



Unidade Didática **ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS** **E GESTÃO COSTEIRA**



Rute Candeias
Joaquim Ramos Pinto
Íris Silva
Marta Pérez-Arlucea
Irene Alejo
Gonzalo Méndez
Miguel Ángel Nombela

Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
dos Assuntos Marítimos
e das Pescas

Editor: Associação Portuguesa de Educação Ambiental (ASPEA)

Design: Íris Silva & Joaquim Ramos Pinto

Ilustrações: Íris Silva & Joaquim Ramos Pinto

Edição Indesign: Muxima Design e Comunicação

ISBN 978-989-20-8583-8

julho 2022

Colaborações:

Carlos Pelicas. Consciente Produções

CESAM - Universidade de Aveiro

Unidade Didática ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E GESTÃO COSTEIRA



AUTORES:

Rute Candeias
Joaquim Ramos Pinto
Íris Silva

Associação Portuguesa de Educação Ambiental.

Marta Pérez-Arlucea
Irene Alejo
Gonzalo Méndez
Miguel Ángel Nombela

Universidade de Vigo



** O apoio da Comissão Europeia para a produção desta publicação não constitui um patrocínio dos conteúdos, reflecte apenas as opiniões dos autores, e a Comissão não pode ser responsabilizada*

Cofinanciado por:



KEY WORDS:





**EXTREME
ATMOSPHERIC
PHENOMENA**

**SEA
LEVEL RISE**

FLOODS

**LOSS
OF LAND**

**COASTAL
EROSION**

ADAPTATION

MITIGATION

RESILIENCE

**COASTAL
MANAGEMENT**



Índice

Introdução.....	8
Conceitos e Objetivos	12
Unidades:	
Unidade 1: Questões gerais e conceitos.....	16
Unidade 2: Principais estratégias de adaptação	33
Unidade 3: Quadro normativo sobre Alterações Climáticas.....	36
Unidade 4: Avaliação dos impactos das Alterações Climáticas no proceso da tomada de decisão	44
Unidade 5: Perigos, riscos e impactos das Alterações Climáticas em Sistemas costeiros	50
Reflexões finais	80
Bibliografia	82



Introdução

O 5º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (AR5, IPCC, 2014) sugere que o aumento das emissões dos gases com efeito estufa (GEE) com origem em fontes antrópicas que se tem verificado nas últimas décadas (particularmente desde 1970), seja responsável pelas alterações climáticas que se fazem sentir no planeta. As alterações climáticas têm vindo a produzir efeitos negativos nos oceanos e nas zonas costeiras, tais como a acidificação da água do mar, o aquecimento da superfície do mar e o aumento do nível médio da água do mar (SLR). Os impactos mais significativos na costa são a erosão, as inundações durante os eventos extremos e a perda de terreno por imersão.

O aumento da consciência sobre as consequências negativas das alterações climáticas deixa claro que os Estados devem promulgar legislações ambientais eficazes vinculando os países desenvolvidos para a redução das emissões de gases com efeito de estufa, de forma a evitar uma interferência antropogénica perigosa para o sistema climático. Existem diferentes níveis de ação, incluindo internacional, nacional e regional, tendo sido assinados acordos em várias conferências. O acordo internacional mais importante foi a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (Nova York, 1992), modificado mais tarde em Conferências posteriores (Kyoto de 1997, Nairobi, de 2006, México, 2010; Paris, 2016).

O relatório de avaliação do IPCC sugere que os processos de adaptação e mitigação poderão reduzir significativamente os riscos e impactos adversos, diminuindo a exposição e aumentando a resiliência dos Estados afetados. As decisões de gestão adoptadas hoje irão afetar todo o século XXI, e, conseqüentemente, é essencial fazer as escolhas corretas através do conhecimento científico, da avaliação das opções, da supervisão e da experiência, num processo iterativo.







Caderno de Atividades



Experiências laboratoriais



Atividades de Campo



Ciência Escola e Sociedade

Verifica o que sabe antes de iniciar o presente estudo:

1. Qual é o principal fator de desencadeamento das alterações climáticas?
2. Qual é a causa principal do aumento de CO₂?
3. De que forma as alterações climáticas afetam os oceanos e as zonas costeiras?
4. Quais são as principais componentes da alteração global do aumento nível médio das águas do mar?
5. Por que é os Deltas são áreas particularmente vulneráveis?
6. Que tipos de impactos estão envolvidos na erosão costeira?

Perguntas iniciais



Conceitos

- As alterações climáticas e a variabilidade climática
- Complexidade e vulnerabilidade dos sistemas costeiros
- Impacto antropogénico nas zonas costeiras
- Alterações climáticas e impacto no litoral: eventos climáticos extremos, elevação do nível do mar, inundações, perda de território por imersão, erosão costeira.
- O papel da avaliação de risco dos impactos das alterações climáticas no processo da tomada de decisão.
- Gestão costeira na adaptação às alterações climáticas
- Medidas de mitigação e adaptação às alterações climáticas em zonas costeiras
- A engenharia natural como um meio de prevenir a erosão costeira na adaptação às alterações climáticas

Objetivos

- 1** Entender o significado das alterações climáticas e identificar a origem e as consequências nos oceanos e no litoral.
- 2** Identificar as formas de atenuar o impacto das alterações climáticas nas zonas costeiras.
- 3** Reconhecer as principais estratégias de adaptação nas zonas costeiras (interpretar a imagem associada nos infográficos)
- 4** Reconhecer o papel do IPCC, CQNUAC e COP no quadro regulamentar das alterações climáticas.
- 5** Identificar os objectivos da UE no quadro regulamentar para as alterações climáticas e que medidas são tomadas para alcançá-los.
- 6** Entender o papel da avaliação dos impactos das alterações climáticas na tomada de decisão.
- 7** Identificar os fatores que contribuem para o aumento do nível médio das águas do mar (SLR) e os consequentes impactos em zonas costeiras e no sector ambiental, social e económico.
- 8** Identificar as estratégias de adaptação dos Países Baixos e do Reino Unido para minimizar o impacto e os riscos no aumento do nível médio das águas do mar.
- 9** Identificar as diferentes estratégias de ação costeira destinadas a prevenir inundações e erosão costeira resultantes do impacto das alterações climáticas
- 10** Analisar as várias obras realizadas na costa do Atlântico, tendo em conta o impacto das tempestades que têm devastado esta zona costeira





Unidades

Cofinanciado por:



1 Questões iniciais e conceitos



Nesta unidade didática são mencionados diversos conceitos relacionados com a gestão costeira. À medida que se avança no estudo é importante já ter compreendido alguns destes conceitos.

I. Perigo - Possibilidade ou potencial para a ocorrência de um evento natural ou induzido pelo homem. Apresenta uma perda potencial de vidas, de saúde e de bens ou danos em infraestruturas, na prestação de serviços, nos ecossistemas e nos recursos ambientais.

II. Exposição - Presença de pessoas, meios de subsistência, espécies ou ecossistemas, recursos, serviços, infra-estruturas, bens culturais, sociais ou económicos em locais que podem ser afetados de forma negativa.

$$\text{Perigo} + \text{Exposição} = \text{Risco}$$

III. Risco - É a probabilidade de dano que poderá ocorrer quando um assunto, infra-estrutura, habitação, etc. é exposta a um perigo. É o potencial de sofrer as consequências da exposição a um perigo. Os riscos resultam da interação da vulnerabilidade, da exposição e risco.

IV. Vulnerabilidade - Tendência ou predisposição de ser afetado negativamente por um evento adverso ou perigo. Além da susceptibilidade de danos, também inclui a falta de resposta e de adaptação.

V. Impacto - efeitos perigosos, mudanças no sistema natural e humano (ecossistemas, economia, sociedade, cultura, serviços, infra-estruturas, etc.) em relação à vulnerabilidade de uma comunidade ou de outro sistema exposto.

VI. Mitigação - É a intervenção humana que visa reduzir ou mitigar os efeitos adversos das alterações climáticas, por exemplo, para reduzir o aquecimento global e outros aspectos associados às emissões de gases com efeito de estufa, a partir de estratégias de redução ou de sequestro desses gases para reduzir a sua concentração na atmosfera.

VII. Resiliência - É força ou resistência. Os sistemas sociais, económicos e ambientais podem resistir a eventos críticos ou tendências de riscos crescentes, através de competências como a adaptação e a transformação.

VIII. Adaptação - É o processo de adaptação ao clima experienciado ou esperado e aos seus efeitos. Em sistemas humanos, as medidas de adaptação têm como finalidade evitar ou mitigar os danos, mas também, tirar partido das oportunidades benéficas.

IX. Transformação - Refere-se a mudanças nos atributos fundamentais dos sistemas naturais e humanos. Esta transformação pode incluir alteração, reforço, ou mudanças significativas nos objectivos para a promoção do desenvolvimento sustentável, incluindo a redução da pobreza.



O 5º Relatório de Avaliação do IPCC (Quinto Relatório de Avaliação, AR5, 2013 e 2014) é a fonte de informação mais detalhada e atualizada sobre as ações que podem ser tomadas para evitar ou minimizar os aspectos negativos das alterações climáticas, que têm a sua origem em atividades antropogénicas, primeiramente como resultado do uso de combustíveis fósseis e as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) inerentes. A Figura 1 mostra as emissões anuais totais antropogénicas de GEE de vários gases, tais como, os gases fluorados, que são gases produzidos pelo homem para fins industriais, óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), CO₂ provindo de floresta e de outros usos da terra (CO₂ FOLU) e CO₂ provindo de combustíveis fósseis e de processos industriais.

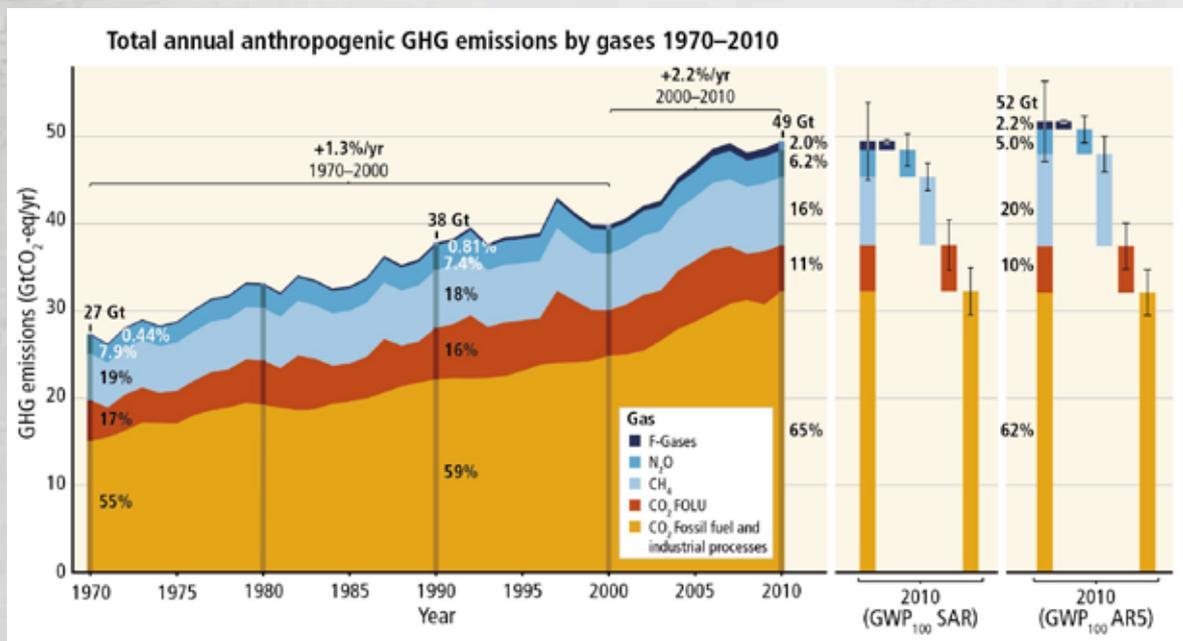


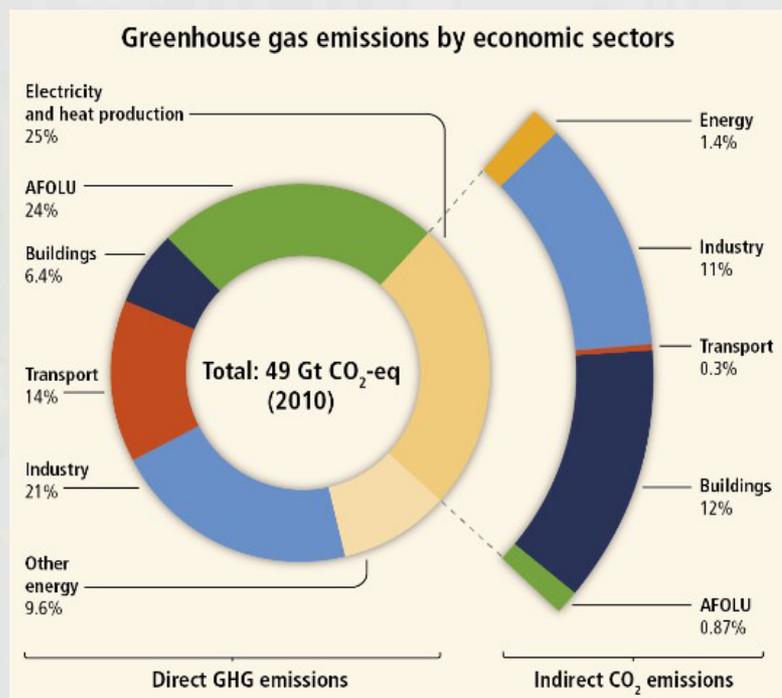
Figura 1 - Total de emissões antrópicas de GEE anuais por gás 1970-2010. Fonte: Climate Change 2014 Synthesis Report, IPCC.

De acordo com o IPCC, as emissões de gases com efeito de estufa têm vindo a aumentar continuamente desde 1970, especialmente nas últimas décadas, devido às crescentes e constantes necessidades de energia e inerente dependência de combustíveis fósseis. O uso de combustíveis fósseis: carvão, gás natural e petróleo, é responsável pela emissão de quantidades significativas de CO₂ que atualmente representam 78% das emissões de GEE.

No que diz respeito ao setor económico, em 2010, a Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo (AFOLU) foi o principal responsável pelas emissões diretas de gases de efeito estufa (24% do total), seguido pelo setor da indústria (21% do total) e dos transportes (14% do total). No que diz respeito às emissões indirectas de CO₂, o setor de Produção de electricidade e calor apresenta os valores mais elevados (25% das emissões totais de CO₂ indirectas).

Figura 2 - Emissões de gases com efeito de estufa, por setores económicos: Electricidade e produção de calor, AFOLU, Edifícios, Transportes, Indústria e outras energias.

Fonte: Climate change 2014 Synthesis Report, IPCC.



Tendo estes fatos em consideração, tanto os agentes políticos bem como os cidadãos cidadãos têm a obrigação de tomar medidas para reduzir as emissões de GEE. Recentemente, a mensagem pública centra-se na redução do uso de transportes, no entanto deve-se ter em consideração que a agricultura é a principal causa deste tipo de emissões. Como tal, todos devem tomar medidas para atenuar este aspecto, quer pela redução do consumo de carne quer evitando produtos com organismos genéticos modificados.



1. Apresente medidas de mitigação para reduzir as emissões de GEE, para cada sector económico apresentado na figura 2
2. Identifique eventos recentes (últimos 100 anos) que poderão estar relacionados com as alterações climáticas e com a variabilidade climática.

1.1. As alterações climáticas afetam significativamente os oceanos e as zonas costeiras de várias maneiras:

a) Aumento da temperatura do oceano (SST)

Com as alterações climáticas e o aquecimento global, o planeta Terra absorve uma quantidade cada vez maior de energia (calor) do que a que emite de volta para o espaço. Como os oceanos podem absorver grandes quantidades de energia devido à sua grande extensão e capacidade térmica, todo o calor adicional é incorporado e armazenado no oceano.

É possível afirmar que a temperatura do oceano tem vindo a aumentar, ao longo dos últimos anos, e estima-se que continue a aumentar.

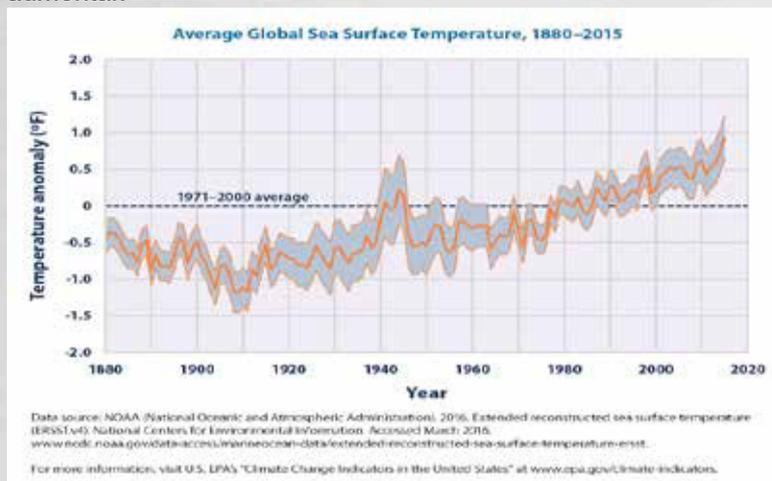
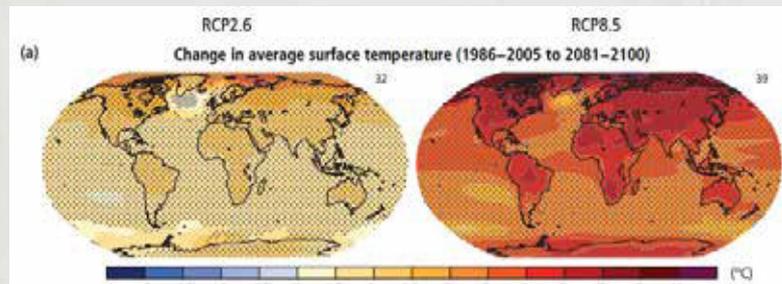


Figura 3 - Este gráfico mostra como a temperatura média da superfície dos oceanos do mundo mudou desde 1880. Fonte: Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. Fonte de dados: NOAA, 2016.

O aumento da temperatura da superfície do oceano tem consequências directas no planeta, influenciando eventos climáticos e padrões climáticos em todo o mundo. É imperativo compreender o papel que os oceanos têm na regulação do clima do nosso planeta.

As projecções mostram que a tendencia é para que a temperatura da água suba até níveis significativos, tal como observado na figura abaixo.

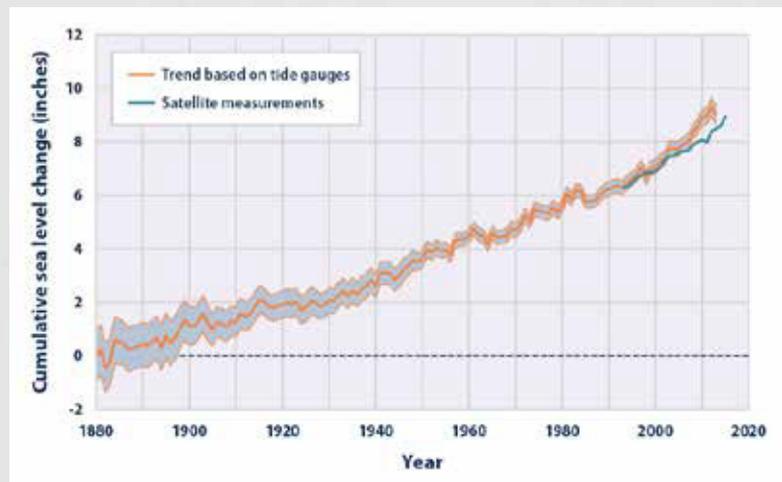
Figura 4 - Alteração na temperatura superficial média (1986-2005 a 2081-2100). Fonte: IPCC AR5 Relatório Síntese.



b) Aumento do nível do mar (SLR)

Existem duas principais causas para o aumento do nível do mar, que estão relacionadas com as alterações climáticas. Em primeiro lugar, a troca de água da terra para o mar devido ao degelo dos glaciares e icebergs. Isto leva a variações regionais do nível do mar e provoca mudanças nas correntes dos oceanos. Em segundo lugar, o aumento da temperatura oceanos que leva à expansão da água, causando, assim, a subida do nível médio das águas do mar.

Figura 5 - Fonte de dados: CSIRO, 2015; 3 NOAA, 2016 atualização Web: Agosto de 2016.



Espera-se que, no final do século XXI, o nível médio do mar tenha subido entre 0,7 metros e 0,8 metros. No entanto, este aumento pode não se verificar em todas as regiões, com apenas 70% do litoral a experienciar estas alterações, cerca de 20% da média global.

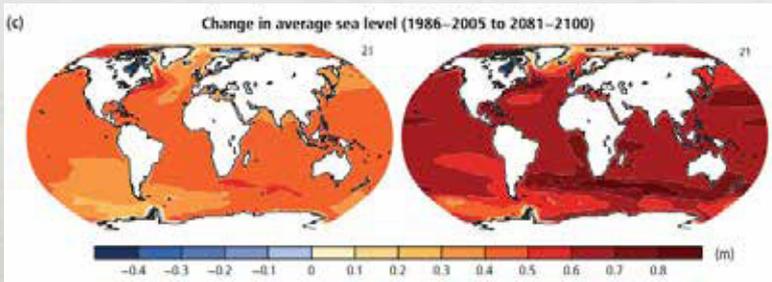


Figura 6 - Alteração no nível médio do mar (1986-2005 a 2081-2100). Fonte: IPCC AR5 Relatório Síntese.

Verificam-se diversos impactos das alterações climáticas nas zonas costeiras, sendo os mais graves a erosão costeira, a perda de terra por imersão e as inundações costeiras devido a eventos extremos.

c) Erosão costeira



Figura 7 - A erosão está a ameaçar a área costeira da cidade norte-americana de Pacifica, Califórnia. O fenómeno intensificou-se em 2016 após fortes chuvas e deslizamentos de terra, colocando casas com vista para o oceano em risco. Copyright © Gentside Discovery.

[clique na imagem para ver o vídeo](#)

[clique na imagem para ver o vídeo](#)

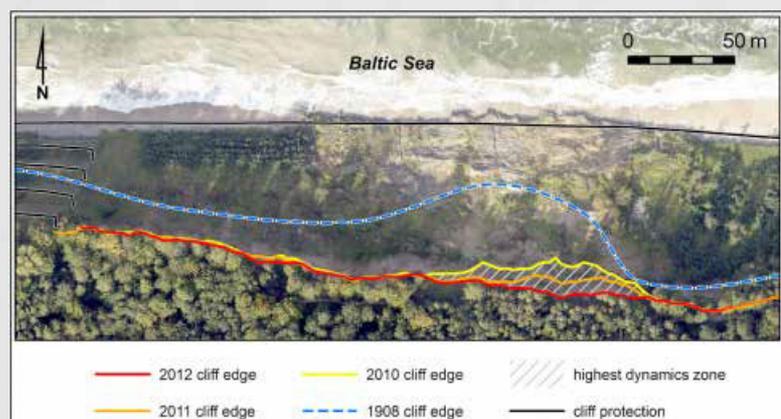
A erosão costeira consiste na remoção e arrastamento dos sedimentos das praias e dunas por ação conjugada de fatores de forçamento oceanográfico (i.e. ondas, correntes e marés), traduzindo-se no recuo da linha de costa, e conseqüente perda de território.

A erosão costeira pode ocorrer em horizontes temporais curtos (e.g. recuo instantâneo da linha de costa associado a temporais), dependente da variabilidade sazonal, ou em períodos de tempo mais longos, a um escala inter-anual ou de década.

As causas da erosão costeira são múltiplas, de origem natural ou antrópica, destacando-se a diminuição do volume de sedimentos fornecidos ao litoral, a presença de obras de engenharia costeira pesada e a subida do nível médio das águas do mar.

Figura 8 - Erosão do penhasco, desde 1908, em Jastrzębia Góra, Polónia.

Fonte: "Erosão costeira do Mar Báltico; um estudo de caso na região Jastrzębia Góra", *Geologos* 20, 4 (2014): 259-268





3. Observe o vídeo capturado por um drone que mostra a erosão de um penhasco. Identifique os principais perigos / riscos que se podem observar. Crie uma infografia / panfleto com os riscos da erosão costeira.

Clique na imagem para ver o vídeo

Source: Duncan Sinfield.



4. Simulação da erosão costeira

Material:

- Caixa de vidro ou de plástico
- solo
- Pedras
- Água
- Vareta
- Casa de plástico
(Ou algo que possa substituir uma casa)

Procedimento:

- Coloque o solo na caixa, numa camada, de forma a cobrir o fundo da

caixa.

- De um lado da caixa coloque as pedras e cubra-as com mais solo.
- Faça cerca de 4 camadas de pedra e solo, sempre no mesmo lado, a fim de criar uma colina. (O número de camadas irá depender do tamanho da caixa).

- Coloque a água no lado inferior da caixa (do lado com menos solo), até cobrir 1/3 da colina.

- Coloque a casa de plástico no topo da colina.

- Com a vareta agite a água, imitando os movimentos do oceano.

Os movimentos devem ir de trás para a

frente da colina e não de forma lateral

- Registe suas observações.
- Considerando o que observou, refira quão importante é esta problemática da erosão costeira e qual a importância de criar soluções para este problema.

Como exemplo assista à seguinte experiência: <https://www.youtube.com/watch?v=gms8uUk7cf4>

d) Perda de terreno por Imersão

Perda de terreno por imersão pode ser simplesmente definido como o avanço e permanência do oceano para as terras adjacentes, aumentando estuários, lagos e lagoas.

Em muitas áreas costeiras o principal fator responsável pela perda de terra é submersão (inundações permanentes causadas pela elevação do nível do mar). A perda de terrenos costeiros devido à subida do oceano pode ser originada pelo aumento da temperatura dos oceanos, pela erosão costeira ou por ambos.

Neste vídeo: <https://www.theguardian.com/science/video/2015/aug/28/nasa-sea-levels-rising-human-climate-change-video> Josh Willis, da NASA, explica o alerta da Agência Espacial acerca de um estudo de imagens de satélite de longo prazo que tem mostrado um aumento dramático no nível médio das águas do mar devido às alterações climáticas.

e) Inundações costeiras devido a eventos extremos

As inundações costeiras podem ter origem no aumento do nível das águas em relação ao nível normal, devido à conjugação de eventos extremos oceanográficos e atmosféricos, que em zonas de transição, como os estuários, pode acrescer ao stress da origem fluvial. As inundações costeiras são influenciadas por três fatores principais, que podem ocorrer associados ao nível de preia-mar, a sobrelevação de origem meteorológica e à ação das ondas. Os fenómenos atmosféricos extremos resultantes das alterações climáticas potenciam o risco de inundação em zonas costeiras.



Figura 9 - Pequena vila de Port William nas margens do Luce Bay. Concepção do artista de uma tempestade. Fonte: Creative Commons. Imagem: David Baird



Figura 10 - Episódio de inundação gradual (janeiro / 2009) em Araranguá. As principais estradas, rodovias e quase toda a cidade foram inundadas. Fonte: S. Debortoli, Nathan & Chen Lin, Sung & Hirota, Marina. (2017). Avaliação da vulnerabilidade do ambiente rural a eventos climáticos extremos e alterações climáticas na Bacia do Rio Araranguá. Geographical Notebooks. 36. 76.

Assista o vídeo que se segue de um episódio de inundação costeira provocada por um evento climático extremo (em time lapse).

Time lapse de uma inundação costeira. Fonte: Hurricanetrack

Clique na imagem para ver o vídeo



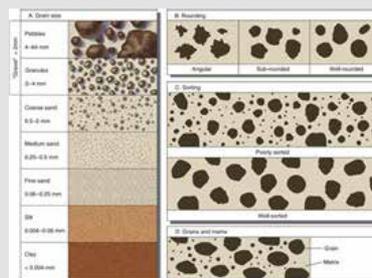
5. Saída de campo - vulnerabilidade costeira

Local: visitar uma praia de barreira ou uma praia numa zona de falésia.

Duração: 1 hora

Questão principal: Como é que eventos climáticos extremos afetam os ecossistemas costeiros? Quão vulnerável é esta praia à erosão costeira?

Preparação: Os alunos deverão preparar um cartão que represente a escala de classificação de sedimentos. Devem ser impressas e distribuídas folhas de dados para registar os resultados. O grupo deverá ter consigo uma escala de medição da velocidade do vento (Beaufort).



Procedimento:

- Faça uma apresentação geral sobre a praia. Alerta os alunos sobre as medidas de segurança ao longo da visita e organize-os em grupos.
- Informe os alunos que irão começar o estudo a partir da linha de costa e subir a costa em direção às dunas ou falésias. Relembre os alunos que não podem pisar as dunas
- Convide os alunos a observar o tipo de paisagem: se existem rochas ou dunas, vegetação, diferentes tipos de sedimentos.
- Os alunos deverão passar por cada zona da praia e completar a sua folha de registo. Opcional: recolher amostras de sedimentos para posterior estudo em sala de aula.
- Pergunte qual o tipo de sedimentos de que é constituída a praia (areia, pedra...). Existem diferentes sedimentos ou é tudo igual?
- Após o registo dos dados, promover um breve debate.
- Observe as diferenças de angulação e de densidade entre os sedimentos.

Desenhe o perfil das dunas /da praia / das arribas e legende as várias zonas. Registe a sua estimativa da elevação da crista das dunas e do topo dos bancos costeiros.

1.2. As alterações climáticas têm impactos sociais, económicos e ambientais

a) Impacto nos ecossistemas

As alterações climáticas estão a ser tão rápidas que estão a pôr em causa a capacidade de adaptação de muitas plantas e animais. Muitas espécies terrestres, de água doce e marinhas já se mudaram para novos habitats. Se as temperaturas médias globais continuarem a aumentar descontroladamente, algumas espécies vegetais e animais ficarão expostas a um risco acrescido de extinção. A seca, o risco de incêndio e de fenómenos atmosféricos extremos resultantes das alterações climáticas contribuem para uma ameaça crescente na biodiversidade e no equilíbrio dos ecossistemas.

O aumento da temperatura da água é uma condição favorável para a reprodução de plantas, tais como algas, que em quantidades elevadas levam à redução de oxigénio (diminuição da quantidade de oxigénio dissolvido na água) e diminui a quantidade de luz disponível, que afecta directamente outras espécies existentes no mesmo habitat. O aumento do nível médio da água do mar afeta directamente sapais e pradarias costeiras devido à sua proximidade com o oceano. Quanto aos recifes de coral, estes são igualmente muito afetados, de forma negativa, pelo aquecimento dos oceanos e pela sua crescente acidificação, tendo-se observado nos últimos anos uma acentuada destruição destes ecossistemas aquáticos.



Como tal, se as consequências das alterações climáticas não forem mitigadas, algumas espécies de fauna e flora estarão expostas a um maior risco de extinção. As intervenções para reduzir os efeitos das alterações climáticas nas populações, causados por emissões de GEE, focam-se em dois pontos críticos reconhecidos como os objectivos da CQNUAC e que visam contribuir para alcançar um desenvolvimento sustentável e equitativo.

b) Impactos Sociais e Económicos

Para além dos impactos ambientais, as alterações climáticas também têm impactos sociais e económicos, sobretudo nos setores que dependem de temperaturas específicas e de determinados níveis de precipitação, como a agricultura, florestas, energia e turismo.

ATIVIDADES ECONÓMICAS:	INFRA-ESTRUTURAS:	Nas populações:
<ul style="list-style-type: none">• Florestas• Pesca• Turismo• Agricultura• Energia	<ul style="list-style-type: none">• Portos• Vias de Comunicação• Redes de abastecimento de água• Redes de saneamento	<ul style="list-style-type: none">• Habitações• Cultura• Saúde humana• Acesso a alimentos• Acesso a água

Entre 1980 e 2011, as inundações afetaram mais de cinco milhões e meio de pessoas e causaram perdas económicas diretas, que excederam os 90 mil milhões de euros.

Os impactos económicos das alterações climáticas são sentidos com maior intensidade, nos países em desenvolvimento do que nos países desenvolvidos, devido à falta de recursos e de medidas de mitigação e adaptação às alterações climáticas.

Os danos patrimoniais, nas infra-estruturas cruciais para as atividades humanas, tais como portos, instalações de comunicações e instalações de cuidados de saúde representam um fardo para a sociedade e para a economia. Como tal, é fundamental proteger estas infra-estruturas dos impactos das alterações climáticas.

As sociedades estão a começar a sentir os efeitos dessas mudanças devido à falta de alimentos de qualidade, falta de recursos e escassez de água, que tem como consequência conflitos e guerras. É importante notar que os efeitos não são sentidos igualmente a um nível global, sendo regiões mais povoadas, como a Ásia, mais afetadas do que outras regiões.



6. Identificar os impactos sociais, económicos e ambientais (3 para cada) das alterações climáticas e as causas que lhes estão associadas.

1.3 Mitigação

O que é a mitigação dos efeitos das alterações climáticas?

Como mencionado no início do capítulo, a mitigação pode ser explicada como qualquer intervenção humana que visa reduzir os efeitos adversos das alterações climáticas. Isto pode ser feito através da redução das fontes de gases com efeito estufa ou através do aumento da captação desses mesmos gases.

Esta redução pode assumir várias formas, nomeadamente:

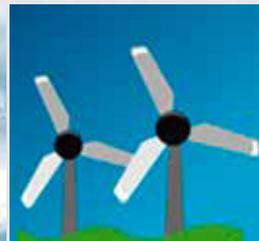
Diminuindo a desflorestação
e promovendo o
reflorestamento



Adotando formas mais
limpas de energia



Investindo em projectos de
baixo carbono



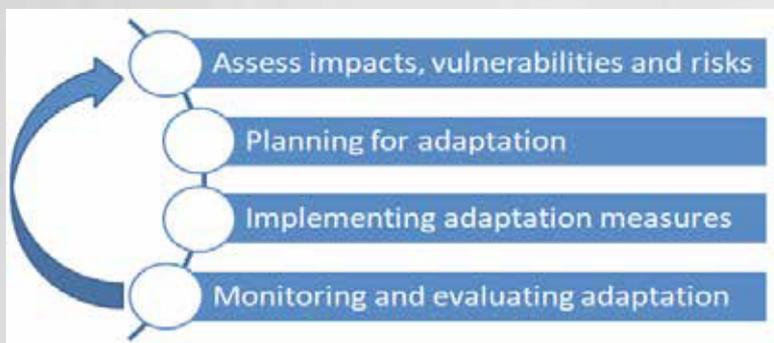
É possível termos uma mitigação e adaptação produtivas face às alterações climáticas, através da redução da magnitude e da vulnerabilidade aos seus efeitos.



1.4. Adaptação

Além de mitigação, a adaptação é um dos pontos-chave para enfrentar os efeitos das alterações climáticas. É crucial aplicar boas medidas de adaptação na medida em que estas irão ajudar a neutralizar os efeitos das alterações climáticas que já se fazem sentir e que têm sérios impactos sobre o planeta, mas também, para melhorar a resposta a impactos futuros, aumentando assim a resiliência.

Para que as medidas de adaptação sejam bem sucedidas, há a necessidade de que todas as partes interessadas (governos, agências da ONU, ONGs, institutos de pesquisa, setor privado, grupos da sociedade civil) assumam um compromisso conjunto seguindo um processo compreensivo e iterativo:



É importante compreender onde é que as alterações climáticas estão a ter ou terão os maiores impactos e tentar entender as consequências que isso terá, identificar as maiores vulnerabilidades e o tipo de riscos associados.

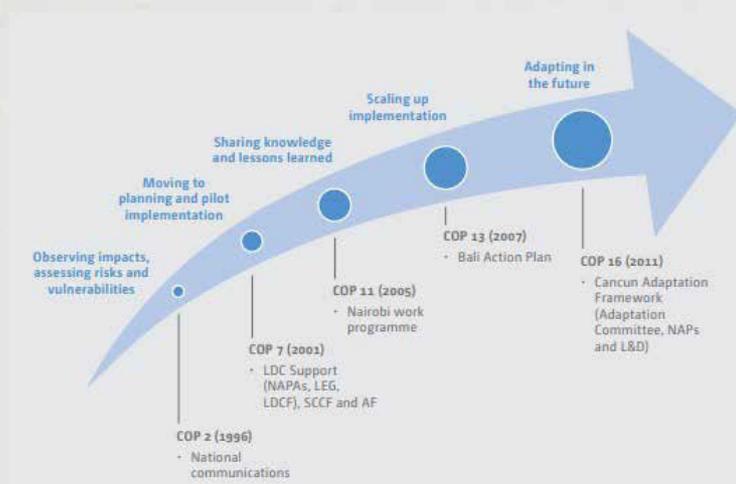
Em seguida, é importante compreender as atividades de adaptação / medidas, avaliar sua relação custo benefício, de forma a selecionar as melhores opções. Isto será seguido pela implementação das medidas a nível local, regional e nacional.

Por último, existe a necessidade de monitorar e avaliar as medidas implementadas, a fim de compreender o seu progresso e eficiência. O processo reinicia-se quando as alterações são realizadas para melhorar o processo.

Nos últimos anos, tem havido uma acrescida preocupação com este tema, sendo refletida no progresso das etapas de adaptação no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas como se pode verificar na Figura 11.

Figura 11 - Etapas de adaptação sob a CQNUAC.

Fonte: UNFCCC, O Estado de adaptação no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.



2 Principais estratégias de adaptação



As zonas costeiras são bastante vulneráveis à elevação do nível do mar, às inundações e às tempestades e conseqüentemente à erosão costeira. Por essa razão há uma necessidade crítica de ter respostas e ações pró-ativas, de forma a minimizar os danos sociais, económicos e ambientais. Para garantir isso, é fundamental a participação de toda a comunidade.

Alguns países, vulneráveis a riscos mais elevados, já implementaram amplas medidas e esforços consideráveis para fazer face a esta questão.

Existem diferentes medidas de adaptação que os países podem adoptar para mitigar os efeitos adversos das alterações climáticas. A maioria das soluções são de engenharia civil, no entanto é incentivada a implementação de soluções naturais.

As medidas de adaptação podem ser divididas em quatro grupos (Figura 12):

- Retração - o abandono da costa ou retirada de populações, ecossistemas ou infra-estruturas costeiras
- Alojamento - Adaptação in situ, sem deslocação,
- Protecção - Construção de obstáculos entre o mar e as populações ou outros recursos: barragens, diques e outras estruturas de engenharia que servem para aliviar os efeitos da ondulação e outros perigos em caso de tempestades extremas. Adaptação de habitações, infra-estruturas para resistir a inundações, estruturas flutuantes, construção em pilares, etc.

- Restauração da natureza - Restauração de praias, dunas, pântanos e mangues que servem como obstáculo ou ajudam a dissipar a energia de eventos extremos.



Figura 12 – Estratégias de adaptação que neutralizam os efeitos negativos das alterações climáticas.

A empresa de arquitectura SCAPE / Landscape apresenta uma solução de sistema de diques naturais que poderá ser construído para proteger Staten Island, absorvendo as águas das tempestades e, ao mesmo tempo, promovendo habitats saudáveis para a vida marinha, incluindo ostras e lagostas (Figura 13). Este é um exemplo específico de uma medida de adaptação.

Figura 13 - Imagem 1 de 1 da galeria de Semi-finalistas para o desafio Buckminster Fuller. Fotografia pelo SCAP



Algumas das medidas mencionadas acima podem ser combinadas, dependendo dos aspetos físicos e sociais do local. Como tal, é necessário fazer uma análise e avaliação das principais vulnerabilidades da zona costeira, de forma a seleccionar a melhor medida de adaptação a aplicar.



7. Crie um modelo interativo dos quatro tipos de medidas mencionadas Previamente (Retração, alojamento, proteção e restauração da natureza). Fazer uma apresentação para outras turmas sobre estas medidas de adaptação e fazer uma exposição na escola sobre este tópico.



[Clique na imagem para ver o vídeo](#)

Source: CEAC Solutions

3 Quadro normativo sobre as alterações climáticas



Desde que há consciência sobre a importância e âmbito das alterações climáticas, e como tal a necessidade de passar à ação, tornou-se imperativo estabelecer acordos e compromissos entre os países, para reduzir as emissões de GEE, fomentando a participação e envolvimento dos cidadãos.

Assim, no início de 1998 tem início o IPCC, com o intuito de proporcionar o acesso à informação sobre as alterações climáticas, numa perspectiva técnica, científica e económico-social bem como para avaliar as causas dos impactos e respostas estratégicas às alterações climáticas, resultando numa importante ferramenta para as estratégias governamentais internacionais. Desde 1998, o IPCC publicou 5 relatórios em vários volumes que podem ser acedidos através do website <http://www.ipcc.ch/>, sendo uma ferramenta chave na atuação do governo a nível internacional.

O último relatório publicado – o AR5 - focou-se na avaliação dos aspetos sócio-económicos, no impacto no desenvolvimento sustentável, aspetos regionais, gestão de risco e nas respostas de mitigação e adaptação. Foram recolhidas mais que 100 evidências dos impactos das alterações climáticas mostrando a necessidade urgente de adaptação, especialmente nas zonas costeiras.



Figura 14 – Quinto relatório do IPCC.
Fonte: IPCC

Diferentes níveis de decisores (locais, nacionais e internacionais) têm vindo a tentar encontrar soluções para este assunto, através da organização de várias conferências, da redação de quadros normativos e do estabelecimento de acordos.

O acordo mais importante, a nível global, resultando em várias conferências e encontros é o UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), conhecido como a Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC), adotado em Nova Iorque a 9 de Maio de 1992 e em vigor desde 21 de Março de 1994. Esta convenção foi atualizada e modificada no Protocolo de Kyoto em 1997, na emenda de Nairobi em 2006 e no Protocolo do México em 2010.

Os principais objetivos da CQNUAC são alcançar a estabilização dos valores de GEE na atmosfera, a fim de evitar efeitos antropogénicos perigosos para o clima e dar tempo para os ecossistemas se adaptarem às alterações climáticas. Isso irá garantir que a produção de alimentos não é afetada e que a economia se desenvolve de forma sustentável. Neste documento, assumiu-se que as alterações climáticas são um facto inevitável, o que implica a necessidade de medidas preventivas para travar o problema e medidas de mitigação, atenuantes, adaptativas e corretivas para enfrentar esta nova situação. Na época (1992), não foi estabelecido um nível de perigo das emissões de GEE, sendo definido um sistema de interferências sem certeza científica do que se deveria entender, por níveis não-perigosos e perigosos.

A Conferência das Partes (COP) é um grupo de países, que participam da CQNUAC, que se reúnem anualmente na conhecida Conferência Internacional sobre Alterações Climáticas. O principal objetivo da conferência é analisar os dados disponíveis relacionados com as alterações climáticas, avaliar a mitigação e medidas preventivas implementadas e sua eficiência e analisar os relatórios nacionais, especificamente os inventários de emissões entregues pelas partes. Hoje em dia existem 197 partes na CQNUAC.

Clique na imagem para ver o vídeo

Fonte: AFP News Agency

Atualmente, a CQNUAC concentra-se em 11 questões principais:



Todas as Partes da Convenção entendem que a adaptação é uma questão importante quando se trata de alterações climáticas a longo prazo, um desafio enfrentado por todo o mundo, em todos os países. As estratégias das Partes precisam de ser transparentes, focadas em grupos, áreas e ecossistemas vulneráveis, de uma forma integrada considerando todas as estruturas e políticas já existentes. Existem diferentes grupos e comités a trabalhar neste assunto como o Comité de Adaptação, os programas nacionais de medidas de adaptação e o processo de exame técnico para a adaptação. No que diz respeito à mitigação, os países desenvolvidos, nos termos da Convenção, estabeleceram limites económicos para as suas emissões nacionais, enquanto que os países em desenvolvimento se concentram em projectos e programas específicos.

A divulgação da Convenção e da COP, através da comunicação social, contribui para a sensibilização sobre a questão das alterações climáticas e sobre a sustentabilidade em geral.



8. Visite o seguinte link <http://unfccc.int/timeline/> para conhecer melhor os marcos importantes e as várias etapas na evolução da política internacional do clima nos últimos 20 anos. Responda às seguintes questões:

- a) No início, quantos países assinaram a CQNUAC enquanto “Partes”?
- b) Em que ano foi assinado o protocolo de Kyoto e qual era o seu principal objetivo?
- c) Em que Conferência foi lançada a iniciativa Momentum para a Mudança e em que consistiu?
- d) Por que razão o acordo assinado na COP21 é conhecido como o Acordo Histórico de Paris?



9. Assista ao vídeo abaixo sobre COP23

<http://www.euronews.com/2017/11/18/cop23-climate-talks-end-in-bonn>

Descubra quais os principais resultados desta reunião e quais os assuntos que acabaram por não ser considerados.

Escreva uma carta, como se se dirigisse aos membros da ONU, mencionando que assuntos relevantes considera que estão a ser negligenciados.

Estratégia da UE

A União Europeia tornou-se ciente dos problemas das alterações climáticas, o que levou à adoção de uma política unitária de grande importância internacional. Consciente da importância de reduzir as emissões de GEE e como tal pode afetar a economia, especialmente para alguns países em desenvolvimento, a UE fixou metas ainda mais ambiciosas do que as acordadas pela Convenção. Enquanto os signatários do Protocolo de Kyoto definiram uma redução de 5% das emissões para o período 2008-2012, a UE comprometeu-se a reduzir 8%, para o mesmo período de tempo.

Com uma maior consciência sobre a importância de reduzir as emissões de GEE, a UE tem vindo a definir objetivos cada vez mais elevados e ambiciosos para a sua redução (Tabela 1). Essas metas e políticas são, em simultâneo uma oportunidade de alcançar uma alta eficiência energética e uma economia de baixo carbono, uma oportunidade para aumentar o emprego e aumentar a competitividade da UE.

Deadline	Commitment EU – GHG reduction
2008 - 2012	Reduction of 8%
Until 2020	20 % reduction
Until 2030	Reduction of 40 % compared to 1990, 27% of which renewable energy
Until 2050	Reduction of 80-95%

Tabela 1 - Compromisso pela União Europeia para reduzir as emissões de GEE, em relação ao ano de 1990

O gráfico abaixo mostra as projeções feitas considerando os valores na Tabela 1, tendo em consideração as últimas emissões de GEE na UE, as metas estabelecidas e a projeção de emissões para os Estados Membros com e sem medidas. Estas projeções ajudam a entender se as metas vão ser alcançadas e pensar em novas medidas para a execução, no caso de não se prespetivar que sejam alcançadas.

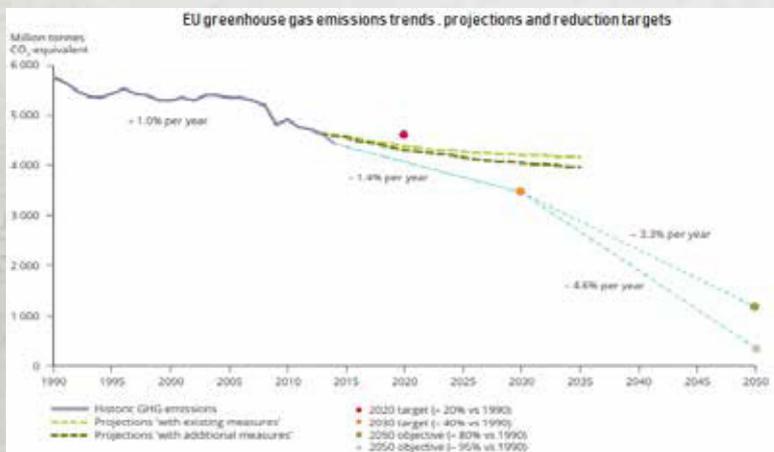


Figura 15 – Tendências e projeções de GEE da EU. Fonte: EEA 2015

As principais medidas usadas pela EU para atingir as metas estabelecidas são:

Normativas:

- Regulam um regime de comércio de direitos de emissão de Carbono na EU;
- Promovem a adoção de fontes de energia renovável;
- Contribuem para a redução do consumo energético nas habitações e na indústria
- Promovem a redução das emissões nos meios de transporte.

De suporte financeiro:

- Canalização de 20% do orçamento da EU para a proteção do clima.

De forma a disseminar e a implementar estas medidas, em 2009 é publicado o Livro Branco de Adaptação às Alterações Climáticas que assenta sobre as bases e os princípios das políticas comunitárias no campo da adaptação.

Em 2013 é lançada a Estratégia Europeia para as Alterações Climáticas com o objetivo geral de contribuir para uma Europa mais resistente às alterações e às variações do clima, de forma a providenciar uma melhor resposta aos efeitos das alterações climáticas quer a nível local, regional, nacional ou Europeu. Desta forma pretende-se promover uma abordagem mais coerente e uma melhoria na coordenação.



Esta estratégia foca-se sobretudo no litoral, mais vulnerável e onde o risco de impacto é maior, contemplando ações de adaptação com especial preocupação por zonas costeiras e transfronteiriças, principalmente em deltas e em zonas com elevada concentração de população.

É ainda publicado um documento suplementar sobre as alterações climáticas em mares e zonas costeiras relacionado com a Diretiva Quadro da Água, Diretiva Quadro da Estratégia Marinha, Diretiva sobre as Inundações e Diretiva para a Ordenação do Espaço Marítimo.

Tendo em consideração os maiores emissores de GEE em todo o mundo, é possível observar que a tendência é que se verifique um aumento progressivo das emissões. No entanto, é notável os esforços da União Europeia para diminuir estes números, como se pode verificar na figura 16. É de notar que as regiões que produzem maior quantidade de GEE são alguns dos países mais desenvolvidos ou regiões com maior concentração de população.

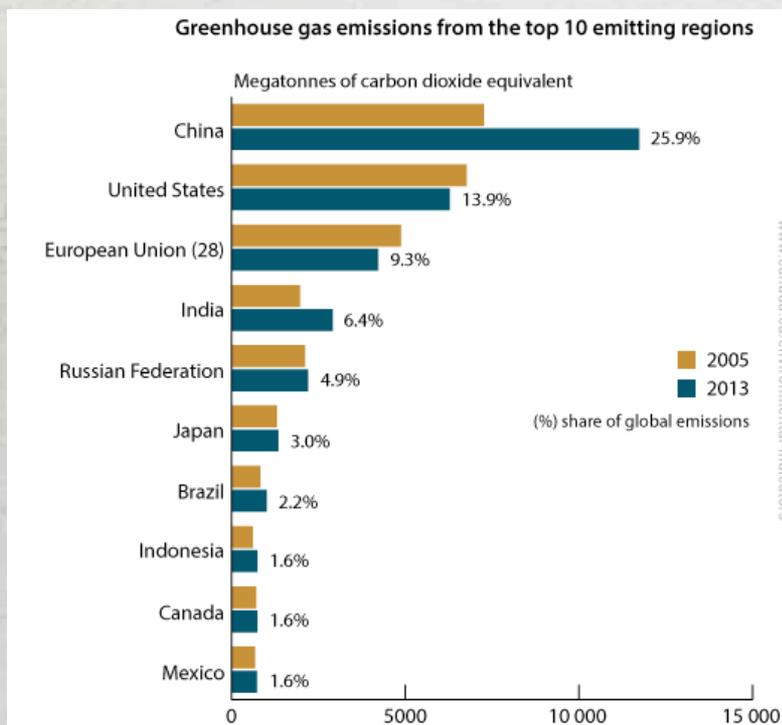


Figura 16 - A emissão de gás com efeito de estufa (em mega toneladas de dióxido de carbono equivalente) do top 10 de regiões emissoras. Fonte: Instituto de Recursos Mundiais (2017) CAIT Climate Data Explorer.



10. Elabore uma apresentação em poster sobre compromissos de redução de GEE do seu país, referindo como se encontra posicionado relativamente a outros países e sugestões / soluções para melhorar.

Organize uma exposição de cartazes na sua escola.

4 Avaliação dos impactos das alterações climáticas e tomada de decisão



O IPCC avalia as mudanças que ocorrem na tendência para o risco causado pelas alterações climáticas.

Os impactos e riscos provocados pelas alterações climáticas podem ser reduzidos através da mitigação, da adaptação e de uma boa gestão. Tanto a mitigação como a adaptação modificam de forma positiva os riscos, com os seus impactos associados, diminuindo a exposição e aumentando a resiliência.

As inter-relações entre perigo, exposição, vulnerabilidade e risco (Figura 17) são o que vai controlar a importância dos impactos negativos do clima, quer os produzidos pelo clima como pela sua variabilidade natural. A aplicação adequada de planos de gestão, incluindo as medidas de adaptação e/ou mitigação, são determinantes na minimização desses impactos.



Figura 17 – Inter-relações entre perigo, exposição, vulnerabilidade e risco (AR5, IPCC, 2014-a e b).

Nas recentes décadas, os eventos extremos no clima têm originado incertezas sobre quão severo é o impacto das alterações climáticas na sociedade e no ambiente, influenciando a tomada de decisão. As medidas de mitigação e adaptação dos próximos anos têm uma grande influência, nos impactos das alterações climáticas no Século XXI.

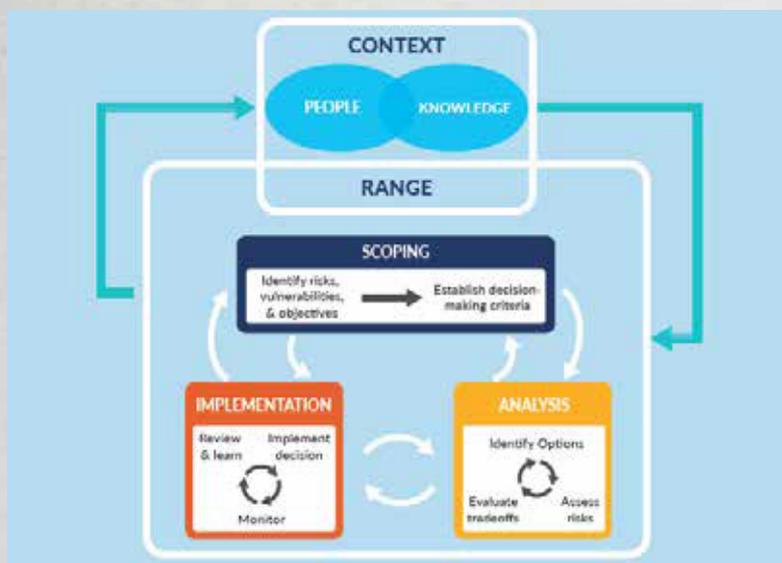


Figura 18 - Processo de gestão que propõe um método de iteração ou repetição até atingir resultados aceitáveis, incluindo três aspectos principais: estudo para a identificação dos impactos e do seu âmbito, análise e avaliação de diferentes opções e implementação de medidas (AR5, IPCC, 2014- a e b).

Neste processo de tomada de decisão, é importante:



- Perceber bem o efeito do problema



- Identificar os riscos, exposição e vulnerabilidade



- Avaliar as opções, riscos e benefícios

E assim que uma decisão é tomada com base no conhecimento e experiência,

- Monitorizar a medida





11. Investigue se existe um plano municipal de adaptação e mitigação às alterações climáticas na sua região.

Visite uma área costeira vulnerável às alterações climáticas e registe as vulnerabilidades, perigos e riscos dessa área. Pense sobre possíveis medidas de adaptação.

Convide um especialista local para debater as medidas pensadas na visita realizada previamente.

Crie um documento para apresentar aos políticos e outros decisores locais.



As Alterações Climáticas originam vários factores de stress que se vão somar ao stress que poderá existir a nível:

Biophysical

In the degradation of ecosystems and climatic variability.

Social

Caused by changes in land use, inequality, cultural factors.



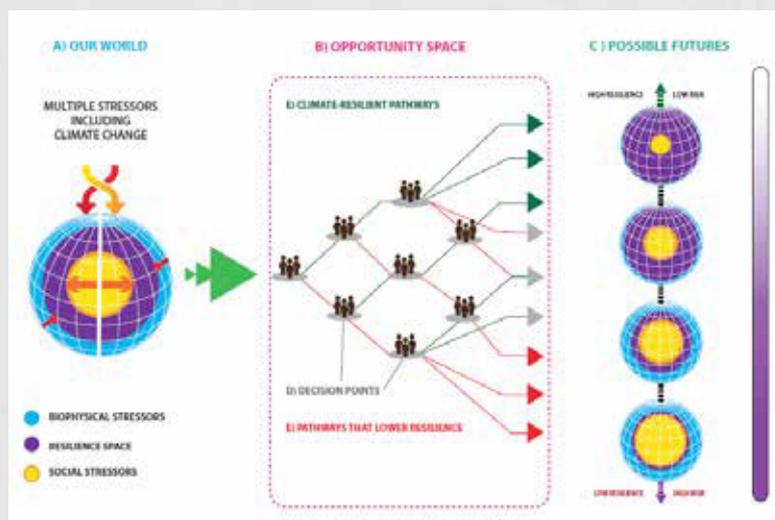
Espaço de oportunidade

Este espaço de oportunidade apresenta uma série de pontos-chave onde as decisões são tomadas, levando a vários futuros possíveis com diferentes níveis de resiliência e risco. Nesses pontos-chave e em todo o espaço de oportunidade, as medidas aplicáveis podem ser tomadas ou não num contexto de gestão ou falta de gestão, incorporando os riscos causados pelas alterações climáticas.

A implementação de medidas de adaptação e mitigação, resultado de uma boa gestão, produzirá uma trajetória resiliente. Esse aprendizado é importante por meio do acúmulo de conhecimento científico e da tomada de decisões para reduzir todos os riscos. Um caminho de menor resiliência pode ser gerado devido a má gestão, medidas de mitigação insuficientes, uma correspondência incorreta ou ignorando o conhecimento científico.

Más decisões podem resultar em situações irreversíveis no futuro. Quanto maior a magnitude e aceleração das alterações climáticas, maior a probabilidade de exceder os limites de adaptação. Transformações nas decisões e medidas no campo económico, social, tecnológico e político podem possibilitar caminhos resilientes para o clima. Se as medidas não forem tomadas a tempo nesses pontos-chave, pode ser tarde demais, num futuro próximo, para obter um mundo resiliente e resistente a diversos perigos.

Figura 19 - Espaço de oportunidades e trajetórias resilientes.



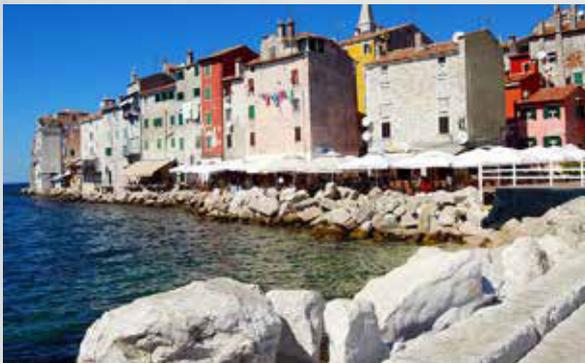


12. Responda às perguntas:

a) O que entende por espaço de oportunidade?

b) Explique de que forma se poderá produzir uma trajetória resistente e o que, pelo contrário, pode enfraquecer o caminho da resiliência?

c) O que pode acontecer se não forem tomadas medidas no tempo certo?



5 Perigos, riscos e impactos das alterações climáticas em sistemas costeiros



O conceito de costa ou zona costeira varia desde o ponto de vista: científico, social e político e inclui sistemas naturais e sistemas humanizados. No entanto, podemos afirmar que sistemas costeiros e áreas de baixa altitude incluem todas as áreas próximas do nível médio do mar.

Recentemente, devido ao risco de aumento do nível médio da água do mar (SLR), surgiu o conceito “low elevation coastal zone” (LECZ), zona de baixa altitude, inferior a 10 m. low-elevation coastal zone, LECZ; (Vafeidis et al., 2011 in IPCC, 2014).

É importante lembrar que as áreas costeiras incluem, da mesma forma, sistemas naturais e humanos. Os sistemas costeiros abrangem uma ampla gama de ambientes, tais como praias, dunas, deltas, estuários, pântanos e falésias, tornando estes sistemas muito complexos. Deste modo, há uma forte influência da atividade humana nessas áreas, especificamente para habitação, transporte, serviços, infra-estruturas e atividades de lazer (Figura 20).

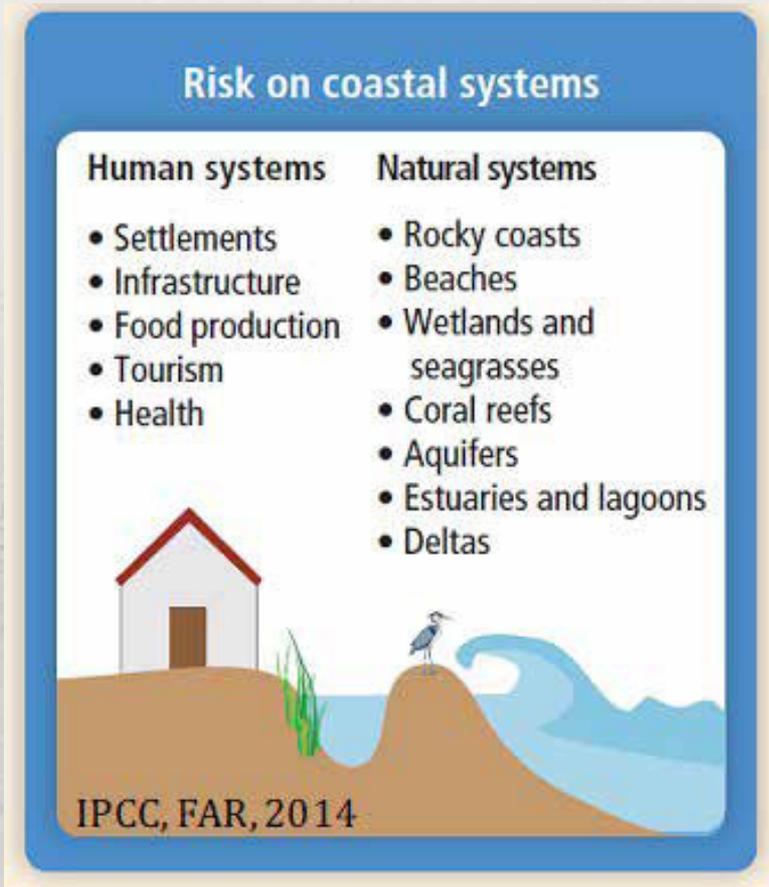


Figura 20 - Risco em sistemas costeiros

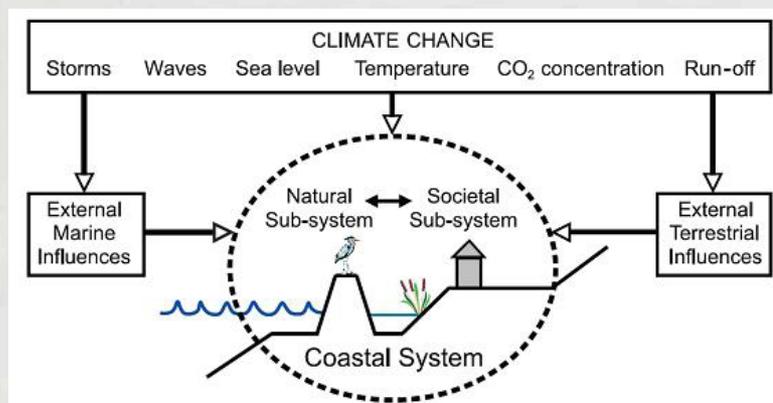
Como pode ser observado nas Figuras 21 e 22, a costa apresenta uma variedade de aspectos, a partir do seu estado natural inalterado até à antropização completa.



Figura 21 e 22 – Em cima, Costa Jurassic perto Lulworth em Dorset, Inglaterra; Em baixo, costa australiana.

Os efeitos negativos das alterações climáticas são particularmente sentidos na faixa costeira, devido a eventos climáticos extremos e ao aumento do nível do mar, enfrentando perigos graves e riscos. Estes fenómenos provocam danos significativos na costa devido às suas consequências como a erosão costeira, perda de sedimentos e perda de terra por imersão. Os impactos sentidos sobre os sistemas costeiros devido às alterações climáticas, podem ter a sua origem em influências marinhas externas ou em influências terrestres externas (Figura 23). O primeiro pode consistir em interações oceano-atmosfera, que vão modificar a temperatura do oceano e aumentar a ocorrência de tempestades. O segundo reflete-se em variações no fluxo de rios e nas quantidades de sedimentos e nutrientes disponíveis.

Figura 23 – As alterações climáticas afetam o sistema costeiro de diferentes maneiras, naturais e sociais. As influências podem ser tanto continentais e marinhas (IPCC, 2007).



13. Faça uma pesquisa sobre as zonas costeiras do seu país. Escolha uma zona costeira que se encontre no seu estado natural e outra que se encontre afectada pelas atividades humanas (ver exemplo das figuras 21 e 22).

Faça uma apresentação para a turma, sobre ambas as áreas, identificando os impactes negativos e positivos (a nível social, económico e ambiental).

Diga em qual destas zonas prefere viver e porquê?

Representação das causas, consequências, perigos e riscos relacionados com as alterações climáticas e com as atividades humanas.

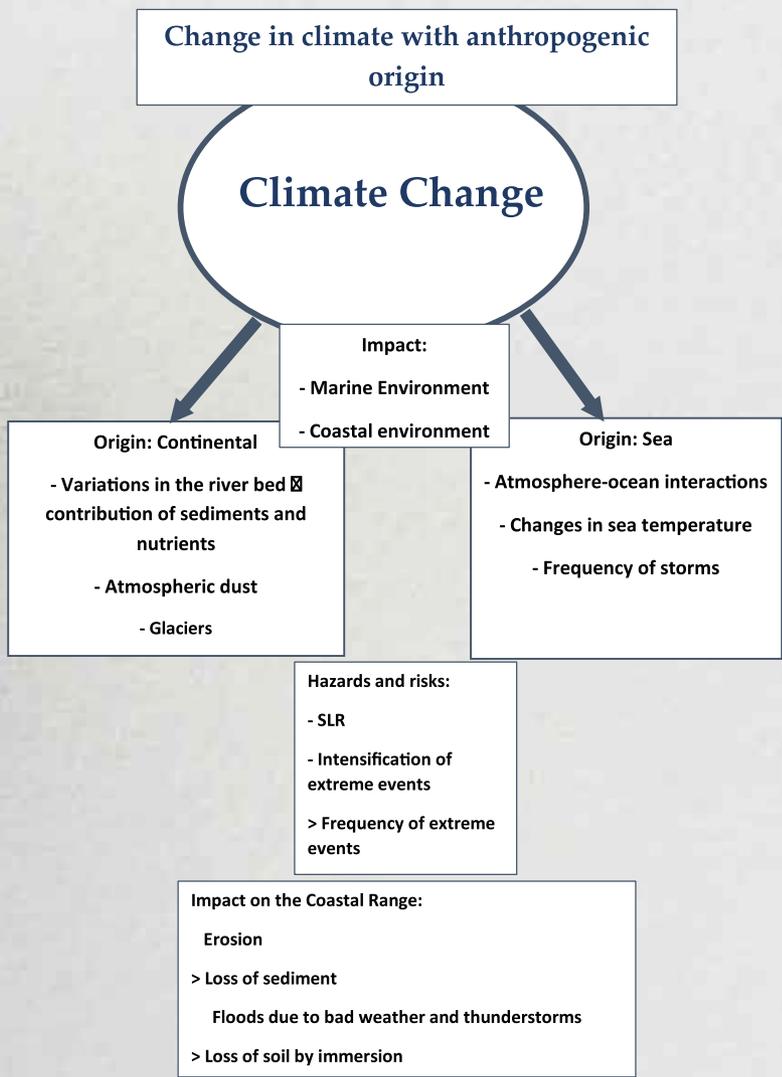


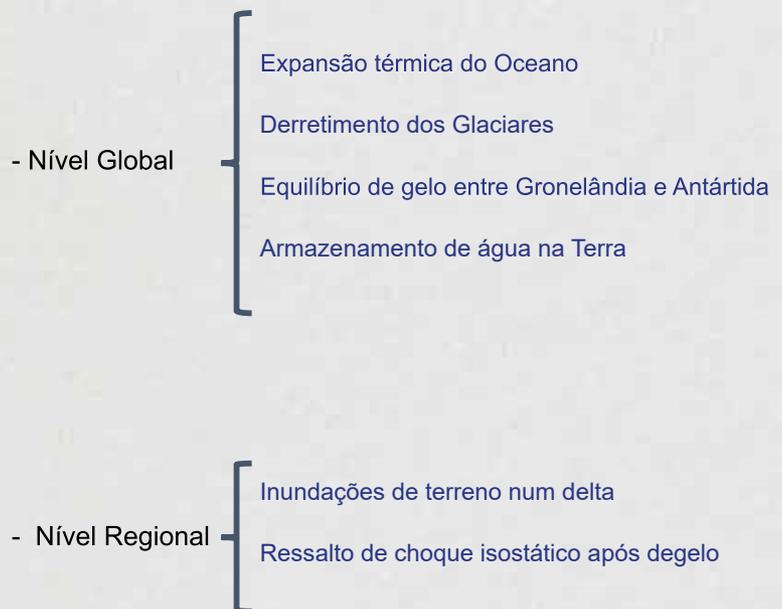
Figura 24 - Gráfico sobre as causas e consequências das alterações climáticas.

[Clique na imagem para ver o vídeo](#)

5.1 Subida do nível médio das águas do Mar - SLR

As alterações do nível do mar podem verificar-se a uma escala global, afetando todo o oceano (denominado Eustatic Changes) ou a uma escala regional, quando as alterações têm causas locais, como as inundações de terreno num delta.

As principais consequências das alterações de SLR, são:



No último período interglacial o nível do mar (global) encontrava-se a mais do que 5m acima do atual e a temperatura era de 2°C acima, do registado do período pré-industrial.

De acordo com o IPCC (2015), a taxa média de aumento de água do mar (mm/ano) tem aumentado ao longo do século passado, com dados a mostrar um aumento de 3,2 mm / ano, para o período de 1993-2010.

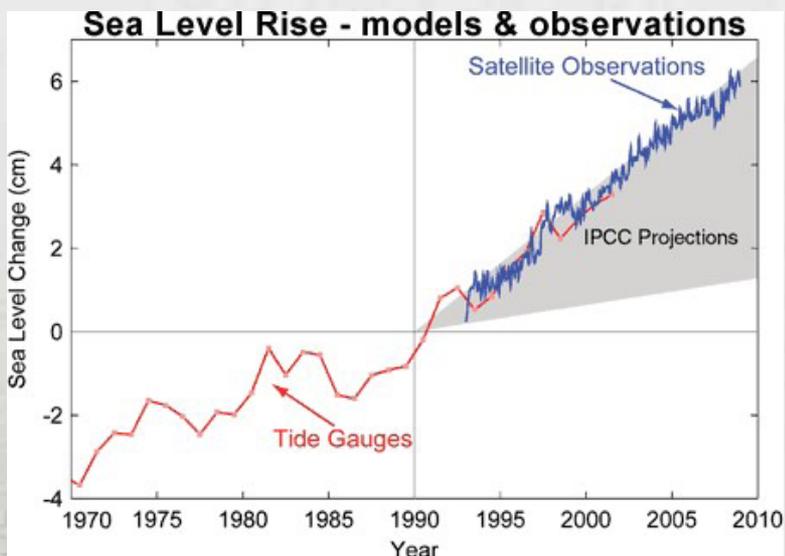


Figura 25 - Alteração do nível do mar. Os dados mareográficos estão indicados a vermelho e os dados via satélite a azul. A faixa cinzenta mostra as projeções do Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC (Allison et al 2009)

Os dados mais antigos disponíveis foram medidos por marégrafos. Depois de 1993, os dados passaram a ser obtidos a partir de satélites de altimetria (Figura 27). As projeções futuras são feitas com modelos matemáticos.

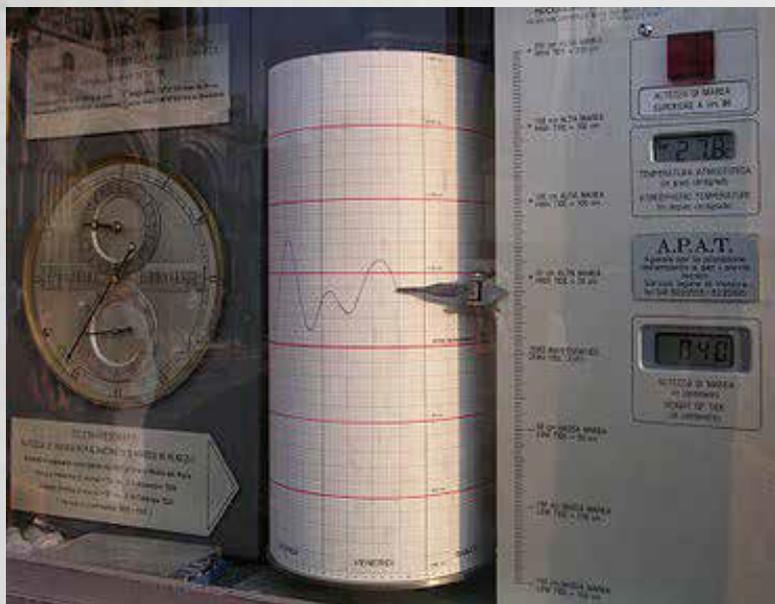


Figura 26 – Medições mareográficas

Figura 27 - Medições feitas por satélite



Pelos estudos efetuados, a expansão térmica do oceano, os glaciares e o degelo (exceto a Antártica) contribuiram para 75% da subida do nível médio da água do mar entre os séculos XX e XXI.

Atualmente, existem técnicas muito sofisticadas que são utilizadas para corrigir os dados dos marégrafos, combinando-os com dados de satélites, mais precisos.

O gráfico abaixo (Figura 28) mostra os dados médios do nível do mar de acordo com diferentes autores. As projeções consideram os “Caminhos Representativos de Concentração” (RCP), que consistem em quatro trajetórias de concentrações de gases com efeito estufa escolhidas pelo IPCC para o 5º Relatório de Avaliação. Para a RCP 2.6 a emissão de GEE anual global terá o seu valor mais alto no período de 2010-2020, para o RCP 4.5 as emissões serão maiores em 2040 e para RCP 8.5 é assumido que os valores vão subir ao longo do século XXI.

A figura mostra um aumento no nível do mar a partir de 1900, com todas as projeções de diferentes autores a apresentarem um grande aumento do nível do mar até ao final do século XXI.

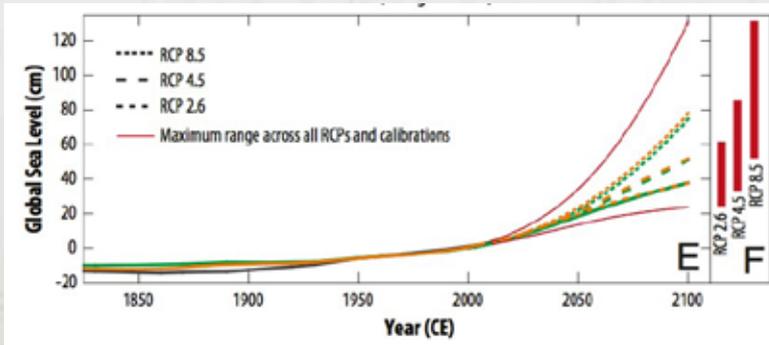


Figura 28 - Dados do nível do mar de acordo com diferentes autores. (Cima: There is et al, 2015; Baixo: Kopp et al, 2016)

Observe, também, o seguinte vídeo sobre a elevação do nível do mar.

Clique na imagem para ver o vídeo



14. Atividade exploratória sobre o aumento do nível do mar

Analise as infografias da NASA em https://climate.nasa.gov/system/resources/detail_files/125_6-sea-level-rise-infographic-800px-90.jpg

Assista ao vídeo da NASA sobre as alterações climáticas e explore projeto da NASA: “Rising Seas”.

5.2 Perda de terrenos por imersão. Exemplos de adaptação na costa atlântica europeia: Reino Unido e Holanda.



“O mar invadiu o Furadouro” Fonte: José Monteiro, em Ovar Notícias



De acordo com o Grupo de Trabalho II AR5 do IPCC:

- A adaptação pode evitar a maioria dos danos estimados dentro dos principais riscos para a região europeia.
- As zonas previstas de serem mais afetadas pelas cheias, com maior impacto na economia e na vida das pessoas, são zonas mais expostas, tais como as bacias de rios e as zonas costeiras. Estas são as zonas com maior necessidade de medidas de adaptação.



Figura 29 – Alterações climáticas, causas, impactos e impactos nas zonas costeiras

Os Deltas

Figura 30 - O delta Reno-Maas-Escalda. Grande estuário na região noroeste da Europa formado por homónimos rio Rhine, Meuse e Scheldt.



O que são deltas? Em geografia, designa-se por delta uma terminação de um rio no mar ou lago, numa região onde a sedimentação é muito intensa e onde o curso de água se divide em vários braços.

Os deltas são zonas particularmente vulneráveis à SLR, que se encontram muito expostas pelos seguintes factos:

- São zonas de baixa altitude;
- Têm tendência para inundarem naturalmente, devido à compactação de sedimentos (subsidência), que se intensifica com a extração de fluídos no subsolo.

As planícies de maré e os sapais, associados a bancos de estuários, baías e rias são igualmente ambientes vulneráveis à SLR.



Figura 31 e 32 - Pântanos e estuários são vulneráveis ao SLR.

Ria Formosa, Portugal, à esquerda e Rio Coina, Portugal, à direita. Fonte: Ria Formosa, Algarve, Portugal



Por outro lado, as Alterações Climáticas ao contribuírem para uma maior frequência de eventos climáticos extremos, tais como chuvas intensas e tempestades, irão contribuir para a SLR, inundando zonas de baixa altitude.

A Europa tem uma vasta experiência em tecnologia de proteção contra inundações quer em infraestruturas, quer no restauro de zonas húmidas costeiras.

No entanto, alguns obstáculos dificultam a implementação de medidas de adaptação:



- **Altos custos**



- **A demanda por solo na Europa**



- **Preocupações ambientais e paisagísticas**

A Holanda é um exemplo paradigmático de conquista de terreno face à imersão. Cerca de metade do seu território foi conquistado ao mar. É provavelmente o país com maior experiência na luta contra a perda de terra por imersão. (Kwadijk, et al., 2010)



Figura 33 - Holanda, acima e abaixo do nível do mar.



Figura 34 - Um mapa dos Países Baixos, se os diques e polders não tivessem sido construídos para conquistar a terra ao mar.

Nos países baixos as casas são construídas em montes elevados que são interligados para criar terrenos secos chamados POLDERS. Os moinhos são utilizados para drenar o território. Para além disso, diques são construídos para proteger o território.

A fim de se protegerem de tempestades no mar do Norte, os holandeses decidiram implementar um programa de obras de engenharia de gestão de água chamado "Deltaworks". As estratégias neste plano incluíam docas fixas, reforço das comportas móveis existentes, estações de bombeamento, canais e sistemas de bloqueio. Na foto abaixo é possível visualizar uma dessas obras, criada para proteger o porto na cidade de Roterdão contra as tempestades - a barreira de Maeslant. Estas barreiras são criadas para que possam deslizar na água e prolongarem-se até fundo do rio. Tempestades em aproximação ativam vídeos que mostram como o Deltaworks funciona.

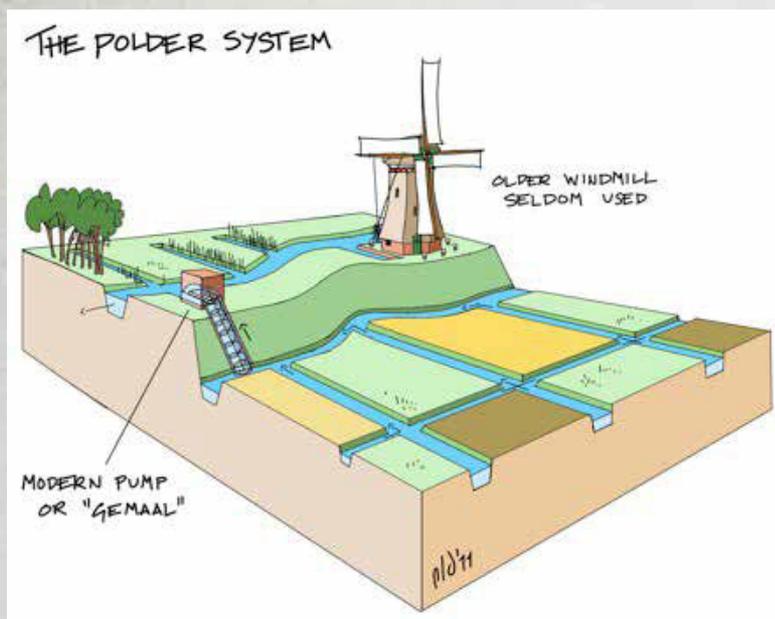


Figura 35 - O sistema de polder.

A ligação abaixo mostra um pequeno vídeo do Maeslantkering (a barreira para o mar) a ser ativado por devido a uma tempestade:



Figura 36 - Protecção do porto na cidade de Rotterdam contra tempestades.



Figura 37 - Diferentes estratégias de adaptação ao aumento do nível do mar: barreiras contra tempestades e eventos extremos e diques (segunda e terceira foto), assumem uma estratégia de protecção, enquanto a construção de estruturas flutuantes (primeira foto) constituem estratégias de acomodação.



15. Explore o site do Deltaworks:

<http://www.deltawerken.com/Deltaworks/23.html>

Responda às perguntas:

- a) A partir de que ano o Deltaworks ficou operacional?
- b) Qual era o plano original para o Eastern Schelde e por que razão o plano teve que mudar?
- c) Quais são os 5 benefícios de Deltaworks?

Perspectiva histórica

Ao longo da história, a Holanda tem sido fortemente atingida pela fúria do Mar do Norte. A pior inundação aconteceu no final do século XIII, quando a represa do Norte se rompeu e provocou uma grande inundação. Desde a , novos diques foram construídos de forma continua, ampliaram-se e reforçaram-se os já existentes.



Em 1953 houve uma grande inundação, desta vez nos diques do sul, na atual foz do Reno. Este acontecimento teve consequências severas a nível economico e resultando na morte de mais de 2.000 pessoas. Imediatamente foi lançado um megaprojeto de adaptação que ficou conhecido como o "Delta Works" ou Plano Delta. Certamente é o maior projeto integrado de gestão de água no mundo e inclui docas fixas, reforço de comportas móveis existentes, estações de bombeamento, canais e sistemas de eclusas. O plano foi concluído em 1997 e melhorou não são a proteção do país contra as inundações, mas também o fornecimento de água doce para a agricultura, mobilidade e comunicações entre as regiões holandesas e garantiu o transporte marítimo para o maior porto da Europa e um dos mais importantes do mundo, o porto de Roterdão.



16. Assista o vídeo sobre a história da grande enchente de 1953, em que 2.000 pessoas perderam as suas vidas.

<https://www.youtube.com/watch?v=zUEfU0P92Ws>

Pesquise se houve grandes inundações na sua região, ao longo dos últimos 100 anos, e como esses eventos podem estar ligados às alterações climáticas.

Room for the River – Estratégia de adaptação

O objetivo do programa Room for River, criado em 2006, é dar ao rio mais espaço para poder administrar níveis mais altos de água. Em mais de 30 locais, são tomadas medidas para que o espaço do rio seja inundado com segurança. Além disso, as medidas são concebidas de forma a melhorar a qualidade do ambiente.

Esta estratégia de adaptação compreende as seguintes medidas:

- Mais espaço para maior profundidade para o curso dos rios;
- Alargar as zonas de leito de cheia;
- Remoção de igrejas, barragens e outras estruturas importantes.



Figure 38 – Mapa dos projetos do Room for River



As salinas são responsáveis pela maior dissipação de energia das ondas. Como resultado, a maioria das defesas primárias de inundação ao longo da linha de costa do estuário Wash consistem de aterros de terra relativamente baixos, cobertos com erva.

Um tipo de medidas de adaptação às alterações climáticas é o realinhamento costeiro. Como observado na Figura 14, a corrente de água é capaz de fluir para as planícies de inundação, a fim de reduzir a súbita onda de maré. A zona entre-marés pode sedimentar mantendo mais ou menos um ritmo de subida de nível da maré e assoreamento de terra.

Historicamente, desde o Império Romano até a década de 1970, foram construídos muros nas margens do Wash para proteger as terras das inundações. Hoje em dia, como estratégia de gestão costeira, planeia-se derrubar essas estruturas, recolocando-as no interior e deixando mais espaço para regenerar zonas intertidais

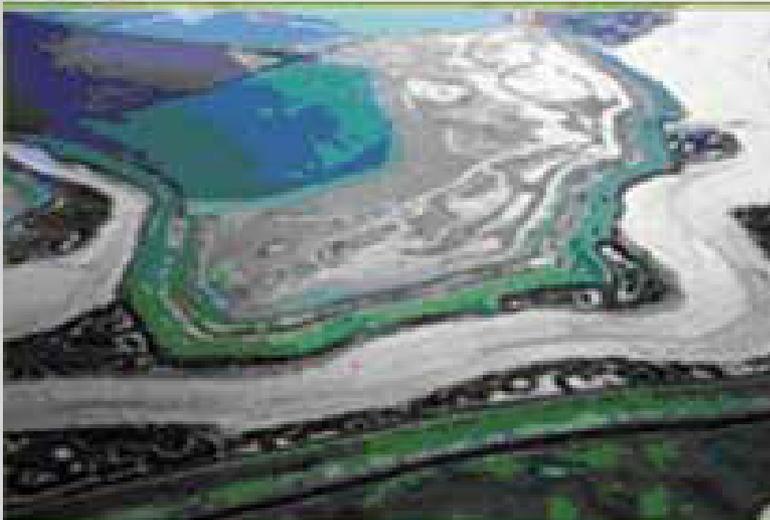


Figura 40 - Realinhamento costeiro.

formadas naturalmente, que servirão como zonas de proteção antes da ação das ondas e das inundações. Em Freiston Shore, Lincolnshire County, iniciaram-se estas medidas e os resultados são satisfatórios.

5.3 Efeitos da prevenção de riscos em eventos atmosféricos extremos.

Exemplos de gestão em praias e dunas para gestão da erosão e de inundações

Figura 41 - Erosão na Praia da Gala, Portugal



Uma das consequências imediatas da subida do nível do mar e do aumento progressivo na magnitude e frequência de tempestades, devido às alterações climáticas, é o recuo do litoral devido à erosão. A subida do nível do mar é particularmente preocupante nas zonas costeiras formadas por dunas, praias e falésias, feitas por pequenas rochas consolidadas.

Figura 42 - Erosão nas falésias do Algarve, Portugal.



Existem muitas diretivas na Europa que visam a proteção das zonas costeiras, cujo principal objetivo é a criação de novos instrumentos a nível comunitário para reduzir possíveis consequências das cheias através da gestão, apoiadas por mapas de perigo e risco.



17. Resposta à pergunta.

No seu país, quais são os quadros e políticas existentes relacionadas com a mitigação de inundações?

Além da adição dos efeitos das alterações climáticas, temos que acrescentar a alta pressão das atividades humanas que proliferaram nessas áreas naturais nas últimas décadas (construção de quebra-mares, calçadões, habitação, extração de agregados para construção, etc.). Além disso, essas ações causam degradação e redução da área desses ambientes. As atividades humanas também afetam a sua capacidade de lidar com as pressões das alterações climáticas, enfatizando os processos de erosão. Aumentando a capacidade erosiva das ondas que caem sobre estruturas rígidas e artificiais, causa um déficit no equilíbrio sedimentar devido à extração de agregados em ecossistemas subtidais, praias e dunas, ou o desaparecimento total do cordão dunar da costa, são exemplos óbvios.

É necessário entender que praias e dunas são barreiras naturais que agem como ondas de amortecimento e, portanto, constituem uma barreira natural de proteção ao litoral.



Figura 43 - Dunas.

A erosão costeira envolve três tipos de impactos (ou riscos):

1. Perda de terra, com valor económico, social e ecológico;
2. Destruição das defesas naturais do litoral por tempestades (praias e sistemas de dunas), o que favorece a inundação
3. A deterioração das infra-estruturas de protecção, o que também aumenta o risco de inundação.



Algumas décadas atrás, a União Europeia começou a considerar iniciativas para desenvolver estratégias de gestão das áreas costeiras (programas específicos, como ELOISE, entre outros). Por exemplo, em 2004, com o estudo denominado EUROSION, quantificou-se a extensão do fenómeno da erosão costeira em toda a Europa. Esta iniciativa centra-se na quantificação das condições, impactos e tendências da erosão costeira na Europa (com especial atenção aos produzidos pelas alterações climáticas), avaliando as ações necessárias e elaborando um manual com ações recomendadas ao nível da União Europeia, dos Estados-Membros e regiões.

A maior parte dos países costeiros da União Europeia são afetados pela erosão costeira (com sérios impactos em, aproximadamente, 20.000 km, 20% da costa total da UE), o que significa um recuo efectivo da linha costeira, apesar das estruturas defensivas. Todos os anos, cerca de 15 km de praia e dunas são perdidos devido à erosão. Desde o início do século XXI, mais de 1500 casas foram abandonadas devido ao perigo iminente causado pela erosão costeira e milhares de casas perderam valor. Esta tendência tem vindo a aumentar e, de acordo com estudos realizados pelo IPCC (2014), espera-se que os problemas de erosão costeira se tornem mais sérios.



Figura 44 - Happisburgh, Inglaterra, em 1996, 2006 e 2012, durante o qual houve uma intensa perda de terra na margem do rio (copyright Mike page)

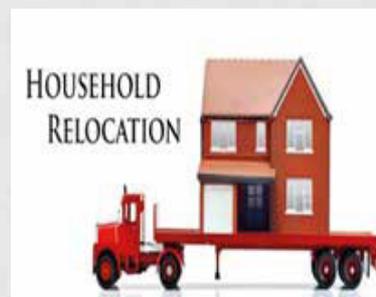
1. Movimentação de instalações e edifícios para fora das áreas de risco “realocação de edifícios”

Este tipo de ação tem sido aplicado no Reino Unido (Essex e Sussex) e na França (Mar Criel Seur), entre outros. A longo prazo, considerando a tendência de recessão costeira, acaba por ser a solução mais razoável e adequada do ponto de vista ambiental.

2. Engenharia civil e estruturas rígidas

São técnicas de engenharia “rígidas” que utilizam cimento ou quebra-mares para fixar a costa (paredes, quebra-mares, etc.). Caracterizam mais de 70% do litoral protegido na Europa. Em geral, têm efeitos positivos, mas apenas a curto prazo e a nível local. Os esporões, por exemplo, quebram o litoral e diminuem a deposição de sedimentos nas praias localizadas a jusante, o que significa que os sedimentos ficam retidos nos esporões e não conseguem passar para as praias seguintes, contribuindo para o aumento da erosão costeira (figura 45). Podemos observar essa retenção em mais detalhe na Figura 46, uma vez que é possível observar praia, de um ponto de vista aéreo, onde a erosão a jusante é muito pronunciada.

Quanto aos quebra-mares (quebra-mares, diques), estes podem aumentar a turbulência e perda de sedimentos, sendo acentuada em eventos de tempestade e elevação do nível do mar. Portanto,



estas técnicas, a longo prazo causam um aumento contínuo da erosão (exemplos: praia de Chêlaillon, em França, praia de De Haan, na Bélgica, e prais de Gross, em Espanha).

Figura 45 - Esporões como um método para reduzir a erosão costeira e as suas consequências.

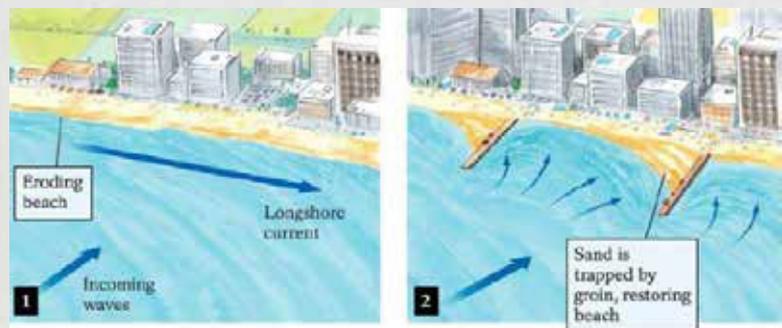


Figura 46 - Vista aérea de uma praia com um quebra-mar. Evidência de erosão da praia e retenção de sedimentos a jusante do quebra-mar.



18. Responda às perguntas:

- a) Que outros tipos de técnicas de engenharia “rígidas” existem e quais são as vantagens e desvantagens?
- b) Considera que as técnicas de engenharia “rígidas” são uma boa opção, quando se trata de evitar a erosão costeira?

3. Engenharia técnica soft (engenharia suave):

Trata-se de um conjunto de técnicas que inclui a regeneração artificial das praias e das dunas, acompanhadas de outras medidas estabilizadoras. A areia artificial proveniente de áreas próximas é usada nesta reposição. No entanto, não é uma solução permanente, pois é necessário repetir essa ação após cada tempestade. Nas dunas, é utilizada uma quantidade de areia para realizar a reconstrução mecânica da morfologia das dunas, seguida de uma ação de estabilização através da instalação de ferramentas de retenção de areia (paus de madeira ou vime) em fileiras ou formas circulares, formando obstáculos ao vento. Faz-se então a reflorestação manual com espécies dunares (na zona temperada a *Ammophila arenaria* é a mais amplamente utilizada). Por fim, a instalação de sistemas de proteção consiste na instalação de cercados com pequenas cercas, passagens aéreas e cartazes informativos.



Figura 47 - Exemplos de diferentes fases de regeneração das praias e dunas.

Estas técnicas são mais bem sucedidas quando acompanhadas pelo conhecimento da dinâmica costeira e os sedimentos são apropriados. Em maior ou menor grau, todas estas técnicas representam desempenhos parciais contra a erosão costeira, especialmente em resposta à tendência marcada pelas alterações climáticas, e demonstram a necessidade de uma prevenção baseada no planeamento, monitorização, avaliação e nos princípios da gestão integrada das zonas costeiras. (GIZC).



Figura 48 - Exemplos de diferentes fases de regeneração das praias e dunas.

5.4 Exemplos de desempenho ao impacto das tempestades na costa Atlântica

Esta secção mostra dois exemplos de impactos de tempestades e ações na costa Atlântica Europeia:

(1) área natural protegida e (2) litoral com alto valor turístico e económico.

1. Costa de Vizcaya, Espanha: Laida Beach, estuário Urdaibai

Esta praia é a maior dentro da área declarada como uma reserva da biosfera de Urdaibai (Figura 49). Desde a década de 1990, as dunas de Laida desapareceram pela combinação da pressão antrópica (extração de areia e remoção de vegetação por atropelamento) e efeitos de tempestades. Entre 1999 e 2015 foram desenvolvidos esforços de restauro das dunas que permitiram a recuperação do ecossistema, graças aos fundos da UE (regeneração do ecossistema dunar (Urdaibai) LIFE / NATURE / 000031 / ES Laida Beach) e ao Governo Basco.



Figura 49 - Vista aérea do estuário do Urdaibai, Espanha.

Foram realizadas várias ações para a regeneração da praia e das dunas: foi realizado um aterro de areia pela dragagem do estuário e extração de areia (em torno de 40.000 m³) a partir de áreas intertidais da praia. O objetivo, por um lado, era acumular areia artificialmente nas partes mais altas da praia para favorecer os processos de acreção e a recuperação do sistema. Por outro lado, utilizou-se o arado do fundo do rio de forma a favorecer a capacidade de transporte de areia pelas ondas.



Figura 50 - Ação de recuperação com os cobradores de areia: antes e depois da instalação. Laida Dunes, Urbaibai

Outra ação consistiu em delimitar e fechar a área destinada à restauração de dunas com postes de madeira e corda.

Foram plantadas espécies dunares (550.000 espécimes de *Ammophila arenaria* e *Elymus farctus*), e mais tarde a equipa científica monitorizou todo o processo. Fez-se uma avaliação morfológica e sedimentar do projeto, acompanhada de divulgação e consciencialização social. Finalmente, os acessos à praia foram instalados e restaurados (com passadiços de madeira).



Figura 51- Instalação de cercas em dunas de Laida, Urdaibai

2. Aquitaine, costa sul de França: Lacanau Praia

Nesta praia, como em muitas outras ao longo da costa da Aquitânia e da Europa, a sua principal economia (turismo) está ameaçada pela erosão. Na orla estão 20% das segundas residências e a maioria das atividades comerciais da comunidade.

No inverno de 2013-2014, uma sucessão de tempestades provocou um recuo (de 10m a 20m) da linha costeira, revelando

a magnitude do risco e da situação e os problemas gerados no município (Figuras 52 e 53). No entanto, a erosão devido às tempestades ocorreu antes, desde 2011 já existem estudos específicos, no âmbito dos projetos nacionais.

Figura 52 – Efeitos das tempestades em Lacanau, no inverno de 2013-2014 e a vista aérea da costa actual. Fonte: Ville de Lacanau



Figura 52 – Efeitos das tempestades em Lacanau, no inverno de 2013-2014 e a vista aérea da costa actual. Fonte: Ville de Lacanau

A partir de 2016, a cidade de Lacanau criou uma estratégia local para a gestão costeira, validada e financiada pela União Europeia, Governo da França e organismos regionais. Esta estratégia para a gestão da erosão compreende duas linhas de ação a longo prazo (2100):

- Execução imediata de medidas preventivas e de proteção (como medida transitória a ser aplicada durante o período 2016-2018)
- Realocação de edifícios e instalações (de acordo com os estudos de vulnerabilidade do perímetro num horizonte de 100 anos). Este último, embora caro a curto prazo, está a ser pensado em todo o território como a ação eficaz de longo prazo que minimizará os danos económicos, como resultado do aumento progressivo dos processos de erosão.



Figura 53 - Efeito do tempestades de inverno episódio 2013-2014 noutra cidade na costa da Aquitânia (Soulac sur mer),



Após ter desenvolvido o estudo relacionado com cada pergunta, responda novamente às questões iniciais:

1. Qual é o principal fator de desencadeamento das alterações climáticas?
2. Qual é a causa principal do aumento de CO₂?
3. De que forma as alterações climáticas afetam os oceanos e as zonas costeiras?
4. Quais são as principais componentes da alteração global do aumento nível médio das águas do mar?
5. Por que é os Deltas são áreas particularmente vulneráveis?
6. Que tipos de impactos estão envolvidos na erosão costeira?

REFLEXÕES FINAIS

Cofinanciado por:



Fundo Europeu
de Desenvolvimento
e de Pesca



Bibliografia



IPCC (2007). Alterações Climáticas 2007. Basis A Ciência Física. Trabalhando contribuição I grupo para o quarto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Cambridge University Press, 996 p.

IPCC (2013). Alterações Climáticas 2013. Basis A Ciência Física. Trabalhando contribuição I grupo para o quinto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Cambridge University Press, 1535 p.

IPCC (2014A). Alterações Climáticas 2014. Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Parte A: Aspectos Globais e Sectoriais. Cambridge University Press, 1131 p.

IPCC (2014b). Alterações Climáticas 2014. Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Parte B: Resumo para formuladores de políticas. Cambridge University Press, 33 p.

Friess, D .; Möller, I. & Spencer, T. (2008), Estudo de caso: Manged realinhamento eo restabelecimento do habitat saltmarsh, Freiston Shore, Lincolnshire, Reino Unido (<http://ec.europa.eu/ourcoast>)

Kwadijk, J.C.J; Haasnoot, M .; Mulder, J.P.M; Hoogvliet, MMC; Jeuken, ABM; van der Krogt, AAA; van Oostrom, NGC; Schelfhout, HA; van Velzen, EH van Waveren, H .; de Wit, MJM, 2010, usando pontos de ruptura adaptação para se preparar para as alterações climáticas e aumento do nível do mar: um estudo de caso nos Países Baixos; Wiley Comentários Interdisciplinares: Alterações Climáticas, V.1, Issue 5, páginas 729-740, 24 Ago 2010; DOI: 10.1002 / wcc.64).

Kopp, RE; Kemp, AC; Bittermann, K .; Horton, P .; Donnelly, JP; Gehrels, WR; Hay, CC; Mitrovica, JX; Morrow, ED y Rahmstorf, S. (2016), a variabilidade do nível global do mar conduzida-Temperatura na Era comum. PNAS, V. 113, 38, E1434-E1441; doi / 10.1073 / pnas.1517056113

Morton, RA, uma visão geral de perda de terras costeiras: dentro ênfase nos estados unidos do sudeste. US Geological Survey Center para Costeira e Bacias Hidrográficas Estudos St. Petersburg, FL 33701, relatório Abrir arquivo 03-337

Nicholls, RJ & Cazenave, A., 2010, aumento do nível do mar e seu impacto sobre as zonas costeiras. Science, 238, 1517-1520

Hay, CH; Morrow, E .; Kopp, RE & Mitrovica, JX, 2015, reanálise probabilística de ascensão do século XX do nível do mar .. Nature, V.0, 4 p. doi: 10.1038 / nature14093.

Paskoff, R., 1993. Côtes en perigo. Paris: Masson Ed. 250pp.

Plano Nacional de adaptación al cambio climático.Tercer Programa de trabajo 2014-2010. 2014. Oficina Española del cambio climático. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Ministerio de Agricultura, alimentación y Medio Ambiente.

Uściłowicz * G .; Kramarska R .; Kaulbarsz D .; Jurys G .; Frydel J .; PRZEZDZIECKI P .; Jegliński W., 2014, Mar Báltico erosão costeira; um estudo de caso na região Jastrzębia Gora, Geologos 20, 4 (2014): 259-268, Geological Instituto Nacional-Research Institute polaco, geologia marinha ramo; Kościerska 5, 80-328 Gdańsk, na Polónia;

UNFCCC, 2013, Comitê de Adaptação, O Estado de adaptação no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre alterações Climáticas, Relatório Temático

Wahl, T .; Brown S .; Haigh, ID; Nilsen, jeo., 2018, Costeira do nível do mar, Impactos e Adaptação, Journal of Marine Science e Engenharia

paginas web

http://ec.europa.eu/environment/iczm_report.pdf

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wcc.v1: 5 / issuetoc>

<http://www.euskadi.eus>

<http://www.urdaibai.org>

<https://unfccc.int/>

<http://www.mairie-lacanau.fr/environment/381-erosion-du-littoral.htm>

http://www.mapama.gob.es/es/costas/publicaciones/manual_restauracion_dunas.aspX

<http://www.lanacion.com.ar/1741066-en-el-agua-como-ganan-los-holandeses-su-batalla-diaria-contras-las-crecidas-y-el-mayor-del-caudal-de-las-lluvias>

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wcc.64>

<http://sfpublicpress.org/news/searise/2015-07/four-ways-to-guard-against-sea-level-rise>

<http://www.geo.uu.nl/fg/palaeogeography/rhine-meuse-deltuma>

<https://www.globalchange.gov/browse/indicators/indicator-sea-surface-temperatures>

Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA

Fundo Europeu
dos Assuntos Marítimos
e das Pescas