 - Grupos de Trabalho do IPCC

Grupo de Trabalho I (WGI)	Grupo de Trabalho II (WGII)	Grupo de Trabalho III (WGIII)
Avalia os aspetos científicos do sistema climático e as suas possíveis Alterações Climáticas;	Avalia a capacidade de adaptação e a vulnerabilidade dos sistemas naturais e socioeconómicos face as Alterações Climáticas;	Avalia as medidas de mitigação das Alterações Climáticas por meio da limitação ou redução das emissões dos GEE.

Cada grupo de trabalho do IPCC (Tabela 2) visa aspetos diferentes das ciências em relação às alterações climáticas, começando no grupo I que tem por base a Ciência da Física, o grupo II adaptação, vulnerabilidade e impactos, e no grupo III medidas de mitigação no combate as alterações do clima. Por cada grupo de trabalho existe uma equipa de gerência constituída por cerca de 150 cientistas. A base da escolha dos membros está relacionada com a experiência e a área de pesquisa, já as indicações são feitas pelos governos. O IPCC pode também eleger membros [41].

Os relatórios de avaliação são os seguintes:

**Primeiro Relatório de Avaliação (AR1)**, foi publicado 1990, tendo sido este o início para as negociações da UNFCCC com o intuito de alertar para os primeiros sinais do aumento da temperatura do planeta [40]. Foram publicados os seguintes relatórios: 1) AR1: Síntese (1990); 2) AR1: Avaliações Científicas da Mudança Climática (1990); 3) AR1: Avaliação de Impactos das Alterações Climáticas (1990) e 4) AR1: As estratégias de Resposta do IPCC (1990) [42].

**Segundo Relatório de Avaliação (AR2)**, publicado em 1995, foi crucial para esclarecer que o aumento dos GEE desde a era pré-industrial provocavam sérias alterações no clima, aumentando a temperatura da superfície terrestre. O Relatório completo da segunda avaliação saiu em junho de 1996 [40]. As publicações foram as seguintes: 1) Relatórios Especiais (1994); 2) AR2: A Ciência da Mudança do Clima (1995); 3) AR2: Impactos, Adaptações e Mitigação da Mudança do Clima:

Análises Técnico-Científicas (1995); 4) AR2: Dimensões Sociais e Económicas da Mudança do Clima (1995); 5) AR2: Síntese (1995) e 6) Relatórios Metodológicos (1996) [42].

**Terceiro Relatório de Avaliação (AR3)**, publicado em 2001, em que já era considerado o aumento da concentração das emissões dos gases do efeito de estufa na atmosfera relacionando-se com o aquecimento global (60% de probabilidade de correlação) [43]. Aos relatórios foram os seguintes: 1) Relatórios Especiais / Metodológicos (1997/2000); 2) AR3: A Base da Ciência da Física (2001); 3) AR3: Impactos, Adaptações e Vulnerabilidade da Mudança do Clima (2001); 4) AR3: Mitigação das Alterações Climáticas (2001) e 5) AR3: Síntese (2001) [42].

**Quarto Relatório de Avaliação (AR4)**, publicado em 2007, mais conhecido por “*Climate Change 2007*”. Neste relatório estabeleceu-se o aquecimento global como evidente, pois as correlações com as alterações climáticas subiram para 90% com base nas provas que o planeta apresentava. Analisou-se o aumento da concentração de GEE na atmosfera, bem como o aumento das temperaturas médias do planeta [43]. Os relatórios publicados foram os seguintes: 1) Relatórios Especiais (2005); 2) Relatórios Metodológicos (2006); 3) AR4: A Base da Ciência da Física (2007); 4) AR4: Mitigação das Alterações Climáticas (2007); 5) AR4: Impactos, Adaptações e Vulnerabilidade das Alterações Climáticas (2007) e 6) AR4: Síntese (2007) [42].

**Quinto relatório de avaliação (AR5)**, foi finalizado em 2013 e 2014, mostrava claramente que se não houvesse medidas drásticas nas emissões de gases até 2100, a temperatura global excederia os 2°C dos níveis industriais sendo os países tropicais os mais afetados com possíveis inundações provocados por tempestades e longos períodos de seca. Quanto às zonas costeiras, com o aumento da temperatura média do planeta verificaram-se deslizamentos dos glaciares provocando subida do nível do mar [44]. Neste relatório era claro a influência humana. Os relatórios publicados foram os seguintes: 1) Relatórios Especiais (2012); 2) AR5: A Base da Ciência da Física (2013); 3) AR5: Impactos, Adaptações e Vulnerabilidade das Alterações Climáticas (2014); 4) AR5: Mitigação das Alterações Climáticas (2014) e 5) AR5: Síntese (2014) [42].

**Sexto relatório de avaliação (AR6)**, o painel numa secção em Nairobi, Quênia, fevereiro de 2015, decidiu continuar a preparar a cada 5-7 anos e será finalizado em 2022. No Relatório Especial foram abordados os temas dos impactos do aquecimento global de 1,5°C, oceanos e criosfera em mudanças climáticas e sobre alterações climáticas dos solos, no Relatório Metodológico ouve um refinamento das Diretrizes do IPCC de 2006 para inventários nacionais de GEE de modo a construir uma base sólida para o futuro em especial no âmbito do Acordo de Paris [40]. Para os grupos de trabalho a base científica aborda os termos da concentração dos GEE, aerossóis na atmosfera e as várias alterações climáticas, no WGII, os seus impactos, adaptações e vulnerabilidade para tornar um futuro sustentável, e no WGIII, analisa todas as formas de mitigação, viabilidade técnica, custos e ambientes para que permitam a aplicação das medidas. Os relatórios publicados foram os seguintes: 1) Relatórios Especiais (2018/2019); 2) Relatórios Metodológicos (2019); 3) AR6: A Base da Ciência da

Física (2021); 4) AR6: Impactos, Adaptações e Vulnerabilidade (2021); 5) AR6: Mitigação das Alterações Climáticas (2021) e 6) AR6: Síntese (lançamento previsto para 2022) [40].

## 2.5.2 Protocolo de Quioto

Em 1992 quando foi adotado a CQNUAC, os governos admitiram que esta convenção seria a propulsora para o futuro de ações mais energéticas. A convenção proporciona novas resoluções às respostas do conhecimento científico e organizações políticas através de procedimentos de debate, revisão e troca de informações.

No âmbito da CQNUAC, realizam-se anualmente a Conferência das Partes (COP), de modo a avaliar os processos de interferência nas alterações climáticas. Estas conferências iniciaram-se na década de 90, COP1, tendo lugar em Berlim (1995). Nesta conferência foram negociadas medidas de modo a responder às alterações climáticas globais, ou seja, para os países desenvolvidos os níveis de emissões de gases tinham de voltar a ser parecidos aos do ano 1990 tendo um a prazo até ao ano 2000, o que seria um pouco difícil a longo prazo. Isto resultou no “Mandato de Berlim” (Figura 17), resposta de ministros e outras autoridades, surgindo uma fase de discussões e estabelecendo um acordo de dois anos de análise e avaliação para com os compromissos dos países desenvolvidos sendo encaminhado para negociações finais no COP3.

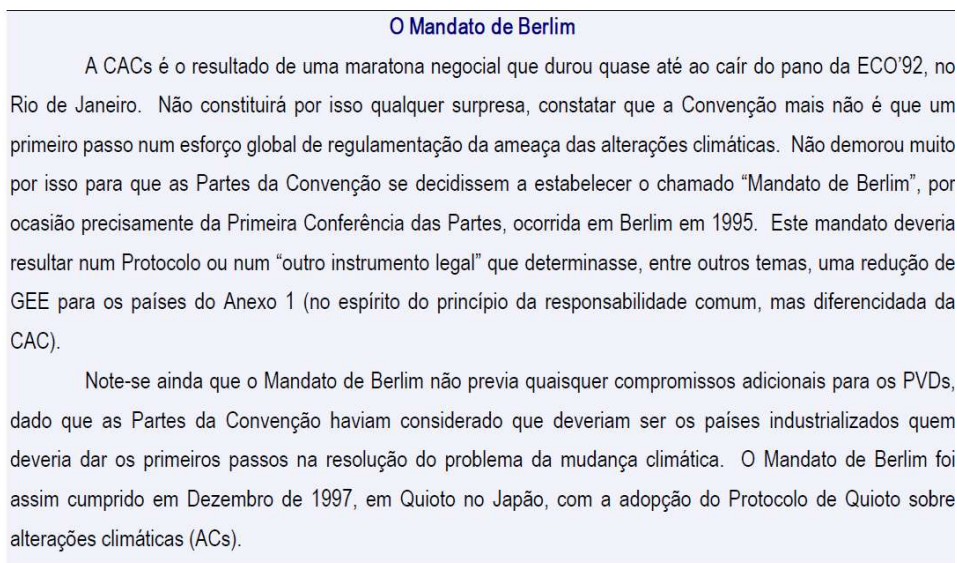


Figura 17 - O Mandato de Berlim [45].

Em 1997, em Quito, Japão, realizou-se uma conferência com observadores e jornalistas que culminou na adoção de um Protocolo, mais conhecido por Protocolo de Quioto.

Síntese das obrigações do protocolo [45]:

- O protocolo incube aos países desenvolvidos a redução das emissões combinadas com gases de efeito de estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990, até o período entre 2008 e 2012;
- As Partes devem implementar medidas de mitigação às alterações climáticas;

- As Partes têm que progredir na implementação das medidas. Estas obrigações dizem respeito à troca de informação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, para os programas nacionais de inventários das medidas nacionais e redução das emissões de gases.
- O Protocolo publica relatórios de implementações das Partes anualmente ou plurianualmente, servindo de análise sobre os inventários anuais de emissões e comunicações da implementação de todos os pontos dirigidos do Protocolo.
- As Partes têm que ser mais rigorosas quanto ao período inicial, negociando novos períodos de cumprimento, visto que o Protocolo apenas determina cumprimentos entre 2008 e 2012.

Devido a implicações económicas, ainda não foi possível o consenso de medidas de mitigação com valores limite. Continuam a ser atos de voluntariedade com poucas repercussões globais [46].

A Tabela 3, sintetiza a Conferência das Partes, dando início em 1992, ano de aprovação da CQNUAC, e as respetivas localizações das várias Conferências das Partes [37].

Tabela 3 - Quadro-síntese do combate às alterações climáticas [37].

ONU				UE		
1992	Rio	CQNUAC			EUA (Clinton)	
1995		COP 1: Berlim				
1996		COP 2: Genebra				
1997		COP 3: Quioto (aprovação PK)		Assinatura do PK		
1998		COP 4: Buenos Aires		Preparação do Livro verde sobre o CELE		
1999		COP 5: Bona		Burden sharing agreement		
2000		COP 6: Haia		Programa europeu para as alterações climáticas (ECCP)		
2001	Rio +10 (Joansbur.)	COP 7: Bona		Preparação Diretiva CELE	EUA (Bush)	
2002		COP 8: Marraquexe		Ratificação PK/Aprovação da 1.ª fase PK		
2003		COP 9: Milão		Diretiva CELE 2003/87/CE		
2004		COP 10: Buenos Aires				
2005		COP 11: Montreal PK em vigor	CMP 1			BASIC proposta "acordo de mínimos"
2006		COP 12: Nairobi	CMP 2	Preparação "Pacote Clima-Energia"		
2007		COP 13: Bali (negociações para substituir PK)	CMP 3	Apresentação "Estratégia 20/20/20"		
2008		COP 14:	CMP 4			EUA (Obama)
2009		COP 15: Copenhaga	CMP 5	Início da crise financeira		
2010		COP 16: Cancún	CMP 6	Diretiva revisão CELE 2009/29/CE e outra legislação relacionada		
2011	COP 17: Durban (fundo verde ACs)	CMP 7	Efeitos da crise na "zona euro"			
2012	COP 18: Doha (emenda PK)	CMP 8				
2013	COP 19: Varsóvia	CMP 9				
2014	COP 20: Lima	CMP10				
2015	COP 21: Paris AP	CMP11		China e Índia		
2016	COP 22: Marraquexe	CMP12	Decisão 1386/2013 - Programa Ambiente 2013-2020			
2017	COP 23: Bona	CMP13				
2018				EUA (Trump) China		

(\*) Ficaram de fora do Pós-Quito (também conhecido como Quioto II) países tão importantes, como o Canadá, o Japão, a Nova Zelândia e a Rússia.

### 2.5.3 Acordo de Paris

Em 2015, foi negociado em Paris durante a COP21, e assinado por 195 países um documento chamado Acordo de Paris, sendo analisado no âmbito da CQNUAC, que tem como principal objetivo controlar o aumento das emissões de GEE a partir de 2020, mantendo o aumento da temperatura

média do planeta abaixo dos 2°C, preferencialmente em 1,5°C da era pré-industrial e reforçar a capacidade de resolução dos países no desenvolvimento sustentável. De acordo com a ONU, para podermos cumprir este acordo e para que a tomada de medidas resulte são necessárias alterações a nível de sistemas de energia, indústria, transportes, agricultura, entre outros relacionados [44].

O Acordo de Paris foi considerado um acordo decisivo no qual os países assinantes se comprometeram na redução das emissões de GEE. Foi renovada a necessidade de financiamento, Fundo Verde do Clima, criada em 2010, de modo a ajudar os países em desenvolvimento, nas medidas de mitigação das alterações climáticas como no ajuste dos seus efeitos.

As estratégias de combate às alterações climáticas passam pela Política Energética, ou seja, alteração para energias renováveis faz com que diminua a emissão de GEE e pelos Pacotes Clima e Energia 2020 e 2030, que inclui redução dos GEE e transição da matriz energética. Em suma, é necessário a transformação do consumo de energia para energias renováveis, com aumento da eficiência energética.

A UE sempre esteve presente nos temas de alterações climáticas e teve também uma posição importante na elaboração do Acordo de Paris. Na COP23, concretizada em 2017, o documento do Conselho Europeu reafirmou esse compromisso:

*“A UE continuará a liderar os esforços globais de combate às alterações climáticas e continua empenhada em continuar a cooperar com todas as Partes na Implementação do Acordo de Paris, para reforçar as parcerias existentes e procurar novas alianças com os nossos parceiros internacionais e trabalhar em conjunto com diversos intervenientes, que têm manifestado o seu apoio ao Acordo de Paris e que estão a tomar medidas climáticas ambiciosas [...]”* [47].

Também na linha da frente no combate às alterações climáticas simultaneamente com o desenvolvimento sustentável, a UE, têm se tornado uma peça fundamental de defesa. Na mesma conferência COP23 ressalta a diplomacia climática da UE:

*“ [...] [A] ação climática ambiciosa é uma prioridade estratégica nos diálogos diplomáticos da UE e dos seus Estados-Membros para reforçar a cooperação e a ação conjunta concreta com os países parceiros, em consonância com o Plano de Ação de Diplomacia Climática de 2016 e com as conclusões do Conselho de março de 2017 sobre a diplomacia da UE no domínio do clima e da energia”* [47].

A Comissão Europeia, sintetizou os objetivos de energia e política climática que são: 1) Segurança Energética; 2) Comércio assimilado de energia; 3) Eficácia energética; 4) Descarbonização económica; 5) Investigação, inovação e competitividade [48].

Esta proposta Europeia visa uma redução de emissões de GEE e redução de combustíveis fósseis para uma economia gradual aliada a objetivos de desenvolvimento sustentável.

Os Pacotes Clima e Energia 2020 e 2030 são mais um dos mecanismos de institucionalização da UE. O Pacote 2020, foi apresentado em 2007, que tem como objetivos a redução de 20% das emissões de GEE em relação aos níveis de 1990, a inclusão de 20% de fontes renováveis na matriz energética; o

crescimento do consumo energético e económico de 20% de energia e estas metas serão atingidos coletivamente pela UE. O Pacote 2030 da UE, foi apresentado em 2014, antes de terminar o Pacote anterior (2020), de forma a servir de exemplo no próximo COP, tendo novas etapas a estabelecer consistindo na redução até 2030 de 40% dos GEE em relação aos níveis de 1990, a segunda etapa estabelece o aumento para, pelo menos, 27% de fontes renováveis na matriz energética europeia; e por fim a melhoria da eficiência energética, com a economia de, no mínimo, 27% de energia [49]. O Pacote 2030 revoga o Pacote 2020/2030, com efeitos a partir de 1 de janeiro de 2021.

Através de dados compilados pelo Eurostat, a UE em 2014, alcançou a primeira etapa de redução de 20% das emissões dos GEE, aproximando-se dos objetivos do Pacote 2020, por outro lado não conseguindo alcançar o objetivo da eficiência energética [50]. A Figura 18 e Figura 19 representam as percentagens das emissões de GEE em diferentes anos através de dados do Eurostat.

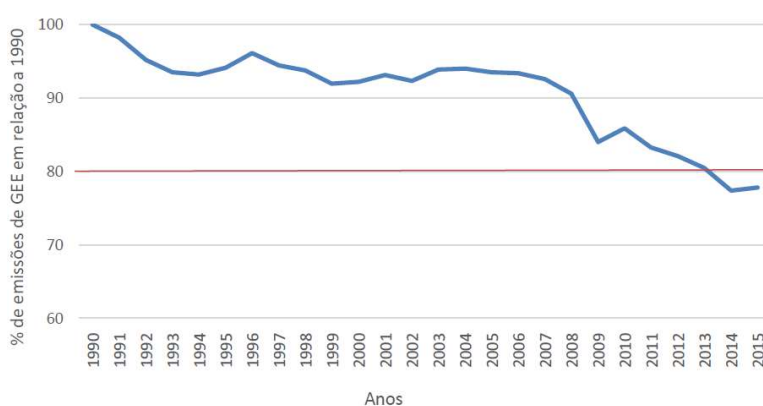


Figura 18 - Percentagem das emissões de GEE em relação a 1990, na UE (Dados do Eurostat 2017) [37].

Observa-se que a UE, tem executado uma orientação fundamental em termos governamentais regionais das alterações do clima e é transferida também para o âmbito internacional, estendendo-se para além das suas fronteiras. Contribui efetivamente nos projetos de cooperação na temática ambiental dos países em desenvolvimento e com valores significativos para o Fundo Verde do Clima.

Como se pode verificar na Figura 20, os maiores emissores de GEE são a China e os EUA com percentagens altas, logo de seguida a Índia e a Rússia, e com menores, mas ainda significativos temos o Japão, o Brasil, o Irão, a Indonésia, o Canadá e o México.

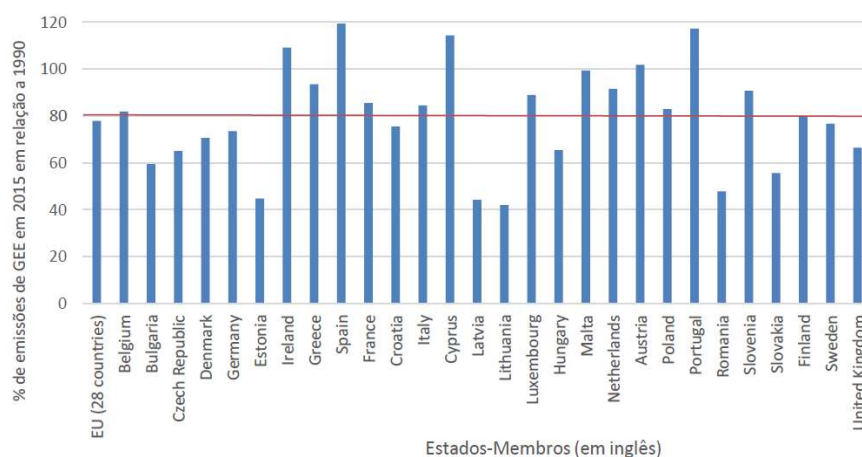


Figura 19 - Percentagem das emissões de GEE em 2015 em relação a 1990, nos Estados-Membros da UE (Dados do Eurostat 2017) [37].

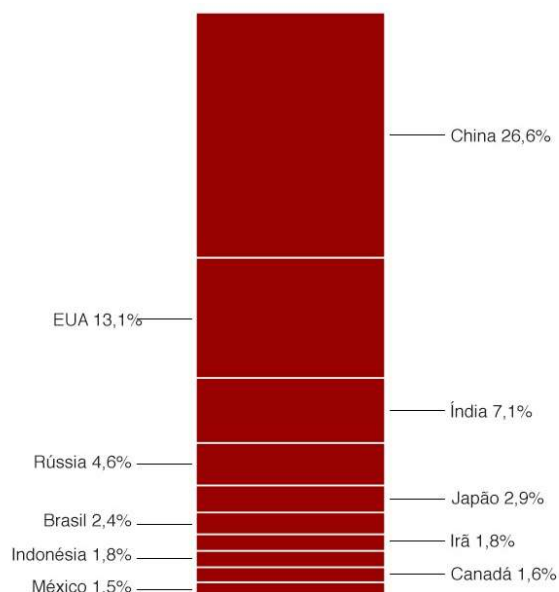


Figura 20 - Principais emissores de GEE no mundo [13].

## 2.5.4 Normas

Em Genebra, na Suíça em 1947, foi criada uma entidade de padronização e normatização, chamada Organização Internacional para Padronização (ISO - *International Organization for Standardization*). ISO visa aprovar normas internacionais em todos os campos técnicos.

No final da década de 1980, desde a publicação da ISO da série 9000, deu-se uma revolta administrativa devido aos resultados, afetando os seus fornecedores e adversários. Posteriormente, devido à conferência ECO-92, em que surgiram preocupações pelo ambiente, conduziram que a ISO publicasse normas ambientais, conhecida por ISO da serie 14000. Em suma, o ISO 9000 promove a normatização das empresas nos sistemas de gestão de qualidade, ou seja, qualidade organizacional, e ISO14000 refere-se à qualidade ambiental.

Na conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, ECO-92, foi produzido o documento chamado Agenda 21, que tem o intuito de debater os problemas ambientais mundiais, conciliando métodos de eficiência económica, proteção ambiental e justiça social. Logo após esta conferência, a ISO lança a serie 14 000 sobre padrões ambientais internacionais [51].

### ISO 14000

ISO 14000 é composta por varias séries, que dizem respeito a normas de gestão ambiental das empresas determinadas por diretrizes. Esta norma elabora um plano de orientação em que visa identificar os aspetos, avaliar os impactos e os requisitos ambientais, criação de políticas e objetivos para o ambiente, estabelecer metas e ações para o seu cumprimento e também instituir critérios internos e sistemas de monitoramento de modo a possibilitar um melhor sistema de gestão ambiental [52].

O conjunto de séries das normas ISO 14 000 são: ISO 14 001 - Orienta o desenvolvimento do Sistema de Gestão Ambiental (SGA); ISO 14 004 - Orienta o desenvolvimento do Sistema de Gestão Ambiental, somente na prática interna da Empresa; ISO 14 010 – Normas sobre Auditorias Ambientais, dando credibilidade aos certificados ambientais; ISO 14 031 – Normas de Desempenho Ambiental; ISO 14 020 – Normas de Rotulagem Ambiental; ISO 14 040 – Normas de Análise do Ciclo de Vida.

Uma das séries mais específicas na orientação e desenvolvimento de um sistema de gestão ambiental é a ISO 14001 [51]. Nos aspetos mais significativos em questões ambientais, e por ela subscritos em conta com requisitos legais, permite um desenvolvimento e organização a implementar políticas para aqueles que possam controlar e os que possam influenciar. Estas normas destinam-se às organizações que pretendam uma boa gestão do ambiente, sendo que dependerá de fatores da política ambiental, as condições a que se proporcionam, serviços, produtos e as atividades na sua natureza [52].

Para uma melhor gestão ambiental começou-se com uma política ambiental, seguido de um planeamento, implementando e executando. Após estes passos, existe uma verificação e análise administrativa. Se todos os campos forem conseguidos, é possível uma melhoria contínua a nível ambiental.

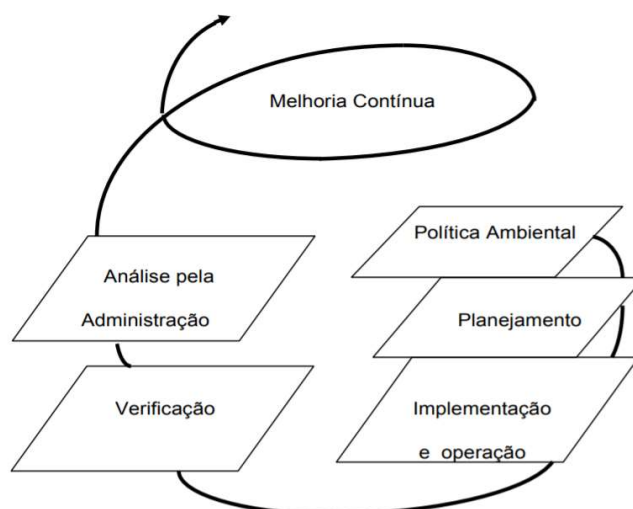


Figura 21 - Modelo do SGA – ISO 14 001 [52].

## 2.6 Mitigação e Adaptação às Alterações Climáticas

As alterações climáticas amedrontam o futuro próximo. A humanidade não pode resolver todos os problemas, mas pode atenuar ou adaptar aos seus efeitos. Temos de nos tornar uma sociedade resiliente, é essencial.

A mitigação e a adaptação devem ser consideradas como medidas de desenvolvimento e não como imposições. A mitigação tem como objetivo combater as causas e reduzir os possíveis impactos das alterações climáticas, já a adaptação compreende em analisar o método de minorar as

consequências negativas das alterações climáticas e usufruir das oportunidades que possam surgir. Ambas são complementares embora apresentem desafios diferentes, mas convergem no mesmo objetivo final. Estas medidas são essenciais de forma a tornar possível a nossa sobrevivência e de todos os seres vivos do planeta.

De modo a atenuar estas alterações, serão necessárias medidas drásticas a nível mundial. Os vários sectores como os transportes, a energia, a indústria, a habitação, a agricultura e a gestão dos resíduos têm de ser alterados para uma melhoria do planeta, de modo a diminuir a quantidade de emissões de gases para a atmosfera. A EU priorizou as alterações climáticas com o Pacto Ecológico Europeu, Ursula Von der Leyen, fazendo com que a Europa seja o primeiro continente com impacto neutro no clima até 2050 [5].

São necessárias ações firmes, inovadoras tendo em conta os planos globais, nacionais e locais no combate às alterações climáticas para se poder avançar em um desenvolvimento sustentável. Para haver benefícios mútuos são necessárias interligações entre estratégias de mitigação e adaptação e estratégias de desenvolvimento às alterações climáticas [25].

Para a mitigação e adaptação a política governamental e as ações locais são cruciais para um sucesso eficaz no desenvolvimento da agricultura, da energia, da economia, da ciência, da tecnologia e do ambiente. Visto que este problema é global, se as regiões locais tiverem capacidade de lidar com o problema tornará as ações e respostas globais mais eficazes [25].

### **2.6.1 Mitigação**

Uma das formas de mitigar as alterações climáticas é reduzir as emissões de GEE para a atmosfera, para isso os países aderiram à UNFCCC de modo a atenuar o aumento da temperatura média global a menos de 2°C dos níveis pré-industriais. Comparado ao ano 1990, as emissões de gases têm de ser reduzidas 50% até 2050 [53].

No Acordo de Paris foram assumidos compromissos no sentido de urgência da ação climática. No que se refere à mitigação são: manter o aumento da temperatura média abaixo dos 2°C comparativamente aos níveis pré-industriais, e prosseguir baixando até aos 1,5°C; as emissões globais atingirem picos mais rápidos de modo a chegarmos ao equilíbrio entre emissões emitidas e absorvidas; e adicionar planos nacionais sobre o clima.

O combate às alterações climáticas é um desafio a longo prazo, mas podemos minimizar os danos com algumas medidas de mitigação, tais como: apostar nas energias renováveis de modo a melhorar a eficiência energética; promover transportes públicos e a mobilidade sustentável com mais trajetos urbanos; propagar a indústria, a agricultura, a pesca, a pecuária ecológica, a sustentabilidade alimentar e a regra 3R; e tabelar o uso de combustíveis fósseis e dos mercados de emissões de CO<sub>2</sub> [54].

## 2.6.2 Adaptação

Atualmente tem-se vindo a reparar que as alterações climáticas têm vindo a piorar, são necessárias medidas urgentes de adaptação. Contudo, sabemos que a atmosfera por si só já contém gases de efeito de estufa, logo já tem aquecimento global. O clima está a mudar bruscamente, no qual já não podemos tomar decisões apropriadas com base no clima histórico, ou seja, muitos desses critérios podem ser desadequados tendo em conta um clima diferente atual, tem que haver uma adaptação planeada ao estado atual. A adaptação das alterações climáticas pode proporcionar benefícios locais imediatos, melhorando as condições de vida no nosso planeta, a trabalhar e a estar preparada para eventos extremos. Em fevereiro de 2021, a Comissão Europeia comunicou novas estratégias sustentáveis a impactos e aumentar a resiliência climática para um futuro adaptado às alterações climáticas. A Estratégia Europeia de Adaptação às Alterações climáticas tem como objetivos: tornar as medidas de adaptação mais coerentes, rápidas, sistemáticas e fortalecer a ação internacional de adaptação as mudanças climáticas [55].

No Acordo de Paris foram igualmente assumidos compromisso de adaptação sendo os seguintes: melhor capacidade de adaptação; fortalecer a resiliência e redução da vulnerabilidade às alterações climáticas; melhorar a capacidade de resposta aos impactos da sociedade; reforçar os planeamentos nacionais; e reforçar o apoio internacional nos países em desenvolvimento [25]. De modo a minimizar o combate às alterações climáticas devemos colocar em prática as medidas de adaptação passando pela construção de edificações e infraestruturas mais seguras e sustentáveis; reflorestação e restauração dos ecossistemas; diversificar os cultivos; desenvolver novas soluções de prevenção e gestão de catástrofes naturais; e criar protocolos de atuação no caso de situações climáticas [54]. De forma resumida, a Tabela 4 indica as 5 soluções para melhorar a eficiência da sociedade no combate às alterações climáticas [54]:

Tabela 4 - Cinco pontos chave de melhor eficiência da sociedade

<b>1. Compromisso</b>
Ações humanas com compromissos políticos governamentais.
<b>2. Participação</b>
Contribuição para o desenvolvimento sustentável com soluções práticas.
<b>3. Hábitos Saudáveis</b>
Fisicamente e a nível de alimentação.
<b>4. Consciência Ecológica</b>
Contributo e consideração pela natureza.
<b>5. Eficiência e Inovação</b>
Priorizar a poupança energética e o uso de energias renováveis.

## 2.7 Balanço da Atualidade

As alterações climáticas é uma emergência humanitária que afeta tantos os países em desenvolvimento como os setores mais pobres e vulneráveis, pois estes países mais pobres têm menos capacidade de resposta e adaptação quanto aos desenvolvidos.

Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável interligados às alterações climáticas, tendem a ser realizados de forma organizada, coerente e assimilada, de acordo com as concentrações do Acordo de Paris e a Agenda 2030. No entanto, ainda existem algumas discrepâncias no que toca às políticas das alterações climáticas tais como: 1) Acordo de Paris é essencial, mas não é o suficiente para alcançar os objetivos proporcionados; 2) falta de financiamento climático; e 3) falha no combate às ações climáticas tanto a nível dos combustíveis fósseis como nas infraestruturas carbónicas.

Segue na Tabela 5 os objetivos a atingir para a EU.

Tabela 5 - Metas da UE [25].

	<b>METAS</b>	<b>DOC. RELEVANTES</b>
<b>Para 2020</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução em 20% das emissões de GEE em relação a 1990;</li> <li>• Quota de 20% de energia proveniente de fontes renováveis no consumo total;</li> <li>• 20% de aumento da eficiência energética. (Pacote aprovado em 2007)</li> </ul> <p>Pelo menos 20 % do orçamento da UE para o período 2014-2020, ou seja, 180 mil milhões de euros devem ser gastos com a proteção do clima, para além dos fundos provenientes dos países da UE.</p>	<p>Estratégia 2020 para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo;</p> <p>Diretiva sobre Energias Renováveis (2009);</p> <p>Diretiva sobre Eficiência Energética (2012).</p>
<b>Para 2030</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução em, pelo menos, 40% das emissões de gases com efeito de estufa em relação a 1990 (no caso dos setores não abrangidos pelo comércio europeu de licenças de emissão, a meta é de 30%);</li> <li>• Quota de, pelo menos, 27% de energia proveniente de fontes renováveis no consumo total;</li> <li>• Aumento de, pelo menos, 27 % da eficiência energética. (Pacote aprovado em 2014)</li> </ul>	<p>Um quadro político para o clima e a energia no período de 2020 a 2030 (2014);</p> <p>Estratégia Europeia de segurança energética (2014);</p> <p>Uma União da Energia (2015);</p> <p>Revisão da Diretiva sobre Energias Renováveis (2017);</p> <p>Revisão da Diretiva sobre Eficiência Energética (2016).</p>
<b>Para 2050</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformar a Europa numa economia Hipo carbónica e altamente eficiente do ponto de vista energético.</li> <li>• Reduzir as emissões em 80% em relação aos níveis de 1990, apenas através de reduções internas (conseguindo um corte de 40% até 2030 e de 60% até 2040). Isto está em linha com o compromisso assumido pelos líderes europeus no plano internacional: cortar as emissões entre 80% a 95% até 2050, no quadro das reduções do grupo de países desenvolvidos.</li> <li>• Estratégia para a mobilidade: reduzir em 60% as emissões provenientes dos transportes até 2050, em comparação com 1990.</li> </ul>	<p>Roteiro para a Energia 2050 (2011);</p> <p>Estratégia Europeia de Mobilidade Hipo carbónica (2016);</p> <p>Livro Branco: Roteiro do espaço único europeu dos transportes (2011).</p>

Atualmente, pode-se verificar algumas mudanças de forma a melhorar as alterações climáticas. Várias comunidades estão protegendo a natureza, um exemplo deste facto aconteceu na Índia, em que um grupo de mulheres observaram que o nível freático estava a reduzir e de modo a ajudar decidiram proteger a sua floresta monitorizando-a. Duas décadas depois, já se notava diferenças, nível freático aumentando, troncos das árvores mais grossas e animais que haviam ter voltado a prosperar.

Os governos e empresas estão mais focados e tornou-se um tema de interesse económico global. Em setembro de 2021, a ONU anunciou que mais de metade dos sectores de economia mundial iriam reduzir as suas emissões pela metade nos próximos 10 anos.

É de notar a evolução no desenvolvimento de novas ferramentas e modelos de análise, tendo mais informação. É possível a preparação e prevenção de desastres, notando-se uma redução de mortalidade por efeitos dessas ameaças climáticas e geológicas.

Hoje em dia, as fontes de energia são mais acessíveis, as energias renováveis estão cada vez mais presentes nas nossas vidas. A energia geotérmica, a energia das ondas e avanço na tecnologia dos carros elétricos são responsáveis por uma parte de redução das emissões de CO<sub>2</sub> no nosso planeta.

A humanidade está mais consciente dos problemas em relação às alterações climáticas e estão dispostos a agir e ajudar de modo a reverter os danos que causamos ao meio ambiente.

A União Europeia tem vindo a assumir a liderança nas ações climáticas, tem dado apoio financeiro aos países em desenvolvimento e tem estado presente nas negociações mundiais. No entanto, com as projeções que estão definidas para 2050 ficará um pouco aquém de serem atingidas. Segue a Tabela 5, com os objetivos para 2020, 2030 e 2050 que a EU deverá atingir de modo a contribuir e melhorar o aquecimento global.

Quanto a Portugal, tendo em conta que se estabeleceram metas muito ambiciosas, serão necessárias mudanças radicais nas ações climáticas, tornando-se mais presente e sistemática em novos projetos e programas nos diversos setores [25]. Segue a Tabela 6 com os objetivos até 2020 e 2030 que Portugal deverá atingir de modo a contribuir e melhorar o aquecimento global.

Segue na Tabela 6 os objetivos a atingir para Portugal.

Tabela 6 - Metas de Portugal [25].

Até 2020	Até 2030
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A redução de emissões de -18% a -23% em relação a 2005*;</li> <li>• O aumento das emissões de GEE dos setores não-CELE (Comércio Europeu de Licenças de Emissão) a 1% em relação a 2005;</li> <li>• A meta de 31% de energia de fontes renováveis no consumo final bruto de energia, dos quais 10% nos transportes;</li> <li>• Redução no consumo de energia primária de 25% e para a Administração Pública redução de 30%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O contributo para uma redução de emissões de GEE entre 30% a 40% na UE em relação a 2005, o que no caso de Portugal significa 17% de redução nas emissões;</li> <li>• O reforço do peso das energias renováveis no consumo final de energia para 40%;</li> <li>• O aumento da eficiência energética através de uma redução de 30% do consumo energético.</li> </ul>

\*Os dados disponíveis indicam que Portugal reduziu as suas emissões em 27%, pelo que esta meta já foi cumprida [25].

A Figura 22 representa as anomalias da temperatura média entre os anos de 2011 e 2100 em Portugal.

Segundo os dados divulgados no relatório publicado no boletim da Sociedade Meteorológica Americana, as alterações climáticas atingiram o seu recorde em 2020. Sendo registado um aumento elevado de concentração de gases de efeito de estufa. Tanto o CO<sub>2</sub> como o metano atingiram níveis recorde, o CO<sub>2</sub> aumentou 2,5 partes por milhão e o metano 14,8 partes por milhão em relação ao ano de 2019. O nível do mar continuando a subir, sendo 3 cm por ano, devido ao degelo e aquecimento dos oceanos. A Figura 23 representa as áreas não suscetíveis e as suscetíveis à desertificação entre os anos de 2000 e 2100 em Portugal.

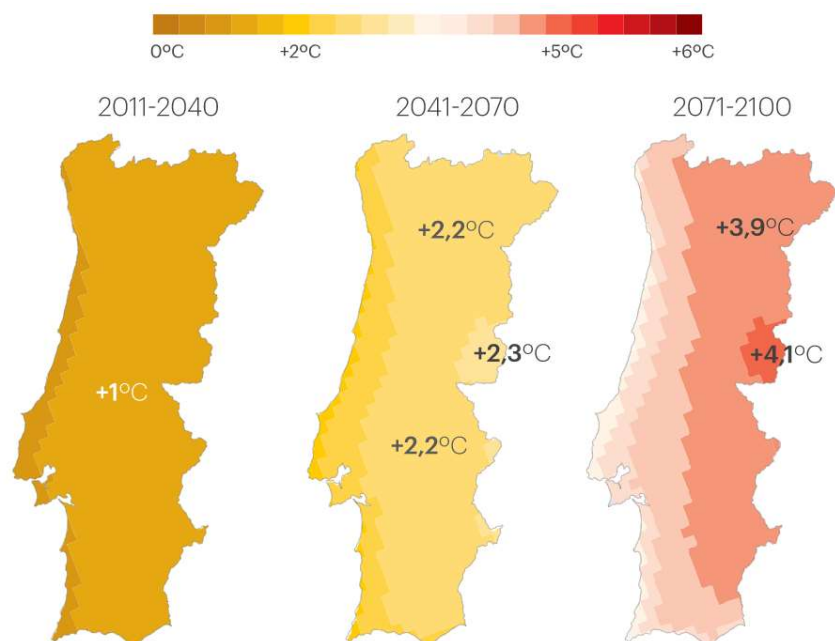


Figura 22 - Evolução das anomalias da temperatura média anual [56].

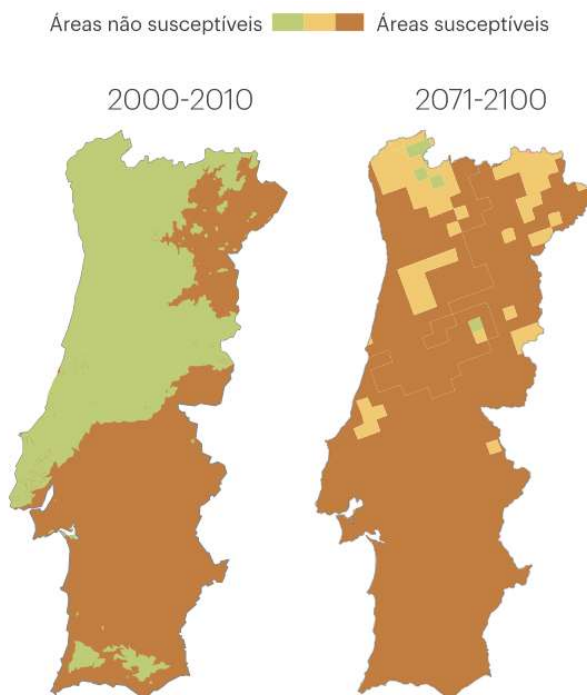


Figura 23 - Suscetibilidade à desertificação [56].

Atualmente as temperaturas terrestres e marítimas continuam a aumentar, aumentando a cada década cerca de  $0,08^{\circ}\text{C}$ . Particularmente nas zonas mais frias, nos polos Norte e Sul foi sentido calor extremo, chegando a atingir temperaturas de  $18^{\circ}\text{C}$  na Antártica.

O inverno de 2020, foi o mais quente e a temperatura dos oceanos ficaram próximas de recorde [57].

Os próximos capítulos serão referentes às várias áreas de Engenharia Civil, tais como, Geotecnia, Hidráulica, Construção, Estruturas, Vias de Comunicação e Planeamento Urbano. Para cada área serão tidos em conta os agentes climáticos mais relevantes.



# Capítulo 3

## IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NAS ATIVIDADES DE ENGENHARIA CIVIL

### 3.1 Introdução

As alterações climáticas afetam de modo inevitável a Engenharia Civil devido à instabilidade do meio ambiente causado pela ação humana. Os envolventes nesta indústria têm novos desafios e condicionantes a considerar na construção civil implicando, que quanto mais extremas forem as variações climáticas mais impactos haverá.

No capítulo anterior foram identificadas e quantificadas as alterações climáticas que mais impactam e prejudicam o nosso planeta. Este capítulo será organizado de acordo com as áreas de Engenharia Civil, tendo em conta os impactos que são afetados pelas alterações climáticas, tais como: calor ou frio extremo, vento, tempestades, climas secos ou húmidos, aumento do nível do mar, entre outros. A Tabela 7 apresenta os impactos das alterações climáticas e os agentes condicionantes.

Tabela 7 - Impactos e seus principais agentes [58].

Impactos	Principais Agentes
<b>Erosão</b>	<u>Pluvial</u> : ação das águas das chuvas (Chuvas de grandes intensidades); <u>Fluvial</u> : ação das águas dos rios (transformação do curso em vales mais profundos); <u>Marinha</u> : ação das águas do mar (ondas, correntes marítimas fortes e subida do nível médio da água do mar); <u>Eólica</u> : ação dos ventos (provoca intemperismo das rochas); <u>Glacial</u> : ação do gelo (congelamento dos solos e movimentações em blocos); <u>Gravitacional</u> : cadeias montanhosas (rotura e transporte de sedimentos devido a ação da gravidade).
<b>Inundações</b>	<u>Fluviais</u> : Chuvas fortes (expansão da água dos rios e lagos); <u>Marítimas</u> : agitação marítima, ondas e subida do nível médio do mar; <u>Artificial</u> : rotura de barragens, acidentes de comportas e falhas humanas.
<b>Tempestades</b>	Precipitações de grandes intensidades e períodos longos de secas.
<b>Secas</b>	Ondas de calor, falta de água proporcionando incêndios e perda de biodiversidade.
<b>Aumento do nível médio do mar</b>	Degelo e aumento das temperaturas globais.
<b>Deslizamentos de Terras</b>	Precipitações intensas, o solo, o relevo, a vegetação, o nível de água (lençol freático) e a gravidade.
<b>Expansão e contração do solo</b>	Solos expansíveis e argilosos.
<b>Colapso do solo</b>	Solos eólicos, aluviais, residuais, fluxos de lama, aterros compactados, solos argilosos e arenosos.
<b>Poluição de águas subterrâneas</b>	Arsénio, bário, cádmio, cromo, cianetos, fluoretos, chumbo, selénio, prata e mercúrio.

## 3.2 Geotecnia

A geotecnia é a área de engenharia que estuda a caracterização e o comportamento dos solos e das rochas, tendo em conta as ações antrópicas, ou seja, as ações criadas pelo homem e a sua aplicação em projetos de Engenharia Civil. É a etapa predominante para qualquer obra, pois o solo é o suporte de uma obra.

### 3.2.1 Identificação dos Impactos

Atualmente as variações ambientais têm gerado várias preocupações, existindo inúmeros impactos no campo geotécnico.

As alterações do meio físico muitas vezes causada pela ação humana, potencializam consequências a nível social, económico e ambiental.

A Figura 24 reporta situações de erosão costeira na Costa da Caparica e Esmoriz em Portugal. Esta erosão marinha, deve-se à agitação marítima e à subida do nível médio do mar, desgastando a área costeira e aumentando a frequência de galgamentos costeiros.



Figura 24 - Erosão na zona costeira, Costa da Caparica (imagem da direita), Esmoriz (imagem da esquerda), Portugal [59], [60].

A Figura 25 demonstra uma situação ocorrida em Guimarães em 2013. É um complexo de vivendas de luxo, em que se sucedeu um deslizamento de terras de várias toneladas provocadas pela acumulação de águas na zona interior das vivendas [61].



Figura 25 - Deslizamento de terras, Guimarães [61].

A Figura 26 retrata um movimento de terras ocorrido na localidade de Washington, em 2014, atingindo uma comunidade rural a nordeste de Seattle que ficava a 2,4 quilómetros de distância [62].



Figura 26 - Deslizamento de Terras, Washington (EUA) [62].

Os movimentos de terras são um processo que pode ser natural ou devido às ações humanas. As interferências humanas aceleram os processos devido a ações incoerentes, removendo as vegetações e cultivo nos solos inadequados, acumulação de lixo nas encostas e taludes, entre outros [58].

Na presença de chuvas fortes, com terrenos arenosos e com acumulação de lixo, os deslizamentos de terras ainda serão mais frequentes, como se verifica na Figura 27, situada num dos morros do Brasil e com excessos de barracos em locais não propícios para habitações.



Figura 27 - Deslizamento de solo e lixo devido a Chuvas fortes, Brasil [63], [64].

O colapso do solo pode ocorrer em diversos solos, tais como, residuais, arenosos, aterros compactados, entre outros. Os elevados índices de vazios nos solos arenosos, tornam-se em solos instáveis dando-se o adensamento do solo (Figura 28).



Figura 28 - Colapso do solo, São Paulo [65].

A Figura 29 diz respeito a um colapso de uma parede no ano de 2009, que fez desabar um edifício de 7 pisos considerado um dos mais importantes arquivos históricos alemão situado em Colónia. O colapso ocorreu devido a uma falha na construção de túnel de metro nas proximidades, em que o excesso de água e materiais soltos dentro da escavação com 28 metros de profundidade, geraram um assentamento diferencial dos prédios ao seu redor e colapsando o edifício do arquivo histórico [66].



Figura 29 - Colapso de uma parede derruba edifício, Colónia [66].

### 3.2.2 Quantificação dos Impactos

Segue a Tabela 8 com as quantificações dos impactos desde o ano 2020 até ao ano 2100.

Tabela 8 - Resumo de quantificação dos impactos

Variáveis Climáticas	Atualmente	Até 2100
<b>Temperatura</b>	1,5°C	2,6°C
<b>Nível Médio da Água do Mar</b>	18cm a 20cm	26cm a 82cm
<b>Gelo</b>	<13%	Poderá perder toda a sua camada de gelo existente
<b>Território Nacional</b>	< 40%	
<b>Solos Contaminados</b>	60% (para metais pesados e óleos minerais); 53% (para as águas subterrâneas contaminadas).	

Segundo o IPCC de 2014, e aplicando as medidas acordadas pelos acordos governamentais, prevê-se que a temperatura aumente pelo menos 2,6°C até 2100. Caso não sejam cumpridas, as temperaturas poderão chegar a valores mais elevados entre 3,2°C e 5,4°C.

Entre 1870 e 2000, os cientistas calcularam que o nível médio do mar tenha subido 18cm devido às alterações climáticas, e que até 2100 tende a subir entre 26cm a 82cm [67], nomeadamente devido à perda de gelo de cerca de 13% existente no Ártico desde 1979 [68].

Em 2016, saiu uma notícia no Diário de Notícias online que na ilha de Shishmaref no Alasca, houve a necessidade de desmobilizar cerca de 13 habitações devido ao desaparecimento dos terrenos com a subida do nível médio da água do mar.

Em Portugal, a zona costeira está em perigo, devido ao recuo da linha da costa em cerca de 40% da sua extensão. Em média estima-se que o nível médio da água do mar suba e o terreno nacional diminua cerca de 0,7%. A taxa média entre 1920 e 2000 é de 1,9mm/ano e entre 2000 e 2011 é de 3,6mm/ano, não esquecendo que 80% da população portuguesa vive junto à costa [69].

Segundo um estudo recente realizado pela Universidade de Zurique sobre a perda de gelo global desde 1961, o nível médio do mar aumentou 2,7 cm, o que implica que várias cidades do mundo atual sejam afetadas [70].

As infiltrações de água dão-se devido à ocupação desordenada da população urbana nas encostas, e devido à retirada de vegetação. Devido à sua ocupação e aos solos estarem saturados, há uma perda de resistência devido à infiltração de águas no terreno, originando escorregamentos ou ruturas dos solos e vítimas mortais.

No que concerne à precipitação excessiva ao colidir nos solos, ambas alteram os seus comportamentos e propriedades. A água faz com que o solo expanda ou contraia, de modo a formar agregados estruturais. A intensidade da chuva é mais importante do que a precipitação acumulada em 24h, ou seja, uma precipitação de intensidade alta e pouca duração irá originar inundações porque a declividade é elevada e a taxa de infiltração é baixa [71].

Quanto aos riscos de retração em solos argilosos, devido às ondas de calor, tem vindo a aumentar bruscamente preocupando a população.

De modo a atenuar parte das alterações climáticas, as habitações europeias estão a utilizar cerca de 40% em média, e anualmente cerca de 600 milhões de toneladas de materiais reutilizáveis [72].

### **3.3 Hidráulica**

Na Engenharia Civil, a área de hidráulica correspondente ao curso e transporte de fluídos, especialmente águas e esgotos. Esta atividade relaciona-se diretamente com o ambiente.

#### **3.3.1 Identificação dos Impactos**

No campo da hidráulica, os inúmeros impactos devido às alterações climáticas passam pelos exemplos reais apresentados neste seguimento.

A Figura 30 relata um episódio recente de chuvas intensas que coincidiu com a maré cheia do rio Tejo, em Lisboa e que originou inundações no ano de 2022. Este fenómeno é frequente em dias de cargas de águas fortes, devido à falta de drenagem, deficiência ou falta de manutenção nos sistemas de águas e esgotos na cidade [73].

A Figura 31 deveu-se ao furacão Katrina, causando inundações fluviais nos Estados Unidos em 2005. Os diques que protegiam as águas do Lago Pontchartrain não conseguiram conter, ocorrendo um transbordamento que fez com que 80% do território próximo ficasse submerso [74].



Figura 30 - Inundação junto à Avenida da Liberdade [73].



Figura 31 - Inundação em Nova Orleães, nos EU [74].

No que concerne a inundações marítimas, Figura 32, quando há aumento do nível do mar juntamente com as alterações climáticas, existem maiores probabilidades de ocorrência de tempestades costeiras e inundações [75].



Figura 32 - Inundação devido ao Furacão Sandy, na costa de Nova Jersey, 2012 [75].

Quanto às inundações artificiais, Figura 33, no Brasil em 2019, ocorreram devido a um rompimento da Barragem de Quati, inundando uma vasta área da população próxima [76].



Figura 33 - Inundação por colapso da Barragem de Quati, no Brasil, 2019 [76].

Em Bangladesh, no campo de refugiados sucedeu-se à destruição de moradias (Figura 34), devido a fortes precipitações que segundo a ONU, serão quase metade da precipitação média de julho em apenas um dia [77].



Figura 34 - Campo de Refugiados Rohingya em Kutupalong, Bangladesh, 2021 [77].

### 3.3.2 Quantificação dos Impactos

A Tabela 9 reporta projeções climáticas até 2100, com dados médios das variações climáticas, publicados pela Câmara Municipal de Lisboa, em fevereiro de 2017.

Tabela 9 - Projeções climáticas até ao final do século [78].

Variáveis Climáticas	Sumário	Até 2100
<b>Precipitação</b>	Diminuição da precipitação	Média anual: 4% a 51% Sazonal: Inverno -40% a +6% Primavera 9% a 66% Outono 6% a 50%
	Aumento dos fenómenos extremos	Precipitações intensas e muito intensas; Tempestades de Inverno mais intensas acompanhadas de chuvas e ventos fortes
<b>Temperatura</b>	Aumento das temperaturas máximas	Média anual e sazonal: 1°C a 4°C Outono: 2°C a 5°C Temperaturas mais altas $\geq 35^{\circ}\text{C}$ Noites tropicais $\geq 20^{\circ}\text{C}$ Ondas de calor mais frequentes
	<b>Nível Médio da água do mar</b>	Subida do nível médio da água do mar

Conforme o órgão de controlo mundial da alimentação e produção “Food and Agriculture Organization” ligado à ONU, a agricultura é responsável por consumir cerca de 70% de água doce do mundo [79].

As variações climáticas são distintas nas várias partes do mundo, enquanto os impactos de secas severas e extremas estão se expandindo no Hemisfério Norte, as inundações vão surgindo com maior intensidade nas outras partes, como a Europa Oriental.

Na Europa Ocidental, os países Alemanha, Bélgica e Holanda estiveram recentemente “debaixo de água”, originando centenas de desaparecidos e muitos mortos, devido a chuvas muito fortes, consideradas as maiores em um século.

Devido à crescente construção em leito de cheia e à artificialização de linhas de água naturais, as áreas de retenção são comutadas, originando uma diminuição entre 5 a 15 vezes do tempo de concentração das bacias de drenagem. Este fenómeno, altera o valor de caudal de ponta máxima, contribuindo com o fator multiplicativo de 5 a 50 vezes [80].

Um dos maiores impactos da área de Hidráulica é a precipitação máxima a ter em conta, em relação à intensidade, duração e frequência. Em 1986, foram apresentadas as curvas intensidade-duração-frequência (curvas I-D-F) por Matos e Silva. Desta curva, concluiu-se que nas regiões montanhosas de altitudes superiores a 700m as intensidades médias das precipitações sejam agravadas de 20% e nas regiões do Nordeste sejam reduzidas às 20% [81].

A Figura 35 representa a precipitação em Portugal desde 1960 a 2021, e constatamos que até ao ano de 2004 a precipitação era com maior duração, mas após esse ano tornou-se com maior intensidade e frequência. A causa de inundações é frequente aquando de chuvas em curtos períodos de tempo, mas com elevada intensidade e devido às alterações climáticas existentes e que se agravam mais, podemos prever que esta consequência se torne cada vez mais frequente.

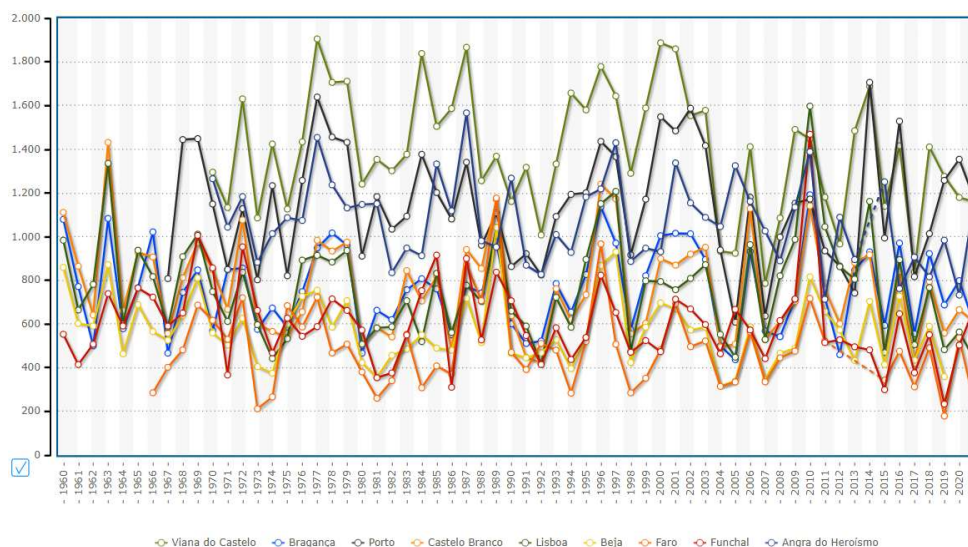


Figura 35 - Precipitação total em Portugal entre 1960 e 2021 [82]

Segundo a Figura 36, as ondas de calor aumentaram drasticamente desde meados de 2008, passando de uma média de 20/30 para 40.

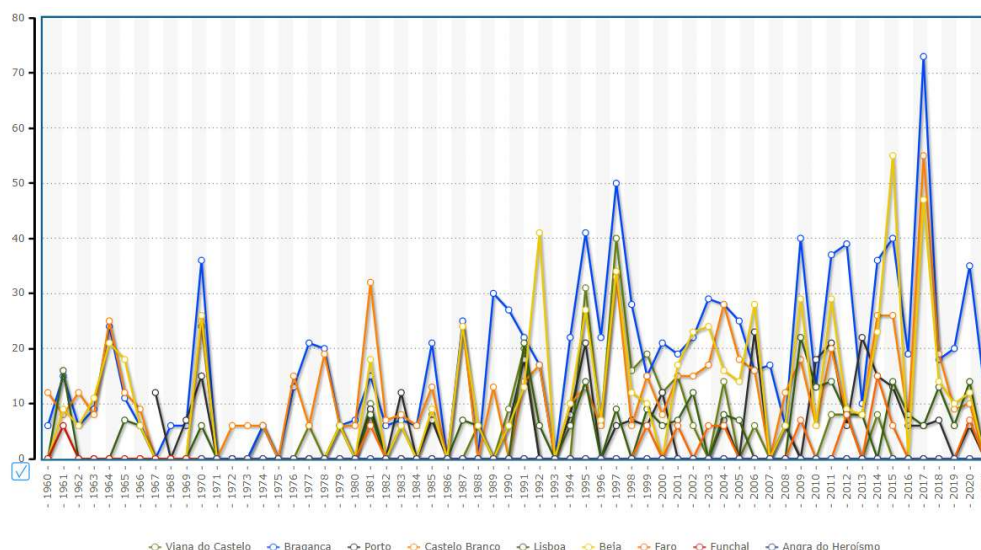


Figura 36 - Número de dias de ondas de calor em Portugal entre 1960 e 2021 [82]

### 3.4 Construção

O clima é um dos principais agentes que afeta diretamente o plano de construção, dependendo das várias regiões com ventos fortes, neve, chuvas torrenciais, temperaturas extremas e neblina. As condições climáticas não só afetam durante a construção da obra, como também afetam durante toda a sua vida útil a durabilidade dos materiais, tais como, betão, aço, madeira, até devido às altas temperaturas, humidades excessivas e aumentos dos gases atmosféricos [83].

#### 3.4.1 Identificação dos Impactos

As alterações climáticas podem gerar diversos impactos nas construções, dependendo das condições a que estão sujeitas, bem como a diminuição da sua vida útil.

A ação do granizo também pode ser propícia a danos estruturais nas suas coberturas, como podemos ver na Figura 37. Este acontecimento é recente, foi em novembro de 2022 [84].



Figura 37 - Danos na cobertura devido a ação de granizo, Campos Gerais [84].

Um dos maiores impactos nas alterações climáticas é a produção do cimento, pois emite dióxido de carbono, sendo esse o principal gás do efeito de estufa (Figura 38).



Figura 38 - Indústria do cimento [85].

A Tabela 10 retrata os impactos ambientais que uma indústria de cimento pode causar.

Tabela 10 - Impactos ambientais nas fases de produção de cimento [86].

Fase de Produção	Aspeto	Impacto	
Extracção de matéria prima	Vibrações do terreno	Desmoronamento e erosões	
	Pedreiras	Emissões gasosas, arremessos de fragmentos e poeiras	Poluição do ar e erosões
		Cavas abandonadas	Desmoronamentos e erosões
	Dragagem de rios	Alterações batimétricas	Contaminação de águas com substâncias tóxicas
			Diminuição da qualidade da água dos leitos
			Perturbação de habitats e redução de biodiversidade
	Ruídos gerados pelo funcionamento das dragas	Poluição sonora	
Produção de cimento e clínquerização	Emissões de gases: Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ); Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> ); Monóxido de Carbono (CO); Gases Oxidantes; Óxidos Nitrogenados; Compostos de Chumbo.	Aquecimento global e poluição do ar	

### 3.4.2 Quantificação dos Impactos

Devido às alterações climáticas excessivas, temos observado uma menor durabilidade a nível dos materiais, originando problemas ambientais e económicos. O setor da indústria da construção é o que consome mais materiais, no Japão 50% é responsável pelo consumo de matéria bruta, 75% nos Estados Unidos e na União Europeia 40% sendo responsáveis por 30% das emissões de CO<sub>2</sub>. A construção civil é um dos setores mais importantes no desenvolvimento económico-social, mas também é a indústria mais poluente do planeta. Atualmente, podemos afirmar que o cimento é dos consumos mais elevados sendo maior que o consumo de alimentos, e logo depois vem o betão [87].

O cimento é um dos principais causadores dos impactos ambientais, pois é um agente contaminante do solo, do ar e da água prejudicando a saúde humana. Este componente é responsável por 3% das emissões dos GEE e de 5% das emissões do CO<sub>2</sub> [87].

Os agregados, areia e brita, são os agentes mais comuns em construção, no entanto as areias dos rios quando extraídas, não geram impactos negativos, mas quando são de escavação e desmonte de jazidas implicam uma alteração na caracterização do terreno [87].

Quanto à indústria do aço, este componente é fortemente relacionado com o oxigênio e sílica, sendo formado por uma liga de ferro e carbono em altas temperaturas. O aço é dos materiais mais reciclados do mundo, reduzindo o consumo de matérias-primas não renováveis e economizando energia. Visto que a extração do aço é feita por mineralização, há remoção nativa da vegetação, o que origina destruição dos solos, tornando-o estéril [87].

Com as alterações climáticas existentes, os consumos energéticos para melhorarem o conforto nas edificações aumentaram. Cerca de 40% de energia é consumido no sector de edifícios na Europa, e em Portugal são 30%. Atualmente verifica-se climas muito quentes, ou climas muito frios, o que requerem um maior consumo energético para um melhor conforto no habitat. Isto é prejudicial pois contribui muito para os níveis de gases na atmosfera, por ser libertadas quantidades de CO<sub>2</sub>. Estes consumos poderão ser reduzidos mais de 50%, através de medidas de eficiência energética, reduzindo a percentagem de CO<sub>2</sub> anual [88].

### **3.5 Estruturas**

No ramo da Engenharia Civil, a engenharia de estruturas consiste no cálculo, análise e projeto de estruturas resistentes e sustentáveis, baseando-se no conhecimento físico e empírico das propriedades dos materiais. As estruturas projetadas devem ser eficientes de modo a alcançar os objetivos pretendidos, sem entrar em colapso ou deformar.

#### **3.5.1 Identificação dos Impactos**

As alterações climáticas têm vindo a ser mais agravantes, destruindo várias estruturas, bem como, estufas agrícolas, pontes, painéis de trânsito, entre outras. A Figura 39 reporta um impacto causado por chuvas e vento forte, derrubando a cobertura de um posto de abastecimento de combustível em Indaiatuba em 2020 [89].

O acontecimento causado na Figura 40, ocorreu no início do ano de 2023 no concelho da Póvoa de Varzim devido ao mau tempo, mais propriamente, o vento excessivo e fortes precipitações. Além de causar estragos nas estufas, também poderá afetar a produção dos produtos hortícolas.

Aquando do mau tempo e sem avisos prévios, as pontes se não estiverem bem estruturadas ou apresentarem algumas anomalias e deficiências poderão ruir.



Figura 39 - Consequência de chuva e ventos fortes em posto de combustível, Indaiatuba [89].



Figura 40 - Estufa agrícola destruída em Póvoa de Varzim [91].

A ponte situada em Foros do Mocho, em Montargil, Figura 41, ameaça ruir devido uma tempestade ocorrida em dezembro de 2022 [90].



Figura 41 - Colapso da Ponte de Foros do Mocho, Portalegre [90].

### 3.5.2 Quantificação dos Impactos

Um dos agentes mais condicionantes nas estruturas é o vento, pois juntamente com chuvas intensas poderão ser destrutivos. A seguinte Tabela 11 mostra as velocidades do vento e as indicações que deveremos ter em conta.

Tabela 11 - Tabela da Velocidade do vento (Adaptada) [92].

Nível	Velocidade do Vento (km/h)	Indicação	Valorização
0	0 - 2	O fumo ascende verticalmente	Tranquilo
1	2 - 5	O fumo desvia-se suavemente para um lado	Suave
2	6 - 12	O vento sente-se na pele	Suave
3	13 - 20	Ondulam bandeiras ligeiramente	Moderado
4	21 - 29	Levantam-se pó e papéis	Moderado
5	30 - 39	Pequenas árvores começam a mexer-se ao vento	Vivo
6	40 - 50	Os chapéus-de-chuva já não se podem utilizar	Forte
7	51 - 61	Todas as árvores mexem-se fortemente / já custa trabalho mexer-se contra a direção do vento	Forte
8	62 - 74	Os ramos das árvores quebram	Muito forte
9	75 - 87	Podem aparecer estragos importantes em edifícios	Muito forte
10	88 - 101	Podem aparecer os piores estragos em edifícios	Massivo
11	102 - 116	Podem aparecer os piores estragos em edifícios	Massivo
12	>117	Aniquilamento das construções mais fortes / procuram-se refúgios imediatamente	Furacões

### 3.6 Vias de Comunicação

As vias de comunicação no ramo da Engenharia Civil referem-se às redes de infraestruturas de transporte rodoviárias e ferroviárias, bem como na gestão do tráfego.

#### 3.6.1 Identificação dos Impactos

Nas vias de comunicação podemos ter vários impactos ambientais que condicionam a circulação da população.

Com estes eventos de extremos podemos registar várias roturas em árvores, causando danos e estragos de grandes dimensões, ocorrendo tanto a nível ferroviário (Figura 42) como rodoviário (Figura 43). Tanto os ventos como as chuvas são condicionantes na circulação de veículos, aquando de ventos fortes e chuvas intensas deve-se circular a velocidades menores pois os excessos de água nas superfícies rodoviárias poderá ocorrer risco de aquaplanagem, colocando em perigo o condutor e terceiros. A aquaplanagem ocorre quando há falta de tração devido aos pneus não aderirem ao pavimento causado pelas chuvas, Figura 44 [93].



Figura 42 - Linha ferroviária de Cascais, Lisboa [94].



Figura 43 - Ciada de árvore na estrada em São Paulo [95].



Figura 44 - Aquaplanagem nas estradas [93].

O mau tempo em dezembro de 2022, em Guimarães, Figura 45, condicionou a passagem na ponte que liga a freguesia de Santa Eufêmia de Prazins e São Cláudio de Barco [96].



Figura 45 - Corte de ponte que liga duas freguesias, Guimarães [96].

### 3.6.2 Quantificação dos Impactos

As chuvas fortes acumuladas em algumas estradas devem-se ao facto da existência de buracos ou sulcos, causando poças de água que origina a aquaplanagem. Para que este fenómeno aconteça, a água precisa ter uma espessura mínima de 2,5mm de profundidade [93].

### 3.7 Planeamento Urbano

A humanidade tem vindo a deslocar-se para as grandes cidades, tornando as zonas urbanas mais movimentadas e habitadas, segundo a ONU. Este processo mexe muito com o planeamento urbano, pois há um aceleramento da urbanização, acompanhado de uma intensa metropolização. Com este cenário, presencia-se a manifestação da macrocefalia urbana, isto é, devido ao nível de habitantes e infraestruturas o espaço urbano fica cada vez mais poluído notando-se nas alterações climáticas existentes e cada vez mais extremas. Ocorrendo assim, mais produção de lixo e esgotos, mais libertação de gases para a atmosfera e menos espaços verdes devido à sua ocupação habitacional e por conseguinte poluição sonora e visual para a qual o nosso planeta não está preparado [97].

#### 3.7.1 Identificação dos Impactos

Dos diversos problemas e impactos devido à falha dos planos urbanísticos, temos as construções junto às ribeiras, ilhas de calor, a inversão térmica, a poluição dos rios, as cheias e os deslizamentos.

As chuvas torrenciais com fortes intensidades em conjunto com subida do nível médio do mar, provocaram inundações na ilha da Madeira no passado 20 de fevereiro de 2010, facto muito conhecido, devido aos acontecimentos causados como podemos ver na Figura 46. Devido a estes acontecimentos, as construções junto as ribeiras foram afetadas, destruindo as fundações das mesmas e movendo as habitações.



Figura 46 - Tempestade 20 de Fevereiro 2010, Ilha da Madeira [98].

As ilhas de calor, são fenómenos frequentes em várias cidades de maior lotação, tanto de população como habitacional, falta de cobertura vegetal e aglomeração de indústrias, exemplo da Figura 47, onde ocorre o aumento das temperaturas em áreas urbana [99].

Devido à ausência de planos urbanísticos, em vários lugares do mundo não há controle das péssimas infraestruturas construídas nas cidades, bem como poluição sonora, visual e excesso de lixo. A Figura 48 é um exemplo de habitações irregulares com poluição ao redor que estão sujeitas a sofrer inundações, deslizamentos e até ocorrência de vítimas mortais quando chove [97].



Figura 47 - Fenómeno de ilha de calor em Xangai, China [99].



Figura 48 - Ocupação irregular juntamente com poluição, Índia [97].

### 3.7.2 Quantificação dos Impactos

Devido às quantidades de níveis de população urbana, comércio e indústria, os gases são ainda mais elevados.

No ano de 2021, a Organização Meteorológica Mundial reportou novos recordes de GEE na atmosfera, principalmente o metano, comparativamente há 40 anos. Este aumento de emissões dos níveis de metano ocorre sobretudo nas zonas montanhosas, devido ao contributo do aquecimento global e na decomposição da matéria orgânica.

O principal gás do efeito de estufa,  $\text{CO}_2$ , entre 2020 e 2021 foi responsável por um aumento de 80% do aquecimento global e ao que tudo indica nas últimas medições esse aumento continuou em 2022, acontecendo o mesmo aos níveis de óxido nítrico [100].

Atualmente os níveis de concentrações emitidos comparados aos pré-industriais são: dióxido de carbono 149%, metano 262% e óxido nítrico 124% [100].

As cidades tendem a produzir maior quantidade de combustão de automóveis e o  $\text{SO}_2$ , sendo um gás natural já produzido, ainda mais se intensifica, devido à queima de combustíveis fósseis em indústrias, refino de mineiros, poeiras, entre outros.

# Capítulo 4

## PROPOSTAS DE ALTERAÇÃO DE EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES DE ENGENHARIA CIVIL

### 4.1 Introdução

No capítulo anterior foram identificados e quantificados os impactos climáticos, que afetam as atividades de Engenharia Civil. Tendo em conta esses impactos, neste capítulo serão apresentadas algumas propostas de alterações de execução nas atividades de Engenharia Civil, agrupam-se em fase de projeto, fase de obra e manutenção. Na Figura 49 estão representadas as fases do ciclo da vida de uma edificação e os custos adicionais.



Figura 49 - Fases do Ciclo de vida [101].

A fase de projeto passa por um estudo prévio e avança para um projeto de execução definido e aprovado. Nesta fase, é incluído o procedimento de Avaliação de Impacto Ambiental, sendo seguido da avaliação. Na fase de construção é posto em prática o projeto, devendo constar um Plano de Gestão Ambiental que impõe condicionantes de ocupação e um Plano de Monitorização Ambiental que visa a proteção do ambiente e identificação de eventuais carências [101]. Dependendo dos projetos e construções, poderão ser projetados para 50 ou 100 anos, o que requer operações de manutenção constantes.

A 1ª etapa é a fase de projeto que reúne os parâmetros da pesquisa preliminar, da identificação detalhada da superfície geológica, incluindo análise fotogeológica, do estudo geofísico, do estudo mecânico (sondagens do subsolo) e dos ensaios de campo e laboratório (análise das propriedades mecânicas dos solos e das rochas) [102]. Quanto à análise das propriedades dos solos e das rochas, é necessário ter em conta a deformabilidade, resistência e estado de tensão. A 2ª fase é a de construção de acordo com a fase de projeto, no qual deve existir um plano de monitorização que deve ser seguido de modo a garantir as condições de segurança e de economia na execução dos trabalhos. Após a sua conclusão e verificação deve ser colocada em serviço. A 3ª fase destina-se à manutenção, que garante

o bom funcionamento do projeto, com manuseamento dos equipamentos e substituição dos mesmos quando necessário e desenvolvimento de projetos de reabilitação e requalificação.

## 4.2 Geotecnia

Tendo em conta os impactos das alterações climáticas da secção 3.2, os agentes climáticos da Geotecnia mais condicionantes são: a precipitação e a subida do nível freático. A precipitação intensa proporciona um aumento do nível freático, podendo levar a inundações, afetando tanto os trabalhos de geotecnia de uma construção, bem como, os sistemas de drenagem mal executados. Para esta secção seguem as tabelas 12 à 14, referente às propostas de alteração na área de Geotecnia a nível da fase de projeto, fase de obra e a fase de manutenção, consecutivamente.

Tabela 12 - Propostas de alterações na área de Geotecnia na fase de projeto

<b>Tipo</b>	<b>Proposta</b>
Estabilização dos Taludes	Recompôr o revestimento vegetal dos taludes para reduzir a infiltração e conter a erosão
	Redução da inclinação média
	Execução de banquetas intermédias
	Escavação de material na crista do talude
	Em aterros os retaludamentos não devem ter declividades superiores a 1:2 (vert:horiz)
	Construir bermas para o aumento da carga junto dos aterros
	Criação de passadiços e expansão de malhas reforçadas para zonas costeiras
Drenagem	Fazer o redirecionamento da drenagem para evitar concentração de água sobre o talude
	Criação de novos projetos de drenagem superficial do talude para zonas onde ocorre níveis de precipitação intensa
	Criação de projetos de drenagem profunda nas zonas que o nível freático se avizinha da zona de instabilidade do talude
Escavações	Distância de edificações à vala tem de ser superior a 1,5 vezes da sua profundidade
	Entivações e escoras para valas de 1,2m de profundidade e largura igual ou inferior a 2/3 da profundidade
	As execuções de entivação de madeira têm de ser mais robustas e reforçadas com madeiras mais firmes ou com espessuras maiores

Tabela 13 - Propostas de alterações na área de Geotecnia na fase de obra

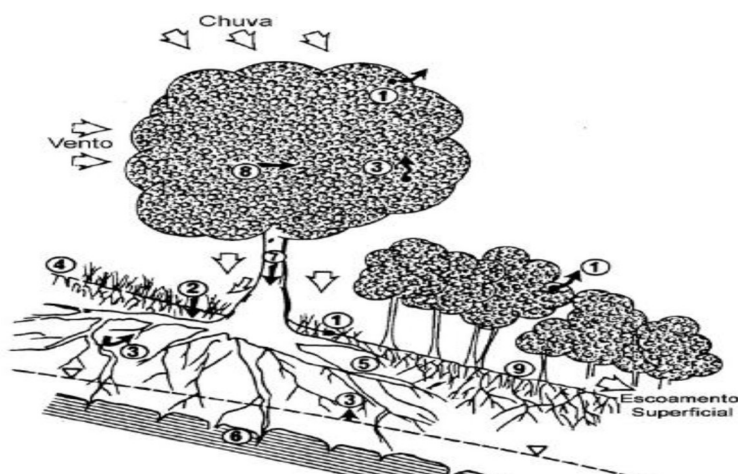
<b>Tipo</b>	<b>Proposta</b>
Estabilização dos Taludes	Deverá existir um plano de segurança e proteção para quando fazem as escavações não haver nenhum desastre tanto a nível de deslizamentos como também dos trabalhadores
	Ter em atenção ao clima existente nos dias de execução pois a probabilidade de chuva poderá afetar os trabalhos e contribuir para desmoronamentos
	As estruturas mais próximas do mar deverão ser monitorizadas e revistas com maior frequência
Estruturas de suporte	Na execução dos muros de gabiões, ter em atenção a compactação das rochas colocando em menores dimensões mas mais juntas de modo à água circular mais fluentemente
	Nos muros de contenção, colocar mais tubagens de drenagem de modo a expulsar a água contida na parede não criando maior resistência
Escavações	Ter equipamentos hidráulicos e tubagens para extração das águas da chuva
	Para o rebaixamento do nível freático, inserir poços de bombagem ou bombas hidráulicas para extração contínua da água
	Após execução de escavação para as fundações, tentar colocar logo betão de limpeza para firmar o terreno
	As valas devem ser escavadas gradualmente e tapadas logo que o trabalho seja concluído

Tabela 14 - Propostas de alterações na área de Geotecnia na fase de manutenção

Tipo	Proposta
Estabilização dos Taludes	Plano de monitorização e instrumentação com sistemas de alerta e alarme.
Drenagem	Devido aos entupimentos as drenagens requerem mais aprovisionamento/ periodicamente.
Estruturas de suporte	Limpeza periódica dos tubos de drenagens das paredes de contenção, desimpedindo e obtendo um correto funcionamento
Escavações	Fiscalizações e manutenções periódicas das máquinas de escavação Planos de segurança e saúde sempre atualizados

Numa primeira fase temos os projetos de investigação do solo e de estabilização de taludes, que têm de ter ainda mais em conta o fator água por causar maior risco de instabilidade. As precipitações podem escorrer pela superfície originando erosão superficial e/ou podem infiltrar-se no terreno percolando vertical e lateralmente até ao pé do talude.

A vegetação tem um papel muito importante na proteção dos taludes, tanto podem ajudar a proteger o terreno contra as águas da chuva, ventos e impactos mecânicos, evitando a transferência entre a atmosfera e o terreno, como as suas raízes também contribuem para um reforço, ancoragem e aumento da resistência do solo, conforme ilustrado na Figura 50 [103].



5	Reforço do solo pelas raízes
6	Ancoragem
7	Sobrecarga
8	Ação do vento
9	Diminuição da erosão superficial

Figura 50 - Interação solo-água-vegetação em taludes (adaptado [103]).

Para além da solução com vegetação, existem outras formas distintas tais como [103]:

- Redução das forças desestabilizadoras através da diminuição média de inclinação do talude (Figura 51);



Figura 51 - Redução da inclinação média [103].

- Alteração da geometria de taludes muito altos (superiores a 5 metros) como na Figura 52;

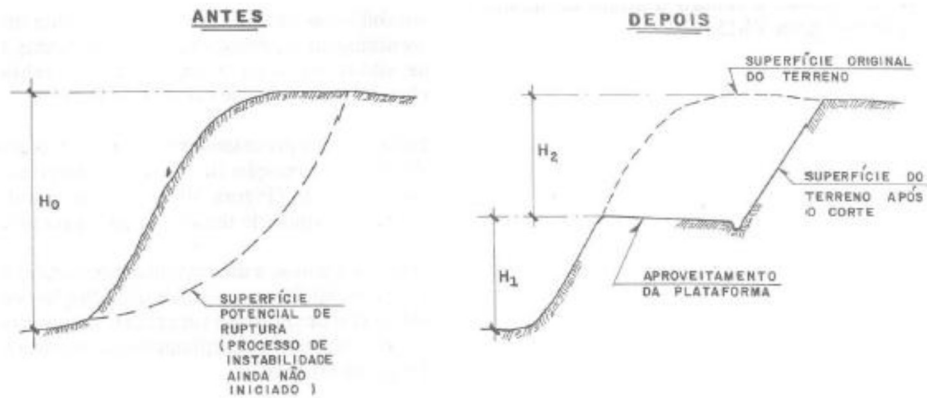


Figura 52 - Execução de banquetas intermediárias [103].

- Escavação na zona superior e aterro de material granular no pé do talude como representado na Figura 53, diminuindo o peso superior do talude e proporcionando um aumento das tensões normais e estabilizadoras ao deslizamento.



Figura 53 - Escavação de material na crista do talude [103].

A Figura 54 retrata uma solução de retaludamento muito utilizada porque permite a estabilidade do talude, utilizando o seu solo como principal material. É um tipo de contenção simples e eficaz que ajuda no controle da drenagem, diminuindo as inundações. O retaludamento pode ser feito com remoção de massa ativa ou redução da inclinação e colocação de aterro na base do talude [104].

Após estabilização dos taludes, é imprescindível uma observação e manutenção periódica. Deverá existir um plano de monitorização e instrumentação, incluindo medidas de reforços e critérios de alerta e alarme [103].



Figura 54 - Retaludamento \_Alteração da geometria do talude [104].

As obras de drenagem também contribuem para uma melhoria na estabilização dos taludes, pois ajudam a dirigir as águas devido às precipitações ou ao aumento do nível freático para fora das zonas menos estáveis do talude. Para o seu dimensionamento devem ser realizados estudos sobre os índices pluviométricos, a zona da bacia de intervenção e as suas características, de modo a ter em conta o fator de percolação. Pode-se seguir por duas drenagens, uma drenagem superficial do talude, ver Figura 55, que tem como objetivo o transporte da água precipitada até à base do talude através de uma rede de canais superficiais e complementada por proteção de vegetação, ou uma drenagem profunda, ver Figura 55, sendo o seu principal intuito, impossibilitar que o nível freático se avizinha da zona de instabilidade do talude [104].



Figura 55 - Drenagem superficial do talude (esq) e Drenagem profunda do Talude (dir) [104].

Os sistemas de drenagem, em geral, possuem suscetibilidade a entupimentos e problemas físicos, pois requerem mais aprovisionamento e periodicamente têm de ser mantidos limpos para o seu bom funcionamento.

Na execução das estruturas de suporte de estabilidade de taludes, existem várias soluções, tais como, paredes em betão projetado, muros de betão armado, muros de gabiões, muros de terra armada, entre outros. Nos taludes com betão projetado e betão armado, tem-se tubos de drenagem para escoamento das águas, de modo a circularem e não criarem aumento da resistência dos muros. Estas tubagens com o aumento das alterações climáticas têm que ser tidas em conta, ou seja, em projetos futuros tem-se que colocar mais tubagens devido aos níveis mais elevados de circulação de águas provenientes das chuvas, e para tal também requer uma maior manutenção, pois têm tendência a entupir. Quanto aos muros de gabiões, ver Figura 56, são constituídos por pedra britada ou rolada sobrepostos e presos por uma malha hexagonal de dupla torção em arame galvanizado. Devido à granulometria dos blocos, a água circula melhor não permitindo a pressão intersticial no interior. Esta solução favorece uma melhor adaptação ao terreno e capacidade de absorção dos excessos de deformações, para além de ser mais económica e de requerer pouca manutenção [103].

Quando são projetadas escavações com certas profundidades, deve-se ter em conta a zona envolvente de modo a impedir desmoronamentos. As execuções de valas envolvem muitos riscos, não só para as pessoas, mas também para as infraestruturas. Entende-se como vala, uma escavação longa com profundidade de fundo variáveis.



Figura 56 - Muro de gabião [105].

As obras que englobam escavações têm de ser devidamente estudadas geotecnicamente, pois são um dos maiores responsáveis de acidentes em setor de construção civil. Antes da abertura da vala é necessário uma pesquisa e levantamento das instalações da área de trabalho. Para uma abertura de vala em que tenha mais de 1,2m de profundidade e largura igual ou inferior a  $2/3$  da profundidade, têm obrigatoriamente de serem entivadas e escoradas evitando soterramentos, pois existem registos de acidentes por colapso em profundidades menores a 1,5m [106]. Para escavações perto de habitações ou edificações, a distância à vala tem de ser superior a 1,5 à sua profundidade, como representado na Figura 57 [107].

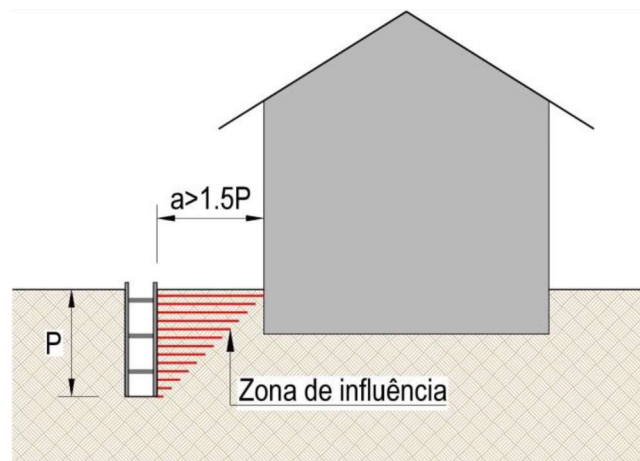


Figura 57 - Exemplo de vala próxima de edificações [107].

Não só para escavações entivadas como para as não entivadas, é fundamental a monitorização constante no decorrer da obra, pois pode acontecer alguns imprevistos tanto a nível da escavação como a nível climatérico, alterando a descompressão do solo, sendo necessário serem tomadas medidas de proteção para a obra e para os operários. Dependendo das profundidades, as valas devem ser escavadas gradualmente e tapadas logo que o trabalho seja executado, com proteção envolvente para que as pessoas não adequadas possam passar em segurança [103].

A Figura 58 retrata um método tradicional de entivação de madeira que é barata e simples e que ainda é comum, mas no entanto com o passar do tempo, estão a ser substituídas por componentes de aço pois favorecem o comportamento mecânico e são mais confiáveis [106]. Para este tipo de entivação de madeira funcionar, haveria de ter um reforço mais robusto de madeira, modo a suportar as forças de tração do pavimento.

O nível freático é um fator muito importante nas obras de geotécnica, por vezes encontra-se próximo da superfície. Para enfrentar este obstáculo, de modo a rebaixar o seu nível freático tornando-o mais seguro para a firmeza dos trabalhos e melhorar as condições de segurança durante a escavação, é necessário o auxílio de bombas hidráulicas que drenem a água [106].



Figura 58 - Entivação de madeira, Porto [106]

### 4.3 Hidráulica

Segundo os agentes condicionantes mencionados na secção 3.3, os que mais afetam a área da hidráulica são: a precipitação intensa, a subida do nível médio da água, os ventos fortes, as ondas de calor e as secas extrema. Com bases nestes condicionantes, deve-se agir nas várias fases de projetos com novas propostas, sendo algumas descritas nas tabelas 15 à 17.

As cidades costeiras são as zonas onde atualmente se sentem mais os efeitos em relação às alterações climáticas devido às características biofísicas e mudanças nos regimes hídricos, pois estão mais expostos ao aumento do nível médio da água do mar, bem como a temperaturas altas e baixas, chuvas intensas e ventos fortes.

Para ajudar a desenvolver e melhorar estas zonas, há necessidade de criar novos planos de ação referentes às alterações climáticas face ao atual e ao futuro próximo. É necessário, ajustar a capacidade de modelação numérica, obtendo-se projeções próximas ao canal da linha costeira. Controlar o crescimento urbano nas áreas costeiras, não permitindo construções em zonas de risco e as que forem construídas serem mais elevadas em relação à linha da costa [108].

Com a subida do nível do mar constante, afronta-se futuramente para níveis ainda mais superiores e para tal, é essencial ter planos de ação ou inserir nos projetos futuros esse fator condicionante. Devido à agitação marítima face aos agentes climáticos, é fundamental reforçar as infraestruturas portuárias, reforçar os sistemas dunares e consolidar as arribas, não permitindo extrações de areia, nem implementações de estruturas fixas perto das margens da costa. Para além desta primeira fase de intervenção, há maior necessidade periodicamente de reforçar ou alimentar de modo artificial a costa com materiais costeiros [108]. Bem como, a criação de passadiços e expansão de malhas reforçadas, nas zonas costeiras, quando há movimentação de população, exemplo da Figura 59. Os materiais costeiros degradam-se com maior frequência, devido à ação marítima juntamente

com a exposição aos vários climas, oxidando mais facilmente. Qualquer estrutura mais próxima do mar, deverá ser monitorizada e revista com maior frequência do que habitual.

Tabela 15 - Propostas de alterações na área de Hidráulica na fase de projeto

<b>Tipo</b>	<b>Propostas</b>
Zonas Costeiras	Desenvolver planos de ação para as alterações climáticas
	Criar planos de ação para áreas mais vulneráveis na zona costeira
	Construir estruturas mais elevadas em relação à linha da costa
	Restringir a construção de acessos na linha costeira
	Estabilizar, qualificar e controlar o crescimento urbano nas áreas costeiras e reduzir a sua densidade
	Reforçar o sistema dunar
	Consolidar as arribas
	Interditar ações de alteração na dinâmica costeira
	Interditar a construção de estruturas fixas nas margens do mar
	Reforçar infraestruturas portuárias
	Demolir as construções clandestinas nas zonas costeiras
	Proteger a costa com estruturas de defesa costeira
	Reforçar ou alimentar de modo artificial a costa com materiais costeiros
	Aperfeiçoamento da capacidade de modelação numérica de modo a atingir projeções mais próximas do comportamento da linha costeira
Drenagens	Implementar soluções alternativas de armazenamento das águas pluviais
	Armazenar água nos aquíferos
	Instalar reservatórios para captação das águas das chuvas
	Criar bacias de retenção naturais e artificiais
	Reforçar e alargar as bacias para melhorar circulação de água
Bacias de retenção	Melhorar o sistema de drenagem de águas pluviais
	Estudo hidrológico, hidráulico e hidrogeológico
	Caracterização dos meios recetores e redes de drenagem
Bacias hidrográficas	Identificar os possíveis locais de implementação das bacias
	Melhorar o ordenamento do território e proteção civil nomeadamente à ocupação da população perto das redes hidrográficas
	Aumentar as larguras das bacias
	Dimensionar consoante o fator de precipitação
	Criação de zonas com cobertura vegetal para que a água se infiltre e previna de riscos de cheias
	Criação de novos projetos de barragens
	Criação de projetos de diques
Criação de projetos de canais de derivação	

Tabela 16 - Propostas de alterações na área de Hidráulica na fase de obra

<b>Tipo</b>	<b>Propostas</b>
Zonas Costeiras	Planos de segurança atualizados e ativos
Bacias de retenção	Fiscalização mais frequente
Bacias hidrográficas	Equipamentos adequados às construções perto da água
	Evitar trabalhos perigosos em dias com chuvas mais intensas ou ventos fortes

O crescimento global nas zonas urbanas é cada vez mais frequente, o que engloba um melhoramento geral a nível dos sistemas de águas e esgotos. Os momentos de inundações devido às precipitações extremas são cada vez mais comuns e tendem a evoluir mais. Atualmente, em Portugal estão a mudar a canalização de várias áreas urbanas, devido à idade e à degradação. Estão a ocorrer novos problemas de inundações em Portugal, mas os trabalhos ainda estão a ser executados [108].

Deve-se melhorar toda a instalação de tubagens e sistemas de drenagem das águas pluviais, bem como, implementar novas soluções de armazenamentos dessas águas. É necessário instalar mais

reservatórios para captação das águas das chuvas, criar mais bacias de retenção, desenvolver mais aquíferos para armazenar as águas subterrâneas e aumentar espaços verdes nas áreas urbanas [108].

Tabela 17 - Propostas de alterações na área de Hidráulica na fase de manutenção

Tipo	Propostas
Zonas Costeiras	Manutenção e limpezas periódicas dos reforços costeiros
	Limpeza dos tubos obtendo um correto funcionamento
Drenagens	Manutenção eficiente dos sistemas de drenagem
	Desentupimento e limpeza dos sistemas de drenagem frequentemente
Bacias de retenção	A manutenção e monitorização tem de ser mais rígida quando há precipitações, mas deverá ser mantida em alerta frequentemente
	Recolhas frequentes dos corpos sólidos flutuantes
	Limpezas de eventuais dispositivos
	Proteções e tratamentos dos fundos, bermas e taludes
	Controlo da qualidade das águas armazenadas
	Verificação da quantidade de águas não pluviais
Bacias hidrográficas	Monitorização frequente
	Substituição dos equipamentos danificados

Contudo, para que todos os sistemas de drenagem tenham um funcionamento correto, é primordial a sua vistoria e manutenção e o desentupimento e limpeza dos sistemas de drenagem frequentemente, fará com que não haja acumulação de águas, sendo que quando ocorrer chuvas intensas ajudará a prevenir as inundações. Devido ao crescimento nas zonas urbanas e impermeabilização dos solos, acarretam-se profundas alterações no ciclo hidrológico natural, originando preocupações nos habitantes. Uma das soluções a adotar nos centros urbanos passam pelas bacias de retenção, sendo que numa primeira fase, deve-se fazer um estudo hidrológico, hidráulico e hidrogeológico, caracterizando os meios recetores e redes de drenagem. Também é necessário, identificar os possíveis locais de implementação das bacias e dimensionar consoante o fator de precipitação [109].

A manutenção de qualquer obra é fundamental para o desempenho ao longo do período de vida útil. A manutenção e monitorização têm de ser mais rígida quando há precipitações, mas deverá ser mantida em alerta frequentemente, pois carecem de recolhas frequentes dos corpos sólidos flutuantes, limpezas dos dispositivos, proteções e tratamentos dos fundos, bermas e taludes, controlo da qualidade das águas armazenadas e verificação da quantidade de águas não pluviais [109].

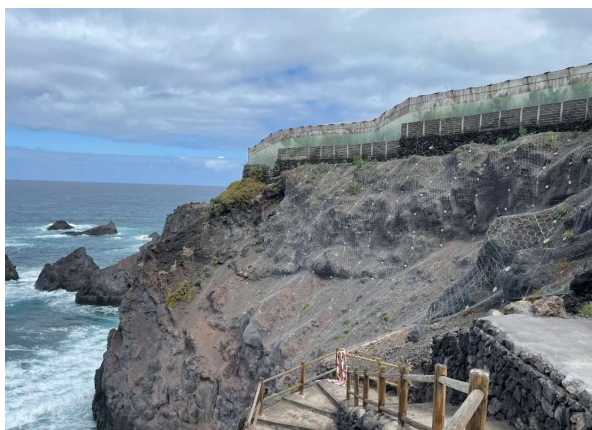


Figura 59 - Malha reforçada [110].

Há necessidade de melhorar o ordenamento do território e proteção civil nomeadamente à ocupação da população perto das redes hidrográficas. Deverá existir um afastamento significativo de construção, pois estas zonas estão em riscos mais elevados de cheias e inundações como pode-se ver na Figura 60 [111].

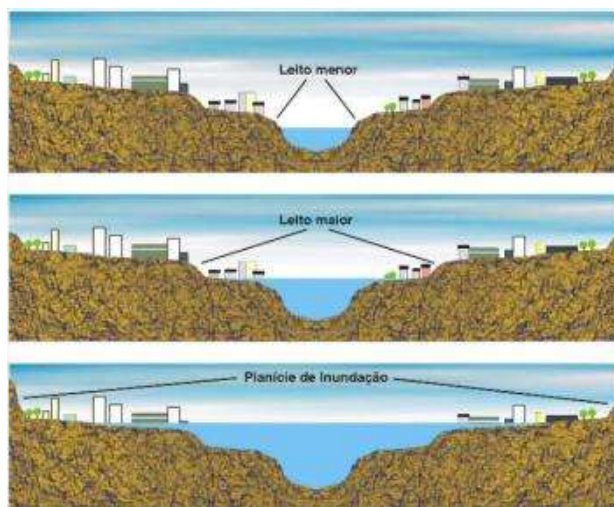


Figura 60 - Leito do rio [111].

Nos períodos de precipitação intensa e se as bacias forem pequenas, torna-se uma situação muito perigosa para as populações redundantes, pois possivelmente ocorrerão inundações rápidas, no qual a população não estará prevenida nem com tempo de reação. Para bacias maiores e com chuvas intensas e prolongadas, serão mais progressivas e subirão gradualmente de modo a alertar a população de evacuação. Posto isto, é essencial a desmobilização das habitações junto às redes hidrográficas, aumento das suas bacias e cobertura vegetal para que a água se infiltre e previna os riscos de cheias [111].

Existem os períodos de chuva, mas também existem os períodos de secas, sendo que as obras de engenharia civil que auxiliam a armazenar as águas vindas das precipitações para posteriormente serem utilizadas em épocas de seca são as barragens, os diques e os canais de derivação. As barragens para períodos de secas são muito importantes, pois irão contribuir e abastecer água potável/irrigação para campos agrícolas que estavam armazenadas devidos às chuvas e também para produzir energia. Os diques são barreiras criadas nos leitos dos rios para limitar o transbordo das águas e os canais de derivação são construções de ramificações que contribuem e controlam o escoamento dos leitos, permitindo a circulação por vários pontos e não estando só acumulados no mesmo leito [111]. Estas construções têm de ser monitorizadas frequentemente, bem como, os equipamentos assistentes, para que não hajam erros, pois os erros levam a problemas catastróficos.

#### 4.4 Construção

A área da construção engloba vários fatores, nomeadamente o estado dos materiais aquando dos vários agentes climáticos, sempre procurando aumentar a sua estabilidade contra as alterações

climáticas atuais. Considerando os principais condicionantes nos materiais de construção referidos na Secção 3.4, sendo esses, a água proveniente das chuvas e inundações, o calor devido às altas temperaturas e a velocidade do vento. Perante estas condicionantes seguem-se algumas propostas nas tabelas 18 à 20.

Tabela 18 - Propostas de alterações na área de Construção na fase de projeto

<b>Tipo</b>	<b>Propostas</b>
Cimento	Alteração de plantas fabris, de modo a haver captura do carbono emitido
	Utilização unicamente da via seca no processo de produção, exigindo menor alimentação do forno
	Reaproveitamento de resíduos industriais e agrícolas para alimentação do forno, em vez de usar combustíveis fósseis (coprocessamento)
	Diminuição da produção do cimento e substituição parcial por outros materiais
	Alteração da formulação do cimento para que sua produção liberte menor quantidade de CO <sub>2</sub> .
Cal	Substituição do cimento por cal, em argamassas e revestimentos
Proteção dos materiais	Utilizar betão, ladrilhos de cerâmica, isolamentos de espuma pois são mais resistentes à água
Betão	Lajes de betão são usadas para construir paredes e fachadas de edifícios, resistindo muito bem às inclemências do clima, mesmo em regiões mais problemáticas em termos de humidade e amplitude térmica.
Plástico reciclado	Apostar na reciclagem e reutilização
	Reduz a emissões de gases de efeito estufa
	Evita a sobrelocação de aterros sanitários
	Ajuda a acabar com a praga do plástico espalhado em terra e no mar.
Ferrock	Promete substituir o cimento e com características muito mais vantajosas
	É quase quimicamente inativo, o que o torna uma boa opção para construções em regiões marítimas.
Aço	Este material geralmente é resistente a mudanças de temperatura, exposição ao calor e vento
Reboco	Protegem elementos arquitetónicos e estruturais de intempéries, de altas temperaturas e de desgastes superficiais
	Bom isolamento acústico de paredes
Cortiça	Devemos aplicar cortiça, pois é bom isolamento térmico e acústico.
Coberturas e Janelas	Telhados e janelas mais resistentes ao vento
	Telhados capazes de refletir a radiação solar do edifício
	Dimensionamento das Janelas adaptado às alterações climáticas
Iluminação	Optar por estruturas mais envidraçadas
	Instalação de sistemas de iluminação que sejam preditivos e autónomos e que limitem os ajustes de modo a melhorar a eficiência energética
	Optar por vidro reforçado de fio de aço.
Térmica e Ventilação	Devido às elevadas temperaturas usar ventilação cruzada
	Na redução de incidência solar, utilizar o método de arrefecimento passivo de brises
	Optar por maior ventilação, como por exemplo ar condicionado no interior das casas para manter o ambiente mais acolhedor

Tal como referido na Subsecção 3.4.1, o cimento é um dos condicionantes mais prejudiciais para o aumento dos gases no efeito de estufa, para tal, há necessidade de diminuir as construções em betão, optando por outros materiais mais sustentáveis. O cimento é um material elementar para a construção, mas devido aos seus impactos ambientais devem-se procurar alternativas.

Tabela 19 - Propostas de alterações na área de Construção na fase de obra

<b>Tipo</b>	<b>Proposta</b>
Cal	A substituição do cimento por cal, requer mais tempo de cura (cerca de 90 dias)
	Não tem função estrutural, mas pode ser aplicada em argamassas de assentamento de tijolos e revestimento
Betão	A execução de laje de betão préformado a cura é adequada do material evitando rachaduras e falhas estruturais no betão, melhorando o desempenho energético do edifício e evitando eventuais demolições por defeito, que geram mais resíduos
	No betão armado a fiscalização deverá ter mais atenção ao tempo de cura do betão, não permitindo a sua desconfrangem antecipada
	Ter em atenção aos recobrimentos para que o aço não fique sobre a face causando problemas de corrosão
Plástico reciclado	Utilizar para revestimentos, imitações de madeira, estruturas, cercas, entre outras, ajudando a evitar o abate de árvores
	Com plástico reciclado podem produzir fibras, tubagens, telhas, janelas, etc.
Proteções nas obras	Utilização de andaimes bem resistentes em edifícios de vários pisos, protegendo os funcionários aquando de ventos fortes
	Acompanhamento periódico da fiscalização
	Certificados atualizados dos equipamentos
	Planos de segurança ativos e acompanhados pela qualidade da obra
	Colocação de guarda corpos nos pisos e entrada dos funcionários aquando fiscalização da qualidade
Gruas	Não utilizar as gruas quando a velocidade do vento é elevada
	Utilização de sapatas de gruas bem robustas para gruas de elevada altitude

Tabela 20 - Propostas de alterações na área de Construção na fase de manutenção

<b>Tipo</b>	<b>Proposta</b>
Aço	Necessitam de revestimento anti corrosão para manter os componentes propensos à ferrugem livres de corrosão.
	Sempre que possível, o metal deve estar seco para evitar que a água se estanque e cause deterioração.
Reboco	Manutenção da argamassa aplicada

Uma alternativa à substituição do cimento será a cal, sendo que este material é mais barato, tem maior resistência à humidade e maior elasticidade, diminuindo assim a probabilidade de ocorrência de rachaduras apesar de não ter função estrutural, poderá ser utilizado em aplicação de argamassas, de assentamento de tijolos e revestimentos. A desvantagem em relação cimento é que requer maior tempo de presa [113]. Outra alternativa à substituição do cimento é o FerroRock, sendo constituído por 95% de materiais reciclados, tais como, poeira de aço e sílica do vidro moído. Além de ajudar a capturar os gases de efeito de estufa também ajuda a reduzir a poluição. Este material transforma-se numa rocha quando o pó do aço reage com o CO<sub>2</sub>, produzindo assim carbonato de ferro. É um material mais resistente que o cimento e suporta mais compressão causada pela atividade sísmica, sendo quase quimicamente inativo e uma boa opção para construções marítimas [114].

O betão é utilizado normalmente em fachadas, paredes e lajes de edifícios, sendo resistentes, aos vários climas, mas devido às alterações climáticas, poderá não ter um bom controle de cura, podendo surgir problemas futuros, tais como rachaduras e falhas estruturais. Uma proposta a este material passa por lajes de betão préformadas, que são fabricadas e construídas numa fábrica e enviadas para a obra, visto que têm maior controle na cura adequada do material e exigem menos consumo de energia na

produção e montagem, sendo que tornam-se mais sustentáveis e com melhoramento energético do edifício [114].

O material do futuro, como substituição a materiais tradicionais, serão os plásticos reciclados, pois trazem vários benefícios, tais como: redução das emissões de gases do efeito de estufa; precaver a sobrelotação de aterros sanitários, protege o mar e a terra contra plásticos espalhados e evita o abate de árvores. Este material pode ser usado para revestimentos, fibras, tubagens, telhas, janelas, entre outras [114].

Quanto ao aço, este material é muito versátil, duradouro e resistente às mudanças de temperatura, calor e vento. Porém, a água não é um bom aliado, sendo necessário um revestimento de anti corrosão, de modo a proteger contra a ferrugem livres de corrosão. O aço é 100% reutilizável pois é um material que pode ser reutilizado, evitando mais minerações e impactos ambientais e não perde as suas características em relação à sua primeira produção [114].

Quanto ao reboco um revestimento de argamassa composto por cimento ou cal e areia, aplicado em paredes e tetos dos edifícios, tem por objetivo proteger os elementos de temperaturas altíssimas e dos desgastes superficiais que ocorrem devido às alterações climáticas, contribuindo com o isolamento acústico.

Deve-se utilizar a cortiça por baixo dos pavimentos, pois é resiliente, flexível e um bom isolante sonoro. É um material um pouco dispendioso, no entanto, é uma excelente opção no combate ao calor e a água (não apodrecendo com facilidade) e não liberta gases tóxicos durante a sua combustão [114].

Deve-se optar por estruturas de metal nas coberturas, pois são mais resistentes a impactos, tais como, o granizo ou os telhados refletores de radiação solar, pois evitam os materiais de sobreaquecimento.

No caso de uma melhor iluminação natural e maior resistência a nível do calor, o vidro reforçado de fio de aço é uma boa solução. De modo a combater os problemas com água devem-se optar por betão, ladrilhos de cerâmica, isolamentos de espuma e verniz impermeável no exterior dos edifícios protegendo assim o interior.

Devido às temperaturas atuais, deve-se optar por uma melhor ventilação, até mesmo ar condicionado nas edificações, bem como arrefecimento passivo.

Quanto às proteções na execução das obras, recomenda-se a utilização de andaimes com boa resistência aos ventos, de modo a não colocar em perigo os operários, bem como, colocação de guarda corpos nos pisos. Os planos de qualidade e segurança sempre actualizados e acompanhamento periódico da fiscalização.

As gruas são muito importantes numa obra, contudo quando há ventos fortes podem condicionar o funcionamento da obra e até mesmo colocar os operários em perigo. Deve-se optar por sapatas de grua robustas.

## 4.5 Estruturas

No que concerne às estruturas, os impactos anteriormente referidos na secção 3.5 a ter mais em conta é a resistência, que é comprometida devido a ventos fortes ou calor excessivo, e para tal precisa-se acautelar com as seguintes propostas das tabelas 21 à 23.

Tabela 21 - Propostas de alterações na área de Estruturas na fase de projeto

<b>Tipo</b>	<b>Propostas</b>
Estufas agrícolas	Optar por estufas de policarbonato sempre que possível
	Criar bases de fundação mais profundas e robustas criando maior resistência ao vento
Pontes	Para locais propícios a chuvas torrenciais, as fundações têm de ser reforçadas pois tornam-se mais vulneráveis a alterações nos caudais dos rios
	Construção de obras de proteção do leito contra fenómenos de erosão junto dos pilares
	Impedir intervenções que conduzam à destruição do equilíbrio dinâmico dos rios
Edifícios	Em alturas de ventos de velocidades extremas não permitir circulação nas pontes
	Utilização de pré-fabricação de fachadas em alumínio ou betão, pois tornam as fachadas mais resistentes as alterações climáticas
	Evitar revestimentos cerâmicos, principalmente em edifícios altos
Estruturas metálicas	Bons acessos para fins de evacuação e de manutenção dos equipamentos
	Utilização de coberturas metálicas para construções mais resistentes para vento e precipitações elevadas
	Maior resistência à corrosão
	Estrutura com melhor assertividade no dimensionamento e maior durabilidade
	Maior proteção contra humidade

Tabela 22 - Propostas de alterações na área de Estruturas na fase de obra

<b>Tipo</b>	<b>Propostas</b>
Estufas agrícolas	Para tornar a estufa ainda mais resistente aos ventos fortes é necessário uma fundação sustentável em betão juntamente com barras de aço verticais profundas
Pontes	Utilização de materiais resistentes às condições atmosféricas atuais
	Aquando de fundações das pontes em rios, ter em atenção à meteorologia e evitar os trabalhos em dias de precipitação elevadas
	Proteções com arnês e guarda corpos na execução dos tabuleiros, pois estão a alturas elevadas e os ventos podem tornar-se mais agressivos
Edifícios	Prevenção na queda dos equipamentos, pois a sua eventual queda colocará em risco população em seu retorno
	Planos de segurança e fiscalização atualizados e seguidos de forma segura e eficaz
Estruturas metálicas	Execução acessível e rápida
	Estrutura leve com zero desperdícios
	Limpar as calhas regularmente

As estufas são estruturas fundamentais para os agricultores, de forma a termos produtos de qualidade ao longo do ano inteiro, independente das alterações climáticas. As estufas têm de ser constituídas por estruturas que protejam os produtos agrícolas das condições adversas, como ventos fortes, granizo e neve. Para um bom cultivo, é necessário ter vários fatores em consideração, como o espaço, as condições atmosféricas do local de modo a saber se a área em questão recebe a luz solar suficiente e adequada e avaliar as alterações climáticas extremas que poderão acontecer. Há necessidade de estruturas mais resistentes e robustas nos locais propícios a ventos fortes, granizo e

neve, tais como, estufas com estruturas em aço e em policarbonato. As estufas com estrutura em policarbonato são constituídas por estruturas de alumínio robustas que não enferrujam e painéis de plástico de bicarbonato, oferecendo maior durabilidade e resistência a impactos adversos [115].

Tabela 23 - Propostas de alterações na área de Estruturas na fase de manutenção

<b>Tipo</b>	<b>Propostas</b>
Estufas agrícolas	A manutenção regular da sua estação meteorológica
	Limpar a estação regularmente,
	Calibrar os sensores frequentemente
	Verifique as conexões e instalar adequadamente de modo a proteger contra intempéries
	Armazene-a corretamente e monitore as leituras regularmente
Pontes	Inspecções periódicas das pontes e subaquáticas das fundações
	Analisar e proteger em locais seguros os dados registados das inspecções feita por técnicos
	Realizar um plano de monitorização das pontes
Edifícios	Manutenção dos equipamentos e materiais danificados
Estruturas metálicas	Manutenção preventiva recorrente, de modo a garantir um bom funcionamento

Na fase de obra de qualquer estufa, deverá se optar por fundações mais robustas que aguentem as estruturas de condições extremas e para um bom funcionamento prolongado, há necessidade de manutenção regular, de modo a fornecer as leituras precisas da estação meteorológica sobre as condições climáticas.

Há necessidade de tornar as pontes resilientes face às mudanças climáticas, reforçando as fundações devido às chuvas intensas. Quando os rios aumentam os caudais provocam erosão do leito, causando estabilidade nas fundações. Outro agente que causa enorme impacto nas pontes são as temperaturas altas, pois na fase de projeto deve-se fazer uma verificação ao estado limite. Nos casos de já existir a construção, um modo de reforçar a estrutura para ondas de calor excessivas sugere-se o reforço com alumínio, pois este material é um ótimo condutor de calor e dissipa-se bem [2].

Na fase de manutenção das pontes são necessárias inspecções periódicas registadas e inspecções subaquáticas frequentes, analisando o estado dos pilares devido à erosão, realizar um plano de monitorização das pontes a ser seguido e analisado com maior frequência [116].

Na construção de edifícios deve-se utilizar materiais de fachadas resistentes, tais como, alumínio e betão armado evitando revestimentos cerâmicos. Na execução da obra, ter em conta os planos de segurança e fiscalização, bem como, proteção dos materiais principalmente na execução de edifícios altos, pois a queda de qualquer material poderá ser fatal. Porém, será necessária uma manutenção periódica dos equipamentos e estrutura para o seu bom funcionamento.

Quanto às estruturas metálicas, são bem resistentes às alterações climáticas como precipitações intensas, evitando que a água penetre e crie problemas na estrutura. É um material leve e duradouro que requer uma manutenção preventiva recorrente ou pelo menos a cada 10 anos, de modo a garantir que o material não fica enfraquecido principalmente em ocasiões de precipitações extremas.

## 4.6 Vias de Comunicação

Os maiores impactos ambientais que mais condicionam o bom funcionamento das vias de comunicação rodoviárias e ferroviárias referidas na secção 3.6, devem-se ao aumento da temperatura, aumento do número de ondas de calor, aumento da precipitação intensa e aumento do nível médio da água do mar. De modo a proceder-se no combate ou prevenção destes impactos seguem-se as tabelas 24 à 26 com algumas propostas referentes à fase de projeto, obra e manutenção.

Tabela 24 - Propostas de alterações na área de Vias de Comunicação na fase de projeto

<b>Tipo</b>	<b>Propostas</b>
Aeroportos	Reforçar os pisos aeroportuários para materiais mais resistentes ao calor
Estradas	Construir aterros rodoviários usando pedras grandes com vãos consideráveis entre elas. As brechas atuam como poros, permitindo que o calor escape para a superfície.
	Uso de materiais de construção rodoviários de cores claras e a proteção do aterro sob um galpão de madeira, também podem mitigar os efeitos do aquecimento.
	Camadas de rocha porosa e dutos de ventilação permitem que o ar leve o calor de debaixo da estrada para a superfície, resfriando o solo
	Construir bermas para o aumento da carga junto dos aterros
	Criação de projetos de drenagem profunda nas zonas que o nível freático se avizinha da zona de instabilidade do talude para a criação de estradas
	Ter em atenção o impacto na natureza com as construções de estradas
Linhas férreas	Ter em atenção as construções de plataformas ferroviárias junto aos taludes pois devido às vibrações artificiais poderão colapsar
	Ter em atenção o impacto na natureza com as construções de linhas férreas
	Para locais com previsões de calor excessivos, pintar de cor branca os trilhos ferroviários de modo a não absorver o calor evitando dilatação do ferro

Tabela 25 - Propostas de alterações na área de Vias de Comunicação na fase de obra

<b>Tipo</b>	<b>Propostas</b>
Estradas	Limpeza constante das vias
	Limpeza das zonas de escoamento
	Planos de segurança no trabalho sempre atualizado e seguido à risca
	Estar em alerta nos dias de maiores acontecimentos climáticos
	Deverá existir um plano de segurança e proteção para quando fazem as escavações não haver nenhum desastre tanto a nível de deslizamentos como também dos trabalhadores
	Plano de execução e fiscalização pormenorizado
Linhas férreas	Manutenções e limpezas das linhas férreas
	Limpeza das áreas redundantes da linha
	Aquando de tempestades, fazer inspeções e verificações das linhas

Tabela 26 - Propostas de alterações na área de Vias de Comunicação na fase de manutenção

<b>Tipo</b>	<b>Propostas</b>
Estradas	Limpeza constante das vias
	Limpeza das zonas de escoamento
	Estar em alerta nos dias de maiores acontecimentos climáticos
	Colocar pavimentos novos aquando necessário
Linhas férreas	Manutenções e limpezas das linhas férreas
	Limpeza das áreas redundantes da linha
	Aquando de tempestades, fazer inspeções e verificações das linhas

As Vias de Comunicação são muito importantes para a humanidade e para o desenvolvimento da sociedade, e para que tudo continue com um bom funcionamento, é necessário se adaptar às alterações climáticas.

Os impactos mais condicionantes em estradas estão a ser as temperaturas demasiado altas, para as quais muitas infraestruturas não estavam preparadas. Algumas zonas do mundo, este fenómeno acaba por danificar ou deformar algumas estradas, e para tal deve-se analisar e executar novas medidas de adaptação, usando fundações mais robustas ou melhorando a ventilação, tais como, apresentadas na fase de projeto, obra e manutenção. Para além dos problemas causados pelas condições climáticas há carência de limpezas constantes das estradas, principalmente as adufas e valetas que ajudam na drenagem dos pavimentos, estando desimpedidas, trabalharão de maneira correta aquando de chuvas torrenciais [117].

Quanto às linhas ferroviárias, deve-se optar por pintar de cor branca os trilhos que estão expostos ao calor extremo, de modo a evitar a dilatação do ferro, monitorizar as linhas e inspecionar os materiais frequentemente. Quanto à sua construção, deve-se ter em conta os locais no qual serão executados, pois quando passam os comboios, cria uma vibração constante que poderá colapsar ou prejudicar taludes adjacentes.

#### 4.7 Planeamento Urbano

Consoante os impactos identificados na Secção 3.7, seguem as propostas referidas nas tabelas 27 à 29 para a área do Planeamento Urbano. Tendo em conta as alterações climáticas mais condicionantes, tais como, as precipitações excessivas, os ventos fortes e as temperaturas altas que afetam e prejudicam as áreas urbanas.

Deve ser evitado a construção junto à linha da costa, já referidos na secção 4.3.

Tabela 27 - Propostas de alterações na área de Planeamento Urbano na fase de projeto

<b>Tipo</b>	<b>Propostas</b>
Urbanização	Reservar áreas da cidade para utilização de transportes públicos, peões e ciclistas
	Criar mais ciclovias na cidade
	Reduzir o acesso de automóveis particulares no centro da cidade
	Promover utilização de transportes públicos
Vegetação	Construções com maiores afastamentos entre edificações urbanas
	Criação de parques e lugares de lazer
	Aumentar áreas de espaços verdes nas zonas urbanas
	Desenvolver mais projetos de habitações com telhados ecológicos
Espaços marítimos	Aumentar o número de árvores na cidade
Bacias de retenção	Não permitir construções junto à linha da costa
	Construções mais afastadas das linhas de água
Ordenamento do território	Criação de mais bacias de retenção
	Construção de valas de drenagem para passagem de águas pluviais
	Criação de tanques de armazenamentos de água
	Reforçar os planos de ordenamentos dos territórios

Tabela 28 - Propostas de alterações na área de Planejamento Urbano na fase de obra

<b>Tipo</b>	<b>Propostas</b>
Urbanização	Utilizar as proteções adequadas para os trabalhos
	Seguir o plano de execução, segurança e saúde no trabalho
	Criar medidas de proteção contra externos

Tabela 29 - Propostas de alterações na área de Planejamento Urbano na fase de manutenção

<b>Tipo</b>	<b>Propostas</b>
Urbanização	Limpeza frequente das zonas urbanas
	Substituição regular de equipamentos avariados
Vegetação	Monitorização e limpeza regular dos espaços verdes
	Manter a vegetação de forma saudável e bonita
Bacias de retenção	Limpeza e fiscalizações perto dos rios e ribeiras
	Manutenção frequente dos sistemas de drenagem das bacias

O ambiente urbanístico tornar-se-á mais agradável e habitável. Devem ser criados mais espaços verdes e a menor circulação de veículos poluidores, promovendo somente transportes coletivos, ciclistas, peões e algumas exceções de transportes para comércio.

# Capítulo 5

## CONTRIBUTOS DA ENGENHARIA CIVIL PARA MITIGAR E ADAPTAR AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

### 5.1 Introdução

A Engenharia Civil pode contribuir muito em propostas de melhoria no combate às alterações climáticas. Referido anteriormente na seção 2.6, as ações de mitigação e de adaptação, têm o mesmo objetivo mas com desafios distintos. A mitigação converge no combate ao aquecimento global devido às emissões de gases emitidos para a atmosfera enquanto a adaptação converge em soluções de reajustamento das populações de maneira a combater as alterações climáticas.

No capítulo anterior foram referidas propostas de alterações para cada atividade de Engenharia Civil agrupadas nas fases de projeto, obra e manutenção. Neste capítulo serão identificadas e apresentados contributos das atividades de Engenharia Civil de modo a mitigar e adaptar às alterações climáticas.

### 5.2 Geotecnia

Nas últimas quatro décadas a geotecnia teve um enorme desenvolvimento na execução de obras nos centros urbanos, ocorreram mais desafios em termos de planeamento, projeto e construção bem como mais preocupação nas escavações e contenções nos edifícios confinantes. Assim sendo, reuniram mais conhecimentos e evoluíram para novos equipamentos e tecnologias.

A instabilização de taludes e movimentos de segmentos rochosos são fenómenos muito destrutivos, o que requer mais estudos e prevenção. A modelação numérica de engenharia permite prever as áreas de impacto com o tipo de movimento do fluxo. Nestes casos existem muitas variações, e muitos estudos a nível de projeto civil. A resposta mais imediata para estes tipos de desastre inclui a reconstrução e restauração da infraestrutura. Para estabilizar as encostas são necessárias intervenções e ações. Primeiramente identificar o problema que está a afetar a encosta e posteriormente determinar a técnica de melhor eficácia.

Segue a Tabela 30 com as ações de adaptação na área de geotecnia.

O túnel representado na Figura 61, mostra uma combinação de várias técnicas de adaptação que poderão ser aplicadas numa estabilização de um talude rochoso, contendo muros de contenção de betão maciço, paredes de gabião, cercas de seleção, tratamento de pedregulhos e pilares.

Tabela 30 - Ações de adaptação geotécnicas

<b>Reforços de Taludes</b>	Cabo, Malha, Cerca e Cortinas de Rocha
	Muros de Contenção
	Galpões/Abrigos contra Rochas
	Rebordo Reforçado contra Rochas
	Betão Projetado
	Âncoras, parafusos e buchas
<b>Escavação de Rochas</b>	Terraços
	Remoção de terra do topo de um deslizamento
	Redução da altura do talude
	Enchimento com material leve
	Achatamentos ou redução do ângulo de inclinação
<b>Reforço de Declives</b>	Reforço com geotêxtil
	Contrafortes de Rochas
<b>Técnicas de Drenagem</b>	Nivelamento local
	Valas e drenos
	Tubulação para drenagem
	Grades de Madeira
	Muro de caixa de aço
	Muro de Terra armada
	Muros de gabiões
<b>Uso de vegetação</b>	



Figura 61 - Túnel de Pen-y-Clip, Norte do País de Gales, Reino Unido [118]

Na ilha da Madeira uma das várias intervenções à estabilização dos taludes situada no Curral das Freiras, passa por malha reforçada juntamente com betão projetado e tubulações de drenagem, Figura 62.

Os sistemas de malha reforçada (Figura 63) são compostos por uma malha de tripla torção em aço, também podendo ser revestida em PVC, utilizada na proteção de taludes de estradas, linhas férreas, zonas costeiras e locais onde há deslizamento de pedras [110].

Uma das técnicas de reforço de taludes utilizadas nas circulações rodoviárias da Madeira, são os túneis abertos, Figura 64. A laje superior está projetada para absorver os impactos resultantes da queda de rocha.

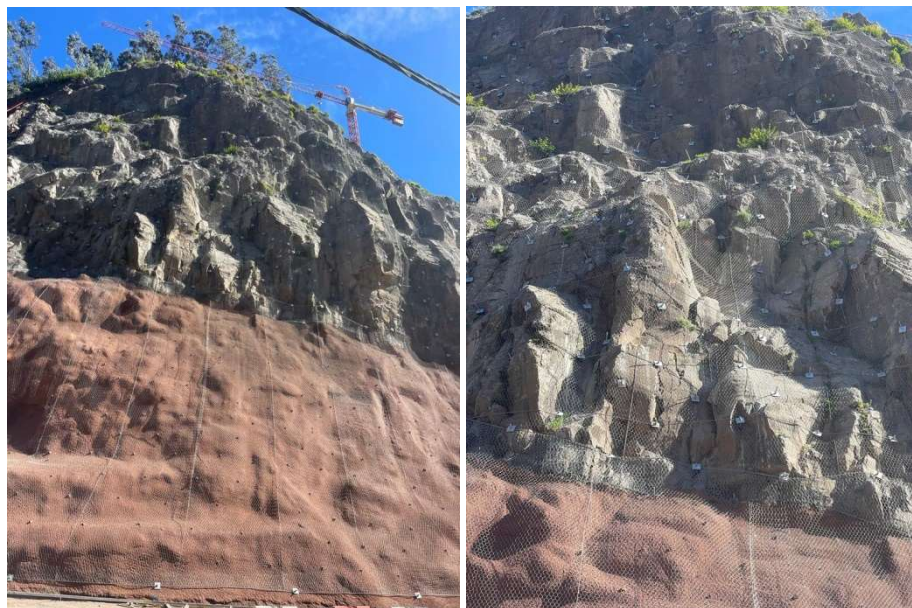


Figura 62 - Talude Rochoso, Curral das Freiras, Ilha da Madeira (foto de minha autoria)

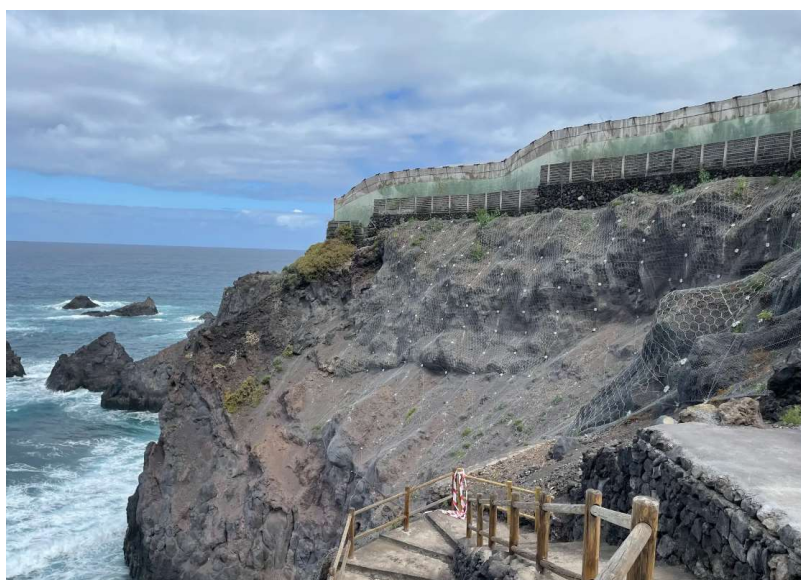


Figura 63 - Malha reforçada [110].



Figura 64 - Túnel aberto, Funchal, Ilha da Madeira [119]

A Figura 65 representa um perfil transversal de uma contenção com ancoragens e pregagens definitivas, sendo revestidas com betão projetado formando tufos bem compactados.



Figura 65 - Contenção com ancoragens e pregagens definitivas, Hotel Savoy Royal, Funchal, 1990

Uma das técnicas de estabilização de encostas de terras são os terraços, que consistem em dividir um talude de declive elevado em vários mais pequenos, formando degraus, Figura 66. Esta solução para além de interromper a queda, também diminui a influência da força e escoamento da água no solo, reduzindo a erosão superficial. Para cada terraço é recomendado uma largura mínima de 4 metros com valas de drenagem de modo a desviar a água para longe da encosta [120].



Figura 66 - Exemplo de terraços [121].

Em solos profundos, onde poderão ocorrer escorregamentos rotacionais, devem remover a terra do topo, de modo a melhorar a estabilidade, reduzindo a força motriz.

Outro método será reduzir a altura do talude, o que proporciona uma redução da força motriz no plano de ruptura e no peso da massa do solo. Usando este método, reduzimos o solo com enchimento de material leve do tipo de serragem ou madeira, sendo coberto com uma camada fina de agregados graúdos, Figura 67. Atualmente, a engenharia civil opta por maior uso de pneus reciclados, devido ao elevado índice de permeabilidade, sendo mais utilizado como preenchimento leve sobre taludes de pontes e reforços de contenção [120].

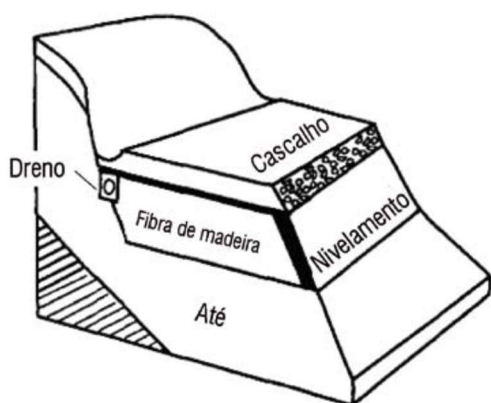


Figura 67 - Modelo esquemático e exemplo de enchimento com material leve [120].

Quando os taludes são de elevada inclinação, a melhor solução é o achatamento ou a redução do ângulo de inclinação reduzindo o peso de material e a erosão.

Os declives, poderão ser reforçados com geotêxtil, contrafortes de rochas ou barragens reguladoras. Um dos reforços mais utilizado com geotêxtil é o polímero plástico esticado, formando uma grade de alta resistência à tração, que consiste na estabilização das encostas de terrenos flexíveis, aumentando a capacidade de carga do subsolo e reduzindo a quantidade de lastro. Os contrafortes de rochas, consistem em usar rochas partidas ou enrocamento na base do declive, aumentando a resistência de atrito às forças de corte [120].

As águas no solo são dos fatores mais condicionantes para a instabilização de um talude. Para haver um melhoramento neste sentido, tendo em conta as precipitações extremas é necessária uma drenagem eficaz. O nivelamento do local implica que sejam eliminadas as poças, de modo a atenuar um possível deslizamento [120].

As inclinações dos taludes e processos construtivos deveram ser compatíveis com as características dos terrenos, variações dos níveis freáticos e condições de humidade dos solos. Para os taludes em estradas, uma melhor prevenção são a fixação de tubulações para drenagem no solo, Figura 68. Este método consiste em escoar a água do solo através de tubos de PVC. Em solos argilosos este método apresenta melhoras de 50% ao longo do primeiro ano, pois os lençóis freáticos são reduzidos, já nos solos arenosos, registam-se uma redução do lençol freático em poucos meses.



Figura 68 - Tubulações para drenagem (foto de minha autoria)

Uma alternativa ao betão em locais mais pequenos é a solução com grades de madeira, Figura 69. As grades de madeira têm que ter um volume entre 10% e 15% do volume do solo.



Figura 69 - Exemplo de Grades de Madeira [120].

Outro exemplo de estabilidade de uma parede é o muro de caixa de aço, Figura 70. Esta parede é constituída por aço corrugado galvanizado aparafusado, formando uma caixa.



Figura 70 - Muros de Caixa de Aço [120].

De modo a reforçar maciços aumentando a segurança, temos duas soluções muito utilizadas que são o betão projetado e a terra armada. O betão projetado cria uma melhor segurança no talude bem como um melhoramento do solo, Figura 71 [104]. A terra armada é mais usual em obras rodoviárias e

ferroviárias, constituída por tiras ou barras metálicas, responsáveis por uma melhor resistência de aterro e de esforços de tração no solo, Figura 72 [104].



Figura 71 - Grampeamento do Solo [104].



Figura 72 - Terra Armada [104].

Tendo em conta os climas extremos da atualidade e variações repentinas poderá mais facilmente ocorrer colapsos ou deslizamentos. Um dos métodos mais adotados para a prevenção destes fenómenos, são os muros de gabiões representado na Figura 73. Estes muros são flexíveis, seguros, económicos, antissísmicos, mais eficientes e mais drenantes, sendo constituídos por uma rede de malha hexagonal de tripla torção ou com rede em malha electrosoldada. Os gabiões são cheios de pedra não friável ou de outro material com peso específico e adequado à obra. Devido à composição dos materiais, podemos prever que este método requerer uma manutenção mais frequente, ou seja, com o aumento do vento, chuvas intensas e temperaturas mais elevadas o metal irá degradar-se mais rapidamente o que necessitará de intervenção mais periódica.



Figura 73 - Muros de gabião [122].

Preservação da vegetação, plantações de vegetações com raízes mais longas (pois sustentam a terra), não deixar lixo de entulho, não fazer roturas nos solos e facilitando que as águas caminhem fluentemente entre os terrenos, são contributos que ajudam na mitigação das alterações climáticas [123].

### 5.3 Hidráulica

A Hidráulica é responsável pelos projetos de reforços costeiros, sistemas de águas e esgotos, sistemas de irrigação, obras fluviais e aproveitamentos hidráulicos. De modo a atenuar os problemas que ocorrem, devem-se fazer mais obras de adaptação com o fim de não causar tantos prejuízos como atualmente se presencia, e para tal temos os exemplos seguintes da Tabela 31.

Tabela 31 - Ações de adaptação hidráulicos

<b>Reforços Costeiros</b>	Obras Longitudinais aderentes
	Obras Longitudinais não aderentes
	Obras Transversais
<b>Sistemas de águas e Esgotos</b>	Drenagem Unitário
	Drenagem Separativo
	Tratamento de Águas
<b>Sistemas de Irrigação</b>	Superfície
	Aspersão
	Localizada
	Subirrigação
<b>Obras Fluviais</b>	Barragens
	Diques
	Açudes
<b>Obras Pluviais</b>	Bacias de retenção

Os problemas costeiros são cada vez mais comuns e devem-se a vários fatores tais como ocupação e intervenção humana junto à costa, erros de ordenamento costeiros e extração de areia dos rios para construções. As zonas costeiras requerem mais atenção devido aos ventos persistentes e às ondas que embatem na costa, desgastando-as.

As obras de construção costeira podem ser de diversos tipos, sendo obras longitudinais aderentes, obras longitudinais não aderentes e obras transversais. Nas obras longitudinais aderentes a solução passa por enrocamentos, paredões e intervenções artificiais com areias, nas não aderentes são os quebra-mares destacados. Nas obras transversais utilizam os molhes portuários e esporões.

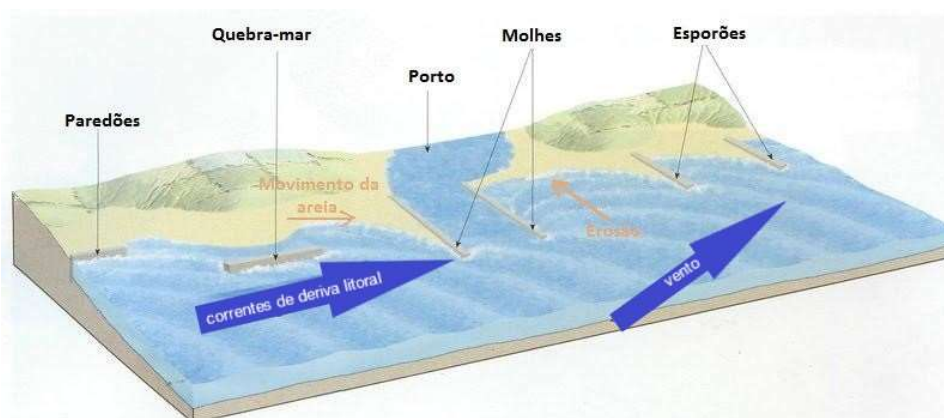


Figura 74 - Esquema ilustrativo de obras de reforço costeiro [124].

Os enrocamentos e paredões são construções em zonas de erosão e têm objetivo proteger a zona costeira temporariamente, o que implica a diminuição da área de praia e destruição de habitats ribeirinhos ilustrados na Figura 75.



Figura 75 - Reforços costeiro, enrocamento e paredões.

As Figura 76 ilustram o reforço das praias de modo artificial com areias. A areia é transferida para os fundos adjacentes, acumulando sedimentos e formando um banco submerso, ajudando à dissipação da energia da agitação marítima [125].

A Figura 77, mostra-nos a execução dos sistemas de confinamento de areias em materiais de geossintético, que consiste na instalação de um sistema de confinamento de areias no núcleo dunar e posteriormente é coberto com areia. Além deste sistema é aplicada uma tela de proteção contra erosões e uma proteção mecânica aos sistemas [126].

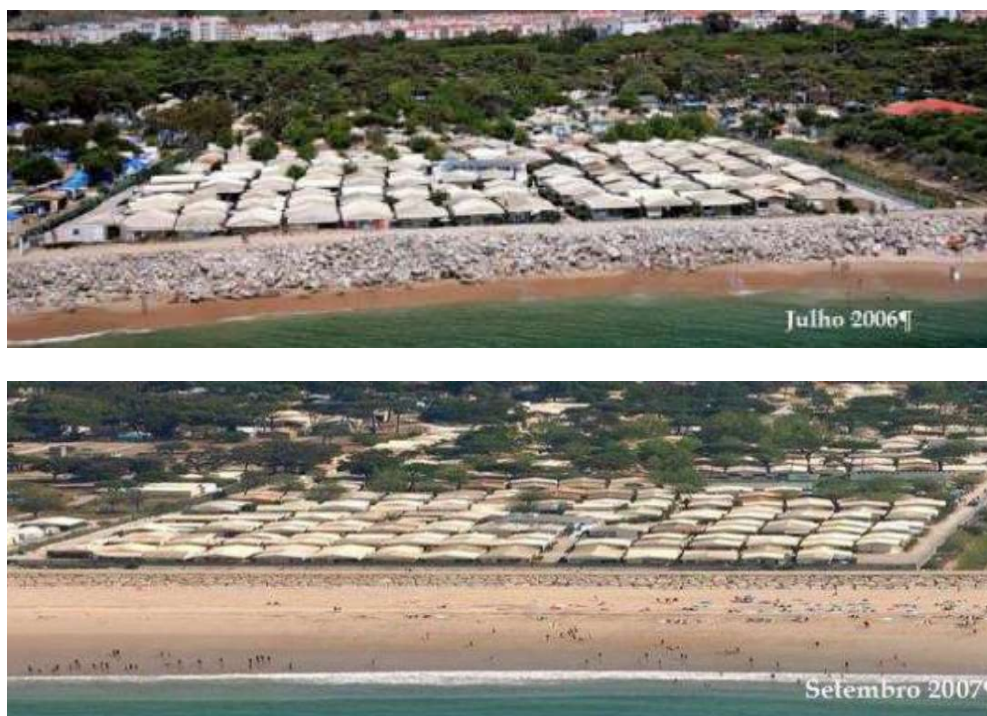


Figura 76 - Situação na zona do parque de campismo na Costa da Caparica, antes e depois das intervenções de alimentação artificial com areia [125].

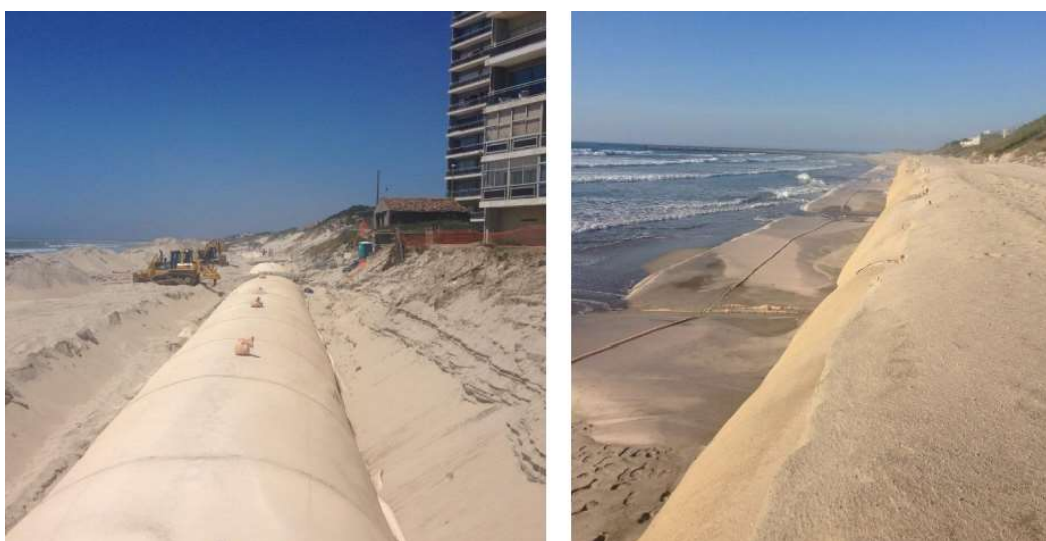


Figura 77 - Aspectos do sistema de reforço dunar na praia de Ofir durante (junho de 2015) e após a construção (novembro de 2015) [126].

O próximo caso apresentado na Figura 78, destina-se a um reforço dunar na praia de Estela. A intervenção ocorreu em 1999, que consistiu em uma ripagem de areias entre a praia e a duna, com consolidação dos depósitos de areia com paliçadas. Após as tempestades de 2000/2001, a empreitada foi completamente destruída. A solução adotada em 2001/2002, foi a colocação de big-bags cheios de areia ao longo do talude da duna. Esta solução desde então tem sido a utilizada e requer manutenção constante visto que são reforçados os big-bags várias vezes por ano, consoante os estados temporais [126].

Concluimos que com estas duas situações, as principais desvantagens associadas são a durabilidade, vulnerabilidade e longevidade dos materiais aquando condições extremas.



Figura 78 - Reforço dunar com big-bags [126].

Quanto à erosão, uma das soluções atuais são os quebramares destacados, que podem ser emersos ou submersos, sendo utilizados em várias localidades do mundo com vários níveis de sucesso. Os quebramares destacados emerso e submerso têm como objetivo proteger a linha da costa, estabilizar as áreas de praia e promover o desenvolvimento económico. São construídos em enrocamentos, blocos de betão pré-fabricados, geotêxteis ou materiais de ocasião de coroamento amplo ou justo.

A Figura 79, reporta um exemplo de quebramar emerso no Reino Unido, Elmer e um exemplo de um quebramar destacado submerso na Austrália, Narrowneck [127].

Os fenómenos naturais costeiros são mais frequentes sendo observados como uma ameaça. O planeamento e ordenamento do território ao admitir a construção de território perto das zonas costeiras e com praias baixas e arenosas, tornam-se vulneráveis e com problemas de intensidade crescente. Com este desenvolvimento atual dos problemas costeiros a engenharia implementa novas soluções de proteção litoral tendo em atenção a economia, ambiente e segurança das pessoas. Este sistema é recente em Portugal e é conhecido como sistema de confinamento de areias em materiais geossintéticos nas obras de proteção costeira. Este sistema tem como objetivo o reforço do sistema dunar, proteção da linha da costa, das pessoas, dos bens e salvaguardar os ecossistemas naturais [126].



Figura 79 - Quebramar destacado emerso (esquerda) e submerso (direita) [127].

Nas obras de construção costeira transversais, tem-se a execução de molhes portuários e esporões. Estas construções ajudam a manter as áreas das praias, reduzem os sedimentos fluviais,

promovem atividades costeiras de recreação e expansão urbana. O esporão transversal da Figura 80, serviu de proteção da frente lunar devido a uma expansão urbana originando um efeito destrutivo da praia. O esporão origina corrente de fundo o qual proporciona uma agitação marítima transformando-se em fluxo de arrastamento de sedimentos para o litoral [128].



Figura 80 - Esporão transversal, Costa de Lavos [128].

Os molhes portuários, têm como objetivo criar uma barreira dos sedimentos litorais, originando uma acumulação de areias e recuo da linha da costa. Com base na Figura 81, analisamos que esta construção funciona como refração e difração das ondas originando concentração de energia incidente [128].

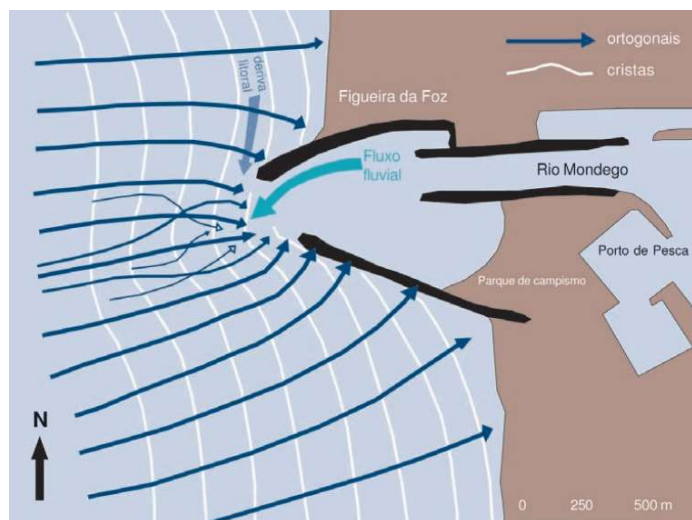


Figura 81 - Forças e estruturas envolvidas junto aos molhes portuários [128].

Com o aumento substancial da área urbana, o meio natural fica mais condicionado e requer maior impermeabilização do solo. Numa era em que a precipitação se tornou mais frequente, extrema e severa ergueu-se a necessidade de melhorar a capacidade e a eficiência dos sistemas urbanos de drenagem pluvial [108].

No século XIX, devido à preocupação de combater a proliferação de doenças, instalaram-se sistemas de esgotos para longe da cidade e fontes seguras com água potável. Continuamente e baseando-se no conceito adaptado pelo Reino Unido no século IX foi implementado em Portugal a

separação entre os esgotos e as águas pluviais, pois verificou-se o quanto o sistema unitário estava a contaminar o ciclo hídrico.

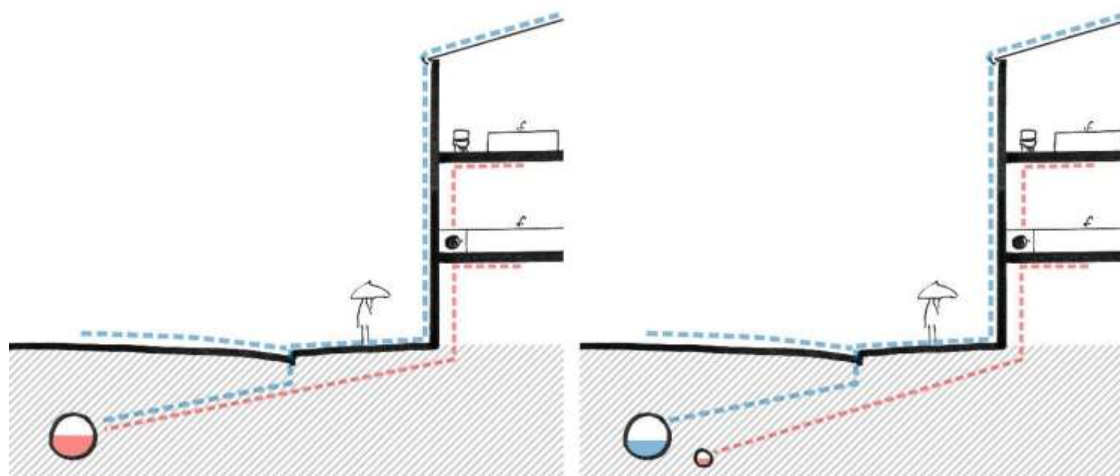


Figura 82 - Sistemas de drenagem unitário e separativo [108].

Na Figura 82, o sistema unitário, à esquerda, encaminha o único caudal de efluente para uma estação de tratamento, enquanto o sistema separativo, à direita, usa dois caudais individuais em que apenas o caudal reduzido irá para tratamento e o outro caudal não.

Com o passar do tempo podemos constatar que os coletores dimensionados para um sistema unitário não são suficientes dada à precipitação extrema atualmente ocorrida, originando roturas nas tubagens e transbordo de água pelas caixas de visita.

As construções recentes ou reabilitações de urbanizações têm a obrigação de cumprir com a separação das águas, mas a grande maioria da drenagem das cidades em Portugal ainda são por coletores unitários. A capacidade de infiltração do solo depende da sua declividade, impermeabilização e substrato geológico. Após análises climáticas, através de ocorrências anteriormente registadas, nos casos de drenagem deficiente é necessário a intervenção o mais breve possível aquando de um regime torrencial futuro. Uma drenagem deficiente, ou mau sistema de redes de águas e esgotos originará inundações afetando as populações e infraestruturas que estão expostos [108].

A Figura 83, representa uma drenagem deficiente, em que é notório a inconstância de distância entre os sumidouros, carência de caixas de visita e localizações irregulares. A drenagem de coberturas habitacionais é efetuada diretamente para o passeio originando a degradação do mesmo, juntamente com águas pluviais que levam a sobrecarga dos coletores.

As manutenções de espaços verdes estão a evoluir no sentido de menos intervenção possível, ou seja, estão a se tornar mais eficientes e com menos manutenção. O desenvolvimento vegetal adquire capacidade de se autossustentar, capaz de acumular água e nutrientes em maiores quantidades. A Figura 84, reporta uma situação comum, em que há acumulação de lixos e folhas provenientes da vegetação presente nos sumidouros e nas sargetas. Este facto requer mais prevenção e contributo humano, que com simples ações fazem a diferença [108].

Exemplos de drenagem deficiente:



Figura 83 - Drenagem do escoamento desorganizado das coberturas para a via pública [108].



Figura 84 - Sargetas e sumidouros entupidos [108].

De modo a atenuar as drenagens deficientes, seguem-se algumas soluções de adaptação a inundações aplicáveis aos espaços públicos resumidas na Tabela 32, sendo a principal causa a ter em consideração as precipitações intensas e extremas. No que concerne ao tratamento de água potável, engenheiros da universidade de Purdue, nos Estados Unidos, desenvolveram um método inovador de desintoxicação de água contaminada com aminas, que consiste em utilizar cloro e radiação ultravioleta nas zonas com escassez de água potável, transformando as águas outrora impróprias para consumo, em boa qualidade e consumistas. Este método “(..) permite a degradação seletiva de aminas, compostos

químicos orgânicos nitrogenados, derivados do amoníaco, que são de elevada toxicidade para os seres humanos e que são de presença comum em reservatórios de água [129].

As obras fluviais e aproveitamentos hidráulicos, são necessariamente as obras hidráulicas transversais, que consistem na proteção fluvial com barreiras físicas tais como: barragens, diques, açudes, canais de transposição, e bacias de retenção.

Tabela 32 - Soluções de adaptação a inundações urbanas em espaços públicos [108].

CATEGORIAS	TIPOS						
A	VEGETAÇÃO URBANA	1	Paredes verdes	H	RECUPERAÇÃO DE LINHAS DE ÁGUA	20	Reabilitação de linhas de água
		2	Guarda-chuvas invertidos			21	Restauo de linhas de água
3	Instalações de arte	22	Descanalização de linhas de água				
B	MOBILIÁRIO URBANO	4	Telhados verdes	I	SISTEMAS DE DRENAGEM A CÉU ABERTO	23	Valeta de arruamento
		5	Blue roofs			24	Extensão de canais
6	Bacias de retenção artificiais	25	Alargamento de canais				
7	Praças de água	26	Represa de controlo				
C	COBERTURA DE RETENÇÃO	8	Reservatórios subterrâneos	J	ESTRUTURAS FLUTUANTES	27	Caminho flutuante
		9	Cisternas			28	Plataforma flutuante
		10	Bacias húmidas de bio-retenção			29	Ilhas flutuantes
D	RESERVATÓRIOS	11	Bacias secas de bio-retenção	K	RESISTÊNCIA À ÁGUA	30	Parques inundáveis
		12	Valas de bio-retenção			31	Caminhos inundáveis
		13	Caldeiras de bio-retenção	L	ESTRUTURAS SOBREVAVADAS	32	Caminhos suspensos
		14	Jardins de chuva			33	Viadutos
E	BIO-RETENÇÃO	15	Pavimentos perfurados	M	DEFESA COSTEIRA	34	Defesas multifuncionais
		16	Pavimentos de encaixe			35	Quebras-mar
		17	Pavimentos permeáveis	36	Aterros		
F	PAVIMENTO PERMEÁVEL	18	Trincheira de infiltração	N	PAREDES DE INUNDAÇÕES	37	Paredes esculpidas
		19	Sargeta verde			38	Paredes de vidro
G	TÉCNICAS DE INFILTRAÇÃO			O	BARREIRA	39	Barreiras desmontáveis
				P	DIQUE	41	Taludes de declive suave

As barragens são estruturas de armazenamento de água que permitem produção de energia, abastecimento de áreas urbanas e rurais, rega dos campos agrícolas e proteção dos territórios a jusante em caso de cheias. Em períodos de secas as barragens asseguram reservas essenciais para abastecimentos, regas e até mesmo na ajuda do combate a incêndios. No que consiste ao combate as alterações climáticas, as barragens são fundamentais pela energia renovável e pela mitigação dos riscos, devido a situações climáticas extremas. Contudo, também têm as suas desvantagens, sendo muito prejudiciais a níveis ambientais provocando destruição de florestas, eliminando vegetação nativa, elevada emissão de gases que contribuem para o efeito de estufa e inundações por assoreamento dos rios.

Um exemplo de barragem em Portugal é a barragem de Aguieira ilustrada na Figura 85, que fica a 2 quilómetros a jusante da foz do rio Dão. Esta barragem produz energia hidroelétrica, irrigação agrícola e controle de cheias [130].



Figura 85 - Barragem de Aguieira, Portugal [130].

Quanto aos diques, existem para conter a água dos rios e dos lagos não deixando que transbordem, prevenindo inundações. Os diques são construções com betão, terra ou pedras, criando margens de resistência da água. O país embaixador dos diques é Países Baixos tendo a rede mais avançada do mundo. Esta rede levou a cerca de 6.500 quilómetros quadrados de terras outrora submersas dessem origem a território terrestre [131].



Figura 86 - O dique Afsluitdijk, nos Países Baixos [132].

Os açudes, são um tipo de barragem construída de modo a controlar o fluxo de água, mas em menores dimensões comparativamente às barragens. Destina-se também a produção de energia bem como o abastecimento da população. Este recurso surgiu de modo a combater a seca, preservando as águas da chuva.

Devido ao clima atual, as ações de mitigação têm de ser mais aprofundadas e com maior proteção ambiental, atualizando assim o plano de Monitorização. Nos casos da erosão costeira, com o nível do mar a subir e o aumento da velocidade dos ventos, a agitação marítima torna-se mais intensa obrigando a que as construções marinhas tenham de ser monitorizadas mais frequentemente.

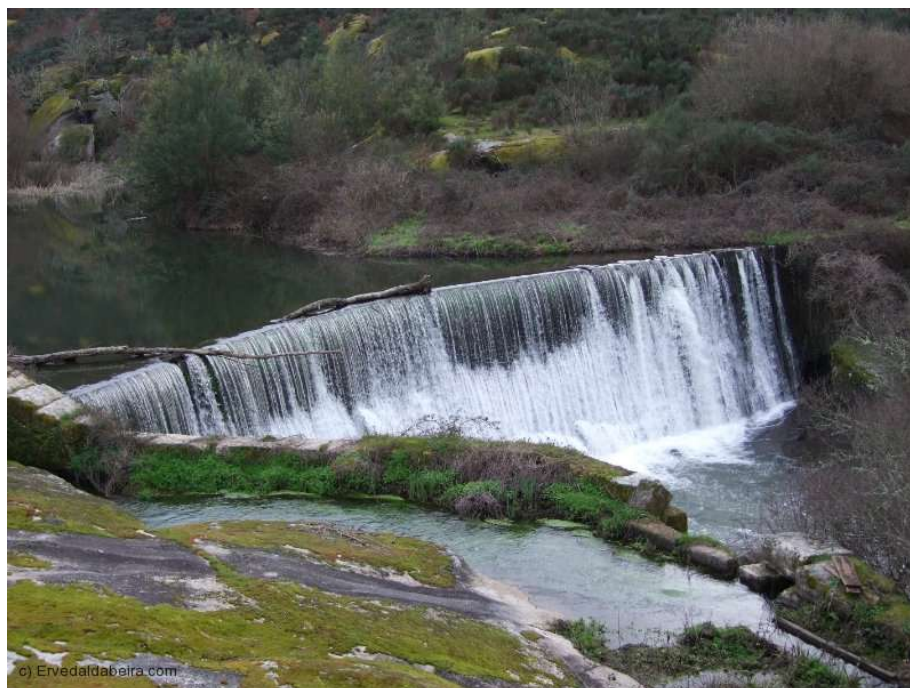


Figura 87 - Açude Rio Seia, Portugal [133].

## 5.4 Construção

As alterações climáticas afetam a construção civil, mas atualmente já estão sendo estudadas e aplicadas técnicas de construção adaptativas às consequências negativas do clima na construção, apresentadas na Tabela 33.

Tabela 33 - Ações adaptativas à construção

<b>Reforços para ações de humidade e áreas de inundações</b>	Obras sobre palafitas
	Proteções exteriores
	Coberturas de edifícios
<b>Reforços para ações de secas</b>	Telhados
<b>Reforços para ações de temperaturas elevadas e ondas de calor</b>	Arrefecimento passivo

A construção de edifícios sobre palafitas é um método de prevenção de inundações e de estabilidade do edifício à medida que o nível do mar sobe, ou seja, é uma técnica de resiliência contra oscilações das águas. Estas construções podem ser com aço galvanizado e betão armado madeira (Figura 88), e/ou estacas de metal (Figura 89).

No exterior dos edifícios, de modo a evitar danos causados pela humidade extrema e precipitações excessivas devem-se aplicar um verniz impermeável (Figura 90), protegendo também o interior. Para prevenir de danos gerais ainda temos as seguintes materiais como ladrilho de cerâmica, isolamento de espuma e outros materiais resistentes à água.



Figura 88 - Palafitas em aço galvanizado, Reino Unido (direita) e Palafitas de betão armado, Republica Checa (esquerda) [134].



Figura 89 - Palafitas de madeira, Chile (direita) e Palafitas de metal, Itália (esquerda) [134].



Figura 90 - Isolamento térmico com poliestireno [135].

Quanto às coberturas dos edifícios, uma das estratégias poderá ser de estruturas metálicas porque são resistentes a impactos, tais como, o granizo. Os impactos de humidade ou de menor durabilidade para variações térmicas, devido às chuvas torrenciais, é a cobertura invertida com isolamento térmico especial à base de poliestireno extrudido, sendo este material não absorvente de água.

As chuvas causam degradação dos materiais e as secas ou climas demasiado quentes também proporcionam problemas, abrindo fendas nas fundações dos edifícios reduzindo a sua estabilidade.

Uma das soluções para as coberturas são os telhados com telhas termocrômicas, desenvolvidas em Portugal, com o objetivo de controlar as temperaturas em diferentes estações do ano. São telhas cerâmicas revestidas com nanopartículas de óxido de vanádio, que consiste na alteração da reflexão da luz infravermelha [136].

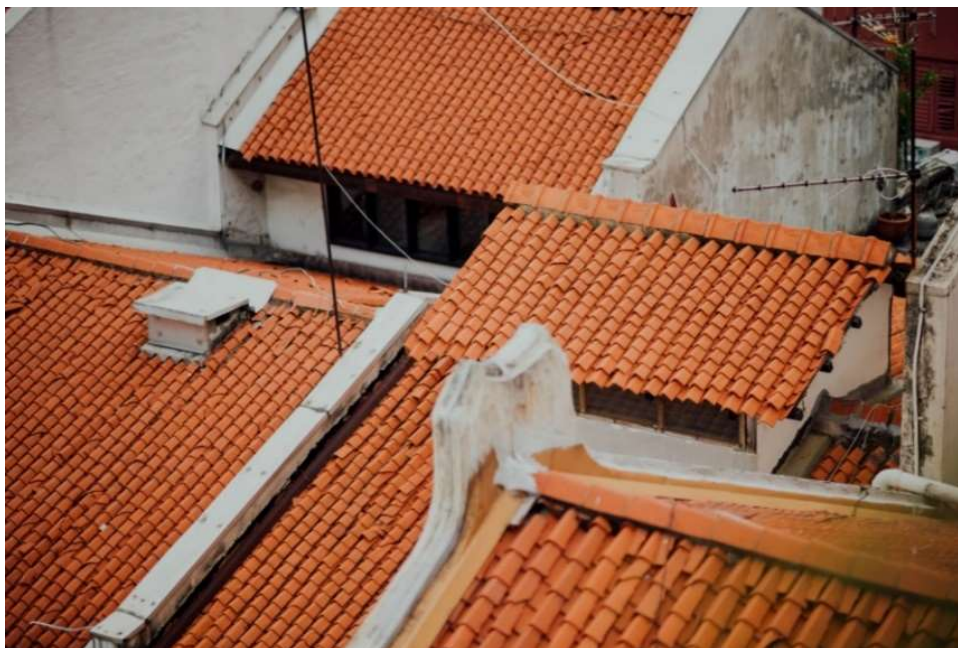


Figura 91 - Telhas termocrômicas, Portugal [136].

Uma solução de construção para elevadas temperaturas ou maior frequência de ondas de calor num edifício é o arrefecimento passivo, como por exemplo ventilação cruzada (Figura 92). Esta ventilação ajuda na circulação de entrada e saída do ar no ambiente interno, tornando-o mais arejado.

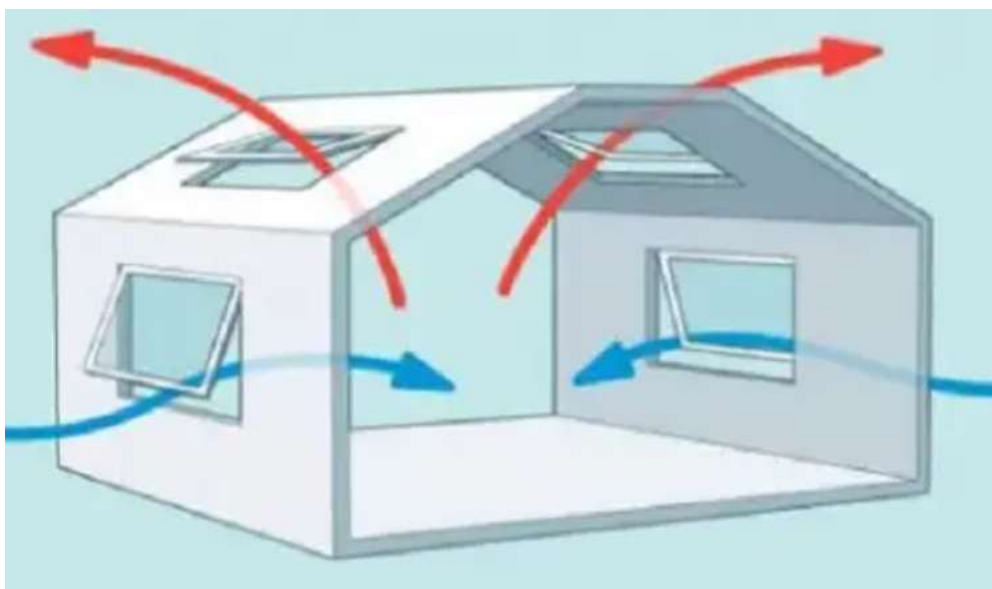


Figura 92 - Esquema ilustrativo de Ventilação Cruzada [137].

Outro método é o arrefecimento passivo de brises, que é um elemento arquitetónico de fachada que reduz a incidência solar numa edificação [137].



Figura 93 - Arrefecimento passivo de Brises [137].

Para a construção, uma das ações de mitigação que dever-se-iam ter em conta é a redução de cimento, pois como anteriormente referido, produz muitas emissões de gases contribuintes para o efeito de estufa.

## 5.5 Estruturas

Ano após ano é noticiado estufas destruídas devido a ventos fortes ou precipitações intensas que devastam áreas agrícolas. Nenhuma estrutura é 100% eficaz, ou seja, o seu limite de resistência é condicionado fase aos fenómenos mais extremos. Contudo, as estufas protegem muito os campos agrícolas, no entanto devem ter maior manutenção e prevenção. As estufas mais utilizadas na adaptação, prevenção e proteção das plantações contra ações de chuvas intensas e ventos fortes são as estufas tipo túnel (Figura 94), pois é de construção simples, mais barata e com melhor resistência à ação do vento [138].



Figura 94 - Estufa tipo túnel, Minho [138].

## 5.6 Vias de Comunicação

As vias rodoviárias e ferroviárias, devem ter mais manutenção, principalmente nos níveis de vegetação existente em seu redor. As ações adaptativas passam pela estabilidade das encostas, manutenção da vegetação e limpeza frequente das valetas juntos as vias de comunicação de modo a prevenir e proteger as áreas de circulação. Uma possível solução para prevenção de cheias, são depósitos de água que dão auxílio às valetas.

## 5.7 Planeamento Urbano

O planeamento urbano tem de ser revisto e atualizado de modo a combater ou minimizar os efeitos das alterações climáticas. As ações adaptativas relativas ao Planeamento Urbano passam pelas seguintes propostas apresentadas na Tabela 34.

Tabela 34 - Ações adaptativas ao Planeamento Urbano

<b>Reforços nas urbanizações para ações de cheias ou secas</b>	Bacias de retenção
<b>Reforços para ações de ilhas de calor</b>	Maior espaçamento entre edificações
	Espaços verdes nas zonas urbanas
	Edificações com maior reflexão da luz solar
	Telhados ecológicos
	Solos permeáveis.

Devido à expansão urbana e modificação do solo, juntamente com as alterações climáticas atualmente extremas, houve um aumento dos caudais de ponta de cheia, o que proporcionou um crescimento da impermeabilização dos solos. De modo a evitar caudais incompatíveis com as passagens hidráulicas, é inevitável a construção de bacias de retenção. As bacias de retenção ajudam na prevenção de cheias e secas. A construção das duas bacias de retenção da Figura 95, em Guimarães, consistiu em minimizar os efeitos negativos na melhoria e manutenção da Ribeira da Costa, evitando assim, cheias. A bacia que está situada a jusante do edifício das Hortas, tem como objetivo a acumulação das águas pluviais e a que está a montante, prevê a acumulação das águas da ribeira [109].

De modo a amenizar as ilhas de calor devemos atualizar os planos diretores, controlando o espaçamento entre edificações nos espaços urbanos, colocando mais espaços verdes nas zonas urbanas (Figura 96), construções mais vantajosas na reflexão da luz solar infraestruturas com cores mais claras, telhados ecológicos (Figura 97), solos permeáveis e menos circulação de transportes poluentes.

De modo a mitigar o recorde de gases emitidos para a atmosfera contribuindo para o aquecimento global, devem-se reduzir as quantidades de níveis de população, do comércio e da indústria no meio urbano



Figura 95 - Bacia de retenção no Parque das Hortas, Portugal [109].

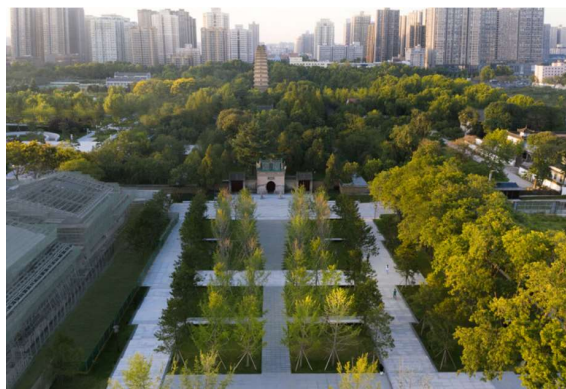
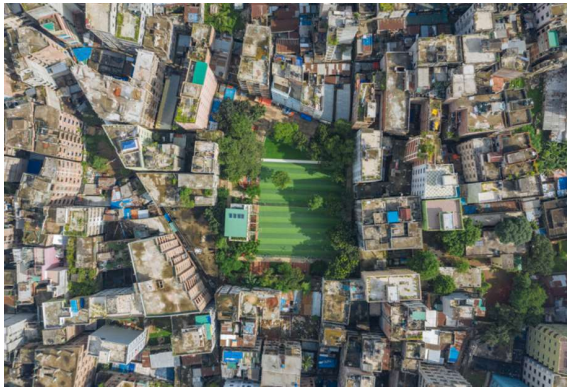


Figura 96 - Espaços verdes entre edificações [139].



Figura 97 - Projeto de edificações com espaços verdes, iluminação natural e telhados ecológicos [139].

# Capítulo 6

## CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

### 6.1 Conclusões

Nas Alterações Climáticas existem dois grandes sistemas influenciadores, os terrestres influenciados pelas atividades humanas e os não controláveis. As atividades humanas são os maiores influenciadores, entre eles, a combustão de combustíveis fósseis, agricultura e a desflorestação, pois as emissões dos GEE aumentaram 95% desde 1951, sendo prejudicial para o planeta e todos os seres vivos. Na Europa meridional e central, constata-se que ocorrem maiores vagas de calor, incêndios e secas, na Europa mediterrânea está a tornar-se mais árida originando mais incêndios e no norte da Europa ocorrem mais precipitações originando inundações e as zonas urbanas estão expostas a vagas de calor e inundações. Em consequência às alterações climáticas, originam-se derretimento de glaciares, provocando o aumento do nível médio do mar, bem como os problemas de secas e vagas de calor que se agravam e os fenómenos meteorológicos extremos estão cada vez mais frequentes.

Desde a era pré-industrial global, o planeta aumentou 1,1°C e se assim continuar será previsto um aumento entre 3°C e 5°C até ao final do século. Os maiores emissores de GEE passam por 64% no sector dos transportes, 12% no sector de processos industriais e uso de produtos, 11% na agricultura e 7% nos resíduos.

Desde 1968 até a atualidade, houve uma evolução das políticas ambientais significativas. Criou-se e desenvolveu-se conferências, organizações, convenções, painéis, acordos, entre outros. Na década de 70, criou-se o movimento ambiental constituído na proteção e preocupação do meio ambiental. Na década de 80, surgiu a palavra Desenvolvimento Sustentável, reivindicando medidas, hábitos e valores da sociedade. Na década de 90, implementou-se o que já havia sido criado, o Desenvolvimento Sustentável. Na década de 2000 ocorreu a revisão da Agenda permitindo conceções globais promovendo a qualidade e não a quantidade. Em 2020, conclui-se que as emissões dos GEE foram reduzidas na EU sendo um exemplo para os outros países, contrariamente à China e EUA. Atualmente pode-se verificar algumas mudanças nos Governos e empresas de modo a combater as emissões de GEE, tornando-se possível a preparação e prevenção de desastres. Para 2050 pretende-se reduzir as emissões em 80% em relação a 1990.

As alterações climáticas afetam de modo inevitável a Engenharia Civil, criando novos desafios e condicionantes a ter em conta. Verificaram-se vários impactos em todas as atividades de Engenharia Civil, sendo as mais relevantes na Geotecnia e na Hidráulica. Devido às chuvas extremas, ventos fortes e subida do nível freático, ocorrem mais deslizamentos em taludes, galgamentos e desgastes costeiros,

inundações devido a drenagens mal executadas ou falta de drenagens ou manutenção das mesmas. A construção civil é um dos sectores mais importantes no desenvolvimento económico social, mas também é a industria mais poluente. O cimento é um dos maiores impactos ambientais pois emite demasiado CO<sub>2</sub>.

Tendo em conta todos os impactos relacionando com a Engenharia Civil, verifica-se a necessidade de se efetuarem mais estudos e introdução de novas tecnologias e métodos para a fase de projeto, fase de obra e fase de manutenção. Verificou-se na fase de projeto que desde o preparo das fundações até à finalização do edifício, necessitam de intervenções e cálculos quanto às alterações climáticas extremas. Na fase de obra notou-se maior relevância nos cuidados a ter em conta quanto à meteorologia por vezes inesperada, devendo-se ter um plano de segurança e fiscalização sempre corrente de modo a garantir a segurança dos trabalhadores bem como a sua execução dos trabalhos. Quanto à fase de manutenção, requiere mais atenção, pois com chuvas intensas, ventos fortes e outros agentes prejudicam os materiais sendo necessários limpezas e substituição de equipamentos mais frequentes.

As obras de Engenharia Civil têm contribuído também para mitigar e adaptar o efeito das alterações climáticas no planeta e no ser humano. Nas últimas quatro décadas a geotecnia teve um enorme desenvolvimento na execução de obras nos centros urbanos, reunindo novos equipamentos e tecnologias. Na Hidráulica já estão a ser postas em prática algumas ações de adaptação nas zonas costeiras, drenagens, tratamentos de água, obras pluviais e fluviais. Nas atividades de Construção, verificou-se algumas medidas de reforço nos telhados, nos revestimentos e redução da utilização do cimento. Quanto às atividades de Estruturas verificam-se alguns reforços desde as fundações até as coberturas, bem como, medidas de conservação nas atividades de Vias de Comunicação. Na atividade de Planeamento Urbano, já se notam algumas ações, desde a criação de bacias de retenção, criação de espaços verdes bem como telhados ecológicos.

## 6.2 Desenvolvimentos futuros

Como sugestões e desenvolvimentos de trabalhos futuros, propõem-se:

- Realizar uma análise mais pormenorizada de cada atividade de Engenharia Civil, obtendo soluções construtivas de modo a mitigar e adaptar às variações climáticas atuais e futuras.
- Estudar e avaliar a resistência dos materiais face às alterações climáticas.
- Desenvolvimento de novos materiais para edificações mais resistentes e com maior impacto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Schneider, “Chem Trust,” 2021. [Online]. Available: <https://chemtrust.org/climate/>. [Acedido em 2022].
- [2] E. Figueiredo, “Alterações climáticas e as pontes: adaptar antes de amanhã,” *Publico*, n.º Alterações climáticas e as pontes: adaptar antes de amanhã, 2021.
- [3] Nòn, Tèla, “Tèla Non,” 8 setembeo 2016. [Online]. Available: <https://www.telanon.info/sociedade/2016/09/08/22702/alteracao-climatica-poe-em-causa-a-vida-de-70-da-populacao-africana/>. [Acedido em 9 fevereiro 2022].
- [4] C. Borrego e et al., “Alterações Globais e Desenvolvimento Sustentável,” *Captar: Ciência e Ambiente para todos*, Aveiro, 2010.
- [5] Portal Europeu da Juventude, “European Youth Portal,” Comissão Europeia, 10 outubro 2020. [Online]. Available: [https://europa.eu/youth/get-involved/sustainable%20development/what-climate-change\\_pt](https://europa.eu/youth/get-involved/sustainable%20development/what-climate-change_pt). [Acedido em 05 Agosto 2021].
- [6] P. Casimiro, *Alterações Climáticas - Factos, Indicadores, Recursos*, Lisboa: Associação de Professores de Geografia, 2020.
- [7] Earth Science Communications Team, “Climate Kids,” 19 Outubro 2021. [Online]. Available: <https://climatekids.nasa.gov/greenhouse-effect/>. [Acedido em 2021].
- [8] F. Santos, “A Física das Alterações Climáticas,” 2018.
- [9] S. Arrhenius, em *On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature on the ground.*, *The Philosophical Magazine* 41, 1896, pp. 237 - 276.
- [10] S. Papers, “Prodeessional Papers of the Signal Service,” em *Researches on Solar Heat*, Washington, 1884, p. 123.
- [11] S. Papers, em *The Temperature of the Moon*, 1890, p. 193.
- [12] E. Crawford, “Arrhenius' 1896 Model of the Greenhouse Effect in Context,” Springer, 1997, pp. 6-11.
- [13] N. Stylianou, C. Guibourg, D. Dunford e L. Rodgers, “Mudança climática: 7 gráficos que mostram em que ponto estamos,” *globo*, 06 Dezembro 2018. [Online]. Available: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2018/12/06/mudanca-climatica-7-graficos-que-mostram-em-que-ponto-estamos.ghtml>. [Acedido em 2021].
- [14] Comissão das Comunidades Europeias, *Livro Branco: Adaptação às alterações climáticas: para um quadro de acção europeu*, Bruxelas: COM(2009) 147 final, 2009.
- [15] Comissão Europeia, “Causes of Climate Change,” 05 Agosto 2021. [Online]. Available:

- [https://ec.europa.eu/clima/change/causes\\_pt](https://ec.europa.eu/clima/change/causes_pt). [Acedido em 2021].
- [16] V. Pinsky, “Aquecimento Global: O que é, Causas e Consequências,” FIA - Fundação Instituto de Administração, 17 fevereiro 2021. [Online]. Available: <https://fia.com.br/blog/aquecimento-global/>. [Acedido em 2021].
- [17] Direção Geral da Ação Climática, “UE,” 05 Agosto 2021. [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/clima/change/causes\\_pt](https://ec.europa.eu/clima/change/causes_pt). [Acedido em 2022].
- [18] Comissão Europeia, “UE,” 05 Agosto 2021. [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/clima/change/causes\\_pt](https://ec.europa.eu/clima/change/causes_pt). [Acedido em 2022].
- [19] ABr/Reuters, “Pico mais alto da Groenlândia registra chuva pela primeira vez,” *Diário do Poder*, n.º Cientistas consideram o acontecimento como um sinal preocupante de aquecimento da camada de gelo que já está derretendo em um ritmo crescente., 2021.
- [20] E. Campetella, “Tempo,” 9 Setembro 2021. [Online]. Available: <https://www.tempo.com/noticias/actualidade/tempested-filomena-nevasca-historica-madri-espanha.html>. [Acedido em 2022].
- [21] P. Bueno, “Tempo,” 7 dezembro 2021. [Online]. Available: <https://www.tempo.com/noticias/ciencia/temporada-de-furacoes-2021-quao-intensa-e-anormal-foi-essa-temporada-.html>. [Acedido em 2022].
- [22] SIC Notícias, “SIC Notícias,” 9 fevereiro 2022. [Online]. Available: <https://sicnoticias.pt/mundo/etiopia-kenia-e-somalia-enfrentam-fome-e-seca-extrema/>. [Acedido em 2022].
- [23] F. Santos, K. Forbes e R. Moita, “Climate Change in Portugal,” em *Scenarios, Impactos and Adaptation Measures*, Lisboa, SIAM Project, 2006, p. 454.
- [24] REA: Portal do Estado do Ambiente, “Energia e Clima: Emissões de gases com efeito de estufa,” 16 novembro 2021. [Online]. Available: <https://rea.apambiente.pt/content/emiss%C3%B5es-de-gases-com-efeito-de-estufa>. [Acedido em 2022].
- [25] P. Ferreira, *Alterações Climáticas e Desenvolvimento*, Lisboa: FEC | Fundação Fé e Cooperação, 2017.
- [26] A. Henriques, “Evolução das Políticas de Ambiente,” 2009.
- [27] Wikipédia, “Greenpeace,” 6 Dezembro 2021. [Online]. Available: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Greenpeace>. [Acedido em 2022].
- [28] J. Cavalcanti, “Relatório da Delegação Brasileira à Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente - Volume I,” Brasília, 1972.
- [29] D. Meadows e et al., *The Limits to Growth*, New York: Universe Books, 1972.
- [30] M. Souza e A. Souza, “O Discurso de Alunos do Ensino Médio a Respeito da "Camada de

- Ozônio”, em *Ciência e Educação*, 2008, pp. 115-134.
- [31] R. Gama e D. Raiol, “Invisíveis Sociais: A Negação do Direito à Cidade à População em Situação de Rua,” em *Revista de Direito Urbanístico, Cidade e Alteridade*, Curitiba, ISSN: 2525-989X, 2016, pp. 81- 101.
- [32] Conselho de Ministro, “Decreto n.º 41/95,” em *Convenção Internacional de Combate à Desertificação nos Países Afetados pela Seca Grave e ou Desertificação, particularmente em África*, 1995.
- [33] A. Tabora e et al., “Saber Ciência,” Nuno P. Barradas, [Online]. Available: <https://saberciencia.tecnico.ulisboa.pt/artigos/buraco-do-ozono-09.php>. [Acedido em 2022].
- [34] C. Pott e C. Estrela, “Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento,” em *Estudos Avançados*, SP - Brasil, Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2017, pp. 271 - 283.
- [35] A. Carvalho e et al., “A Reconstrução Mediática das Alterações Climáticas,” em *A reconstrução mediática das alterações climáticas*, Minho, Grácio Editor, 2011, pp. 105 - 144.
- [36] Wikipédia, “Wikipédia, a enciclopédia livre,” Wikipédia, 2021. [Online]. Available: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Furac%C3%A3o\\_Katrina](https://pt.wikipedia.org/wiki/Furac%C3%A3o_Katrina). [Acedido em 2022].
- [37] A. Santos, C. Rodrigues, D. Gonçalves e L. Moniz, *Análise Europeia - Revista da Associação Portuguesa de Estudos Europeus*, Lisboa – Portugal: Associação Portuguesa de Estudos Europeus, 2018.
- [38] Governo Regional da Madeira, “Secretaria Regional de Ambiente, Recursos Naturais e Alterações Climáticas,” Direção Regional do Ambiente e Alterações Climáticas, [Online]. Available: <https://www.madeira.gov.pt/drota/>. [Acedido em 12 04 2022].
- [39] M. Filipe, “Gestión y Planificación en los ecosistemas forestales,” em *Estratégia regional para florestas - Região Autónoma da Madeira*, Região Autónoma da Madeira, 2014, pp. 179 - 184.
- [40] IPCC, “IPCC,” Abril 2020. [Online]. Available: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/05/2020-AC6\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/05/2020-AC6_en.pdf). [Acedido em 2022].
- [41] A. Oliveira, “Perspectivas históricas sobre as mudanças climáticas antrópicas,” CEP 04379-072, São Paulo, 2009.
- [42] Governo Federal, “Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações,” gov.br, 25 08 2021. [Online]. Available: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/ciencia\\_do\\_clima/painel\\_intergovernamental\\_sobre\\_mudanca\\_do\\_clima.html](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/ciencia_do_clima/painel_intergovernamental_sobre_mudanca_do_clima.html). [Acedido em 11 07 2019].

- [43] I. Juras, “Mudança do Clima: Principais Conclusões do 5º Relatório do IPCC,” em *Meio Ambiente e Direito Ambiental, Organização Territorial, Desenvolvimento Urbano e Regional da Câmara dos Deputados*, Brasília, 2013.
- [44] V. Santos, “Mudanças climáticas,” *Mundo Educação*, [Online]. Available: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/mudancas-climaticas.htm>. [Acedido em 2022].
- [45] N. Barata e P. Martins, “O Protocolo de Quioto sobre alterações climáticas - Análises e Perspectivas,” Julho 1999. [Online]. Available: [https://ecoreporter.abae.pt/docs/apoio/Protocolo\\_de\\_Quito.pdf](https://ecoreporter.abae.pt/docs/apoio/Protocolo_de_Quito.pdf). [Acedido em 2022].
- [46] F. Santos, *Alterações Globais - Os Desafios e os Riscos Presentes e Futuros*, Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos, 2012.
- [47] Conselho da União Europeia, “Council conclusions on the Paris Agreement and preparations for the UNFCCC meetings (567/17),” em *Council conclusions on the Paris Agreement and preparations for the UNFCCC meetings*, 2017.
- [48] O. Sartor, M. Colombier e T. Spenser, *Designing planning and reporting for good governance of the EU’s post-2020 climate and energy goals*. Working Paper. Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI), Sciences Po. N.12/2015, 2015.
- [49] Comunicação COM(2014) , “Um quadro político para clima e a enregia no periodo de 2020 e 2030,” em *Um quadro político para clima e a enregia no periodo de 2020 e 2030*, 2014.
- [50] Eurostat , “Climate Change and energy,” 2017. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/sdi/indicators/climate-change-and-energy>. [Acedido em 2022].
- [51] E. Floriano, *Planejamento Ambiental*, Santa Rosa: Anorgs , 2004.
- [52] Abnt, *Interpretação NBR ISO 14001 (1996)*, Rio de Janeiro: ABNT-Cb-38/Sc-01/Grupo de Interpretação, 2001.
- [53] European Environment Agency, “Mitigação dos efeitos das alterações climáticas,” 23 novembro 2020. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/pt/themes/climate/intro>. [Acedido em 20 02 2022].
- [54] Iberdrola, “Iberdrola, SA,” [Online]. Available: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/mitigacao-e-adaptacao-as-alteracoes-climaticas>. [Acedido em 20 02 2022].
- [55] Agencia Portuguesa do Ambiente, “Apa,” 2021. [Online]. Available: <https://apambiente.pt/clima/politicas-e-medidas-de-adaptacao>. [Acedido em 2022].

- [56] C. Rodrigues, F. Lopes e G. Gómez, “Crise Climática,” *Público*, n.º Alterações climáticas: o que já mudou e o que está para chegar, 2019.
- [57] I. Gromicho, “Gases com efeito de estufa, nível do mar e temperaturas atingiram recordes em 2020,” *Ambiente Magazine*, 2021.
- [58] L. Oliveira, *Acidentes Geológicos Urbanos*, Curitiba: ISBN 978-85-60173-02-0, 2010.
- [59] TVI24 Notícias, “Erosão na Zona Costeira da Costa da Caparica,” 2008. [Online]. Available: <https://tvi.iol.pt/noticias/sociedade/erosao-costeira/quando-o-mar-conquista-a-terra>. [Acedido em 2022].
- [60] TVI Notícias, “Quando o mar conquista a terra,” 2007. [Online]. Available: <https://tvi.iol.pt/noticias/sociedade/erosao-costeira/quando-o-mar-conquista-a-terra>. [Acedido em 2022].
- [61] *Jornal de Notícias*, “Deslizamento de terras em Guimarães ameaça vivendas de luxo,” 2013. [Online]. Available: <https://www.jn.pt/local/noticias/braga/guimaraes/deslizamento-de-terras-em-guimaraes-ameaca-vivendas-de-luxo-3142738.html>. [Acedido em 2022].
- [62] g1, “Mundo,” [Online]. Available: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2014/03/deslizamento-nos-eua-tem-14-mortos-e-176-desaparecidos.html>. [Acedido em 2022].
- [63] Uol, “TN online,” [Online]. Available: <https://tnonline.uol.com.br/noticias/cotidiano/67,485938,03,01,como-evitar-tragedias-causadas-por-deslizamentos-e-chuvas-fortes?d=1>. [Acedido em 2022].
- [64] B. Fabisak, “UOL,” [Online]. Available: <https://jc.ne10.uol.com.br/canal/cidades/geral/noticia/2015/03/10/lixo-jogado-em-barreiras-agrava-risco-de-desabamento-nos-morros-171521.php>. [Acedido em 2022].
- [65] M. Ribeiro, “g1,” [Online]. Available: <https://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2019/12/04/com-afundamento-e-trincas-rodovia-onde-mp-cobra-obras-emergenciais-tem-faixa-bloqueada-em-sao-pedro.ghtml>. [Acedido em 2022].
- [66] Made for Minds, “DW, Made for Minds.,” 2018. [Online]. Available: <https://www.dw.com/es/colapso-en-archivo-de-colonia-absuelven-a-tres-acusados/a-45858449>. [Acedido em 2022].
- [67] O Tempo, “O Tempo,” [Online]. Available: <https://www.otempo.com.br/super-noticia/interessa/saude-e-ciencia/com-os-dias-contados-ou-quase-1.1454438>. [Acedido em 2022].
- [68] W. Torres, “Extensão do gelo marinho no Ártico atinge 10º menor nível desde 1979,” *Patrícia Gnipper*, 2022.
- [69] A. Roque, “Environment and sustainability: challenges and perspectives for geotechnics,”

*Geotecnia*, pp. 55-83, 05 07 2018.

- [70] Iberdrola, “Iberdrola,” 2022. [Online]. Available: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/aumento-do-nivel-do-mar>. [Acedido em 2022].
- [71] L. Campos, *Utilização de Parâmetros de Solos não Saturados em Encostas*, Baía: ISO 690, 2002.
- [72] R. Furtado, “A economia circular e as entidades gestoras de fluxos específicos de resíduos,” em *Industria e Ambiente*, Revista de Informação Técnica e Científica, nº98, 2016, pp. 18-20.
- [73] P. Lusa, “Fortes chuvas causam inundações em Lisboa,” *JN*, n.º Mau Tempo, 2022.
- [74] Wikipédia, “Wikipédia, a enciclopédia livre.” 2022. [Online]. Available: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Inunda%C3%A7%C3%A3o>. [Acedido em 2022].
- [75] K. Shah, “Climate change meant Hurricane Sandy caused \$8 billion more damage,” *NewScientist*, 2021.
- [76] Lusa, “Zap,” 2019. [Online]. Available: <https://zap.aceiou.pt/rompeu-barragem-no-brasil-municipio-estado-emergencia-calamidade-publica-267547>. [Acedido em 2022].
- [77] Plu7, “Inundações deixam milhares de desabrigados nos campos de Rohingya em Bangladesh,” *Plu7*, 2021.
- [78] Câmara Municipal de Lisboa, *Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Lisboa*, Lisboa: CML, 2017.
- [79] D. Lopes, F. Pires, G. Godoi e T. Santana, *Sistema de irrigação autônomo com Implementação em Arduino*, Anápolis: Universidade Evangélica de Goiás, 2022.
- [80] C. Brandão, R. Rodrigues e J. Costa, *Análise de Fenómenos Extremos Precipitações Intensas em Portugal Continental*, Lisboa: Direção dos Serviços de Recursos Hídricos, 2001.
- [81] E. Mano, *Estudo de Bacias de Retenção Como solução para situações crescentes de urbanização*, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- [82] IPMA/MAA-MEM-MCTES-MAAC, “Pordata,” 2022. [Online]. Available: <https://www.pordata.pt/db/portugal/ambiente+de+consulta/grafico>. [Acedido em 2022].
- [83] Edificart, “Mudanças climáticas e suas interferências na construção,” 2021. [Online]. Available: <https://edificart.com.br/mudancas-climaticas-e-suas-interferencias-na-construcao/>. [Acedido em 2022].
- [84] M. Badra, “Canal Solar,” 2022. [Online]. Available: <https://canalsolar.com.br/temporal-no-sul-de-minas-modulos-fv-suportam-granizo/>. [Acedido em 2022].
- [85] Horizonte Ambiental, “Horizonte Ambiental,” 2022. [Online]. Available:

- <https://horizonteambiental.com.br/industria-de-cimento/>. [Acedido em 2022].
- [86] M. Carvalho, *Impactos e Conflitos da Produção de Cimento no Distrito Federal, Brasília-DF: Universidade de Brasília, 2008.*
- [87] A. Gasques, C. Okawa, G. Neto, J. Miotto e T. Castro, *Impactos Ambientais dos Materiais da Construção Civil: Breve Revisão Teórica, Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2014.*
- [88] Direção Geral de Energia e Geologia, “Eficiência Energética,” [dgeg.gov.](https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/), [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/>. [Acedido em 2022].
- [89] Comando da Noticia, “Chuva e ventos fortes derrubam teto de posto e causam muitos estragos em Indaiatuba,” 2020. [Online]. Available: <https://comandonoticia.com.br/chuva-e-ventos-fortes-derrubam-teto-de-posto-e-c-causam-muitos-estragos-em-indaiatuba-in/>. [Acedido em 2022].
- [90] A. Matos, “CNN Portugal,” 2022. [Online]. Available: <https://cnnportugal.iol.pt/videos/populacao-de-foros-do-mocho-permanece-isolada-ponte-que-permite-o-acesso-a-localidade-ameaca-ruir-e-nao-ha-solucao-a- vista/63a438cf0cf2254fb289c154>. [Acedido em 2022].
- [91] M. Semanario, “Mau tempo destrói estufas agrícolas no concelho da Póvoa de Varzim (fotos),” *mais semanario*, 2023. [Online]. Available: <https://maissemanario.pt/mau-tempo-destro-i-estufas-agricolas-no-concelho-da-povoa-de-varzim-fotos/>. [Acedido em 2022].
- [92] PCE-medidores, “Pce-medidores,” [Online]. Available: <https://www.pce-medidores.com.pt/fichas-dados/artigos/tabela-das-velocidades-do-vento.htm>. [Acedido em 2022].
- [93] A. Brookes, “Rac,” 2022. [Online]. Available: <https://www.rac.co.uk/drive/advice/winter-driving/understanding-aquaplaning/>. [Acedido em 2022].
- [94] Público e Lusa, “Público,” 2021. [Online]. Available: <https://www.publico.pt/2021/02/21/sociedade/noticia/mau-tempo-828-ocorrencias-sabado-cascais-intensidade-chuva-superior-cheias-1983-1951524>. [Acedido em 2022].
- [95] R. Fernandjes, “Exame,” 2014. [Online]. Available: <https://exame.com/brasil/total-de-arvores-caidas-em-sao-paulo-chega-a-434/>. [Acedido em 2022].
- [96] Correio da Manhã, “CM Sociedade,” 2022. [Online]. Available: <https://www.cmjornal.pt/sociedade/clima/detalhe/mau-tempo-obriga-ao-corte-de-ponte-que-liga-duas-freguesias-em-guimaraes>. [Acedido em 2022].
- [97] R. Pena, “Prepara Enem,” 2022. [Online]. Available: <https://www.preparaenem.com/geografia/problemas-ambientais-urbanos.htm>. [Acedido em 2022].

- [98] Cáritas Portuguesa, “Famílias da Madeira recebem novas casas,” 2012.
- [99] M. Chiabi, “Ciclo Orgânico,” 2021. [Online]. Available: <http://blog.cicloorganico.com.br/sustentabilidade/conheca-o-fenomeno-das-ilhas-de-calor/>. [Acedido em 2022].
- [100] Lusa, “Níveis de gases com efeito de estufa na atmosfera com novos recordes,” 2022.
- [101] A. Pinelo, “A Geotecnia no Ciclo de Vida das Infraestruturas de Transportes,” em *Geotecnia n.º 139*, Minho, António Gomes Correia, 2017, pp. 99 - 131.
- [102] C. Costa, *Disciplina de Fundamentos de Geotecnia*, Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, 2006/2007.
- [103] J. Lucas, *Soluções de estabilização de taludes junto a plataformas ferroviárias*, Lisboa: Técnico de Lisboa, 2016.
- [104] F. Marinho, “Guia da Engenharia,” 2020. [Online]. Available: <https://www.guiadaengenharia.com/estabilizacao-taludes/>. [Acedido em 2023].
- [105] Ecivilne, “Ecivilne,” [Online]. Available: <https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-gabiao.html>. [Acedido em 2023].
- [106] D. Lourenço, *Análise da Segurança de Escavações usando Métodos de Fiabilidade*, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2017.
- [107] A. Pinto, A. Quintela, M. Lopes, P. Ramos e P. Martins, *Recomendações na Área da Geotecnia*, Lisboa: Ordem dos Engenheiros, 2020.
- [108] J. Lopes, *Alterações Climáticas e Gestão de Águas Pluviais, Medidas de adaptação aplicadas no espaço público de Lisboa*, Lisboa: Universidade de Lisboa, 2019.
- [109] Câmara Municipal de Guimarães, “Município de Guimarães,” 2015. [Online]. Available: <https://www.cm-guimaraes.pt/participar/guimaraes-mais-verde/noticia/camara-de-guimaraes-inaugura-bacias-de-retencao-no-parque-das-hortas-e-apresenta-2-fase-de-obras>.
- [110] Solutioma, “Solutioma - Malhas de tripla torção,” 2022. [Online]. Available: <https://solutioma.com/pt/malhas-tripla-torcao/#m3>. [Acedido em 2023].
- [111] O. Santo, “Colegio vasco da gama,” [Online]. Available: <https://colegiovascodagama.pt/ciencias3c/onze/geologia1.1.html>. [Acedido em 2023].
- [112] E. Ecycle, “Ecycle,” Studio Visual, [Online]. Available: <https://www.ecycle.com.br/como-ocorre-o-processo-de-producao-do-cimento-e-quais-sao-seus-impactos-ambientais/>. [Acedido em 2023].
- [113] A. Garay, “APDC,” *Divulgue Cwb*, 2023. [Online]. Available: <https://appcal.com.br/consultor-da-apdc-afirma-que-cal-pode-substituir-o-cimento/>.
- [114] E. Figueiredo, “Homify,” *Homify Internacional*, 2021. [Online]. Available:

- [https://www.homify.pt/livros\\_de\\_ideias/8513922/materiais-sustentaveis-9-opcoes-que-tem-de-conhecer](https://www.homify.pt/livros_de_ideias/8513922/materiais-sustentaveis-9-opcoes-que-tem-de-conhecer). [Acedido em 2023].
- [115] F. Apollo, “Elysios,” 2023. [Online]. Available: <https://elysios.com.br/blog/conheca-as-estufas-agricolas-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. [Acedido em 2023].
- [116] E. Figueiredo, “Vinte anos depois do colapso da ponte,” *Publico*, n.º Vinte anos depois do colapso da ponte, 2021.
- [117] C. Baraniuk, “Estradas e construções "derretem" com aquecimento global,” *BBC News*, n.º Estradas e construções ‘derretem’ com aquecimento global, 2021.
- [118] C. Andrews, “Geograph.,” 2007. [Online]. Available: <https://www.geograph.org.uk/photo/4804682>. [Acedido em 2022].
- [119] H. Correia, “Abre hoje o "falso" túnel para dar acesso ao campo da barca,” *Funchal Noticias*, 2019.
- [120] L. Highland, “O Manual de Deslizamento – Um Guia para a Compreensão de Deslizamentos,” Global Facility for Disaster Reduction and Recovery - GFDRR/World Bank, 2008.
- [121] e. Bazinga, “Soluções viáveis para os deslizamentos de terra em massa.,” 2011. [Online]. Available: <http://wearebazinga.blogspot.com/2011/10/terraceamento.html>. [Acedido em 2022].
- [122] Liftup, “Liftup,” [Online]. Available: [liftup.pt/muros-de-gabiao/](http://liftup.pt/muros-de-gabiao/). [Acedido em 2022].
- [123] T. Pereira, “Erosão dos solos e deslizamentos de encostas nas areas urbanas,” 2020. [Online]. Available: <https://www.institutoclaro.org.br/educacao/para-ensinar/planos-de-aula/erosao-dos-solos-e-deslizamentos-de-encostas-nas-areas-urbanas/>. [Acedido em 2023].
- [124] JL, “Blogger,” Escola Superior de Educação de Santarém, 2010. [Online]. Available: <http://zonas-costeiras.blogspot.com/2010/06/obras-de-proteccao-costeira.html>. [Acedido em 2022].
- [125] H. Almeida, *Erosão e Galgamentos na Costa Portuguesa*, Lisboa: ISEC Lisboa e Instituto Superior de Educação e Ciências, 2019.
- [126] M. Lopes e et al., *A utilização de sistemas de confinamento de areias em material geossintético para proteção costeira em Portugal*, Porto: FEUP - Artigo em Livro de Atas de Conferência Nacional, 2016.
- [127] B. Nunes, *Comportamento de Quebramares Destacados no Litoral Noroeste Português*, Aveiro: Universidade de Aveiro, 2012.
- [128] J. Ribeiro, *Riscos Costeiros – Estratégias de prevenção, mitigação e protecção, no âmbito do planeamento de emergência e do ordenamento do território*, Carnaxide: Autoridade

nacional de Protecção Civil / direcção nacional de Planeamento, 2010.

- [129] Engenharia Civil, “Engenharia civil,” [Online]. Available: <https://www.engenhariacivil.com/engenheiros-norte-americanos-desenvolvem-metodo-inovador-tratamento-agua#more-27319>. [Acedido em 2022].
- [130] A. Almeida, “Barragem da Aguieira,” [Online]. Available: <https://www.quintadaconchada.com/barragemdaaguieira.html>. [Acedido em 2022].
- [131] Freepik, “O que são Diques?,” 2021. [Online]. Available: <https://brazabe.com.br/o-que-sao-diques/>.
- [132] Wikimedia, “Wikimedia Commons,” [Online]. Available: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Afsluitdijk\\_1031.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Afsluitdijk_1031.jpg). [Acedido em 2022].
- [133] E. Beira, “Rio Seia: Açude da Ribeira,” Ervedal da Beira, 2012. [Online]. Available: <https://ervedaldabeira.com/noticias-locais/rio-seia-acude-da-ribeira/>. [Acedido em 2022].
- [134] Dezeen, “Casa,” 2022. [Online]. Available: <https://casa.abril.com.br/arquitetura-e-construcao/casas-sobre-palafitas/>. [Acedido em 2022].
- [135] Tintas e Pintura, “Tintas e Pintura,” [Online]. Available: <https://tintasepintura.pt/isolamento-termico-de-fachadas-com-placas-de-poliestireno/>. [Acedido em 2022].
- [136] Shifter, “Telhados inteligentes e sustentáveis: a nanotecnologia ao serviço da ciência,” 2020. [Online]. Available: [https://shifter.pt/2020/05/telhados-inteligentes-nanotecnologia/?doing\\_wp\\_cron=1671312671.0818610191345214843750](https://shifter.pt/2020/05/telhados-inteligentes-nanotecnologia/?doing_wp_cron=1671312671.0818610191345214843750). [Acedido em 2022].
- [137] N. Inson, “Ventilação Cruzada: O Que É e Quais os Benefícios de Usá-la no Projeto,” Brasil, 2021.
- [138] Acientista Agrícola, “A Cientista Agrícola,” 2019. [Online]. Available: <https://acientistaagricola.pt/tipos-de-estufas-consoante-a-forma/>. [Acedido em 2022].
- [139] M. Florian, “Áreas verdes estratégicas: como aproveitar ao máximo seus efeitos de resfriamento,” 2022.