



CLIMANTOPIA: O LIVRO ESCOLAR

Francisco Söhnora Luna Aitor Alonso Méndez António García Vinuesa

CLIMANTOPIA: O LIVRO ESCOLAR

AUTORES

- ☞ Francisco Sónora Luna (Coordenador)
Universidade de Santiago de Compostela
- ☞ Aitor Alonso Méndez
Universidade de Santiago de Compostela
- ☞ António García Vinuesa
Universidade de Santiago de Compostela

MAQUIAGEM

- ☞ Teresa Neves
Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro
Universidade de Aveiro

TRADUÇÃO

- ☞ Carmen Marques
Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro
Universidade de Aveiro

FOTOGRAFIA

- ☞ Pedro García Losada
- ☞ Juan Louro Cambeiro
- ☞ Plataformas Pixabay, Freepik e Google Earth

ILUSTRAÇÃO

- ☞ Jorge Villanueva
- ☞ Alba Vázquez

Isenção de responsabilidade

O apoio da Comissão Europeia à produção desta publicação não constitui uma aprovação do seu conteúdo, que reflecte apenas as opiniões dos autores, e a Comissão não pode ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita da informação nela contida.

© Universidade de Santiago de Compostela, 2023

Edita:

Edições USC

Campus Vida

15782 Santiago de Compostela

ISBN 978-84-19679-95-6

usc.gal/publicações

DOI: <https://dx.doi.org/10.15304/9788419679956>

Ação EduCinema Clima Tour:

Criatividade colectiva e educação comunitária na literacia cinematográfica para o turismo de ação climática

Referencia: 2020-1-ES01-KA227-SCH-096314



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

1. Estudar a origem das alterações climáticas a partir do cenário Polónia	6
1.1. As origens da combustão do carvão desde a crise da madeira	
1.2. A produção de aço através da combustão de carvão	15
1.3. A extensão da combustão com vectores Energética do século XX	18
2. As alterações climáticas e os ecossistemas marinhos em ação dos oceanários de Lisboa e da Corunha	29
2.1. Como é que as alterações climáticas podem afetar o aumento da do nível do mar?	29
2.2. Porque é que o aquecimento dos oceanos devido às alterações climáticas ameaça a produtividade dos oceanos?	40
2.3. A subida do nível do mar e as suas consequências para Europa: efeitos no turismo	43
2.4. Efeitos na biodiversidade marinha europeia. Consequências para as espécies invasoras e as pescas no Mediterrâneo. NE, SW e ilhas subtropicais	47
3. Alterações climáticas na fertilidade do solo e nos ecossistemas florestais a partir das cenas de eucaliptos e incêndios na Galiza	52
3.1. O solo e as florestas como sumidouros de dióxido de carbono carbono	52
3.2. Relação dos incêndios com as alterações climáticas e suas consequências efeitos nas propriedades do solo	57
3.3. Boas práticas para a fixação do carbono no solo, melhorar a fertilidade e reduzir os efeitos dos incêndios	68
4. Transição energética das Ilhas Canárias e Polónia	74
4.1. Transição energética na Europa	74
4.2. A produção de eletricidade a partir de energia hidroelétrica e o seu futuro incerto na transição Energia europeia	79
4.3. A energia eólica na transição energética europeia	82
4.4. A energia solar na transição energética europeia	85

4.5. O presente e o futuro da energia marinha, da energia geotérmica e dos biocombustíveis.....	88
4.6. O potencial do hidrogénio como novo vetor da transição energética	93
5. Urbanismo e turismo de ação climática	
5.1. O planeamento urbano como disciplina técnico-científica	103
5.2. Carta de Leipzig sobre cidades europeias sustentáveis	115
5.3. Turismo e alterações	
climáticas Referências	

1.1. A ORIGEM DA COMBUSTÃO DO CARVÃO DESDE A CRISE DA MADEIRA

Na cena final do filme "*Cinema Climantopia*", é exibida a projeção do vídeo "*A future without carbon*", pelo qual estudantes polacos foram premiados na cimeira de curtas-metragens escolares organizada pela UNESCO nas Ilhas Canárias. O vídeo mostra uma central térmica ativa com emissões em que os protagonistas analisam as sequências dessas emissões, que estão relacionadas com o início das alterações climáticas, com repercussões significativas ainda em termos de emissões de gases com efeito de estufa.



Imagem 1: Imagem da curta-metragem "A Carbon-Free Future" que mostra uma central térmica com duas grandes chaminés que emitem gases com efeito de estufa em segundo plano.

O carvão na Polónia é um combustível muito utilizado para a produção de eletricidade, mas também para fins industriais e até para o aquecimento de edifícios. Esta utilização tem sido importante na Europa desde a revolução industrial, especialmente na parte norte da Europa, que é mais industrial e mais fria no inverno do que a parte sul da Península Ibérica. Nesta região do Norte da Europa, onde se situa a Polónia, a transição ecológica em que a União Europeia está empenhada está a ser mais lenta do que o esperado. No entanto, as centrais térmicas estão a ser encerradas, especialmente as mais próximas das aldeias. O vídeo mostra o encerramento da central térmica atualmente situada no centro da cidade de Lodz para a construção de um centro cultural e de um dos principais locais de encontro social da cidade. Este encerramento não só pôs fim à poluição atmosférica na cidade de Lodz, como também permitiu a instalação do planetário, do centro de ciência e tecnologia, de um museu e de um centro de arte contemporânea. Através da utilização destas instalações e da organização de exposições, eventos artísticos no interior e várias actividades na praça, esta tornou-se um símbolo do desenvolvimento de Lodz e uma força motriz para o desenvolvimento cultural e turístico da cidade.



Imagem 2: Fotograma da curta-metragem "Um futuro sem carbono".

Responda com o que sabe agora:

1. Procure informações sobre as centrais térmicas ativas perto da sua cidade e indique se há planos para o seu encerramento. Em caso afirmativo, indique as medidas que já foram tomadas, desde a extração do carvão até às modificações efetuadas para fazer face aos efeitos negativos das emissões.
2. Procurem informações sobre uma central térmica que tenha deixado de ser utilizada no vosso país, como aconteceu com a central térmica de Cor-Tometraje, atualmente integrada no centro urbano de Lodz. Exprima as estratégias que foram seguidas para integrar as suas minas e instalações noutra tipo de utilizações, como foi feito com esta central polaca. Se não encontrarem utilizações alternativas, apresentem propostas que possam ser atrativas e úteis para a população, em coerência com as características do meio em que se insere.

Como é que a emergência do uso do carvão vegetal pode estar relacionada com a crise da lenha?

No final do século XI, a força da água permitiu melhorar a forja do aço através de uma inovação tecnológica que consistia no movimento de uma roda de água impulsionada por quedas de água, que por sua vez gerava golpes de uma marreta sobre uma mistura de cinzas de madeira e ferro fundido. Com a introdução da água para golpear o aço no processo de forja, a força humana foi libertada das pancadas nas forjas para conseguir a liga do carbono com o ferro. Esta nova tecnologia facilitou a mistura de carvão vegetal em brasa com o ferro fundido. A melhoria do processo de forjamento através do aproveitamento da força da água permitiu produzir um aço mais forte e mais leve.

em quantidades muito maiores do que nas forjas manuais, que estavam em funcionamento desde a transição do bronze para o aço, que remonta a cerca de 1.500 a.C.

Com esta tecnologia, a utilização do aço foi melhorada e ampliada, o que levou ao desenvolvimento de uma incipiente indústria siderúrgica ligada às quedas de água e alimentada pela madeira como matéria-prima e fonte de energia. Por esta razão, as florestas que circundavam as novas forjas hidráulicas foram desmatadas para possibilitar a obtenção do aço nestas forjas hidráulicas.



Figura 3: Representação dos dois processos-chave da indústria de forjamento hidráulico: o golpe do martelo na liga de ferro-carbono e a obtenção do carvão por combustão e do ferro fundido.

Ao mesmo tempo, a área desflorestada foi utilizada para gerar novos campos de cultivo, necessários para uma população em crescimento.

Este facto foi também facilitado pelo aço, uma vez que, nessa altura, foi concebido o arado transversal de ferro, que tornava a lavoura mais eficiente do que o antigo arado romano de madeira, podendo mesmo remover os cepos das árvores cortadas. A difusão da utilização do arado de ferro deu origem ao que alguns autores designam por primeira revolução industrial da história europeia, que conduziu a uma verdadeira revolução agrícola na Europa, no sentido de um aumento das colheitas e de um aumento paralelo da população.

Este contexto histórico de desenvolvimento agrícola em paralelo com a extensão da produção de aço por forja hidráulica, juntamente com o desenvolvimento de frotas e equipamentos para a conquista de países europeus na América, fez com que nos séculos XV e XVI a madeira, que era a base energética da Europa, se tornasse escassa em resultado do que pode ser entendido como a primeira grande crise industrial.



Imagem 4: Fotografia de um arado.



Imagem 5: Representação do desmatamento de uma floresta para alimentar a forja hidráulica e o processo de transformação da área desmatada em campo cultivado através do uso do arado de ferro.

De acordo com o que vimos até agora sobre o arado de ferro, ele responde:

1. Os solos da Europa Ocidental são mais pesados do que os solos da Europa Oriental. Explique as diferenças na retenção de água, tendo em conta a percentagem de argila, a temperatura e a precipitação nas duas regiões.
2. A charrua de ferro teve mais sucesso na Europa Ocidental do que na Europa Oriental. Que razões podem ser apontadas tendo em conta a resposta à atividade anterior?
3. A fase conhecida como a primeira revolução industrial levou a um aumento significativo da área cultivada na Europa Ocidental. Aplica as respostas das duas atividades para explicar este facto.

A madeira tornou-se o material universal da economia pré-industrial porque a indústria dependia dela. Mas, ao mesmo tempo, as máquinas da indústria também eram feitas de madeira, assim como os navios, que também aumentaram em número para responder às necessidades das expedições ultramarinas. Nessa altura, a madeira desempenhava o papel que os metais desempenham hoje na indústria e ocupava, ao mesmo tempo, o espaço que os combustíveis fósseis ocupam hoje. Assim, a madeira não só era consumida por necessidade direta, como matéria-prima para a indústria de forja e fundição, mas também era utilizada indiretamente na exploração mineira, na navegação, nas vigas que serviam para revestir as galerias das minas e na construção de vagões de madeira para o transporte de minério.

O desenvolvimento das expedições ultramarinas impulsionou o fabrico do navio de três mastros, que permitiu a realização de viagens oceânicas, possibilitando a procura de recursos noutras locais. O crescimento desta frota consumiu enormes quantidades de madeira. Ao mesmo tempo, e sobretudo com a descoberta da América, o desenvolvimento de armamentos que exigiam aços leves e resistentes impulsionou a forja hidráulica. Assim, embora o abate de florestas para cultivo tenha reduzido consideravelmente a quantidade de madeira disponível, a crise final foi despoletada pelo aumento da produção de ferro e da construção naval.

Esta utilização abusiva da madeira provocou um aumento do número de mortes por congelamento em cidades com invernos rigorosos, frios e húmidos, como Newcastle, devido à falta de madeira para aquecimento. Para fazer face a esta crise, o rei de Inglaterra autorizou a extração de carvão como fonte de energia alternativa. Esta crise cresceu e alastrou a outras regiões. Assim, no século XV, o Papa Pio II escreveu que, durante uma visita à Escócia, tinha ficado surpreendido ao ver, às portas das igrejas, filas de pessoas que recebiam como esmola fragmentos de uma pedra negra, referindo-se ao carvão.

Este carvão foi autorizado pelo rei para cobrir as necessidades de sobrevivência porque, embora o seu potencial calorífico fosse conhecido, era tratado com desprezo como uma fonte de energia inferior, suja e muito poluente. Além disso, era incomportável enquanto não se desenvolvesse uma exploração mineira adequada para a sua extração.



Figura 6: Representação de pessoas a recolher carvão para compensar a falta de lenha.

Com base no que se viu até agora sobre a utilização do carvão:

1. Comenta o texto que retoma parte de um relato do Papa Pio II sobre a sua visita à Escócia: "[...] Receberam como esmola pedaços de uma pedra negra com que se retiraram satisfeitos. Este tipo de pedra eles queimam em vez de madeira, da qual o seu país é desprovido".
2. Comenta a declaração de Edmund Howes de 1631, tendo em conta a resposta anterior: "Os habitantes são obrigados a fazer fogo com turfa e carvão, mesmo nos aposentos de personalidades honradas".
3. Compare 1 kg de carvão com 1 kg de madeira em termos de disponibilidade, facilidade de aquisição, emissões e capacidade calorífica. Com base nesta comparação, que sentido faz a mudança na Grã-Bretanha da queima de madeira para a queima de carvão?

Como foram resolvidas as dificuldades de abastecimento de carvão como solução para a crise da madeira?

O carvão era obtido através da extração mineira. Estas tornaram-se cada vez mais profundas para procurar rochas úteis nas regiões invernosas da Grã-Bretanha. À medida que se tornava necessário perfurar minas mais profundas para extrair carvão, tornava-se mais difícil abrir poços e elevar o carvão à superfície. A dificuldade de extração do carvão devido à profundidade das minas a o l o n g o d o século XVII foi agravada pela entrada de água do lençol freático ou de lençóis freáticos profundos, que se infiltraram pelas fendas. Isto significa que, para além da necessidade de extrair o carvão à superfície, era necessário extrair a água que se infiltrava nas galerias. Todos estes problemas derivados da extração do carvão a maiores profundidades exigiam soluções tecnológicas que foram resolvidas com a invenção da bomba a vapor. Esta inovação tecnológica foi a primeira máquina a vapor em que a pressão do vapor de água gerado pela combustão nas caldeiras movia as roldanas que geravam a subida.

As primeiras bombas a vapor eram alimentadas a lenha. Com o tempo, à medida que as árvores eram cortadas perto das zonas de utilização destas máquinas a vapor, a crise da lenha levou à utilização da combustão do carvão para gerar vapor. Com esta invenção, o carvão passou a estar disponível acima do solo em quantidades significativas para consumo e a sua comercialização para outras zonas da Grã-Bretanha foi incentivada. Inicialmente, esta distribuição era efetuada por carroças puxadas por cavalos. Mas este transporte era muito dificultado pelos solos lamacentos resultantes dos invernos chuvosos típicos da região. A necessidade de melhorar o transporte do carvão levou à invenção da locomotiva a vapor e do caminho de ferro, primeiro, e do navio a vapor, depois, o que permitiu alargar a utilização da máquina a vapor das bombas, inicialmente utilizadas na extração do carvão, aos sistemas de transporte. O caminho de ferro, que representou uma importante inovação tecnológica, começou a ser utilizado maciçamente para o transporte de passageiros já no século XIX. Isto significava que as cidades estavam ligadas por caminhos-de-ferro, que se tornaram uma extensão da mina de carvão, permitindo que o carvão chegasse aos diferentes pontos de procura, que aumentavam à medida que a revolução industrial derivada da utilização industrial deste combustível fóssil se acelerava. Como o custo do transporte do minério aumentava com a distância, os países industrializados puderam utilizar estas vias como um prolongamento da mina de carvão, permitindo o acesso do carvão aos diferentes pontos de procura.

As atividades mineiras pesadas tendiam a concentrar-se perto das jazidas de carvão. Este século assistiu também à introdução do navio a vapor, que foi aumentando progressivamente de tamanho, de modo que, em 1858, navegava o Great Eastern, conhecido como o "monstro do Atlântico", com 691 pés de comprimento, 22 500 toneladas brutas e 1600 cv desenvolvidos pelos seus motores a hélice e 1000 cv nas suas rodas de pás.

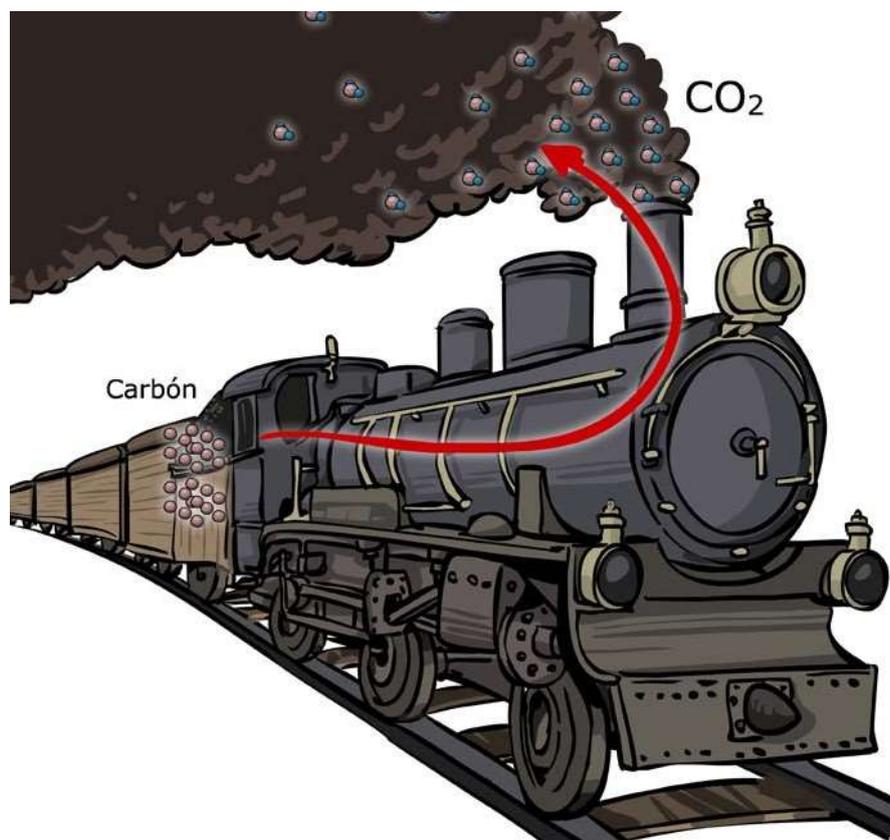
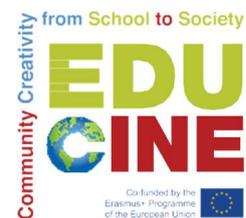


Figura 7: Representação de uma locomotiva a vapor mostrando o modelo de combustão em que os átomos de C ligados na rocha de carvão se combinam com O_2 para dar origem ao gás CO_2 que é libertado como resultado da combustão.

De acordo com o que vimos até agora sobre a inovação tecnológica da máquina a vapor:

1. Que papel desempenhou a extração de carvão em Inglaterra na criação das bases tecnológicas da era industrial?
2. Hoje em dia, é possível colher vinte vezes mais colheitas num hectare de campo do que na Idade Média, mas é gasta vinte vezes mais energia para produzir uma caloria de grão. Como é que a utilização de combustíveis fósseis se relaciona com o consumo de energia atual em termos de cultivo, cuidados, fertilização, irrigação e colheita?

CAPÍTULO 1: ESTUDAR A ORIGEM DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS A PARTIR DO CENÁRIO POLACO



3. Comentário à frase: "*Os avanços tecnológicos significaram uma maior potência energética à custa de uma maior perturbação do ambiente e do consumo de recursos*".
4. Exprime as relações que possas imaginar entre a invenção da máquina a vapor e a origem das alterações climáticas.

1.2. PRODUÇÃO DE AÇO POR COMBUSTÃO DE CARVÃO

A universalização da máquina a vapor nas locomotivas e nos navios fez aumentar a procura de carvão - mesmo nas zonas do Ocidente onde o acesso à madeira ainda era possível no final do século XVIII, como era o caso da Rússia e da América - e as populações cresceram nas zonas com acesso aos caminhos-de-ferro e aos portos. Assim, as cidades tornaram-se, de certa forma, uma extensão da mina de carvão. Como as máquinas a vapor tinham uma eficiência baixa a velocidades superiores a 2%, isso significava que as novas linhas seguiam os rios e os fundos dos vales. Este facto tendia a deslocar as populações para as cidades terminais, entroncamentos e cidades portuárias, aumentando também a tendência para o estabelecimento de novas comunidades urbanas ao longo das principais linhas de transporte. A partir da segunda metade do século XIX, o caminho de ferro chegou ao Oriente, à Índia, à China e ao Japão, trazendo consigo práticas, métodos e ideias da civilização mineira europeia em que surgiu. Este tipo de povoamento e reinstalação populacional trouxe consigo processos de reajustamento e tensões sociais.

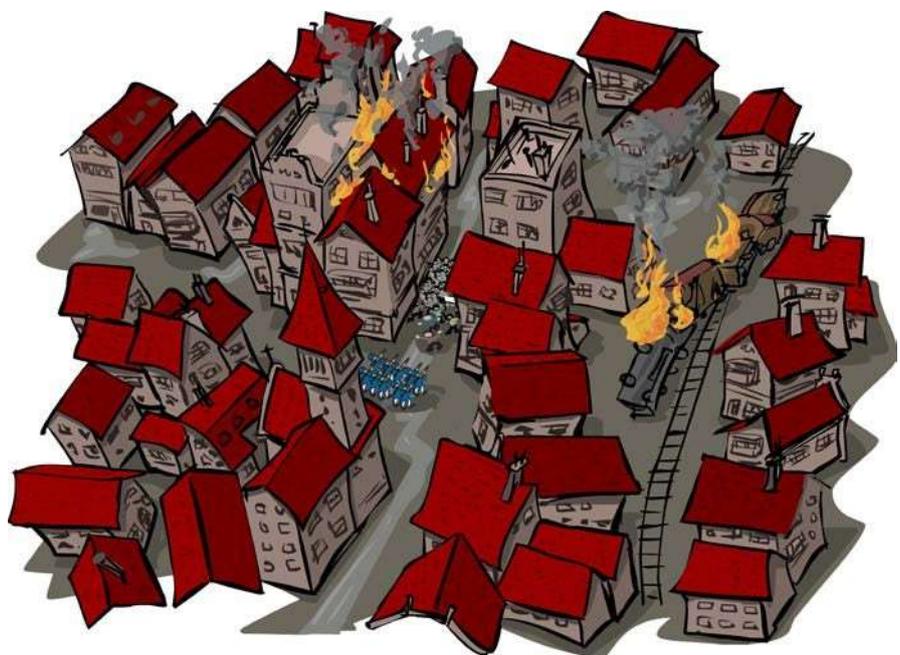


Figura 8: Representação da complexidade urbana associada à extensão da utilização do carvão.

As tensões urbanísticas, o aumento do tempo de trabalho em ambientes fechados exigido pela atividade das indústrias baseadas na energia derivada da combustão e os acidentes derivados da extração, transporte e combustão do carvão aumentaram a conflitualidade social, uma vez que

a tendência para instalar indústrias no centro das cidades aumentou a poluição urbana.

Com o objetivo de aumentar as quantidades reduzindo o tempo de transporte, procuraram-se máquinas de maiores dimensões e aumentaram-se as redes de transporte, tanto terrestres por caminho de ferro como marítimas por barco a vapor. No caso dos caminhos-de-ferro, foram desenvolvidos túneis e grandes pontes para não ultrapassar um declive de 2%. Para estas novas grandes máquinas, vias de comunicação e grandes pontes, interessava a construção de estruturas maleáveis e resistentes. O material por excelência para responder a estas exigências era o ferro forjado ou aço, que, através da forja hidráulica, tinha sido o motor daquilo a que muitos autores chamam a primeira revolução industrial. O aço é muito forte e leve, pelo que foi utilizado na construção de caminhos-de-ferro e de navios de grande porte, capazes de acomodar grandes motores a vapor para atingir a máxima eficiência.

O aço foi também utilizado para construir importantes pontes de ferro e vias-férreas que permitiam a deslocação horizontal das locomotivas. Esta cultura da engenharia do ferro deu origem aos primeiros arranha-céus de Chicago e a monumentos como a Torre Eiffel, que na altura representava o edifício mais alto do mundo e marcou o final do século XIX, deixando a expressão de uma homenagem ao significado do aço obtido nas indústrias de máquinas a vapor. Estas construções eram feitas com aço obtido em siderurgias a carvão, o que significava um aumento do consumo de combustíveis fósseis, com o conseqüente aumento das emissões de CO₂ provenientes da utilização de rochas carboníferas com C proveniente da fossilização das plantas.

Ao mesmo tempo, a resistência e a leveza do aço permitiram alargar a sua utilização durante a segunda metade do século XX. Nesta altura, o aço permitiu o desenvolvimento de importantes pontes de ferro que facilitaram o desenvolvimento dos caminhos-de-ferro horizontais.

Esta cultura da engenharia do ferro deu lugar aos primeiros arranha-céus construídos sobre altas estruturas de aço, que se tornaram possíveis graças à sua resistência e leveza. Um bom exemplo deste desenvolvimento urbano baseado em estruturas de aço no final do século XIX pode ser encontrado na cidade de Chicago. A produção destas estruturas em siderurgias industriais alimentadas a carvão marcou o início de um processo industrial de elevado consumo de combustíveis fósseis, que aumentou as emissões ao longo da segunda metade do século XX.



Imagem 9: Fotografia de um antigo caminho de ferro a passar sobre uma ponte de aço.



Imagem 10: Arranha-céus de Chicago construídos em estruturas de aço.

De acordo com o que vimos até agora sobre a inovação tecnológica da máquina a vapor:

1. Como é que a máquina a vapor influenciou o desenvolvimento do planeamento urbano?
2. Que alterações é que a primeira revolução industrial introduziu na forma como o aço era produzido?
3. Explicar o que se pretendia simbolizar com a construção da Torre Eiffel, o edifício mais alto de Paris, na Exposição Universal de 1889, em Paris.
4. Qual foi a principal causa do aumento das emissões no final do século XIX?

1.3. A DIFUSÃO DA COMBUSTÃO COM OS VECTORES ENERGÉTICOS DO SÉCULO XX

Como é que o vetor elétrico pode acabar por ser um problema para as alterações climáticas se surgiu com a utilização de energia hidroelétrica renovável?

Na primeira metade do século XIX, dois progressos científicos e técnicos tornaram possível o dínamo hidráulico. O primeiro avanço que o tornou possível foi o trabalho de Faraday sobre as correntes eletromagnéticas, em 1831. Este trabalho levou-o a descobrir que um condutor que corta as linhas de força de um íman cria uma diferença de potencial. Pouco tempo depois, recebeu uma carta anónima sugerindo que a sua descoberta poderia ser aplicada na construção de grandes máquinas.



Imagem 11: Central eléctrica de Tambre I - Noia (A Coruña). Construída em 1932 e desenhada pelo arquiteto Antonio Palacios, utilizando a arquitetura historicista galega aplicada através de uma fachada de estilo românico transferida para um edifício industrial.

O passo em direção ao dínamo hidráulico foi dado juntando esta descoberta ao aperfeiçoamento da turbina hidráulica realizado por Fourneyron em 1832, que construiu uma turbina de 50 cv. Esta turbina foi combinada com o dínamo inventado por Werner Siemens (1886) e incorporou também o alternador de Nicola Tesla (1887). A estes avanços tecnológicos juntou-se o sistema de distribuição inventado por Edison (1882), estabelecendo assim o progresso tecnológico para o desenvolvimento da central hidroelétrica no final do século XIX.



Imagem 12: Dínamo da antiga central eléctrica de Tambre I, exposto para fins museológicos em frente à fachada principal da central.

O advento da eletricidade foi um avanço tecnológico e provocou mudanças revolucionárias que afetaram a situação e a concentração das indústrias. Até ao advento da eletricidade, as indústrias estavam inteiramente dependentes das minas de carvão como fonte de energia. Antes da eletricidade, as indústrias tinham de estar localizadas perto das minas ou de meios de transporte baratos, como os portos ou os caminhos-de-ferro. A eletricidade é um vetor energético que transporta a energia das centrais eléctricas para os pontos de consumo. Com a corrente alternada e a alta tensão, a energia pode ser transportada para qualquer local para satisfazer as necessidades das pessoas que dela necessitam. O motor eléctrico permitiu assim trabalhar em unidades independentes com desconexão territorial, podendo trabalhar à velocidade necessária e arrancar e parar em função das necessidades e exigências energéticas, aumentando o rendimento em pelo menos 50%.



Figura 13: Transformação da eletricidade produzida numa central eléctrica para transporte em alta tensão.

Durante a segunda metade do século XX, a eletricidade aumentou significativamente devido às vantagens do acesso em qualquer ponto, à possibilidade de individualizar e coordenar as unidades de produção e de a interromper quando não é necessária. Esta disponibilidade imediata de energia em qualquer lugar e na potência necessária permitiu que a eletricidade fosse utilizada de forma abusiva, chegando a extremos que podem raiar o hedonismo energético, o que pode facilmente levar à conclusão de que o problema energético é mais um abuso no consumo do que uma falta de produção.



Figuras 14 e 15: Composição de duas ilustrações que mostram más práticas que conduzem a um consumo excessivo de eletricidade.

O aumento da procura de eletricidade doméstica e, sobretudo, industrial na primeira metade do século XX levou à sobre-exploração das bacias hidrográficas. Uma vez esgotadas todas as possibilidades de construção de novas grandes albufeiras, foram desenvolvidas centrais térmicas para aumentar ainda mais a disponibilidade e a produção. As centrais térmicas produzem vapor com a pressão necessária para acionar as turbinas, garantindo assim uma produção constante de energia. Esta é uma vantagem em relação às centrais hidroelétricas, que dependem do regime hídrico e do estado das albufeiras, cada vez mais irregulares com as alterações climáticas. Esta forma de produção de eletricidade está assim consolidada, permitindo responder a todos os aumentos da procura. Por outro lado, as utilizações finais de energia que o vetor energético da eletricidade permite são múltiplas, com o paradoxo de que a energia final é a energia calorífica, tal como a energia primária utilizada na combustão da central térmica, chegando a esta energia calorífica através de longos transportes e transformações.

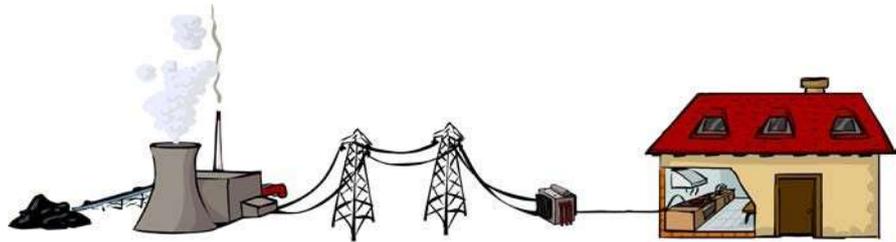


Figura 16: Ilustração que mostra como a eletricidade permite o transporte de energia a longas distâncias através de transformações de tensão, com as conseqüentes perdas para obter uma energia final da mesma natureza que a energia térmica inicial que gerou a eletricidade.

Desde o século XX, a eletricidade tornou-se uma fonte de emissões responsável pelo aumento das alterações climáticas. O consumo de eletricidade aumentou significativamente, como é o caso da utilização crescente do ar condicionado e dos processos de dessalinização. A dessalinização está a tornar-se cada vez mais importante, especialmente quando se verifica uma diminuição dos níveis de precipitação e uma maior irregularidade na sua distribuição ao longo do ano, à medida que a população aumenta. Estas circunstâncias ocorrem nas Ilhas Canárias onde, devido aos efeitos das secas em geral, podem ser observadas conseqüências como a redução dos caudais nas ravinas, a redução dos níveis de água nos aquíferos e reservatórios e a escassez de recursos hídricos para consumo humano. Para combater este problema de escassez de recursos hídricos para consumo humano, determinado pelo aumento da seca à medida que as alterações climáticas avançam e o turismo aumenta, a Gran Canaria tem uma estação de dessalinização de água do mar desde os anos 70, cujas instalações têm vindo a crescer e a melhorar ao longo dos anos. Atualmente, esta estação de dessalinização e tratamento de água é uma infraestrutura vital para o abastecimento de água potável na ilha de Gran Canaria, desempenhando um papel fundamental no tratamento e distribuição de água segura e de qualidade à população da ilha. Atualmente, tem uma capacidade de produção de aproximadamente 56.000 m³ de água por dia. Atualmente, esta quantidade é suficiente para abastecer grande parte da população da ilha, mesmo em épocas de seca ou quando a procura de água é elevada. Este processo é efetuado através da tecnologia de osmose inversa, um processo em que a água do mar é submetida a uma série de membranas semipermeáveis que removem o sal e outros poluentes, produzindo assim água fresca e potável. A central de dessalinização utiliza energia elétrica para acionar o processo de osmose inversa e garantir uma produção eficiente e contínua de água potável. Esta eletricidade provém da central elétrica das Ilhas Canárias, que funciona com combustíveis fósseis, libertando na atmosfera uma grande quantidade de gases com efeito de estufa que contribuem para as alterações climáticas.



Imagem 17: Fotografia de uma estação de dessalinização com a sua central térmica na ilha de Gran Canaria.

O que significou o aparecimento do motor de combustão interna com vetores provenientes da refinação do petróleo?

O petróleo foi extraído pela primeira vez de poços perfurados em 1859. Este facto permitiu, na segunda metade do século XIX, experimentar o motor a gás utilizando os produtos de destilação mais leves, até ser aperfeiçoado por Otto em 1876.



Figura 18: Fotografia de um motor de combustão interna.

O desenvolvimento do motor de combustão interna abriu uma nova fonte de energia, com a utilização de hidrocarbonetos refinados de petróleo

CAPÍTULO 1: ESTUDAR A ORIGEM DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS A PARTIR DO CENÁRIO POLACO



como vetor energético, que rapidamente igualou em importância a utilização de telemóveis.

A utilização da gasolina e do gasóleo não substituíam as antigas jazidas de carvão, embora, como o tempo viria a demonstrar, estivesse destinada a ser consumida a um ritmo mais acelerado, porque estes derivados do petróleo são muito fáceis de transportar e portadores de energia muito eficazes para o transporte de veículos. A gasolina era mais transportável do que o gasóleo. Além disso, o petróleo permitia o transporte através de oleodutos permanentes, enquanto os petroleiros o transportavam em grandes quantidades e a longas distâncias até às refinarias. Além disso, deixa um resíduo mínimo quando é queimado, ao contrário do carvão, e é também muito mais fácil de armazenar.

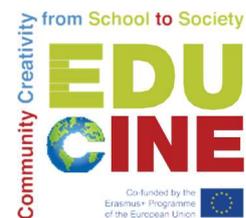


Imagem 19: Fotografia de uma plataforma petrolífera.

Inicialmente, o motor de combustão interna não atingiu uma potência e um rendimento elevados, pelo que não conseguiu competir com o motor a vapor nos seus primórdios. Por conseguinte, no final do século XIX, o motor de combustão interna não conseguiu competir. No século XX, quando a invenção do motor diesel levou ao desenvolvimento de motores de combustão pesados, alimentados a petróleo, com elevado rendimento térmico e capazes de produzir potências até 15 000 CV, o motor de combustão interna ganhou vantagem. Os motores deste tipo eram mais eficientes, de modo que o peso do próprio combustível (vetor) era utilizado para a mobilidade, em vez de transportar, como a máquina a vapor, a carga adicional da água.

Com o automóvel, a deslocação deixou de estar ligada a carris e a um declive muito reduzido. Assim, um veículo pode deslocar-se tão rapidamente como um comboio, sendo uma unidade móvel muito mais pequena e capaz de se deslocar para qualquer lugar. A única condição que exige é a de circular em estradas. As primeiras estradas eram partilhadas por carruagens puxadas por cavalos. Depois de 1910, começaram a ser pavimentadas com betão. Tal como o vetor elétrico,

CAPÍTULO 1: ESTUDAR A ORIGEM DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS A PARTIR DO CENÁRIO POLACO



estes carros facilmente transportáveis com o combustível do vetor no depósito podem permitir-nos viver em qualquer lugar.



Imagem 20: Fotografia de carros antigos.



Figura 21: Ilustração mostrando os dois principais vetores de energia que permitem viver em qualquer lugar.

As qualidades de transporte rápido e seguro fizeram com que o automóvel se expandisse muito rapidamente, inicialmente ligado às empresas e depois entrando em todos os lares. Esta introdução do automóvel nas famílias, muitas vezes com mais de um automóvel por agregado familiar, deveu-se ao facto de os automóveis se terem tornado baratos com o aparecimento da indústria automóvel.

Henry Ford, o que facilitou a sua produção em massa. Com o tempo, este aumento provocou grandes perdas devido aos engarrafamentos, sobretudo nas grandes cidades, que aumentaram as emissões, para além das resultantes do aumento de unidades.



Imagem 22: Fotografia de um engarrafamento frequente nas cidades.

A introdução do motor de combustão interna nos navios foi acompanhada pelo desenvolvimento do automóvel. Em 1903, os irmãos Wright inventaram o avião, que também foi equipado com um motor de combustão interna. Estes aviões com motor de combustão só foram produzidos em grande escala em 1910. A expansão desta forma de deslocação foi facilitada pela expansão de centros antigos desenvolvidos com vastos e distantes campos de aterragem. A partir destes aviões, os aviões a hélice evoluíram para os atuais jatos que consomem muito combustível. O desenvolvimento da tecnologia aeroespacial levou à produção de aeronaves capazes de ultrapassar a velocidade do som, como o Concorde e os aviões de combate, bem como de naves espaciais e dos modernos vaivéns, todos eles consumindo enormes quantidades de energia.

Esta disseminação dos aparelhos de combustão interna envolve fontes móveis com emissões difusas e, por isso, difíceis de controlar, juntamente com as emissões das centrais térmicas que produzem o vetor elétrico e o crescimento de indústrias como as cimenteiras, conduziram a um aumento significativo do CO₂ na atmosfera, o que pode provocar um aumento da temperatura. Esta situação está a aumentar, com a mobilidade cada vez mais dependente do petróleo para mais de 65% das suas emissões, sendo responsável por cerca de 25% das emissões, o que em termos absolutos significa 7 200 000 toneladas de CO₂, das quais os automóveis e camiões são responsáveis por mais de 94%.



Imagens 23 e 24: Composição fotográfica de um avião e de um navio de cruzeiro como outros meios de transporte com elevado nível de emissões.

Cada litro de gasolina produz 2,5 kg de CO₂ e estima-se que um automóvel médio produz, durante a sua vida útil, 15 000 kg de CO₂. Este consumo é variável em função da velocidade média: em vez de andar a 120 km/h, se andar a 100 km/h, consome cerca de 50% menos. O número de veículos ultrapassa largamente os 50 milhões. A este ritmo de crescimento do consumo, e tendo igualmente em conta as importantes deslocações rodoviárias, marítimas e aéreas, estima-se que o petróleo se esgotará dentro de cerca de 50 anos.

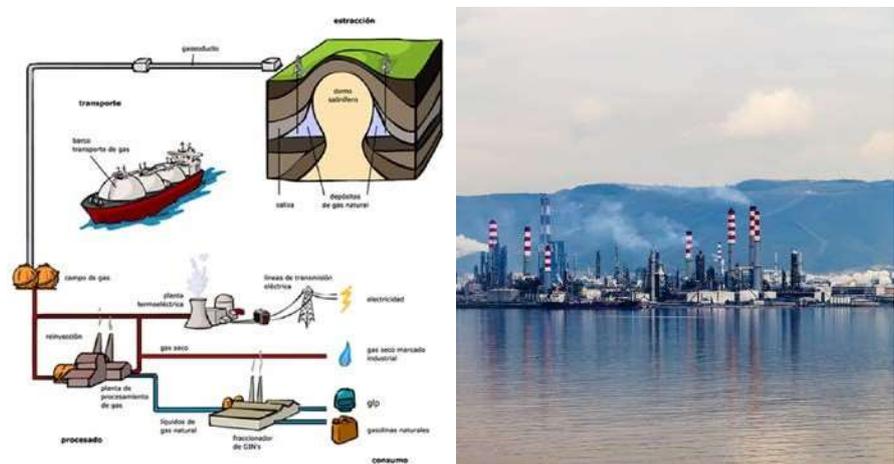


Figura 25: Ilustração que mostra o transporte diário de mercadorias em distâncias intercontinentais utilizando transportes com motor de combustão interna.

Porque é que se diz que o gás natural é o último vetor do século XX?

O gás natural é o último vetor a ser explorado no século XX. Em muitos aspetos, é considerado o combustível fóssil ideal e é utilizado para produzir eletricidade em centrais de turbinas a gás que são compactas, altamente eficientes e podem ser construídas perto de centros populacionais, tirando partido da distribuição de gás na cidade para produzir eletricidade e calor.

O seu principal componente é o metano, o mais simples dos hidrocarbonetos, com um único átomo de carbono (para gerar a mesma quantidade de energia que o carvão e o petróleo, a combustão do metano produz apenas metade do CO_2), pelo que a sua utilização tem sido impulsionada nos últimos anos, desde o Protocolo de Quioto. Mas o gás natural apresenta riscos, como as fugas, que contribuem para aumentar o problema. Se as fugas representarem 4%, o efeito de estufa é mais de 3 vezes superior ao da combustão do carvão. Este risco é agravado pelo facto de as zonas por onde passam os gasodutos serem propensas a ataques e fugas. Além disso, pensa-se que as reservas de gás com este nível de utilização não durarão muito mais do que 20 anos.



Imagens 26 e 27: Fotografia de uma fábrica de gás natural com uma ilustração do processo de transporte de gás natural.

A central térmica de As Pontes de García Rodríguez é o maior grupo produtor do sistema elétrico espanhol, com uma potência instalada de cerca de 1.400 MW, demonstrando a aposta que se fez na segunda metade do século XX em centrais térmicas capazes de produzir muita energia elétrica. Esta central consumia lenhite castanha de uma mina adjacente, rica em enxofre. Tem uma eficiência de 35% e produz 9100 GWh de eletricidade por ano.

Com base no que vimos até agora...

1. Como é que a eletricidade afectou a atividade industrial?
2. Como é que a eletricidade passou de energia renovável a partir da água a um dos principais contribuintes para as alterações climáticas?
3. Como se pode explicar que as expectativas em relação à energia hidroelétrica estejam a diminuir à medida que as alterações climáticas avançam?
4. Porque é que o motor de combustão interna triunfou sobre o motor a vapor?
5. Justificar a conclusão: "*Os vectores energéticos do século XX foram os principais aceleradores das alterações climáticas actuais*".
6. Porque é que o gás natural é considerado um vetor energético com menos impacto nas alterações climáticas do que a refinação de petróleo, se continua a ser um combustível fóssil?

2.1. COMO É QUE AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS PODEM AFECTAR A SUBIDA DO NÍVEL DO MAR?

Numa das cenas do filme "*Cinema Climantopia*", os alunos polacos chegam ao aquário de Lisboa, onde encontram um grupo de alunos portugueses com diferentes stands de demonstração científica. Quando o aluno polaco pergunta o que estão a fazer, um dos alunos portugueses responde "*mostrar-te o que está a mudar a tua vida*".



Imagem 28: Fotograma do filme "Cinema Climantopia".

Responda com o que sabe agora:

1. Em pares, pensem no local onde vivem, se é costeiro ou interior, e respondam às seguintes perguntas: Acham que os impactos das alterações climáticas no oceano vão *mudar a vossa vida*? Vão afetar outros países da mesma forma e com a mesma intensidade? Quais acham que são os principais impactos das alterações climáticas no oceano?
2. Depois de responderem a estas perguntas, podem circular pela sala de aula, interagindo com outros pares e partilhando as vossas respostas, com o objetivo de fazer um resumo final o mais completo possível, incorporando as informações fornecidas por outros colegas que considerem correctas para responder às perguntas iniciais.

O nível do mar está a subir?

A subida do nível do mar é um dos impactos mais óbvios das alterações climáticas, que continuará a verificar-se durante séculos, mesmo que parássemos abruptamente as emissões de gases com efeito de estufa hoje ou atingíssemos o objetivo do Acordo de Paris de 2015 de manter o aumento da temperatura global abaixo de 1,5-2°C.

Desde 1850, o nível do mar subiu cerca de 20-24 cm a nível mundial e continua a subir a um ritmo crescente.

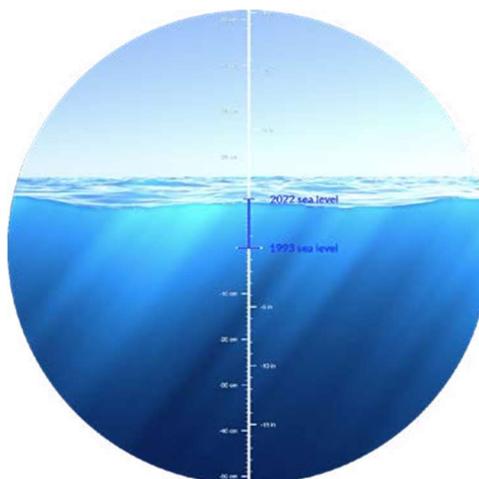


Figura 29: Subida do nível do mar.

Responda com o que sabe agora:

1. Porque é que o nível do mar está a subir?
2. Está a aumentar uniformemente em todo o mundo?
3. Quais são, na tua opinião, as consequências da subida do nível e da temperatura do mar?

Embora a subida do nível do mar seja um dos impactos mais conhecidos das alterações climáticas, as pessoas desconhecem frequentemente as suas verdadeiras causas. Dois fatores são responsáveis por este fenómeno, ambos derivados do aumento da temperatura global: a **fusão do gelo continental** e a **expansão térmica da água**. Vamos analisar cada um deles em pormenor:

1. O **derretimento do gelo continental** é a principal causa da subida do nível do mar. Este gelo, que antes se encontrava no continente, passa a ocupar um volume suplementar sob a forma de água líquida no oceano, provocando a subida do nível do mar. O mesmo não acontece com a fusão de gelo flutuante, como no Ártico, onde este gelo já ocupa um volume específico e, por conseguinte, não contribui diretamente para a subida do nível do mar (embora indiretamente através de uma redução do albedo).

É o caso do descongelamento de:

- ☞ **Gronelândia.** Estima-se que, desde 2002, a Gronelândia tenha perdido 274 mil milhões de toneladas de gelo por ano, uma taxa superior à da Antártida, e é um dos principais contribuintes para a atual subida do nível do mar.
- ☞ **Antártica.** É o quarto maior continente depois da Ásia, América e África. A sua superfície está 98% coberta de gelo. Estima-se que, desde 2002, a Antártida tenha perdido 151 mil milhões de toneladas de gelo por ano. Recorde-se que apenas as partes da Antártida mais vulneráveis ao degelo nos protegem de uma potencial subida global do nível do mar de 20 metros.

Neste contexto, é particularmente preocupante o chamado *manto de gelo da Antártida* Ocidental (frequentemente designado por WAIS), onde o aquecimento e a perda de gelo têm sido muito mais intensos nos últimos anos. Este degelo é facilitado pelo aumento global da temperatura atmosférica e, além disso, pela entrada de água mais quente na base do continente.

- ☞ **Glaciares.** Durante o verão, as grandes formações de gelo, como os glaciares alpinos, derretem naturalmente e, durante o inverno, graças à neve, recuperam a sua superfície. No entanto, devido ao aumento global das temperaturas, tem-se observado um desequilíbrio entre os dois processos, contribuindo para a subida do nível do mar.
2. A **expansão térmica da água** é um fenómeno muitas vezes ignorado por não ser tão visível como as imagens chocantes do gelo a derreter, mas desempenha um papel importante na subida do nível do mar.

A nível mundial, o oceano armazenou mais de **93% do calor resultante das alterações climáticas**. Este facto tem atenuado bastante o aumento da temperatura atmosférica, mas também tem provocado grandes alterações nas suas propriedades físicas e impactos nos seres vivos que o habitam. Entre estas, destaca-se um processo conhecido como **dilatação** ou expansão **térmica**. Este fenómeno baseia-se na tendência da matéria para mudar de volume em resposta à temperatura: quando uma substância é aquecida, a mobilidade das suas moléculas aumenta, mantendo um maior espaço entre elas e, portanto, aumentando de volume.

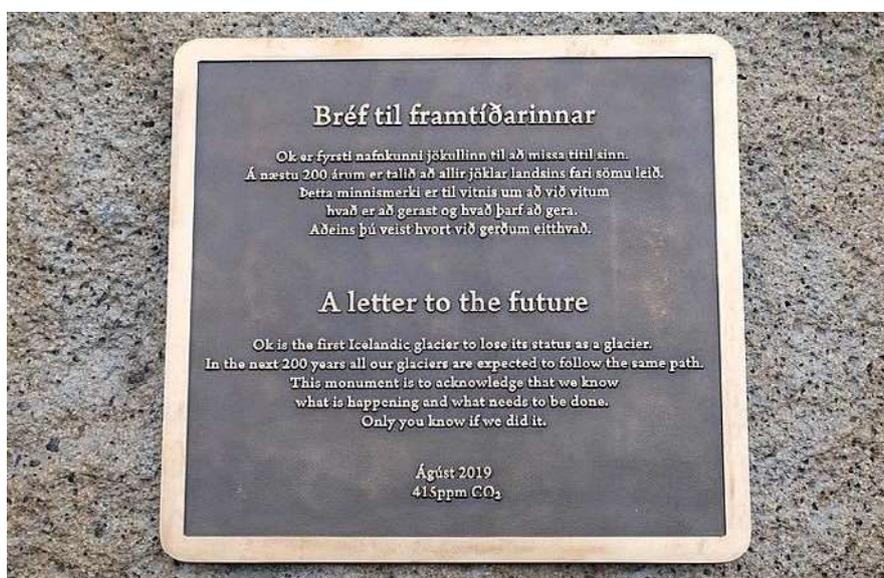


Imagem 30: Placa em honra do glaciér Okjökull.

Assim, tendo visto os diferentes agentes responsáveis pela subida do nível do mar, é altura de ter uma visão conjunta e avaliar a magnitude de cada um deles. É difícil quantificar a sua contribuição individual, mas de acordo com a informação fornecida por estudos recentes, no período 1993-2016, o papel diferenciado de cada um está representado no gráfico seguinte:

■ Expansión térmica: 1.15 mm/año
■ Glaciares: 0.64 mm/año
■ Groenlandia: 0.6 mm/año
■ Antártida: 0.19 mm/año

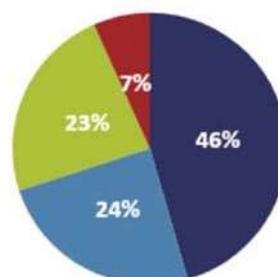


Figura 31: Contribuição para a subida do nível do mar.

Com base no que vimos até agora...

1. Conhecia todos os fatores envolvidos na subida do nível do mar?
2. Aceda ao [simulador](#) que se segue e analise o que acontecerá à sua cidade (se for uma cidade costeira) ou a um local turístico costeiro representativo do seu país se o nível global do mar subir 0,8 m, como previsto para o final do século se as emissões continuarem ao ritmo atual.
3. Realize a prática laboratorial intitulada "*Porque é que o nível do mar está a subir?*" do e-book "*Conceber práticas laboratoriais sobre alterações climáticas para divulgação através de stands escolares em locais turísticos*" e responda às seguintes questões:
 - a. O que acontece em cada um dos modelos com a subida do nível do mar? Se existem diferenças, a que é que se devem?
 - b. Se algum dos modelos não influenciar a subida do nível do mar, será que a sua fusão tem algum impacto global?
 - c. O que é que observa na segunda parte da prática e como é que isso se relaciona com a prática anterior?
 - d. Tendo em conta os dois lados da prática, quais são os fatores responsáveis pela subida do nível do mar?
 - e. Investigação sobre os potenciais impactos da subida global do nível do mar.

No entanto, neste contexto de degelo, é importante notar que este fenómeno também tem **consequências** importantes para a **fauna** destas regiões.

No **Ártico**, destaca-se o urso **polar**, o maior predador desta região. No Ártico, tem-se observado que, nos últimos anos, o ciclo de degelo começou mais cedo e durou mais tempo. Por outras palavras, todos os anos a camada de gelo do Ártico está a diminuir, tornando mais difícil para os ursos polares caçarem focas e outros animais que são a sua principal fonte de alimento. Antes do início do enfraquecimento geral do gelo marinho, os ursos polares conseguiam caçar facilmente em gelo marinho estável. No entanto, após a fusão do gelo, os ursos polares são obrigados a nadar em direção às focas, numa tentativa de as caçar sem serem detetados, enquanto descansam em pedaços de gelo flutuante, com uma elevada taxa de insucesso. A este respeito, alguns investigadores sugerem que tal pode dever-se ao facto de esta técnica exigir uma maior quantidade de energia. Por conseguinte, estudos recentes concluíram que as populações de ursos polares poderiam ser reduzidas em 30% até 2050.



Imagem 32: As populações de ursos polares (*Ursus maritimus*) podem diminuir em 30% até 2050.

No entanto, na natureza, as interações entre os ecossistemas são complexas e os impactos das alterações climáticas no Ártico não afetam apenas os ursos polares. Como a professora Rojas explica aos seus alunos no filme "*Cinema Climantopia*", as focas são precisamente outra espécie afetada pelo impacto das alterações climáticas, uma vez que uma das suas fontes de alimento é reduzida:

SENHORA ROJAS

É isso mesmo. As focas são predadoras e presas. O que está a acontecer é que, com as alterações climáticas, as águas do Ártico estão a aquecer e o bacalhau que vive sob o gelo marinho está a deslocar-se para norte ou a diminuir.

PROTAGONISTA ESTRANGEIRO 2

E as focas comem bacalhau?

SENHORA ROJAS

Ou seja, como predadores, vão deparar-se com esse problema.



Imagem 33: Fotograma do filme "Cinema Climantopia".

No caso da Antártida, há também impactos relevantes na fauna da região. Um exemplo é o do pinguim-imperador (*Aptenodytes forsteri*), que depende da existência de uma camada de gelo desenvolvida para o seu processo de reprodução. Os seus ovos são incubados principalmente em gelo firme durante o inverno antártico, e são necessárias várias semanas no gelo para que as crias cresçam e desenvolvam a sua plumagem.

Um estudo de 2023 publicado na prestigiada revista *Nature* analisou a variabilidade das populações de cinco colónias de pinguins-imperador situadas em Bellingshausen (Antártida Ocidental) e os resultados observados na sequência do degelo intenso são alarmantes: quatro destas colónias perderam todas as suas crias, com a morte de cerca de 10.000 aves. As crias morrem por afogamento ou mesmo por hipotermia, porque são mergulhadas na água sem terem desenvolvido a sua plumagem, pelo que não conseguem suportar as baixas temperaturas e são abandonadas pelos adultos.



Imagens 34 e 35: Ilustração e fotografia de um pinguim-imperador com as suas crias.

Depois de ver o filme...

No filme "*Cinema Climantopia*", a professora Rojas explica aos seus alunos o seguinte: "*Estes pinguins vivem na Antártida, é o único pólo onde os podemos encontrar*".

1. O degelo previsto para o ano 2100 significa que a sobrevivência das populações de pinguins está claramente em risco. Pesquisa na Internet o que é a *capacidade de dispersão* de uma espécie. Quando estiveres familiarizado com este conceito, responde à seguinte pergunta: num contexto de alterações climáticas e de intenso degelo, achas que os pinguins poderiam facilmente encontrar novos habitats adequados ao seu ciclo biológico?

As consequências da subida do nível do mar

Na cena de "*Cinema Climantopia*" que tem lugar no oceanário da Corunha, um dos protagonistas afirma o seguinte: "*Calma. Se o nível do mar sobe, o mar chega a mais terra e, portanto, há inundações*".

Depois de ter visualizado a cena...

1. Quais são, na tua opinião, as consequências das inundações nas zonas costeiras?
2. Que medidas pensa que podem ser tomadas nas zonas costeiras para as resolver?



Imagem 36: Fotograma do filme "Cinema Climantopia".

Para além destas inundações, há muitas outras **consequências** da subida do nível do mar, incluindo as seguintes:

"Migração humana: esta dá origem ao que designamos por refugiados climáticos. Alguns estudos sugerem que, até ao final do século, mais de 2 mil milhões de pessoas terão sido obrigadas a migrar do seu país, a maioria das quais de países empobrecidos com uma capacidade significativamente menor de responder aos impactos das alterações climáticas.

" **Perda de zonas costeiras, habitats e infraestruturas.**

"Intrusão de água salgada nos aquíferos costeiros. Se o nível do mar subir, é mais provável que a água salgada entre e contamine um aquífero subterrâneo. Se a isto juntarmos uma diminuição da precipitação, como se prevê em muitas zonas, vemos um cenário em que o abastecimento de água doce será escasso.

" **Desaparecimento** das **ilhas** baixas.

" Aumento da **erosão** costeira.

"Intensificação das inundações fluviais: o nível do mar estabelece o nível de base dos rios, pelo que, se o nível do mar subir, o nível dos rios também sobe. Isto pode intensificar o efeito das inundações, o que é particularmente grave em zonas já propensas a inundações.

No entanto, embora a subida do nível do mar seja um fenómeno generalizado, ocorre **de forma desigual** em todo o mundo devido a múltiplas causas.

fenómenos, entre os quais a própria topografia do fundo oceânico desempenha um papel importante. Assim, por exemplo, algumas zonas como o Pacífico ocidental registaram um aumento 4 a 5 vezes superior à média mundial (até 15 mm/ano), região onde, por sua vez, se encontra a **maior percentagem de pobreza costeira do mundo**.

As populações destes países são particularmente vulneráveis devido ao seu menor desenvolvimento económico e, por conseguinte, têm **menos capacidade para adaptar** as suas infraestruturas e apoiar as suas populações face à subida do nível do mar. Assim, podemos concluir que a vulnerabilidade de um país à subida do nível do mar depende não só da sua altitude em relação ao nível do mar, mas também do seu desenvolvimento socioeconómico.

Por conseguinte, são as **populações mais** vulneráveis, com menor responsabilidade pelas emissões de gases com efeito de estufa, que são mais afetadas pela subida do nível do mar.

Um dos casos mais extremos atualmente ocorre em **Kiribati**, um país do Oceano Pacífico constituído por 33 ilhas e onde vivem mais de 100.000 pessoas. É considerado um dos países mais afetados pela subida do nível do mar, prevendo-se que as suas ilhas fiquem submersas dentro de 15 anos, razão pela qual o país criou um programa chamado "migração com dignidade", no qual oferece aos seus habitantes a possibilidade de se mudarem para outros países, como a Austrália e a Nova Zelândia, e no âmbito do qual até comprou terrenos noutros países para alojar os seus refugiados climáticos. Este é um dos exemplos de como as alterações climáticas podem afetar não só as pessoas, mas também o património cultural da humanidade. O Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (IPCC) salienta no seu Sexto Relatório que a migração forçada dos habitantes de Kiribati ameaça a permanência da sua cultura, caracterizada, entre outras coisas, pelas suas artes marciais tradicionais, música e dança folclóricas.

Com base no que vimos até agora...

1. O filme "*Cinema Climantopia*" mostra cenários tão diferentes como as Ilhas Canárias ou a Polónia. Pesquise online quanto se prevê que o nível do mar suba em cada um destes territórios até ao final do século e compare as possíveis consequências para eles em função das suas características geográficas.
2. Que medidas de adaptação podem ser adoptadas nos ambientes costeiros para fazer face à subida do nível do mar?



Imagem 37: Kiribati.

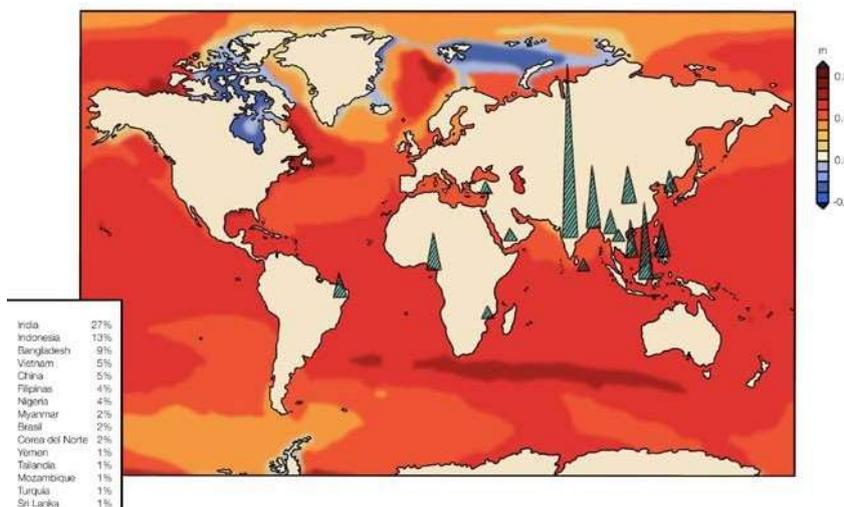


Figura 38: Percentagem de pobreza costeira e subida do nível do mar no final do século XXI.

Previsões da subida do nível do mar

As **projeções relativas** à subida do nível do mar não são animadoras. Se as emissões de gases com efeito de estufa continuarem ao mesmo ritmo que atualmente, prevê-se que o nível global do mar aumente **0,84 m** até ao **final do século**, em comparação com o período 1986-2005.

Como indicámos no início deste capítulo, a subida do nível do mar é já um fenómeno imparável: a quantidade de calor injetada na atmosfera é tal que, mesmo que parássemos subitamente as emissões de gases com efeito de estufa, a inércia dos processos já em curso é tão grande que não cessariam durante centenas ou milhares de anos. Cabe-nos, portanto, garantir que não se intensifiquem ainda mais, com consequências catastróficas.

2.2. PORQUE É QUE O AQUECIMENTO DOS OCEANOS DEVIDO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS AMEAÇA A PRODUTIVIDADE DOS OCEANOS?

Os **oceanos** cobrem mais de 70% da superfície do nosso planeta e, como já foi referido, de acordo com os últimos dados do IPCC, o oceano **armazena** mais de **93% do calor** resultante das alterações climáticas.



Imagem 39: Para onde vai o calor resultante das alterações climáticas?

Nesta secção, centrar-nos-emos em dois grandes impactos deste aumento de temperatura.

1. Estratificação dos oceanos

Se analisarmos a distribuição do **calor** armazenado nos oceanos, verificamos que a maior parte se acumula nos **700 m superiores** da coluna de água. Isto resulta numa **diminuição da densidade das águas superficiais**, o que terá implicações importantes na produção primária oceânica.

As camadas superficiais da coluna de água albergam o **fitoplâncton** - do qual depende, em grande medida, a produção primária oceânica - porque este precisa de viver na **zona fótica para efetuar** a fotossíntese. Ao mesmo tempo, precisa de certos **nutrientes inorgânicos (P, N e S)** que vêm do fundo do oceano e chegam à superfície através de uma variedade de mecanismos.

Como consequência da diminuição da densidade da água da superfície do oceano, a **comunicação** entre a **superfície e as camadas mais profundas** da coluna de água **torna-se mais difícil**. Este facto tem duas implicações principais: "Nas **latitudes médias**, a estratificação oceânica resultante dificultará o afluxo de nutrientes às camadas superficiais onde reside o fitoplâncton, conduzindo a um **declínio** da produção primária oceânica.

"Nas **latitudes polares**, o fator limitante da produção oceânica é o acesso à luz. Nestas zonas, a estratificação é gerada principalmente pela fusão do gelo em resultado do aumento das temperaturas, de modo que a água doce (menos densa) entra no oceano, conduzindo a densidades mais elevadas. Como esta estratificação oceânica ocorre, o fitoplâncton permanece mais tempo nas camadas superficiais, pelo que se espera que a produção primária oceânica aumente ligeiramente nestas latitudes no futuro.

O impacto do aquecimento dos oceanos é amplificado ao longo da cadeia alimentar, uma vez que o declínio da disponibilidade de fitoplâncton implicará um declínio nos sucessivos elos tróficos que, em última análise, dependem dele.

Com base no que vimos até agora...

Realize a prática laboratorial intitulada "*Porque é que estamos tão preocupados com o aquecimento global?*" do livro eletrónico "*Conceber práticas laboratoriais sobre alterações climáticas para divulgação através de stands escolares em locais turísticos*" e responda às seguintes questões:

Primeira parte da prática:

1. O que se observa quando se retira o reservatório do separador e porque é que isso acontece?
2. Como pensa que este fenómeno pode estar relacionado com as alterações climáticas na realidade?

Segunda parte da prática:

1. Como é que esta segunda parte da prática se relaciona com a anterior e com a realidade?
2. O que é que o movimento das cartas representa na realidade?
3. O que acontece quando se adiciona uma camada de petróleo e como é que isso afecta a produção primária oceânica?
4. Nas latitudes polares, o fitoplâncton está sujeito a grandes correntes oceânicas que o transportam para zonas mais profundas. Como pensa que a estratificação oceânica irá afetar as zonas polares?
5. Como é que a estratificação oceânica pode afetar a concentração de oxigénio no oceano?
6. As alterações na produtividade dos oceanos afectarão igualmente todos os países do mundo? Pesquise na Internet

2. Desoxigenação oceânica

O oceano, tal como a atmosfera, contém oxigénio. Este provém quer da ação de organismos marinhos fotossintéticos, quer da própria atmosfera.

A **desoxigenação oceânica** é um fenómeno frequentemente negligenciado, mas muito importante, ou seja, uma diminuição da concentração de oxigénio nas águas mais profundas. Isto ocorre devido a **3 factores** principais:

"O aumento da **temperatura dos oceanos**, que reduz a solubilidade do oxigénio.

"A **estratificação dos oceanos**, que dificulta a difusão do oxigénio das camadas superficiais para as camadas profundas.

"Os processos de **eutrofização** nas zonas costeiras são consequência do aporte de nutrientes que conduzem a uma proliferação excessiva de fitoplâncton, impedindo o acesso das comunidades aquáticas à luz e ao oxigénio. De facto, mais de 700 zonas costeiras e mares semifechados, em todo o mundo já foram identificados como tendo problemas de hipoxia.

Globalmente, estima-se que o **inventário mundial de oxigénio nos oceanos** tenha diminuído cerca de **2%**. Este valor pode parecer insignificante, mas tanto nas zonas costeiras como nos oceanos abertos, a diminuição do oxigénio resulta nas chamadas **zonas mortas**: zonas hipóxicas que não são compatíveis com a vida aeróbica.

2.3. SUBIDA DO NÍVEL DO MAR E SUAS CONSEQUÊNCIAS NA EUROPA: EFEITOS NO TURISMO

As ilhas e as zonas costeiras estão entre os destinos turísticos mais vulneráveis aos impactos das alterações climáticas devido a múltiplas ameaças, como fenómenos meteorológicos extremos, subida do nível do mar, alterações nos padrões de circulação das correntes oceânicas ou perda de ecossistemas.

A subida do nível do mar é uma das principais ameaças para o sector do turismo, devido tanto à inundação das terras costeiras como ao aumento da erosão costeira, uma vez que grande parte das atividades turísticas tem lugar nestas zonas. Assim, o aumento da erosão costeira colocará em risco não só as próprias praias, mas também as infraestruturas de primeira linha, como passeios, paredões, quebra-mares, molhes e portos. Na Europa, o estudo EUROSION concluiu que 20% da linha costeira europeia está a recuar ou a ser artificialmente desestabilizada.

A regra de Bruun, embora com limitações e condicionada pelas características de cada zona, permite-nos simplificar uma relação entre a subida do nível do mar e o recuo da linha de costa. Estima um intervalo de 50-100 m de recuo por cada metro de subida do nível do mar.

Utilizando alguns dos países do nosso filme "Cinema Climantopia" como exemplos ilustrativos, analisaremos algumas das projeções da subida do nível do mar e o seu impacto no turismo em algumas zonas europeias.

"A Península Ibérica, as Ilhas Canárias e as Ilhas Baleares, com cerca de 8000 km de costa, apresentam o turismo de sol e praia como um importante motor económico. A Espanha tem uma grande variedade de costas, que vão desde impressionantes falésias verticais a extensas praias de areia, pelo que a subida do nível do mar implicará um recuo significativo de ambos os tipos de costa devido a processos de erosão e inundação, pondo em risco a atividade turística desenvolvida nestas zonas.

A este respeito, a Espanha é um dos países mais vulneráveis da Europa à subida do nível do mar, estimando-se que a linha costeira recue 3 m até 2040 ao longo da costa cantábrica, da Galiza e do norte das Ilhas Canárias. Além disso, é necessário investir mais recursos na prevenção destes impactos e na proteção das infraestruturas costeiras existentes.



Imagens 40 e 41: Praia de Orzán (A Corunha, Galiza) e Praia de Las Catedrales (Galiza).



Imagem 42: Praia de Maspalomas (Gran Canaria).

"Portugal. O litoral português tem vindo a sofrer um intenso processo de **reco** nos últimos anos devido, entre outros fatores, à redução da taxa de **sedimentação** dos rios em resultado da construção de barragens e outras estruturas.

Com a subida do **nível do mar**, a profundidade do mar aumenta e as ondas que atingem a costa têm maior energia, aumentando a sua capacidade erosiva e de transporte de sedimentos. Assim, a subida do nível do mar, e a conseqüente intensificação da erosão costeira, terá um efeito significativo na já deficiente sedimentação da costa portuguesa.

Esta situação tem efeitos importantes no **sector do turismo**, principalmente ligados à redução ou mesmo à perda total de praias arenosas e à perda de infraestruturas costeiras relacionadas com atividades turísticas, como restaurantes e bares,

CAPÍTULO 2: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E ECOSSISTEMAS MARINHOS A PARTIR DO CENÁRIO DOS OCEANÁRIOS DE LISBOA E

casas, etc. É o caso de algumas das zonas mais turísticas de Portugal, como o Algarve.



Imagem 43: Algarve (Portugal).



Figuras 44 e 45: Exemplos de proteção de habitações costeiras em Portugal afectadas pelo desaparecimento das dunas no contexto da subida do nível do mar.

"**Polónia**. Situada na Europa Central, a Polónia tem uma pequena faixa de costa no Mar Báltico. Esta zona costeira tem aproximadamente 500 km de comprimento e inclui grandes cidades turísticas como Gdansk, Gdynia e Sopot.

Isto significa que a subida do nível do mar representa uma ameaça para o norte do país, pondo em risco várias zonas turísticas de grande importância para o país, algumas das quais foram objeto de estudos recentes devido à sua vulnerabilidade, como Gdansk, Karwia e a Península Hel. **Gdansk** é uma zona rural e urbana densamente povoada que está ameaçada por potenciais inundações e cheias. A **Península de Hel** é constituída por um grande banco de areia, com mais de 30 km de comprimento, utilizado para o turismo, que está em risco de desaparecer devido à intensificação dos processos de erosão. **Karwia**, por outro lado, alberga pântanos ecologicamente valiosos que também estão ameaçados pela subida do nível do mar.



Imagens 46 e 47: Gdansk (Polónia) e recuo da linha costeira em Gdynia (Polónia). Imagem da direita com licença CC de Tomasz Sienicki.



Imagem 48: Trzemeszno (noroeste da Polónia), na costa do Mar Báltico. Podem ver-se as ruínas de uma igreja construída no início do século XVI que foi destruída pelo avanço do mar.

2.4. EFEITOS NA BIODIVERSIDADE MARINHA EUROPEIA. CONSEQUÊNCIAS PARA AS ESPÉCIES INVASORAS E PARA A PESCA NO NORTE, NO SUL E NAS ILHAS SUBTROPICAIS.

Qual o impacto do aquecimento dos oceanos na biodiversidade marinha europeia?

O **oceano** é fundamental para a vida na Terra, abrindo mais de **200.000 espécies conhecidas**. No entanto, apesar da sua importância, o seu estado de conservação é preocupante, razão pela qual a proteção da sua biodiversidade é um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030: **ODS 14 (vida subaquática)**.



Figura 49: ODS 14: Vida subaquática.

A biodiversidade marinha da Europa está atualmente sob grande pressão. Muitas espécies marinhas já estão em risco devido a diferentes impactos, como a sobrepesca, a poluição ou a fragmentação dos habitats. O **aquecimento dos oceanos** pode intensificar a pressão sobre estas espécies com efeitos devastadores, especialmente sobre as que já se encontram nos limites da sua gama de **tolerância térmica**, e pode também levar ao **aparecimento de novas espécies** provenientes de outras zonas que migram em busca de condições ótimas para o seu desenvolvimento, embora tal dependa da sua capacidade de dispersão.

De acordo com um relatório publicado em 2019 pela Agência Europeia do Ambiente (AEA), o estado atual da biodiversidade nos mares da Europa pode ser resumido em duas conclusões principais: quase todas as espécies marinhas estão em mau estado de conservação e a maioria dos ecossistemas marinhos da Europa está em declínio.

Neste sentido, o aumento da temperatura dos oceanos permitiu que espécies de outras regiões mais quentes povoassem novas áreas marinhas que anteriormente eram demasiado frias para se desenvolverem. Eis alguns exemplos de diferentes regiões europeias.

O **Mar Mediterrâneo** é um importante *hotspot de biodiversidade*. Trata-se de regiões que albergam uma elevada biodiversidade e que estão altamente ameaçadas pela atividade humana. Especificamente, o Mar Mediterrâneo está a aquecer 20% mais depressa do que a média global, experimentando nos últimos anos um intenso processo de **tropicalização** (aumento de espécies não nativas de origem tropical), sendo um dos mares com o maior número de espécies invasoras do mundo.

Em consequência do aumento da temperatura no Mar Mediterrâneo, surgiram espécies provenientes principalmente do Oceano Índico e do Mar Vermelho, através do Canal do Suez. É o caso do **peixe-coelho** (*Siganus rivulatus*), particularmente nocivo para o ecossistema, pois tende a alimentar-se do coberto vegetal marinho, convertendo as florestas submarinas de kelp em grandes áreas de rocha nua, com o consequente impacto nas espécies nativas que as habitavam ou delas dependiam. Um estudo recente, que comparou zonas do Mediterrâneo onde esta espécie estava presente com outras onde não estava, mostrou que a sua presença levou a uma **redução de 65% da cobertura de algas** na zona e a uma **redução de 60% da biomassa de algas e invertebrados**.



Imagem 50: Peixe-coelho (*Siganus rivulatus*).

Os efeitos das alterações climáticas são também palpáveis no **Oceano Atlântico**, onde se tem observado um processo de tropicalização em algumas regiões nas últimas décadas. É o caso das **costas gregas**, onde se registou um aquecimento de **0,24 °C por década**.

desde 1974. Consequentemente, diferentes espécies de origem tropical também se instalaram nos últimos anos. Entre as primeiras espécies a migrar estão o **peixe-porco** (*Balistes capriscus*) e o **linguado do Senegal** (*Solea senegalensis*).

Nos últimos anos, surgiram também outras espécies, entre as quais se destacam os **cagarros-pretos** *Kyphosus sectatrix* e *Kyphosus vaigiensis*. Estas espécies são herbívoras estritas e, à semelhança do que acontece no Mediterrâneo, teme-se que possam ter repercussões sobre as próprias algas da região, aumentando ainda mais a preocupação com a diminuição das algas temperadas-frias que se tem verificado na Galiza nos últimos anos como consequência do aumento da temperatura da água.



Imagem 51: Peixe-porco (*Balistes capriscus*).

No estudo "*Evidencias e Impactos del Cambio Climático en Galicia*", promovido pela Xunta de Galicia em 2009, já se localizavam na Galiza mais de 50 espécies comerciais de latitudes de águas quentes. Em contrapartida, outras espécies, como a solha-das-pedras ou as algas laminárias, estão a diminuir de densidade nas águas galegas e a aumentar nas águas mais setentrionais, possivelmente devido ao impacto do aumento das temperaturas na sua distribuição.

No **mar Báltico encontramos** também diferentes consequências das alterações climáticas na biodiversidade marinha, para além de outros impactos ambientais como a **eutrofização**. O Mar Báltico também sofreu um processo de subtropicalização que permitiu que espécies de grande importância pesqueira, típicas de zonas subtropicais, como a **sardinha** (*Sardina pilcardus*) ou o **biqueirão** (*Engraulis encrasicolus*), migrassem para ele nos últimos anos, reduzindo a abundância de outras, como o **arenque** (*Clupea harengus*).



Imagem 52: Sardinha (Sardina pilchardus).

Estratificação dos oceanos: uma questão de segurança alimentar global

Num mundo com uma população em crescimento tão rápido como a população humana, que ultrapassa o número vertiginoso de **8 mil milhões de pessoas**, parece inevitável um aumento do consumo de peixe e de outros alimentos provenientes do oceano para alimentar toda a população do planeta. A este respeito, de acordo com os dados do último relatório do IPCC sobre os oceanos e a criosfera, prevê-se, de um modo geral, uma redução significativa da biomassa das comunidades marinhas durante o século XXI, com o conseqüente efeito nas potenciais capturas de peixe no futuro.

Neste contexto, os **efeitos** da **estratificação dos oceanos** na **produção pesqueira** são motivo de grande preocupação. Um estudo recente desenvolveu um modelo de como uma tal alteração na produção primária afetaria as capturas de peixe de diferentes países, delineando um cenário futuro de segurança alimentar incerta. Este estudo revelou que, em termos gerais, os países com maior dependência da pesca (tanto em termos económicos como de segurança alimentar), que são também os que albergam a maior percentagem da população mundial, verão as suas capturas de peixe diminuir. Por outro lado, uma percentagem menor de países, incluindo vários países europeus, que são menos dependentes da pesca, verão as suas capturas potenciais aumentar ligeiramente.

Uma visão global...

O gráfico abaixo mostra como se prevê que as capturas de peixe variem no futuro em alguns países do mundo, bem como a sua dependência da pesca em termos alimentares e económicos. Depois de analisares o gráfico, responde às questões que te são colocadas:

1. Que tendência representa cada um dos quadrantes em termos das variáveis estudadas?
2. Compara a tendência esperada para os países a que pertencem os protagonistas do filme e, com base nos conteúdos estudados neste capítulo, fornece uma explicação para a mesma.
3. Investiga o número de habitantes de cada um dos países representados nos diferentes quadrantes. Que conclusão tiras?

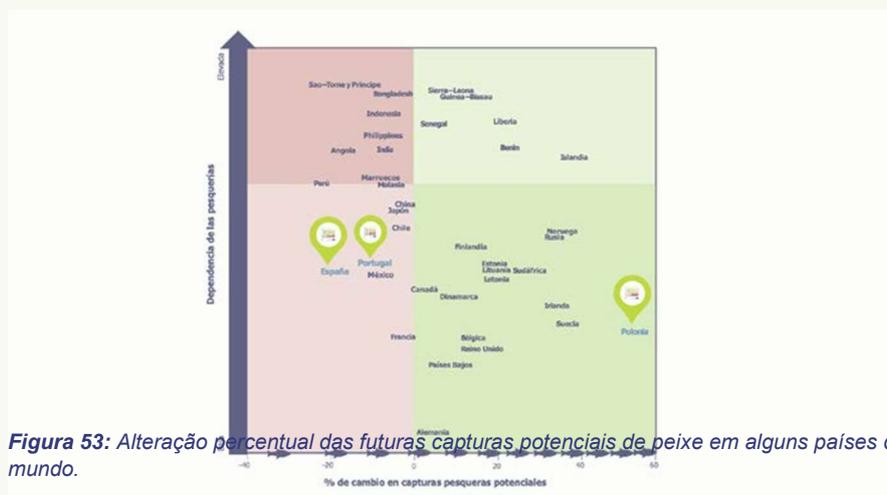


Figura 53: Alteração percentual das futuras capturas potenciais de peixe em alguns países do mundo.

Uma vez terminada a unidade, responda novamente às perguntas iniciais utilizando o que aprendeu:

1. Porque é que o nível do mar está a subir?
2. Está a aumentar uniformemente em todo o mundo?
3. Quais são, na tua opinião, as consequências da subida do nível e da temperatura do mar?

3.1. OS SOLOS E AS FLORESTAS COMO SUMIDOUROS DE DIÓXIDO DE CARBONO

Na cena galega de "Cinema Climantopía", três estudantes que participam na conferência escolar sobre a ria de Muros e Noia veem um eucalipto que lhes parece estragar a paisagem e que, por isso, lhes desperta a curiosidade. Aproximam-se então de duas marisqueiras que estão a fazer uma pausa na sua atividade para lhes perguntar sobre esta espécie.



Imagem 54: Fotograma da curta-metragem "Cinema Climantopía" que mostra três alunos que participam na conferência escolar de Ria de Muros e Noia a interessarem-se pelo eucalipto à esquerda da imagem.

A marisqueira Maruxa chama a atenção para o grande número de eucaliptos que se avistam dali e explica que o problema dos eucaliptos é que absorvem toda a água, o que seca toda a terra, impossibilitando as culturas. A sua colega acrescenta que ajudam os incêndios a propagarem-se. Ela diz-lhes que estes eucaliptos que eles visualizam são a razão pela qual as pessoas dizem que "a Galiza está sempre a arder". O aluno que assume o papel de jornalista acrescenta que também afetam as alterações climáticas. A marisqueira Maruxa intervém novamente para dizer que afetam todo o ecossistema e descreve-os como uma praga porque estão fora de controlo, tal como os incêndios, pelo que vamos sofrer as consequências.

No dia seguinte, no final da final do torneio internacional de voleibol da conferência juvenil entre a Espanha e o Peru, os alunos aproveitam para visitar o Monte Pindo, que pode ser visto do campo do torneio.

Aí encontram o Presidente da Associação de Monte Pindo e dois dos alunos, no papel de jornalistas, pedem-lhe uma entrevista, que ele concede, para saberem mais sobre o grande incêndio de 2013.

CAPÍTULO 3: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA FERTILIDADE DO SOLO E NOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS A PARTIR DOS CENÁRIOS DOS EUCALIPTOS E DOS INCÊNDIOS NA GALIZA



Imagem 55: Fotograma da curta-metragem "Cinema Climantopia" com duas marisqueiras a explicar o problema dos eucaliptos na ria de Muros e Noia.



Imagem 56: Fotograma da curta-metragem "Cinema Climantopia" que mostra Espanha e Peru a disputar a final do torneio da Conferência sobre o trabalho internacional bilateral na Europa e na América durante a pandemia.

Na entrevista explicou as consequências alarmantes do incêndio de 2013 com os 3 dias que aterrorizou a população, danificou casas e gerou uma grande quantidade de sedimentos que afeta o banco de marisco mais próximo e deixou o terreno erodido. Justificou a rápida expansão com a introdução de espécies invasoras, nomeadamente o eucalipto. Referiu ainda as medidas tomadas para minimizar estes impactos, como a plantação de gramíneas e a obtenção de um banco de germoplasma para recuperar espécies arbóreas autóctones perdidas. Concluiu implorando para que a floresta não seja queimada e recomendando que se pense mais na prevenção, pois o enfoque político está demasiado centrado na extinção.

No atual contexto de alterações climáticas, os solos agrícolas e florestais estão sujeitos a impactos que levam à sua degradação e podem atingir pontos de não retorno, conduzindo à desertificação. As causas desta degradação são diversas e estão a ser amplificadas pelas alterações climáticas. No filme "*Cinema Climantopia*", mostra-se este tipo de problemas na Galiza, como a expansão de espécies pirofíticas.

CAPÍTULO 3: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA FERTILIDADE DO SOLO E NOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS A PARTIR DOS CENÁRIOS DOS EUCALIPTOS E DOS INCÊNDIOS NA GALIZA

como os eucaliptos que, com os períodos de seca severa e as vagas de calor que acompanham as alterações climáticas na região, aumentam o risco de incêndios. Ao mesmo tempo, as chuvas torrenciais, cada vez mais frequentes, provocam uma forte erosão e a passagem de grandes quantidades de sedimentos que põem em risco os ecossistemas fluviais e estuarinos, obstruindo as guelras ou cobrindo os bancos de moluscos.



Imagem 57: Fotograma da curta-metragem "Cinema Climantopía" que mostra a entrevista com o Presidente da Associação Monte Pindo a explicar os efeitos do incêndio de 2013.



Imagem 58: Ilustração de fogo de copa em eucalipto (autor Sarela Lorenzo Robledo).

As terras aráveis cobrem 12-14% da superfície terrestre e são essenciais para a alimentação de uma população em constante crescimento. A formação do solo é um processo que requer longos períodos geológicos e no qual o clima é fundamental, na medida em que rochas diferentes em climas diferentes podem dar origem a solos muito semelhantes, e a mesma rocha em climas diferentes pode também dar origem a solos diferentes. Por este motivo, as influências entre o solo e o clima são mútuas, sendo que as alterações climáticas afetam a estrutura e a produtividade do solo. Um dos principais problemas que as alterações climáticas trazem para o solo é o stress térmico. Este aumento da temperatura à superfície do solo é

CAPÍTULO 3: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA FERTILIDADE DO SOLO E NOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS A PARTIR DOS CENÁRIOS DOS EUCALIPTOS E DOS INCÊNDIOS NA GALIZA

o impacto do cego terrestre provocou alterações no início e no fim das estações de crescimento, reduções no rendimento das culturas e uma diminuição da disponibilidade de água doce, levando ao stress hídrico da vegetação.



Figuras 59 e 60: Secas e inundações induzidas pelas alterações climáticas no contexto das alterações climáticas.

As alterações que as alterações climáticas estão a induzir no solo são de tal ordem que ameaçam o equilíbrio dinâmico que lhe permitiu sequestrar cerca de 30% do total das emissões antropogénicas de carbono. O aquecimento do solo implica um risco acrescido de mineralização da matéria orgânica que fertiliza o solo, o que pode levar a uma perda de fertilidade e, simultaneamente, alimentar o problema, uma vez que o solo, a seguir aos oceanos, é o segundo maior sumidouro de C. As alterações climáticas põem em risco este papel de sumidouro, pelo que, como retém 2/3 do C nos ecossistemas terrestres, poderia tornar-se uma fonte de C, contribuindo assim para um aumento do aquecimento global.



Imagem 61: Fotografia de uma amostra de solo mostrando a sua riqueza em matéria orgânica devido à sua cor preta.

CAPÍTULO 3: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA FERTILIDADE DO SOLO E NOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS A PARTIR DOS CENÁRIOS DOS EUCALIPTOS E DOS INCÊNDIOS NA GALIZA

Outro fator do impacto das alterações climáticas no solo está relacionado com os efeitos do aumento da frequência de fenómenos de precipitação extrema. A precipitação cada vez mais intensa conduz a mais inundações superficiais e à erosão do solo, bem como a um maior stress hídrico para as plantas. As chuvas fortes e as inundações podem, por conseguinte, atrasar a plantação, aumentar a compactação do solo e causar perdas de culturas devido à anóxia provocada pela compactação das raízes. Ao mesmo tempo, o aumento da precipitação significa também um aumento da lavagem dos componentes do solo, com perdas de sais minerais que são nutrientes necessários para a qualidade da fertilidade do solo.

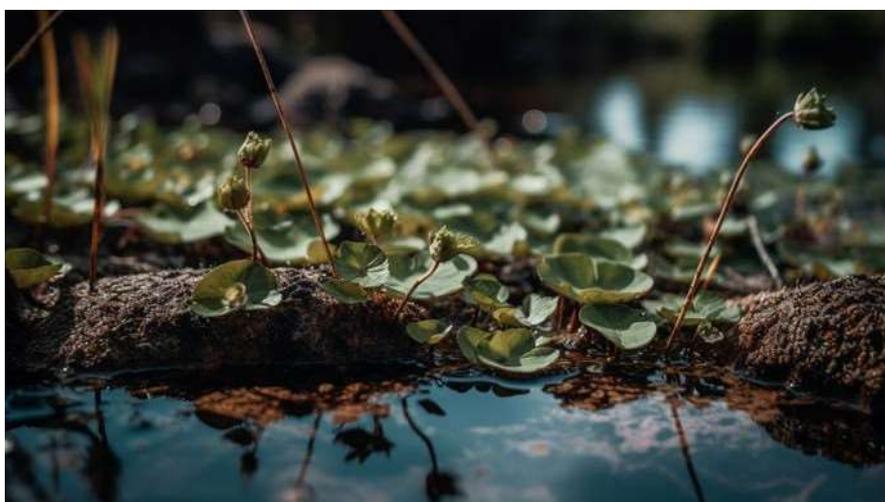


Imagem 62: Fotografia mostrando os efeitos das inundações que eliminam as culturas e o aparecimento de espécies típicas de solos inundados.

Responda com o que sabe agora:

1. Como é que as temperaturas elevadas afetam a perda de hidratos de carbono do solo?
2. Como é que a mobilização do solo influencia a perda de carbono do solo se a mobilização coincidir com dias quentes?
3. Como é que as chuvas torrenciais contínuas afetam a fertilidade do solo? Os efeitos são os mesmos se os solos forem muito arenosos (muito porosos) e se os solos forem muito argilosos (pouco porosos)? Justifique a sua resposta.

3.2. RELAÇÃO DOS INCÊNDIOS COM AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS NAS PROPRIEDADES DO SOLO

Porque é que se considera que as alterações climáticas podem agravar os riscos de incêndio?

Os regimes de incêndios florestais são principalmente determinados por fenómenos climáticos e meteorológicos, como ondas de calor e ventos fortes, combustíveis e pessoas. Por sua vez, os combustíveis para incêndios são frequentemente aumentados pelas alterações climáticas, porque mais CO₂ aumenta a taxa de fotossíntese. Além disso, a alternância de precipitação intensa com períodos de seca estimula os combustíveis do sub-bosque e o crescimento das árvores.



Imagem 63: Fotografia mostrando a importância da vegetação rasteira na proliferação de incêndios florestais.

Com as alterações climáticas, o seu impacto nos combustíveis e a propagação de grandes monoculturas de espécies pirofíticas que facilitam os fogos de copa, como o eucalipto, há um maior risco de aumento dos regimes de incêndio em muitas regiões do planeta. É o que prevêm os estudos atuais que sugerem um aumento generalizado da área afetada e da ocorrência de incêndios. Nesta linha, há estudos que relacionam o aumento da área afetada nas últimas quatro décadas com as alterações climáticas. Estudos sobre a região boreal, que representa um terço da área florestal do planeta, projetam uma tendência para que, com o avanço das alterações climáticas, os incêndios aumentem acentuadamente, podendo atingir até 4-5 vezes os valores máximos registados no final do século XX.

CAPÍTULO 3: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA FERTILIDADE DO SOLO E NOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS A PARTIR DOS CENÁRIOS DOS EUCALIPTOS E DOS INCÊNDIOS NA GALIZA



Imagem 64: Fotografia do incêndio de Monte Pindo de 2013, mostrando o risco de deixar armazéns de madeira junto a casas, bem como outros elementos altamente combustíveis.

Perante este cenário preocupante dos efeitos das alterações climáticas nos incêndios, há que abrir outras frentes para acompanhar a já clássica da extinção de incêndios. Ao extinguir incêndios, muitos Estados e organizações alcançaram um nível muito elevado de eficiência na gestão dos incêndios. Mas perante um futuro clima mais quente e seco, será necessário enfrentar os novos desafios que já estão a surgir.

Os Estados que estão muito bem equipados para o combate aos incêndios, como o Canadá, serão significativamente ultrapassados em 2023, começando num período invulgar para os incêndios na região boreal, coincidindo com um avanço primaveril que tem sido registado ultimamente nos territórios boreais. Esta série teve início a 1 de março de 2023, aumentando de intensidade durante três meses, até à sua extinção a 5 de junho de 2023. Durante este período, registaram-se 2.214 incêndios que destruíram 3.800.000 hectares, o que significou a perda de 0,4 da superfície total do Canadá. Noutra escala territorial, na comunidade autónoma da Galiza, de 3 de agosto a 15 de agosto de 2006, registaram-se cerca de 2.000 incêndios, afetando zonas habitadas e causando 4 mortes, gerando graves dificuldades respiratórias para muitas pessoas e um cenário dantesco. Esta quinzena de incêndios em todo o território permanece na memória do povo galego, apesar de esta ser uma região europeia com muitos incêndios, devido ao facto de ter uma das maiores densidades de massa florestal da Europa, com verões propícios a incêndios por ter várias semanas consecutivas de tempo quente e seco, com solos arenosos que não retêm água e, portanto, nestas circunstâncias, fazem com que a vegetação seque, coincidindo este tempo seco com ventos de NE que podem ser fortes.

CAPÍTULO 3: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA FERTILIDADE DO SOLO E NOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS A PARTIR DOS CENÁRIOS DOS EUCALIPTOS E DOS INCÊNDIOS NA GALIZA



Imagem 65: Fotografia do incêndio de Monte Pindo de 2013, mostrando um heli-cóptero a atuar como meio técnico sofisticado e eficaz de extinção do incêndio.



Imagem 66: Fotografia do incêndio de Monte Pindo de 2013 mostrando a descida do fogo a partir do cume.

Exemplos como o da Galiza em 2006 mostraram que, embora a Galiza seja uma das comunidades autónomas mais bem equipadas e preparadas de Espanha para extinguir incêndios, a eficácia do combate desaparece perante uma tal concentração de incêndios. Por outro lado, a descontextualização sazonal dos incêndios faz com que estes ocorram quando as operações sazonais estão desativadas porque as condições meteorológicas são de baixo risco. Foi também o que aconteceu na Galiza entre sexta-feira 13 de outubro e segunda-feira 16 de outubro de 2017, em pleno outono, uma estação extremamente húmida nesta região com um afluxo de frentes atlânticas. Em apenas 4 dias, quando os serviços especiais de combate a incêndios já estavam inativos, ardeu uma área cerca de quatro vezes superior à de Vigo, a sua maior cidade. Estes incêndios descontrolados foram

CAPÍTULO 3: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA FERTILIDADE DO SOLO E NOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS A PARTIR DOS CENÁRIOS DOS EUCALIPTOS E DOS INCÊNDIOS NA GALIZA

foram devidos ao efeito do furacão Ofélia, cujos ventos espalharam as cinzas ardentes que iniciaram novos focos e puseram em risco a cidade de Vigo. Mas este acontecimento extremo, totalmente anormal para o clima desta região, não teria tido estes efeitos se não fosse o calor anómalo desse mês de outubro e a falta de chuva. Mais uma vez, esta vaga de incêndios custou quatro vidas galegas.



Imagem 67: Fotografia do incêndio de Monte Pindo de 2013 mostrando a chegada das chamas à aldeia.

A preocupação com as vidas humanas devido aos incêndios, no contexto das alterações climáticas, deve entrar fortemente nas agendas políticas. Esta foi também a opinião do Primeiro-Ministro de Portugal em 2017, quatro meses antes dos incêndios na Galiza, em meados de outubro, durante a passagem do furacão Ophelia. Estas declarações referiam-se à trágica morte de mais de 60 pessoas no incêndio de Pedrógão Grande. A tragédia resultou também em feridos hospitalizados. Dos mortos, 30 foram encontrados nos seus veículos em estradas de Leiria, onde havia plantações de eucaliptos.

Estes exemplos de casos de incêndios no Canadá, na Galiza e em Portugal são uma prova do alargamento das políticas de supressão de incêndios a novos domínios, como a prevenção, tendo em conta a evolução dos cenários de alterações climáticas. Isto porque, no futuro, prevê-se que os regimes de incêndios sejam impulsionados por condições de temperatura mais quentes e estações de fogo mais longas, juntamente com períodos climáticos até agora anómalos, antecipando e atrasando os períodos de incentivo habituais.

CAPÍTULO 3: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA FERTILIDADE DO SOLO E NOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS A PARTIR DOS CENÁRIOS DOS EUCALIPTOS E DOS INCÊNDIOS NA GALIZA



Imagem 68: Fotografia do incêndio em Pedrogão Grande por Lucília Monteiro (Fonte: Visão) em Portugal onde se visualizam os coches nos que faleceram os ocupantes.



Imagem 69: Fotografia do incêndio de Monte Pindo de 2013 mostrando como ele oferece ajuda a partir da casa usando uma mangueira da própria casa.

Prevê-se que as alterações climáticas aumentem ainda mais a ocorrência e a gravidade dos incêndios, conduzindo a incêndios de maiores dimensões, em mais estações, com maior gravidade e área afetada e, por conseguinte, mais difíceis de extinguir. De acordo com vários estudos, a área afetada no próximo século pode ser multiplicada por um fator de 2 a 5 vezes a área afetada no século XX. Este previsível aumento da frequência dos incêndios, que por sua vez se prevê que sejam de maior magnitude, exige que, sem baixar a guarda na sua extinção, se privilegie a prevenção, com ênfase, desde a idade escolar, na educação ambiental sobre esta matéria, para que se envolvam em medidas de prevenção nas localidades onde vivem, mas também naquelas que visitam como turistas.



Imagem 70: Fotografia do incêndio de Monte Pindo de 2013, em que os turistas se posicionam para ver os efeitos à distância.

Responda com o que sabe agora:

1. Explicar as alterações no regime de incêndios em termos de calendário de fogo, aumento da frequência e intensidade das queimadas que podem ser induzidas pelas alterações climáticas.
2. Como é possível que a passagem do furacão Ophelia sobre os arredores da Galiza em meados de outubro, uma altura inesperada para os incêndios na Galiza, tenha provocado incêndios de tal magnitude que causaram alarme em parte da cidade de Vigo, e à custa de quatro vidas?
3. Como é que 50% das vítimas portuguesas do trágico incêndio de Pedrógão Grande podem estar ligadas ao sistema de gestão florestal no traçado das vias públicas?

Porque é que se considera que os incêndios aumentam a desertificação?

Na nossa região, os incêndios ocorrem geralmente no verão, estação seca e quente, seguida de chuvas torrenciais, que podem provocar a erosão de grandes quantidades de solos, mais frágeis se tiverem sofrido combustão da sua matéria orgânica, para além da lavagem de grandes quantidades de nutrientes mineralizados pela combustão. Estes efeitos erosivos são maiores quando as florestas queimadas se situam em zonas montanhosas, principalmente porque as chuvas torrenciais que se seguem geram o arrastamento erosivo do solo.

CAPÍTULO 3: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA FERTILIDADE DO SOLO E NOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS A PARTIR DOS CENÁRIOS DOS EUCALIPTOS E DOS INCÊNDIOS NA GALIZA



Imagem 71: Fotografia do incêndio de Monte Pindo de 2013 mostrando como ficou Monte Pindo.

Embora o calor afete normalmente os primeiros centímetros do solo, os incêndios subterrâneos são frequentes e podem consumir a matéria orgânica do solo numa combustão lenta devido à baixa disponibilidade de oxigénio durante muito tempo. Este facto, para além de dificultar a deteção da continuação do incêndio e a sua extinção, facilita a combustão das raízes e aumenta o risco de erosão. Estes riscos de erosão são particularmente importantes nas encostas íngremes. O risco de erosão é particularmente importante nas encostas íngremes, porque o calor consome parte da matéria orgânica, nomeadamente as raízes, que tendem a arder sob o solo e podem alterar a estabilidade dos agregados, eliminando uma parte significativa da matéria orgânica. Por outro lado, a absorção e retenção, de água, a porosidade, o arejamento e a capacidade de infiltração diminuem no solo nu após um incêndio. Por conseguinte, após um incêndio, verifica-se normalmente uma redução da disponibilidade de água no solo e um aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente, da erosão. Quando as florestas ardidas se encontram numa encosta, com a chegada de chuvas fortes, a água gera um escoamento significativo para baixo, transportando toda a matéria que perdeu a sua fixação em resultado do incêndio, especialmente devido à perda de raízes que retêm a matéria e à perda. O processo de desertificação é favorecido porque parte do azoto total se perde por volatilização. Mas a magnitude da temperatura é tal que outros nutrientes fundamentais como o fósforo, o magnésio ou o cálcio, e em parte o potássio, podem ser restituídos da matéria orgânica queimada pelas cinzas, de modo que após o incêndio pode haver um aumento da fertilidade, efêmero, mas crucial para a regeneração da floresta, razão pela qual se recomenda a sementeira maciça de gramíneas na esperança de que as primeiras chuvas sejam suaves.



Imagem 72: Fotografia do incêndio de Monte Pindo de 2013 mostrando o pessoal de combate a incêndios.

O maior risco é a perda de nutrientes por arrastamento aquando da ocorrência de chuvas intensas, quer por lixiviação, quer por erosão superficial, sobretudo em zonas de declive acentuado ou quando não existe estruturação do solo e vegetação capaz de fixar e explorar rapidamente essa fertilidade, o que deve ser incentivado através de sementeiras maciças de gramíneas. Se a sementeira de gramíneas for bem-sucedida, o que pode ser feito com voos sobre a área, e com sorte com o regime de chuvas, mesmo em áreas inclinadas, é possível recuperar o estado anterior ao incêndio em termos de teor de nutrientes. Se as gramíneas germinarem eficazmente, a densidade e a altura dos matos podem ser restabelecidas em poucos anos, antes do desenvolvimento do coberto arbóreo, o que garante uma proteção eficaz do solo para conseguir a regeneração incipiente das árvores, que nos sistemas em risco de instabilidade deve ser acelerada por processos de reflorestação.

Os solos em condições áridas ou semiáridas, como é o caso dos solos arenosos de origem granítica da Galiza, tendem a ser mais frágeis às perturbações, uma vez que tendem a ter menores teores de matéria orgânica do que os solos mais argilosos e básicos. Por esta razão, estes solos ficam privados de proteção vegetal contra o poder erosivo das chuvas torrenciais de outono nesta zona durante muito tempo, algo que acontece cada vez com mais frequência na Galiza. Nestas condições edafoclimáticas, o coberto vegetal não recupera rapidamente. Isto leva à perda de matéria orgânica, que fica menos sujeita ao solo, e, com ela, à atividade biológica do solo. Acelera-se também a degradação física, o que reduz cada vez mais o potencial de regeneração da área. Com esta erosão, a infiltração diminui rapidamente, tornando-a

diretamente com a profundidade do solo que se perde no escoamento superficial. No escoamento superficial sofrido por estes solos florestais arenosos em encostas, a própria vegetação florestal desempenha um papel fundamental, reduzindo-o e aumentando a quantidade de água retida nos poros do solo. As florestas, sobretudo de espécies folhosas, facilitam a infiltração da água no solo, aumentando o caudal dos aquíferos e evitando as inundações de água e lama que são frequentes no outono.

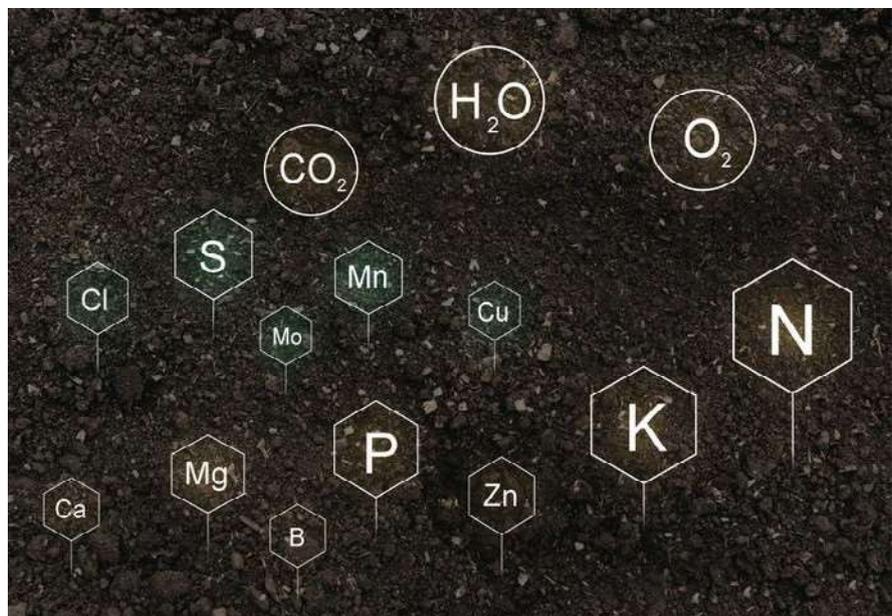


Figura 73: Composição inorgânica do solo.



Imagem 74: Floresta queimada sem cobertura vegetal.

Nos solos ardidos, para além de aumentar o escoamento superficial e diminuir a infiltração, com o possível aumento da hidrofobicidade e perda de raízes com o fogo, se ocorrerem chuvas torrenciais após o incêndio, pode também aumentar o risco de inundações.

CAPÍTULO 3: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA FERTILIDADE DO SOLO E NOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS A PARTIR DOS CENÁRIOS DOS EUCALIPTOS E DOS INCÊNDIOS NA GALIZA

Em caso de incêndio, que é provável que ocorra antes da recuperação do coberto vegetal, o impacto de grandes gotas sobre o solo nu contribuirá para a destruição dos agregados, cujas frações obstruem os poros, reduzindo ainda mais a taxa de infiltração e, conseqüentemente, aumentando o escoamento superficial, o que favorece o arrastamento do material do solo, ao mesmo tempo que favorece a perda de nutrientes devido à sua dissolução na água de escoamento. Assim, quando os solos perdem a sua capacidade de infiltração de água, a proporção de escoamento superficial aumenta ao mesmo tempo, aumentando os efeitos da erosão. Em encostas íngremes, a precipitação pode desencadear um processo erosivo que leva ao desaparecimento do solo e expõe o leito rochoso. Este efeito erosivo é particularmente evidente em Monte Pindo, como se pode observar em imagens aéreas nas proximidades da cascata do Ézaro. Estes processos erosivos são favorecidos pela frequência com que os incêndios florestais se repetem no mesmo local, algo que aconteceu com grande frequência em Monte Pindo, como conta no filme o Presidente da Associação de Monte Pindo. Como explica na sua entrevista, os detritos são arrastados para os rios e daí para o mar, o que pode afetar diferentes organismos, especialmente os que têm guelras, que são obstruídas pelos detritos, causando a sua morte. Os processos de eutrofização também são favorecidos nos rios e estuários, devido à grande quantidade de sais minerais dissolvidos na água de escoamento.



Imagem 75: Incêndio de Monte Pindo 2013. Encosta de escoamento superficial a enviar detritos e sais minerais para o estuário.

Responda com o que sabe agora:

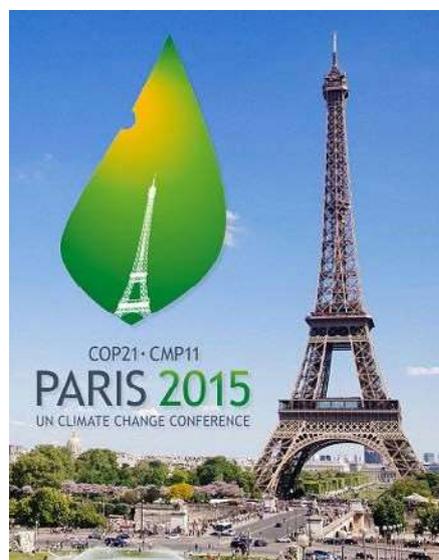
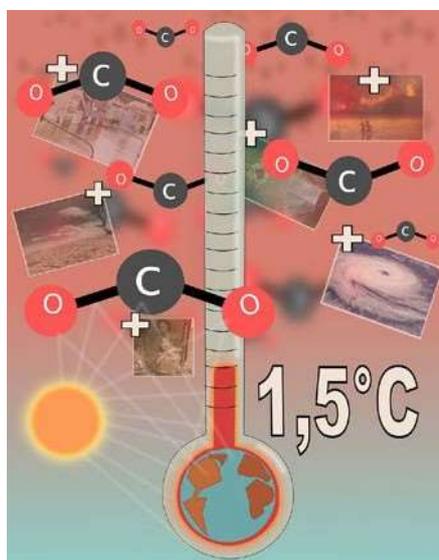
1. Como é que as raízes das árvores podem desaparecer nos incêndios se estão debaixo da terra?
2. Porque é que as florestas queimadas nas encostas são plantadas com gramíneas?
3. Como se explica que, se os solos são arenosos, sejam mais vulneráveis aos incêndios?
4. O que explica o facto de as florestas ardidas terem mais escoamento superficial e menos infiltração do que os mesmos solos antes do incêndio?
5. Porque é que após um incêndio florestal na bacia hidrográfica da foz de um rio, como aconteceu em Monte Pindo, se eliminam as zonas de mariscagem dos bivalves sedimentares?
6. Até que ponto vale a pena reflorestar uma floresta ardida e que espécies devem ser introduzidas para evitar futuros incêndios?
7. Qual é a relação entre os incêndios repetidos nas encostas das montanhas e a sua desertificação?

3.3. BOAS PRÁTICAS PARA A FIXAÇÃO DO CARBONO NO SOLO, A MELHORIA DA FERTILIDADE DO SOLO E A REDUÇÃO DOS EFEITOS DOS INCÊNDIOS

Como é que o carbono orgânico pode ser preservado no solo?

A utilização do solo deve ser racionalizada para conseguir a fixação do carbono no solo através de melhores práticas de gestão que façam pender a balança a favor da fixação ou da liberação do carbono, com o objetivo de minimizar a saída de carbono do sistema do solo, colocando este recurso não renovável num papel de sumidouro, preservando simultaneamente a sua fertilidade e controlando a libertação de gases com efeito de estufa através de práticas inadequadas. Isto dependerá muito do clima e do tipo de solo. Por isso, devem ser promovidos estudos de dinâmica do carbono em solos paradigmáticos de diferentes regiões biogeográficas. Em geral, deve ser promovida a utilização de composto para enriquecer o solo com matéria orgânica, e devem ser utilizadas técnicas tradicionais como a rotação de culturas ou o pousio.

Na COP21, no âmbito da promoção de esforços adicionais para garantir que o aquecimento global não ultrapasse 1,5 °C, com o objetivo de alcançar um equilíbrio entre as emissões e remoções de gases com efeito de estufa na segunda metade do século XXI, foi lançado o projeto "*4 por mil solos para a segurança alimentar e o clima*". O objetivo deste projeto é aumentar a matéria orgânica a nível mundial em 0,4% por ano, a fim de compensar as emissões globais de gases com efeito de estufa de origem antropogénica e, assim, ajudar a travar o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera.²



Imagens 76 e 77: Cartaz que exprime o objetivo da COP21 e cartaz que anuncia a COP21.

CAPÍTULO 3: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA FERTILIDADE DO SOLO E NOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS A PARTIR DOS CENÁRIOS DOS EUCALIPTOS E DOS INCÊNDIOS NA GALIZA

Para a sua execução, a iniciativa 4 por 1000 inclui dois grandes programas de atividades.

Um programa de ações para melhorar a gestão do carbono dos solos, combater a pobreza e a insegurança alimentar e, paralelamente, contribuir para a adaptação às alterações climáticas através da atenuação das emissões. Este programa inclui práticas que restauram o solo, aumentam as reservas de carbono orgânico do solo e protegem os solos com elevadas reservas de carbono. O programa procura financiar projetos que recuperem, aumentem e conservem as reservas de carbono do solo, com vista a fornecer produtos agrícolas respeitadores do solo.



Figura 78: Terras de cultivo onde está a ocorrer fuga de carbono.

Um segundo programa internacional de investigação e cooperação científica tem por objetivo estudar os mecanismos e o potencial de armazenamento de carbono nos solos de diferentes regiões biogeográficas. Este programa avalia as boas práticas agrícolas e o seu impacto no sequestro de CO₂ nas regiões estudadas, promovendo inovações relevantes para as políticas nestas regiões, que monitorizam e avaliam as alterações nas reservas de carbono no solo, tendo em conta o interesse dos produtores.

Foram estabelecidas vinte regiões do mundo através da concetualização de ações para sequestrar o carbono nos solos, concentrando-se em cada região nos solos com baixo teor inicial de carbono durante um período estimado de 20 anos. Para estes, são estabelecidas as melhores práticas de gestão, tendo em conta que, quando atingirem o equilíbrio, deixarão de contribuir para o potencial de sumidouro de gases com efeito de estufa.

Como gerir o aumento dos riscos de incêndio no contexto das alterações climáticas?

Os riscos que os incêndios representam, em termos de frequência, virulência e duração, exigem uma gestão territorial. Mas há uma série de critérios gerais a ter em conta em qualquer território.

As habitações não devem ser construídas em zonas florestais e, nos casos em que os empreendimentos urbanos têm árvores nas proximidades, estas devem ser removidas para reduzir o risco para as habitações.



Imagem 79: Incêndio de Monte Pino de 2013. Casa em risco.

As espécies pirofíticas que facilitam os incêndios de copas devem ser reduzidas ao mínimo e, quando se encontram perto de estradas e caminhos-de-ferro, devem ser removidas para evitar riscos para os automóveis. As valas e as zonas próximas devem ser mantidas limpas ao longo do tempo.



Imagem 80: Incêndio de Monte Pino de 2013. Estrada com eucaliptos de ambos os lados.

Deverá ser favorecida a reflorestação com árvores autóctones que não gerem vegetação rasteira e não facilitem a propagação de incêndios de copas. Será favorecido o desenvolvimento de bancos de germoplasma com sementes de espécies autóctones. As plantações de monoculturas de árvores, quando estabelecidas, devem estar afastadas das povoações e das vias de comunicação. Estas terão grandes corta-fogos sempre limpos. As plantações existentes serão tratadas da mesma forma.



Figura 81: Incêndio de Monte Pino de 2013. Diferença entre a floresta ardida e a floresta autóctone que não ardeu.

É importante ter profissionais de deteção remota de incêndios e de prevenção de incêndios ao longo de todo o ano, tendo em conta a ocorrência de incêndios em épocas em que estes não ocorreram. É essencial desenvolver planos anuais de coordenação entre serviços de diferentes territórios, de modo a concentrar esforços onde os incêndios resistem à extinção.

As casas devem ter saídas garantidas sem árvores e de fácil acesso para os serviços de combate a incêndios.

Nos projetos de construção em áreas florestais próximas, é desejável incluir sistemas de mangueiras e bombas para permitir a humedificação das áreas próximas das casas.

A sementeira de erva, incluindo a sementeira aérea, deve ser efetuada em florestas queimadas em encostas.

É do interesse da população estar preparada para efetuar um trabalho voluntário de combate a incêndios, para que possa atuar, sob os critérios e instruções dos serviços de aplicação da lei, sempre que necessário e da forma mais eficaz e não arriscada.



Imagem 82: Incêndio de Monte Pino de 2013. Incêndio próximo de uma casa em risco.

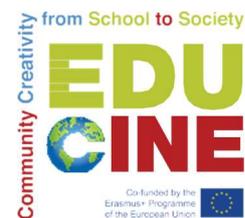


Figura 83: Semeadura de gramíneas em solo queimado.



Imagem 84: Monte Pino permanentemente erodido por incêndios repetidos.

CAPÍTULO 3: ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA FERTILIDADE DO SOLO E NOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS A PARTIR DOS CENÁRIOS DOS EUCALIPTOS E DOS INCÊNDIOS NA GALIZA



Deve ser dada atenção para evitar incêndios florestais repetidos que poderiam levar à desertificação, expondo a rocha-mãe.

Responda com o que sabe agora:

1. Desenvolver um plano para evitar perdas de carbono em áreas de cultivo próximas do local onde vive, tendo em conta o clima e as tendências dos impactos das alterações climáticas.
2. Desenvolver um plano para prevenir, extinguir e reduzir o risco de incêndios florestais num local próximo da sua casa.

4.1. A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA EM EUROPE

Como é que a transição energética é conceptualizada na filmologia do projeto?

Na curta-metragem que foi exibida como vencedora no final do filme "Cinema Climantopia", intitulada "Um mundo sem carros", os apresentadores afirmam que a Polónia não está no topo da lista dos países com menos emissões na Europa, mas está mais perto do fim da lista.



Imagem 85: Fotograma da apresentação do conteúdo da curta-metragem "Um mundo sem carros" que aparece no final do filme "Climantopia" como vencedor da conferência de jovens das Ilhas Canárias.

Mas nesta apresentação já apontam para desenvolvimentos importantes nos últimos anos. Para ilustrar este facto, foram entrevistar um amigo cuja família decidiu instalar painéis solares na sua casa unifamiliar.



Imagem 86: Fotograma da apresentação do conteúdo da curta-metragem "Um mundo sem carros" que aparece no final do filme "Climantopia" como vencedor da conferência de jovens das Ilhas Canárias.

Este amigo explica que colocaram 30 painéis solares na sua casa, capazes de produzir 10.000 kW, quando esta família só precisa de 10 kW por ano. O que não conseguem consumir, enviam para o distribuidor porque não têm dinheiro para comprar.

adquiriram as baterias especiais necessárias devido ao seu elevado custo. Os entrevistadores encerraram a conversa com o facto de, em 2022, graças a famílias como esta, os painéis solares fornecerem cerca de 7% da energia consumida. Com base nestes dados, concluíram que há esperança de um dia se verem livres das centrais elétricas poluentes analisadas nesta curta-metragem.

O filme "*Climantopia*" também aborda as energias renováveis, nomeadamente a energia eólica. A energia é abordada na curta-metragem polaca "*Um mundo sem carbono*", que é premiada no filme. O filme é premiado no dia anterior à gala de entrega dos prémios, durante as visitas às ilhas. No âmbito deste programa, visitaram um parque eólico que produz atualmente 54% da energia renovável.



Imagem 87: Fotograma do filme "Cinema Climantopia" em que o grupo de participantes na curta-metragem apresentada pela Polónia discute as energias renováveis nos seus territórios. Um dos estudantes polacos, que faz de apresentador na curta-metragem que vão apresentar na cimeira no dia seguinte, lembra-se de ter visto muitas turbinas eólicas no topo de uma montanha galega, a caminho do torneio internacional de voleibol de praia em Ézaro. Um dos estudantes galegos aproveitou a oportunidade para se gabar de que a Galiza só é ultrapassada em termos de energias renováveis por Castela e Leão. O estudante polaco acrescentou que, se a Polónia adaptasse a sua legislação à da União Europeia, poderia quadruplicar a sua capacidade de produção de energia eólica. Uma estudante das Ilhas Canárias referiu o potencial da energia eólica nas Ilhas Canárias devido aos ventos alísios, mas sublinhou que o seu crescimento não deve ser feito à superfície das ilhas, porque deve ser dada prioridade à energia solar, que, por razões óbvias, também tem um grande potencial. Por isso, é a favor da colocação de turbinas eólicas no oceano. Sobre esta ideia, a estudante de Lisboa manifestou o empenhamento do seu governo em aumentar o seu potencial eólico offshore. No entanto, os estudantes galegos manifestaram o seu receio de colocar turbinas eólicas nos estuários galegos, devido ao que isso significaria em termos de diminuição do seu valor paisagístico.

Responda com o que sabe agora:

1. Quais são as razões para as diferenças de posição das estudantes galegas e canárias relativamente à energia eólica offshore?
2. Compara o potencial de energia solar nas Ilhas Canárias, na Polónia e na Galiza.
3. Qual é a diferença entre a posição dos agregados familiares polacos e do seu governo relativamente à utilização de energias renováveis?

Como é que a UE abordou a sua atual transição energética?

A transição energética começou em outubro de 2014, quando o Conselho Europeu chegou a acordo sobre os objetivos da União Europeia para 2030. Uma redução das emissões de carbono de pelo menos 40 por cento em relação aos níveis de 1990 foi estabelecida como um objetivo vinculativo para toda a União Europeia. Esta transição energética prevista no projeto da União da Energia assenta em quatro pilares: (a) maior peso das energias renováveis; (b) aposta na eficiência energética; (c) maior integração dos mercados de eletricidade na Europa através do desenvolvimento de interligações; e (4) maior participação dos cidadãos, na qual a educação desempenha um papel importante com a integração dos diferentes projetos Erasmus+ orientados para o Horizonte 2020.



Imagem 88: Imagem da convergência das principais fontes de energia renováveis na transição energética europeia (fonte: El Periódico de la Energía).

Com esta abordagem à transição energética, a União Europeia aspira a uma clara liderança mundial nas energias renováveis, o que, em termos educativos, significa que o ambiente e a luta contra as alterações climáticas estão a tornar-se uma linha estratégica para os projetos educativos Erasmus+. Para alcançar esta liderança, a transição energética centrou-se no objetivo de aumentar a percentagem de energias renováveis no consumo total de energia primária para 27% até 2030. Para atingir este objetivo, o Parlamento manifestou interesse num compromisso de alargar a utilização de energias renováveis a uma quota de cerca de 35%. Ao mesmo tempo, olhando para o longo prazo, o roteiro para 2050 estabeleceu um objetivo de redução das emissões poluentes entre 80% e 95% em relação a 1990, com um objetivo intermédio de redução de 60% até 2040.

A aposta nas energias renováveis foi justificada com base em vários critérios, o mais importante dos quais era o ambiental. As razões ambientais estão claramente relacionadas com as alterações climáticas: juntamente com a energia nuclear, as energias renováveis são as únicas tecnologias de produção de eletricidade que não emitem gases com efeito de estufa para a atmosfera. Tendo em conta os riscos a longo prazo da energia nuclear, incluindo a gestão complexa e incerta dos resíduos nucleares, as energias renováveis desempenham um papel central na realização dos objetivos de redução das emissões. Se o sector da eletricidade for eficientemente abastecido por energias renováveis, torna-se o principal vetor de descarbonização da economia, uma vez que é o sector que pode integrar mais eficazmente as energias renováveis nos seus processos de produção.

Graças à investigação no domínio das energias renováveis, em que a Europa lidera muitas iniciativas, a produção de eletricidade a partir de energias renováveis registou uma forte redução dos custos. Antes de 2005, a produção de eletricidade a partir de energias renováveis era mais de sete vezes superior à das centrais térmicas. No entanto, com o desenvolvimento da transição energética, os custos da energia eólica já são da ordem dos 50% e os da energia solar fotovoltaica são ainda mais relevantes, atingindo uma redução de cerca de 80% por 100. Outras tecnologias que se encontram num processo de maturidade na investigação mais básica, como a energia eólica offshore, a biomassa ou a energia solar térmica, também já atingiram reduções significativas de custos. A redução dos custos é tão importante e gera tantas expectativas para o futuro que está a levar a Europa a encerrar centrais térmicas muito importantes. Em Espanha, a mais importante, a central térmica de As Pontes de García Rodríguez, vai ser encerrada.

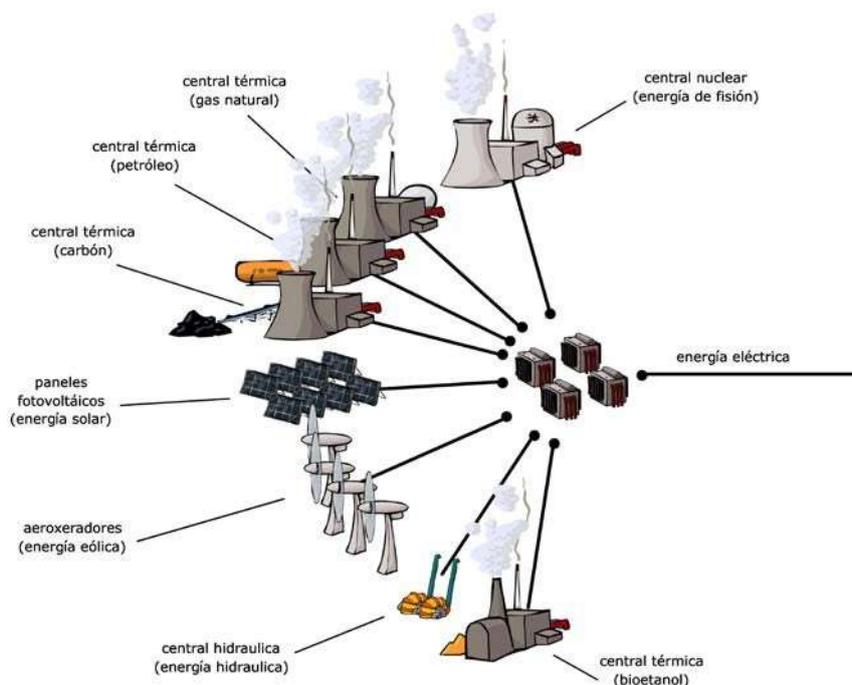


Figura 89: Ilustração da percentagem das diferentes fontes de energia no abastecimento energético do sector da eletricidade.

Responda com o que sabe agora:

1. Quando é que a União Europeia propõe a transição energética e quais são as suas principais motivações?
2. Que fatores estão a levar os países da UE a encerrar centrais térmicas como a de As Pontes de García Rodríguez, em Espanha?
3. Qual é o impacto da transição energética no programa Erasmus+ e qual é o seu significado social, económico e político?

4.2. A PRODUÇÃO DE ENERGIA HIDROELÉCTRICA E O SEU FUTURO INCERTO NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA EUROPEIA

A energia hidráulica é importante desde a pré-história, quando a transformação da energia hidráulica renovável em energia cinética era utilizada para gerar movimentos circulares de pedras que permitiam moer o grão em farinha.



Imagem 90: Moinho hidráulico tradicional na Galiza.

A energia hidroelétrica foi a primeira fonte de energia a ser utilizada para produzir eletricidade, tendo a primeira instalação experimental sido construída para mover uma turbina que produzia eletricidade através da invenção do dínamo hidráulico na Grã-Bretanha em 1880. No entanto, a primeira construção com impacto industrial foi efectuada em Appleton (Wisconsin, EUA) dois anos mais tarde.

Em Espanha, as primeiras centrais elétricas foram construídas no início do século XX e, já na primeira década, foram construídas grandes centrais hidroelétricas, entre as quais a central de Molinar, no rio Júcar, que fornecia eletricidade a Madrid através de uma linha de alta tensão de 60 000 volts, com cerca de 250 km, que, nessa altura, quando as centrais hidroelétricas estavam próximas dos centros de consumo, era uma das mais longas da Europa, devido à distância de Madrid aos grandes rios.

No pós-guerra, a Espanha comprometeu-se firmemente a aproveitar ao máximo o potencial hidráulico dos seus rios, de modo que, quando a democracia chegou, a Espanha já dispunha do que se poderia considerar uma exploração extensiva dos seus rios.

grandes bacias hidrográficas, com uma capacidade produtiva de mais de 14.000 MW. A energia hidroelétrica representava 50% da potência total instalada em Espanha no final dos anos 70, apesar do aumento da implantação de grandes centrais térmicas e da instalação de centrais nucleares a partir dos anos 50, quando o potencial das grandes albufeiras já estava bem explorado.



Imagem 91: Antiga turbina e dínamo hidráulico da central eléctrica de Tambre I.



Imagem 92: Fotografia de um reservatório.

A partir dos anos 80, com o objetivo de aumentar a potência da energia hidroelétrica, o território peninsular encheu-se de mini-hídricas nos seus pequenos rios. No entanto, o aumento conseguido não chegou aos 5.000 MW, representando atualmente menos de 20% da capacidade instalada.

Na Galiza, uma região muito explorada e com uma pluviosidade muito elevada, a produção de energia eólica já ultrapassa claramente a da energia hidroelétrica.



Figura 93: Fotografia de uma central mini-hídrica.

No atual contexto de alterações climáticas, as albufeiras tendem a estar subabastecidas durante muitos meses e, quando chove, as chuvas torrenciais obrigam a facilitar a retirada da água que não pode ser utilizada para turbinar. Além disso, os reservatórios tendem a assorear-se. Por conseguinte, as expectativas para o futuro da energia hidroelétrica estão a diminuir cada vez mais com o avanço das alterações climáticas, deixando um futuro incerto para esta fonte de energia renovável.

Responda com o que sabe agora:

1. Que papel desempenhou a descoberta do dínamo hidráulico no aparecimento da eletricidade?
2. Porque é que as primeiras centrais hidroelétricas tinham de estar próximas das zonas de consumo? Como é que foi possível avançar para o distanciamento?
3. Porque é que a Espanha não construiu grandes centrais hidroelétricas a partir da década de 1980, mas promoveu planos para mini-hídricas?
4. Porque é que a energia hidroelétrica não é considerada a energia do futuro na era das alterações climáticas?

4.3. A ENERGIA EÓLICA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DA EUROPA

O vento é outra fonte de energia clássica na história da humanidade. Sabe-se que já há 5000 anos era utilizado pelos egípcios como força motriz para os navios à vela. A sua utilização para moer cereais em moinhos de vento também remonta a tempos antigos.



Imagem 94: Fotografia de um antigo moinho de vento na cidade galega de Catoira.

Atualmente, a moderna tecnologia eólica conseguiu adaptar este saber-fazer tradicional à produção de eletricidade em grande escala. A Galiza destaca-se como comunidade autónoma com produção de energia eólica em Espanha, e tendo uma baixa implementação de energia solar, só é ultrapassada em energias renováveis por Castela e Leão. No entanto, a tendência é para aumentar progressivamente a sua implementação em diferentes comunidades autónomas, incluindo as Ilhas Canárias, que está empenhada na investigação eólica offshore.

A instalação de um parque eólico é efetuada em várias fases, incluindo o estudo meteorológico do regime de ventos e a avaliação do impacto ambiental que a sua instalação pode produzir em zonas de altitude de grande fragilidade ecológica e paisagística. Existem riscos que podem aumentar com as tecnologias *offshore* (parques eólicos offshore) se não for estabelecido um planeamento e controlo adequados. A evolução deste recurso está ligada ao aumento da potência dos equipamentos, estando já a ser construídos protótipos com uma potência superior a 1000 kW.



Imagem 95: Fotografia de um parque eólico na localidade galega de Cabo Ortegal (autor Makinin on pixabay).

A energia eólica na União Europeia foi promovida após a COP 21, em Paris, com o estudo *European Roadmap 2050* sobre as políticas europeias necessárias para atingir uma meta de descarbonização de 80% em relação aos valores de emissão de 1990, em consonância com a segurança energética, a responsabilidade ambiental e económica e os objetivos da UE para o período 2015-2050, que visa que certas energias renováveis, incluindo a energia eólica, se tornem mais eficientes do que as fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis. Também é de interesse a implementação de energia eólica *onshore* e *offshore* para armazenamento térmico e energético, bem como para utilização em sistemas de captação e absorção de CO₂ e para ganhar um espaço importante para este tipo de energia renovável nas redes europeias que incorporam energia eólica de vários países, como a Dinamarca, a Irlanda e o Norte de Espanha, onde a Galiza tem um papel muito destacado.

A implementação destas redes europeias, nas quais a energia eólica está a adquirir um peso cada vez mais específico, colocará a energia eólica em

A UE tem um papel decisivo a desempenhar na substituição da produção de eletricidade a partir de fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis pela produção de eletricidade com emissões de carbono praticamente nulas.

Responda com o que sabe agora:

1. Como se pode explicar que as Ilhas Canárias, com ventos alísios que sopram de NE em direção ao equador, tenham menos desenvolvimento de energia eólica do que a Galiza, onde os ventos são mais intermitentes?
2. Como se poderia resolver a necessidade de desligar a turbina eólica quando, durante os períodos de vento forte, a rede já não consegue suportar a carga?
3. Quais são as vantagens de os diferentes países da UE ligarem os seus parques eólicos à rede?
4. Qual é o potencial da energia eólica offshore e porque é que há tanta relutância em implementá-la na Galiza, quando esta conseguiu ser uma comunidade pioneira no Estado neste tipo de energia?

4.4. A ENERGIA SOLAR NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DA EUROPA

A energia solar é uma grande oportunidade para a eficiência energética. Recebemos mais de 60 milhões de biliões de tep por dia da energia radiante do sol, uma quantidade que é muito promissora para a transição energética da Europa, uma vez que a combustão de uma tonelada de petróleo produz um tep de energia. Esta energia, se aproveitada corretamente, poderia gerar cerca de 20 vezes a energia contida em todas as reservas de combustíveis fósseis. A tecnologia atual oferece-nos oportunidades em dois tipos de captação de energia solar: Fotovoltaica ou Solar Térmica.

O que é a energia fotovoltaica?



Imagem 96: Fotografia de um jardim solar.

A energia solar fotovoltaica consiste na conversão direta da energia solar em energia elétrica. Está a ter um desenvolvimento significativo em alguns países da UE, nomeadamente na Alemanha, um dos líderes mundiais, com a maior central solar do mundo, o Parque Solar da Baviera, que tem uma área de painéis de cerca de 250.000 m². Um dos principais problemas destes sistemas solares é a necessidade de grandes superfícies, uma vez que a energia é difusa. A superfície da Terra recebe uma potência máxima de 1000 W/m². Outra limitação desta energia é a intermitência do fornecimento obrigatório. Por isso, é necessário dispor de sistemas eficazes para armazenar ou ligar à rede elétrica geral as quantidades que os proprietários dos painéis solares fotovoltaicos não conseguem consumir, como explica o estudante polaco na cena dos parques eólicos das Ilhas Canárias, no filme "Cinema Climantopia".



Figura 97: Painéis fotovoltaicos de silício.

Nos anos 50, as células fotovoltaicas feitas de silício foram melhoradas. Quando a luz solar incide nestas células de silício, é gerada uma diferença de potencial devido ao efeito voltaico, que gera uma corrente que pode ser muito útil. Em geral, as células fotovoltaicas são compostas por elementos semicondutores, como o silício. Para obter um campo elétrico quando o sol incide sobre estas placas de silício, é necessário utilizar uma grelha com um lado negativo e outro positivo.

O que é a energia solar térmica?

A energia solar térmica baseia-se na utilização de um coletor que, exposto à radiação solar, absorve o seu calor e transfere-o para um fluido para sua utilização direta ou para a sua transformação em energia elétrica. Este fluido é normalmente de natureza oleosa para que atinja temperaturas elevadas e aqueça o circuito de água que corre em paralelo com os tubos do fluido que é aquecido pelo sol.

Uma das utilizações mais comuns destes sistemas é a produção de água quente em habitações unifamiliares e também para aquecer a água das piscinas, o que, por sua vez, evita o sobreaquecimento da água da piscina.

em dias de muito sol. Com uma superfície de coletores de cerca de 4 m², consegue-se uma produção de 200 litros/dia de água quente, durante todo o ano. Esta quantidade é normalmente suficiente para a utilização das habitações. Na Europa, a sua utilização foi recomendada em todas as casas novas e, por isso, em Espanha, o código técnico de construção estabeleceu a sua utilização obrigatória. Isto está a ajudar a evitar uma quantidade significativa de emissões ao aquecer a água nas novas casas com este sistema.

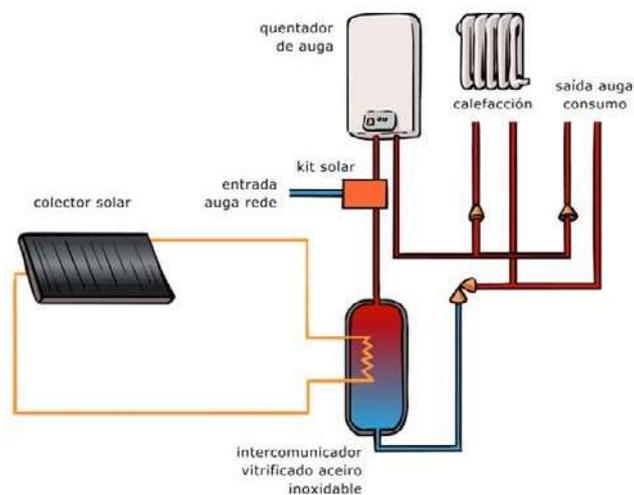


Figura 98: Infografia do funcionamento de um coletor de energia solar térmica.



Imagem 99: Fotografia de painéis solares instalados no telhado de uma casa em conformidade com o código técnico da construção.

Responda com o que sabe agora:

1. Porque é que os utilizadores de painéis fotovoltaicos alimentam a rede com a produção excedentária e não a armazenam?
2. Qual é o problema da garantia de continuidade da eletricidade obtida a partir de painéis fotovoltaicos e se é o mesmo nas Ilhas Canárias e na Polónia? Justifique a sua resposta.
3. Porque é que o código técnico da construção exige a instalação de painéis solares térmicos?
4. Qual é a vantagem adicional de ter uma piscina ligada aos painéis solares térmicos, para além de ter água quente para tomar banho?

4.5. O PRESENTE E O FUTURO DA ENERGIA MARINHA, DA ENERGIA GEOTÉRMICA E DOS BIOCOMBUSTÍVEIS

Qual é o potencial da energia marinha?

A energia marinha tem sido utilizada ao longo da história da humanidade com a utilização de moinhos de maré. Como a maré sobe durante seis horas e desce nas seis horas seguintes, estes movimentos das correntes de água eram utilizados para moer grandes quantidades de cereais.



Imagem 100: Fotografia do moinho de maré em Muros (A Coruña, Galiza).

Atualmente, está a ser desenvolvida investigação sobre o aproveitamento da energia das ondas e das correntes, incluindo as correntes de maré. O potencial energético é muito grande em países com uma longa linha costeira, como é o caso de Espanha. Se a investigação progredir de forma satisfatória, em 2050 poderá ser atingida em Espanha uma capacidade máxima instalada de 84,4 GW. Se esta investigação for bem-sucedida, 100% da atual procura de eletricidade do Estado poderá ser ultrapassada.

Para o aproveitamento da energia das ondas, muitas expectativas são colocadas em campos de boias. As boias são colocadas na costa a profundidades que podem ser ancoradas no fundo do mar. A energia cinética das ondas faz mover as boias, que acionam um eixo que faz funcionar uma bomba de fluido. O fluido chega à turbina e, ao expandir-se, faz com que esta gire e produza eletricidade num gerador a ela ligado. Num campo de 220 m por 50 m, com 6 a 12 boias ligadas aos respetivos sistemas de obtenção de energia, poderia gerar a energia elétrica equivalente ao consumo de mais de mil famílias. Poderiam também ser utilizadas em sistemas de dessalinização e produção de hidrogénio.

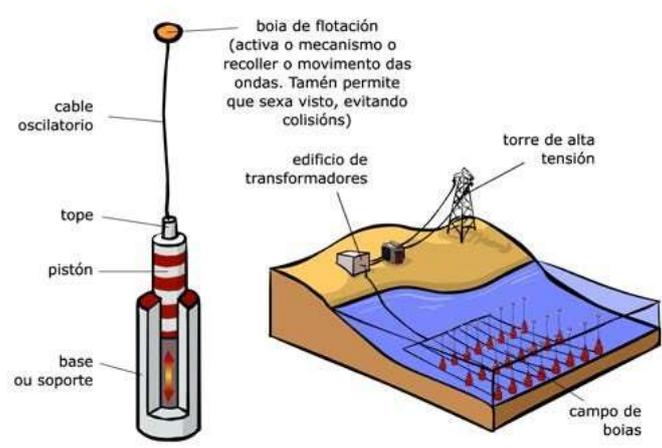


Figura 101: Infografía de um campo de bóias para captação de energia das ondas.

Qual é o potencial da energia geotérmica?

Esta é a energia renovável que provém do calor interno da Terra, que a acompanha desde a sua origem e que se manifesta frequentemente de forma violenta em vulcões e terremotos, ou de forma menos intensa em geiseres ou fontes termais. O potencial geotérmico armazenado nos dez quilómetros superiores da crosta terrestre excede em muito as reservas mundiais de combustíveis fósseis. Mas apenas uma pequena parte pode ser aproveitada pelo homem com as técnicas atualmente disponíveis.

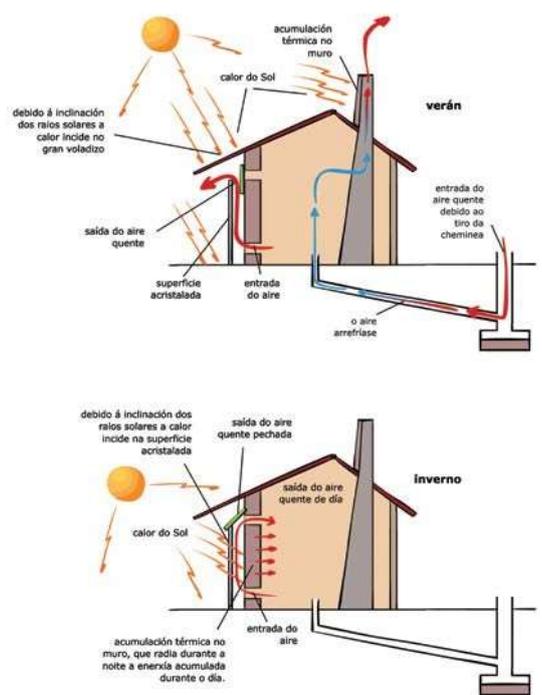


Figura 102: Utilização de energia geotérmica na bio construção para aquecimento no inverno e ventilação no verão.

É particularmente útil para o aquecimento de casas, quintas e invernos. Em jazidas de alta temperatura, como as da Islândia, pode ser utilizado para a produção de eletricidade. Em Espanha, existem recursos muito importantes deste tipo nas ilhas Canárias de Lanzarote e La Palma. Nos últimos anos, a sua utilização foi significativamente reforçada em El Hierro.



Figura 103: Central eléctrica geotérmica na Islândia.

Qual é o potencial dos biocombustíveis e quais são as preocupações quanto à sua utilização?

A utilização de biomassa primária ou vegetal está atualmente a ser muito promovida com o objetivo de produzir os chamados biocombustíveis: combustíveis líquidos ou gasosos obtidos a partir das chamadas culturas energéticas através de processos de fermentação. A produção mundial de biocombustíveis para os transportes é liderada pelo Brasil e pelos EUA (bioetanol). A Europa é o maior produtor mundial de biodiesel.

Para os obter, são necessárias grandes superfícies de culturas de trigo, soja, colza ou beterraba sacarina para produzir biodiesel (utilizado para enriquecer o gasóleo) e bioetanol (utilizado para enriquecer a gasolina). O seu potencial de mistura com os combustíveis obtidos a partir da refinação do petróleo, com a diminuição das reservas petrolíferas, tornará estes combustíveis cada vez mais competitivos, mas o desenvolvimento destas novas tecnologias está repleto de incertezas e de questões por resolver.

A transição energética em curso na União Europeia é motivada pelo facto de os combustíveis fósseis serem cada vez mais caros e escassos. A sua substituição por fontes renováveis não está isenta de dificuldades e conflitos, sendo os biocombustíveis um dos mais proeminentes, especialmente devido aos riscos de ocupação de campos agrícolas para a produção de biocombustíveis, aumentando os riscos de fome para uma população em crescimento.

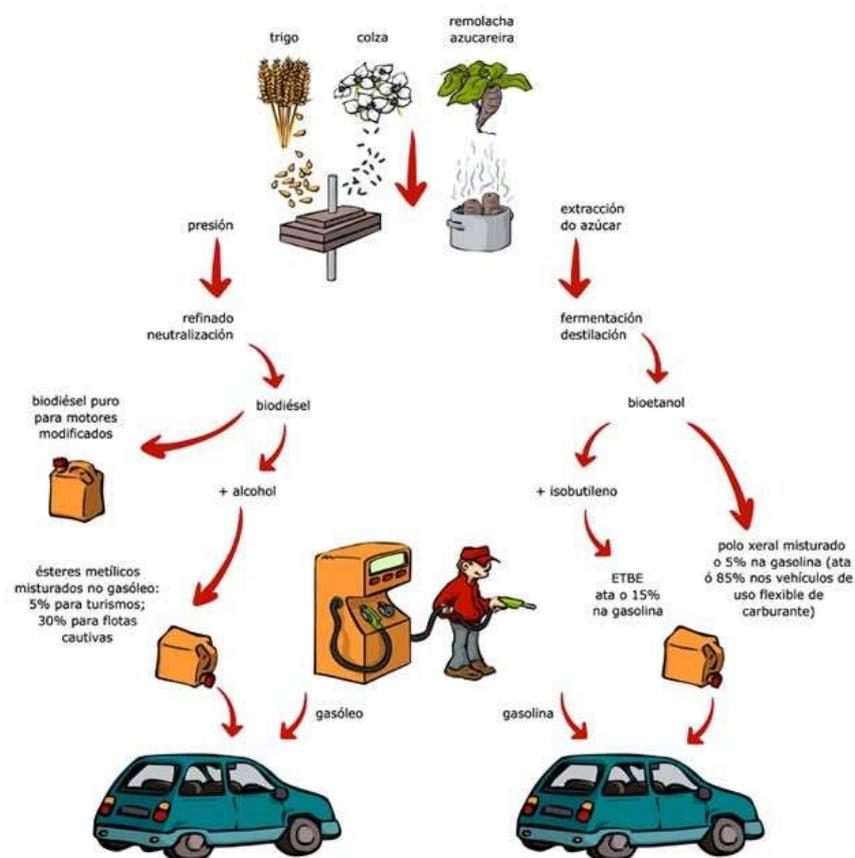


Imagem 104: Infografia que descreve o processo de transformação de vegetais em biodiesel para enriquecer o gasóleo ou bioetanol para enriquecer a gasolina.



Imagem 105: Fotografia de uma fábrica de biodiesel.

Responda com o que sabe agora:

1. Porque é que a energia marinha tem mais potencial em Vigo do que em Alicante?
2. Porque é que a energia geotérmica tem mais potencial futuro na Islândia ou nas Ilhas Canárias do que na Galiza?
3. Por que razão estamos preocupados com o facto de países como o Brasil estarem a apostar fortemente na produção de biocombustíveis?

4.6. O POTENCIAL DO HIDROGÉNIO COMO NOVO VECTOR DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

A energia da sociedade do futuro não pode provir dos combustíveis fósseis, porque é urgente combater as alterações climáticas e, além disso, o gás natural e o petróleo, ao ritmo atual de consumo, estão destinados a esgotar-se no espaço de um século. Mas a humanidade aspira a ter vetores que permitam a potência, a transportabilidade, a mobilidade e a globalidade que o petróleo nos dá e, neste momento, o hidrogénio promete ser esse vetor capaz de ocupar o lugar atualmente ocupado pelos derivados do petróleo.

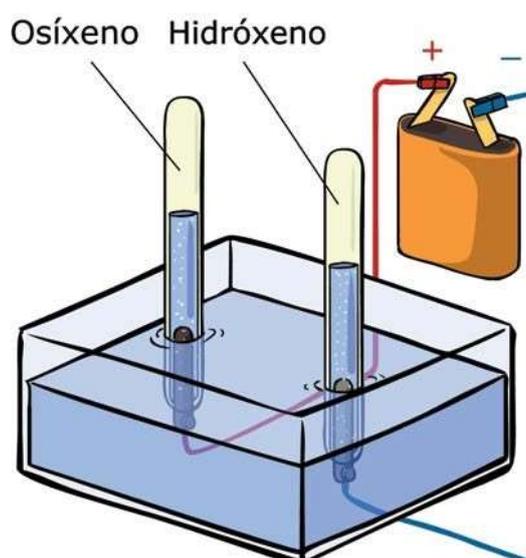


Figura 106: Ilustração da obtenção de hidrogénio por eletrólise da água.

O hidrogénio é o elemento mais comum no universo, encontrando-se numa concentração de 75%. Na Terra, embora não ocorra em estado livre e isolado, a seleção natural levou-o a constituir 70% dos organismos. Foi descoberto em 1776 por Henry Cavendish, que apresentou uma experiência envolvendo a produção de água a partir de oxigénio e hidrogénio por meio de eletricidade, uma reação sobre a qual temos agora grandes expectativas de que será o vetor que substituirá os obtidos a partir da refinação do petróleo. Mas foi só em 1920 que apareceu a primeira empresa a dissociar a água em oxigénio e hidrogénio para fins comerciais, por meio do eletrólise, que é a reação com base na qual temos grandes esperanças de a podermos obter para utilização como vetor. Este processo consiste em introduzir dois eletrodos com cargas diferentes (positiva e negativa) numa cuba de água pura, na qual está dissolvido um eletrólito, e aplicar uma corrente elétrica direta ao eletrólito. O resultado é que o hidrogénio se desloca para o cátodo (o eletrodo de carga diferente).

negativo) e o oxigénio para o ânodo (com carga positiva). A eletrólise não é muito utilizada, uma vez que este método é mais caro (pode ser três a quatro vezes mais caro) do que a utilização de gás natural como fonte de hidrogénio.

Já na década de 1930, o hidrogénio era utilizado como combustível secundário na aviação civil, em alternativa a uma mistura de gasolina e benzeno. Mais tarde, os britânicos e os alemães utilizaram-no da mesma forma em submarinos e torpedos, a título experimental.

As propostas surgidas nos anos 20 para a utilização do hidrogénio como combustível só foram retomadas em 1973, com a crise do petróleo. Nesse ano, formaram-se grupos e associações para defender a sua utilização e para conseguir que os governos investissem neste domínio de investigação. Ultrapassada a crise do petróleo, a possibilidade de uma nova fonte de energia voltou a ser considerada até aos anos 90, altura em que se multiplicaram os relatórios científicos que alertavam para o rápido aumento da concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera, resultante da queima de combustíveis fósseis.

Em fevereiro de 1999, a Islândia apresentou uma proposta para orientar a sua economia para o hidrogénio e assim eliminar a sua dependência dos combustíveis fósseis. Começaria com a utilização do hidrogénio nos transportes e, em seguida, geraria eletricidade para alimentar as fábricas e as casas do país. Um plano semelhante surgiu no Havai em 2001, propondo o aproveitamento da energia geotérmica e solar para a converter em combustível de hidrogénio.

Assim, as energias renováveis, como a fotovoltaica, a eólica, a hídrica ou mesmo a geotérmica, têm um enorme potencial para gerar a eletricidade necessária para ser utilizada na produção de hidrogénio por eletrólise da água. O hidrogénio, nesta associação com as renováveis, funcionaria como uma reserva de energia (uma vez ultrapassados os grandes problemas do custo das infraestruturas necessárias), que estaria disponível para ser fornecida quando necessário. A diferença fundamental entre as pilhas de combustível e as pilhas convencionais que utilizamos, por exemplo, nos nossos leitores de música, é que estas últimas armazenam energia química que convertem em eletricidade e, uma vez esgotada a pilha, esta fica inutilizada ou pode ser recarregada, se necessário, ligando o carregador à rede elétrica. As pilhas de combustível não armazenam energia química, mas produzem eletricidade a partir da energia química de um combustível fornecido por uma fonte externa. Por conseguinte, continuarão a produzir eletricidade enquanto forem alimentadas com combustível e oxidante.

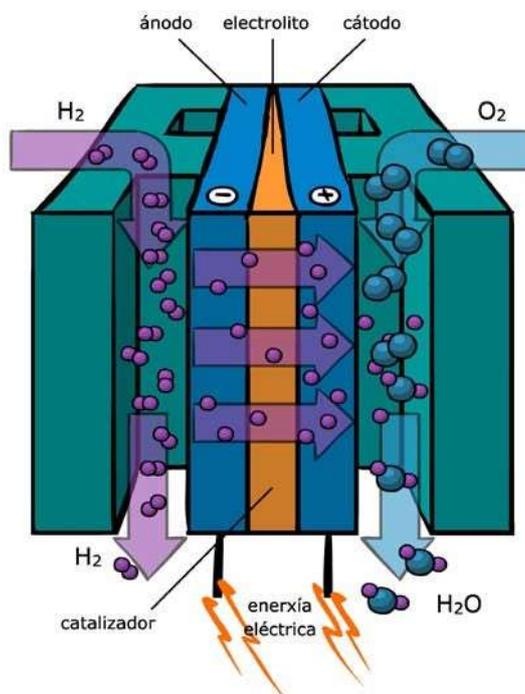


Figura 107: Ilustração do armazenamento de energia utilizando a célula de combustível de hidrogénio.

Os reagentes utilizados são, por um lado, o hidrogénio (no ânodo) e, como oxidante, no cátodo, o oxigénio. No meio encontra-se um eletrólito ou uma membrana semipermeável que permite a passagem dos átomos de hidrogénio do ânodo para o cátodo. Os elétrons libertados na reação química que divide o átomo de hidrogénio em prótons e elétrons fluem através de um circuito externo sob a forma de uma corrente elétrica. Os elétrons regressam ao cátodo onde reagem com o oxigénio e os iões de hidrogénio para gerar água como produto residual.

A curto prazo, a utilização de menos combustível é a melhor forma de travar o aumento do consumo de petróleo e, por conseguinte, das emissões de gases com efeito de estufa provenientes dos motores de combustão interna, tanto mais que se prevê que o parque automóvel ultrapasse os 2 mil milhões até 2050. Com estas previsões, os veículos de alto desempenho e sem emissões deverão surgir no século XXI a longo prazo. Assim sendo, os veículos do futuro devem ser alimentados por sistemas como os que dependem da ligação à rede e do hidrogénio.

No caso dos veículos a pilha de combustível, o hidrogénio (o combustível) será combinado com o oxigénio do ar para gerar a energia que alimenta um motor elétrico. Além disso, os veículos a pilha de combustível de hidrogénio são várias vezes mais eficientes do que os atuais veículos a gasolina e emitem apenas vapor de água pelo tubo de escape, o que significa que funcionam com zero emissões.



Figura 108: Infografia de uma estação futurista de abastecimento de hidrogénio a automóveis.

Como se obtém o hidrogénio a partir da água? Que produto se obtém da combustão do hidrogénio? Porque é que se diz que um carro a hidrogénio funciona com zero emissões? A energia para decompor a água em oxigénio e hidrogénio através da eletricidade pode ser obtida a partir de células solares, turbinas eólicas, painéis fotovoltaicos, centrais geotérmicas e outras fontes renováveis. Esta nova economia do hidrogénio exige I&D&I para desenvolver veículos atraentes, para desenvolver a produção de hidrogénio em grandes quantidades a partir de energias renováveis que permitam equipar um deserto com painéis fotovoltaicos para obter e armazenar hidrogénio em reservatórios. Isto implica também o desenvolvimento de infraestruturas de distribuição que substituam os atuais sistemas de refinação e distribuição de gasolina e gasóleo. A energia para a eletrólise poderia ser inteiramente produzida a partir de fontes renováveis.

Responda com o que sabe agora:

1. Por que razão são grandes as expectativas de que o hidrogénio possa substituir os vetores derivados da refinação do petróleo?
2. Porque é que a energia térmica libertada pela reação do oxigénio com o hidrogénio para dar água não nos preocupa no aumento das alterações climáticas?
3. Como pode o hidrogénio ser ligado a painéis fotovoltaicos ou a parques eólicos para uma maior eficiência energética?
4. Por que razão a costa do deserto do Sara seria interessante para transportar hidrogénio para a Europa utilizando os

5.1. O PLANEAMENTO URBANO COMO DISCIPLINA TÉCNICO-CIENTÍFICA

Pesquisar a cena do Conselheiro e responder

1. Pense no local onde vive (cidade, bairro, aldeia...) e reflita sobre os lugares que frequenta, como lá chega, como são os espaços, como os utiliza e que obstáculos encontra. Faça uma lista.
2. Partilhem esta lista com os vossos colegas em pequenos grupos e comparem-na com a deles, a fim de construírem uma lista comum de espaços urbanos que utilizam.
3. Tendo em conta as ideias apresentadas pelo grupo, pensem em conjunto sobre como poderiam melhorar a vossa vida quotidiana no local onde vivem. O que seria necessário para o conseguir?
4. Por fim, partilhem os vossos contributos com os restantes grupos da turma.

O que é que o planeamento urbano tem a ver com a ação climática?

No filme "*Cinema Climantopia*", a vereadora da Câmara Municipal de Lisboa gaba-se da sua cidade como uma cidade sustentável feita por e para as pessoas, enquanto os alunos refletem sobre o complexo desafio de tornar uma capital tão negativa em termos de emissões de carbono. A vereadora explica aos alunos as medidas tomadas, incluindo a restrição de certas zonas a carros elétricos e híbridos, a melhoria dos transportes públicos e o plano para afastar o aeroporto da cidade, de modo que o ruído da aviação não perturbe os residentes de Lisboa.

Estas ações são coerentes com as políticas urbanas sustentáveis, são suficientes e, em caso afirmativo, em que medida? Para responder a estas questões, é interessante analisar a situação da sustentabilidade urbana na Europa. Em 2021, 74,^{8%}¹ da população europeia vivia em grandes cidades, zonas periféricas e cidades mais pequenas, o que equivale a mais de 332 milhões de pessoas. Esta situação obriga os cidadãos europeus a enfrentar e superar uma série de desafios ambientais que têm origem no nosso quotidiano e que influenciam a qualidade de vida de toda a população: poluição do ar e da água, elevados níveis de ruído, dificuldade de acesso à habitação, perda de biodiversidade, entre muitos outros. Para além disso, estas localidades recebem dezenas de

¹https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Urban-rural_Europe_-_introduction

de milhões de turistas ao longo do ano, aumentando o consumo de recursos urbanos como água, habitação e eletricidade, bem como a utilização de espaços públicos como ruas, parques e praias.

Tudo isto coloca a tónica nas cidades como um elemento determinante para a mitigação e adaptação às alterações climáticas, a nível global e local. É, portanto, necessário refletir sobre a forma como o desenvolvimento urbano é planeado nas nossas cidades e vilas para podermos propor respostas participativas, sustentáveis e equitativas.



Imagem 109: Vereador de Lisboa.



Imagem 110: Lisboa (Portugal).

Mas o que é o planeamento urbano?

Os urbanistas são responsáveis pelo planeamento e conceção de cidades e vilas com o objetivo de melhorar a qualidade de vida das pessoas que nelas vivem. O planeamento urbano é uma disciplina complexa e multidimensional que deve ter em conta muitos aspetos da coexistência de grandes grupos humanos, bem como as suas atividades sociais, culturais e económicas. O planeamento urbano aborda vários aspetos da vida das comunidades humanas, tais como

"O **planeamento urbano**, que trata da forma como o solo urbano é utilizado, estabelecendo regulamentos com base em:

☞ A **classificação do solo**, através do planeamento da utilização do espaço urbano, que se divide geralmente em 3 tipos: solo urbano, ou seja, edifícios construídos; solo não urbanizável, que identifica os terrenos onde não é possível construir devido ao seu valor paisagístico, histórico, ambiental, cultural, etc.; e solo para urbanização, que é o terreno que não pertence ao solo urbano ou ao solo não urbanizável e que pode ser objeto de transformação e construção.

- **Classificação do solo**, que se divide em duas categorias: usos gerais do solo e usos específicos do solo. A utilização dos usos específicos do solo é limitada em função do objetivo a que se destinam: residencial, industrial, zonas verdes, etc.
- **Tipologias de edifícios**, que estabelecem uma utilização específica dos edifícios: residencial, comercial, escritórios, público, sanitário, industrial, etc.

"A criação e manutenção de **infraestruturas e serviços públicos**. As infraestruturas são o conjunto de equipamentos, serviços e meios técnicos que apoiam o funcionamento das cidades e permitem aos cidadãos realizar determinadas atividades. **Os equipamentos** são fáceis de reconhecer, pois são constituídos por estradas, edifícios, pontes, condutas, ciclovias, parques de estacionamento e uma longa lista de outros. **Os serviços** incluem a educação, os cuidados de saúde, os transportes, a gestão dos resíduos, o abastecimento de água e a assistência às populações vulneráveis, entre outros. Por outro lado, alguns **meios técnicos** são menos reconhecíveis, mas são essenciais para o funcionamento das infraestruturas.

Estes incluem veículos e dispositivos tecnológicos, bem como todo o pessoal humano que acrescenta valor à infraestrutura sob a forma de conhecimentos e experiência.

"Conservação do **património cultural e natural**. Este aspeto envolve a proteção e a gestão do património cultural, como monumentos, edifícios históricos, centro histórico, obras artísticas, sítios arqueológicos, etc., e do património natural, incluindo parques, espécies emblemáticas da flora e da fauna, paisagens ou ecossistemas da cidade, assegurando a sua conservação, manutenção e utilização adequada deste património público.

"**Participação dos cidadãos**. Este elemento das infraestruturas urbanas reveste-se de particular interesse, uma vez que não é tão visível como os outros. Como vimos, todos os elementos que nos permitem levar a cabo a nossa vida quotidiana no local onde vivemos dependem do planeamento e da gestão urbana. Por isso, a participação dos cidadãos é essencial neste trabalho para que os interesses e as necessidades da população possam ser atendidos e garantidos.

Em suma, o urbanismo sustentável é uma disciplina multidisciplinar baseada no conhecimento e na compreensão das necessidades dos cidadãos e dos recursos disponíveis para criar cidades mais habitáveis e sustentáveis. Devemos, portanto, considerar a organização das nossas cidades e vilas como um elemento determinante na ação climática. A maior parte da nossa pegada de carbono é gerada no local onde vivemos e nos locais que visitamos, daí a importância de prestar especial atenção à utilização e gestão do nosso ambiente urbano, a fim de construir cidades e vilas baseadas na corresponsabilidade e participação de todos os cidadãos para responder à emergência climática.



Imagem 111: Infra-estruturas.



Imagem 112: Brøndby Haveby (Dinamarca).

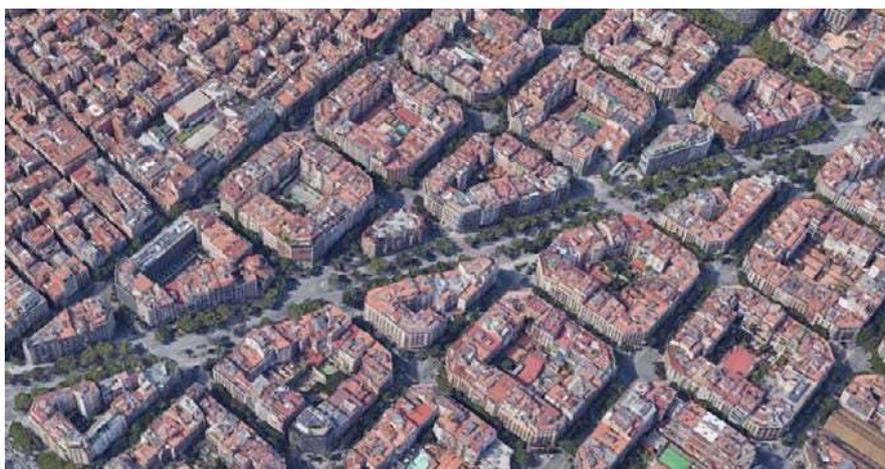


Imagem 113: Barcelona (Espanha).



Imagem 114: Milão (Itália).

Com base no que vimos até agora...

1. Ver a origem latina da palavra infraestrutura (*abaixo*) + *structus*) e tentem, em grupo, explicar o seu significado.
2. Tendo em conta a lista de locais que utiliza na sua vida quotidiana e que já indicou nas atividades anteriores, identifique, em grupo, as instalações, serviços, etc. que utiliza na sua vida quotidiana.
e os meios técnicos necessários para poder utilizar este espaço de forma sustentável.
3. Encontrou défices ou melhorias possíveis para a utilização e o usufruto deste local? Que soluções proporia para melhorar estes locais? Como daria a conhecer as suas propostas aos urbanistas da cidade ou da aldeia?
4. As três cidades nas imagens mostram três tipos diferentes de planeamento urbano. Procura na Internet informações sobre elas e indica os problemas que identificaram e as soluções que propuseram para o seu desenvolvimento urbano.

5.2. CARTA DE LEIPZIG SOBRE AS CIDADES EUROPEIAS SUSTENTÁVEIS

Desde 2000, a cooperação entre os governos europeus tem-se centrado na sustentabilidade das suas cidades. Desde então, foram realizadas várias reuniões em Lille, França (2000), Roterdão, Países Baixos (2004), Bristol (2005) ou Leipzig, Alemanha (2007). Nesta última cidade, foi adotada a Carta de Leipzig sobre as Cidades Europeias Sustentáveis, que oferece recomendações aos urbanistas das cidades europeias que consideram simultaneamente, e com o mesmo peso, todas as dimensões do desenvolvimento sustentável: prosperidade económica, equilíbrio social e um ambiente saudável, ao mesmo tempo que deve ser dada atenção aos aspetos culturais e de justiça social.

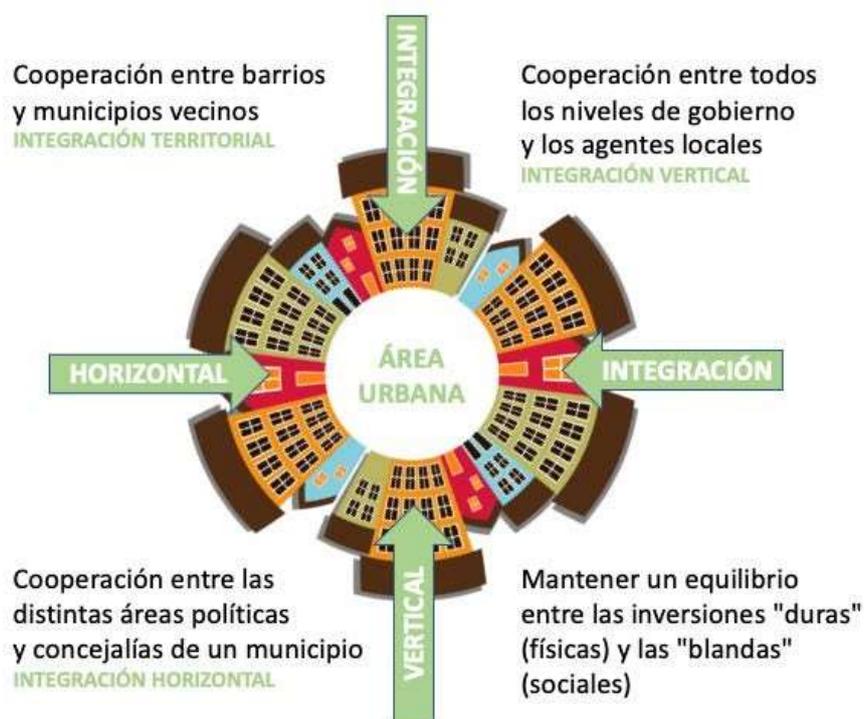


Figura 115: Abordagem integrada do desenvolvimento urbano.

Estas recomendações baseiam-se em dois princípios ou eixos principais:

1. A primeira afirma a necessidade de uma **abordagem integrada do desenvolvimento urbano**. Ou seja, a abordagem integrada implica ter em conta todos os atores que têm interesse na forma como uma cidade é planeada, desenvolvida e habitada. Assim, o Estado, as regiões, as cidades, os cidadãos e os agentes económicos devem ser envolvidos e considerados na tomada de decisões sobre o desenvolvimento urbano. Esta abordagem tem por objetivo promover a

coesão social e qualidade de vida no nosso ambiente imediato através de: criação e consolidação de espaços públicos de elevada qualidade; modernização das infraestruturas e melhoria da eficiência energética; e políticas proactivas de inovação e educação.

Uma abordagem integrada não pode ser levada a cabo considerando as cidades como núcleos isolados, pelo que é necessário conseguir uma parceria em termos de igualdade entre as cidades, os seus bairros e as zonas rurais, bem como entre as pequenas, médias e grandes populações.

2. O segundo eixo expressa a necessidade de **prestar especial atenção aos bairros e zonas menos favorecidas**, no contexto global da cidade. As cidades são lugares onde existem diferentes realidades socioeconómicas que, além disso, são acompanhadas de aspetos que condicionam o bem-estar e a saúde em função da qualidade ambiental do bairro ou da zona em que se vive (ilhas de calor, poluição atmosférica, ventilação, zonas verdes, refúgios climáticos, transportes públicos, etc.). As desigualdades sociais e económicas são o motor mais importante da de espacialização de uma cidade, pelo que as políticas de integração social destinadas a reduzir as desigualdades e a prevenir a exclusão social são a melhor garantia para manter as nossas cidades seguras. Neste sentido, a Carta de Leipzig recomenda: procurar estratégias para melhorar o ambiente físico das zonas mais vulneráveis; promover políticas de emprego que permitam a estabilização económica destas zonas desfavorecidas; criar políticas de formação para crianças e jovens; e promover transportes urbanos eficientes e acessíveis.

Neste sentido, é necessário e urgente que todas as pessoas e instituições, a nível local (cidade), nacional (país) e europeu, coordenem as suas ações para que os processos de desenvolvimento urbano se desenvolvam a partir de uma corresponsabilidade cívica e política, de acordo com os princípios da Carta de Leipzig. Para tal, é essencial o diálogo entre os diferentes atores envolvidos, bem como uma formação adequada que permita adquirir conhecimentos e competências de base que possibilitem esse diálogo, bem como as aptidões necessárias para construir cidades sustentáveis.

- 1) Como é que relacionas estas imagens com o que viste até agora? Discutam em pequenos grupos e depois partilhem as vossas conclusões com o resto da turma.



Imagem 116

Exemplos de sustentabilidade urbana: Cidades Verdes²

Voltando ao filme "Cinema Climantopia", o vereador do Urbanismo da Câmara Municipal de Lisboa recorda com orgulho que Lisboa é uma Capital Verde Europeia. Mas, O que é que isto significa? Podemos encontrar muitos exemplos de sustentabilidade urbana na União Europeia. De facto, em 2008, a Comissão Europeia criou os prémios "Capital Verde Europeia" e "Folha Verde Europeia" para premiar e visualizar as cidades europeias que abordaram resolutamente o seu desenvolvimento urbano na perspetiva da sustentabilidade nas suas três linhas de ação: social, ambiental e económica



Imagem 117: Logótipo dos prémios "Capital Verde Europeia" e "Folha Verde Europeia".

² https://environment.ec.europa.eu/topics/urban-environment_en

Capital Verde Europeia

O prémio "Capital Verde da Europa" destina-se a todas as cidades com uma população superior a 100 000 habitantes. O principal objetivo é enviar a mensagem de que os cidadãos têm o direito de viver em zonas urbanas saudáveis e, por conseguinte, o desenvolvimento urbano das cidades deve esforçar-se por melhorar a qualidade de vida das pessoas que nelas vivem, reduzindo ao mesmo tempo o seu impacto no ambiente global, ou seja, tanto numa perspetiva local como global.

Para a avaliação das cidades candidatas, a Comissão Europeia estabelece 7 ^{indicadores}³ 3 diretamente relacionados com o desenvolvimento urbano (Figura 115).

A primeira cidade a ser galardoada como Capital Verde Europeia foi **Estocolmo (2010)**. Desde então, várias ações tornaram-na uma referência mundial em matéria de desenvolvimento urbano sustentável. Apesar de ser uma das cidades europeias com maior crescimento, tem como objetivo atingir uma pegada de carbono negativa até 2040. Foi também escolhida como a "Cidade Mais Inteligente do Mundo" pela sua capacidade de combinar inovações ambientais com o objetivo de melhorar e manter o bem-estar dos seus cidadãos. Entre as suas inovações, num dos seus bairros, um sistema de tubos pressurizados transporta os resíduos para um centro de tratamento sem a necessidade de utilizar camiões que emitem gases com efeito de estufa (GEE). A cidade recolhe dados de sensores para compreender os hábitos de deslocação e de transporte dos cidadãos e utiliza esta informação para planear os transportes de forma mais eficiente. Além disso, a cidade dispõe de uma rede de aquecimento que, entre outras fontes de energia, é alimentada pelo calor gerado nos centros de processamento de dados ou nos supermercados, aproveitando a energia térmica que, de outra forma, se perderia na fonte. Para se ter uma ideia, em 2019, 30 000 apartamentos em Estocolmo foram aquecidos a partir do calor gerado num único centro de dados. A integração e a coexistência da cidade e da natureza é uma das principais linhas de ação que as cidades premiadas abordaram. Em **Vitória (2012)** trabalha-se há décadas na recuperação e desenvolvimento de espaços naturais que resultaram num anel verde composto por 33 km de parques com várias lagoas. Um grande espaço que serve de nichos ecológicos para a biodiversidade, albergando centenas de espécies. Os cidadãos também podem utilizar estes espaços verdes para lazer e tempo livre. Em **Nantes (2013)**, uma cidade com

³ https://environment.ec.europa.eu/topics/urban-environment/european-green-capital-award_es

mais de 100 000 árvores, qualquer pessoa que aí viva tem um espaço verde num raio de 300 metros, tal como **Valência (2024)**, que ganhou a última edição do prémio.

INDICADORES DE EVALUACIÓN CAPITAL VERDE EUROPEA	
	1. Calidad del aire
	2. Calidad del agua y eficiencia
	3. Biodiversidad, áreas verdes y uso sostenible del suelo
	4. Residuos y economía circular
	5. Ruido
	6. Cambio climático: mitigación y rendimiento energético
	7. Cambio climático: adaptación

Figura 118: Critérios de avaliação do prémio "Capital Verde da Europa".



Imagem 119: Estocolmo (Suécia).

A gestão do tráfego da cidade é outro dos eixos para atingir vários dos indicadores avaliados. Neste caso, **Copenhaga (2014)** há muito que aposta na adaptação dos espaços públicos e na racionalização da mobilidade com emissões zero. Desta forma, os transportes públicos atingiram 74% da sua área, com paragens de transporte a menos de 1 km de distância em toda a área urbana. Esta disponibilidade e eficiência dos seus transportes públicos, juntamente com impostos dissuasores sobre os veículos de combustão, permite que apenas 4% das suas estradas estejam congestionadas nas horas de ponta. **Ljubljana (2016)**, por outro lado, modificou o fluxo de tráfego dentro da cidade para limitar o tráfego motorizado e dar prioridade aos peões, ciclistas e transportes públicos.



Imagem 120: Nantes (França).



Imagem 121: Valência (Espanha).



Imagem 122: Copenhaga (Dinamarca).



Imagem 123: Ljubljana (Eslovénia).

A mitigação e adaptação às alterações climáticas é outra estratégia fundamental das cidades verdes. Outros exemplos incluem o caso de **Essen (2017)**, que foi a primeira cidade mineira a ser premiada pela sua transição bem-sucedida de um centro urbano altamente poluente e poluído para uma economia limpa e verde. Um exemplo em que uma combinação de medidas a nível nacional, estatal e local conseguiu uma elevada redução das emissões de GEE e da poluição através da redução da utilização de combustíveis fósseis. Para o efeito, uma das principais estratégias consistiu em combinar sistemas de aquecimento central e energias renováveis. Destaca-se também pela sua cultura colaborativa, com a criação de uma agência municipal que aconselha sobre a forma de reorientar o desenvolvimento urbano para práticas mais ecológicas. Outras cidades, como **Tallinn (2023)** ou **Grenoble (2022)**, optaram por uma transição económica baseada nas novas tecnologias, tornando-se sede de empresas dedicadas à I&D&I e às tecnologias da informação.



Imagem 124: Essen (Alemanha) como cidade mineira.



Imagem 125: Essen (Alemanha) hoje.

Folha Verde Europeia

Este reconhecimento está em consonância com o Prémio Capital Verde da Europa, mas, neste caso, trata-se de centros urbanos com uma população entre 20 000 e 100 000 habitantes podem candidatar-se ao Prémio Europeu Green Leaf. O objetivo é reconhecer as cidades que realizaram ações de gestão ambiental no âmbito do seu desenvolvimento urbano e ajudar a melhorar os seus esforços e resultados. O premio foi criado em 2015 com três objetivos principais:

1. Reconhecer e valorizar as cidades que demonstram um bom historial ambiental e um empenho em gerar crescimento verde.
2. Incentivar as cidades a desenvolverem ativamente a sensibilização e a participação dos cidadãos no ambiente.
3. Identificar as cidades capazes de atuar como "embaixadores ecológicos" e incentivar outras cidades a avançar para um melhor desempenho em termos de sustentabilidade.



Imagem 126: Tallinn (Estónia).



Imagem 127: Grenoble (França).

Por outro lado, este prémio permitiu a constituição da Rede Europeia Green Leaf, composta por mais de 20 cidades vencedoras e finalistas. A rede oferece aos seus membros oportunidades de colaboração para trocar ideias e experiências com outras administrações municipais, reforçando o conhecimento coletivo, a inovação e a participação como motores de cidades sustentáveis. Entre as suas ações, a Rede organiza reuniões temáticas para abordar as sete áreas de trabalho relacionadas com os indicadores de avaliação da Capital Verde Europeia (*Figura 128*).



Imagem 128: Cidades europeias galardoadas com o Prémio Europeu "Folha Verde".



Imagem 129: Torres Vedras (Portugal).

Com a criação destes prémios, um dos objetivos da Comissão Europeia foi oferecer recomendações, apoio financeiro e visibilidade internacional às cidades europeias que estão comprometidas com o desenvolvimento urbano sustentável e, assim, com o seu reconhecimento, promover uma transição urbana que sirva de modelo para o resto das cidades. Neste sentido, muitas das estratégias e ações levadas a cabo e propostas são semelhantes, o que, por sua vez, justifica o êxito deste convite à apresentação de propostas.

No entanto, há que ter em atenção o contexto de cada cidade, as necessidades particulares de cada população ou o financiamento necessário, entre outros aspetos. Além disso, não podemos esquecer os processos educativos e de sensibilização para que os cidadãos reconheçam e valorizem a importância das medidas necessárias para reorientar o nosso desenvolvimento urbano para posições sustentáveis.

Cidades sustentáveis...

1. Com base na lista de 7 indicadores pelos quais as cidades Capital Verde Europeia são avaliadas, procure exemplos no texto de ações e políticas que as cidades premiadas implementaram e relacione-os com os indicadores. Note-se que algumas ações correspondem a mais do que um indicador.
2. Nem todas as cidades reconhecidas como Capital Verde Europeia constam do texto. Em grupo, procurem uma lista de todas as cidades que foram galardoadas desde 2010. Dê um exemplo de ações de planeamento urbano realizadas em algumas destas cidades que cumpram cada um dos sete indicadores. Partilhem oralmente os vossos resultados com a turma.
3. Pensa que seria possível levar a cabo alguma destas iniciativas urbanas na sua cidade/bairro/cidade? Que dificuldades e obstáculos pensa que encontraria para levar a cabo esta ação?
4. Neste sítio Web, pode encontrar vários dados e índices relacionados com a gestão do tráfego urbano <https://urbanmobilityindex.here.com/>. Explora o sítio Web e completa a seguinte tabela.

Cidade	Frequência dos transportes públicos	Cobertura dos transportes públicos	Índice de congestionamento do tráfego	Porcentagem de espaços verdes	Número de bicicletas públicas
Viena	251 viagens por paragem/dia	71% da área urbana	5,2 em 10	27%	0,8 por cada 1000 habitantes

5. Considera que esta informação é útil para compreender melhor a complexidade do desenvolvimento urbano?

Responda e justifique a sua resposta.

5.3. TURISMO DE ACÇÃO CLIMÁTICA

Antes de continuar...

1. Considera que o planeamento urbano tem alguma relação com o turismo? Pense na justificação da sua resposta tendo em conta um dos sete indicadores de avaliação dos Green City Awards.
2. Discuta as relações entre o turismo e a cidade referidas na pergunta anterior e elabore, em conjunto com a turma, uma lista dos sete indicadores. Para cada um deles, assinale as possíveis influências do turismo, positivas ou negativas, na concretização desses indicadores.
3. O que achas que significa "ação climática"? Discutam-no com os vossos colegas.

Planeamento urbano e turismo

Como puderam constatar, o desenvolvimento urbano sustentável é uma disciplina muito complexa onde é necessário ter em conta muitas variáveis: ambientais, sociais, culturais, políticas e económicas, para conhecer e compreender as necessidades dos cidadãos e os recursos disponíveis para reconstruir as cidades atuais em cidades mais habitáveis e sustentáveis. Por isso, dispor de exemplos e recomendações, como os que vimos, para responder aos desafios da sustentabilidade é um conhecimento útil para orientar e acompanhar os nossos esforços, planos e estratégias em matéria de desenvolvimento urbano.



Imagem 130: Aveiro (Portugal).

O planeamento urbano está intimamente relacionado com o turismo, a i n d a mais em cidades que dependem quase exclusivamente do sector do turismo como principal atividade económica. Recordando alguns dos aspetos que o planeamento urbano aborda, o planeamento urbano tem uma grande responsabilidade na criação de um ambiente atrativo para o turismo. Um bom desenho urbano pode tornar a cidade mais atrativa e mais fácil de navegar, com zonas turísticas acessíveis, seguras, agradáveis e esteticamente apelativas. Por outro lado, é necessária uma infraestrutura turística que responda adequadamente aos períodos de elevada ocupação, com equipamentos (hotéis, restaurantes, parques, centros de informação, etc.), serviços (gestão de resíduos, abastecimento de água, saúde, transportes, lazer, etc.) e meios técnicos (recursos humanos e outros meios como ambulâncias, carros de polícia, novas tecnologias, etc.) que garantam a satisfação das necessidades dos visitantes, sem esquecer, naturalmente, os próprios residentes.

Turismo e alterações climáticas

O sector do turismo é altamente vulnerável às consequências das alterações climáticas e, ao mesmo tempo, contribui para a emissão de grandes quantidades de gases com efeito de estufa, que contribuem para a manutenção e o agravamento da crise climática. Perante esta situação, parece necessário e urgente **acelerar a ação climática** no sector do turismo, a fim de garantir um futuro sustentável para o próprio sector do turismo e para todos os cidadãos. Entende-se por ação climática ou ação no clima os esforços para reduzir as emissões de gases com efeito de estufa (mitigação) e, simultaneamente, reforçar as capacidades de adaptação aos impactos das alterações climáticas. Considerando que as atividades humanas são a causa das alterações climáticas, a concretização destes objetivos depende das ações e comportamentos de todos. Todos nós recebemos turistas nas nossas cidades e vilas e a maioria de nós é turista em determinadas alturas das nossas vidas.

A ideia do turismo de ação climática foi oficialmente formalizada em novembro de 2020, durante a conferência COP26 das Nações Unidas, com a assinatura da Declaração de Glasgow, que estabeleceu um horizonte temporal de 2050 para alcançar zero emissões líquidas do sector do turismo. A declaração propõe cinco vias para alcançar este objetivo.

- 1. Medição** das emissões relacionadas com viagens e turismo e divulgação acessível e transparente dos dados registados.
- 2. Descarbonização**, que inclui planos para reduzir as emissões de GEE nas infraestruturas turísticas: transportes, alojamento, atividades de lazer, alimentação ou gestão de resíduos, entre outros.

3. **Regeneração**, ou seja, restaurar e proteger os ecossistemas. Os ecossistemas podem ser entendidos como a infraestrutura natural que presta diferentes serviços ecossistêmicos, como a proteção contra catástrofes, o abastecimento de água e alimentos ou o abrigo, entre outros, e que desempenham um papel importante como sumidouros de carbono na atmosfera.
4. **Colaboração**, de todos os agentes envolvidos.
5. **O financiamento**, que garante os recursos necessários para atingir os objetivos, incluindo a formação, a investigação e a aplicação de instrumentos e políticas fiscais eficazes.

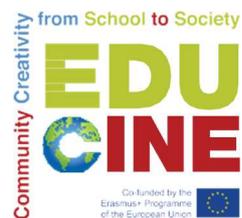
Para o turismo de ação climática

1. Tendo em conta o que vimos até agora, pense nas suas férias, no seu comportamento como turista: como viaja, que recursos utiliza nos seus destinos turísticos, onde fica alojado, o que come, como utiliza as infraestruturas da cidade que visita, etc. Partilhe em pequenos grupos o que pensou e faça uma lista das mudanças que precisa de fazer para se tornar um turista sustentável.
2. Agora imagine que faz parte do governo da cidade. Que propostas faria e que mudanças de infraestruturas seriam necessárias para poder oferecer turismo de ação climática nessa cidade? Que obstáculos acha que encontraria?

REFERÊNCIAS

- ☞ Bañón, R., Almón, B., Trigo, J., Dieste, J., & Junoy, J. (2019). Espécies exóticas marinhas e imigrantes nas costas da Galiza. *Especies Exóticas Invasoras: Cátedra Parques Nacionales; Junoy, J., Ed*, 81-94.
- ☞ Barange, M., Merino, G., Blanchard, J. L., Scholtens, J., Harle, J., Allison, E. H., ... & Jennings, S. (2014). Impactos das alterações climáticas na produção do ecossistema marinho em sociedades dependentes da pesca. *Nature Climate Change*, 4 (3), 211-216.
- ☞ Bundesministerium des Innern und für Heimat (2020). *A nova carta de Leipzig. O poder transformador das cidades para o bem comum*. BMI.
- ☞ Doney, S. C. (2006). Plâncton num mundo mais quente. *Natureza*, 444 (7120), 695-696.
- ☞ Agência Europeia do Ambiente (2017). *Alterações climáticas, impactos e vulnerabilidade na Europa 2016*. Copenhaga: Serviço das Publicações da União Europeia.
- ☞ Eurostat (2022). Europa urbano-rural. Eurostat <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Urban-rural-Europe-introduction>.
- ☞ Fernández, I. (1997). *Influência dos incêndios florestais na matéria orgânica do solo*. CSIC-Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (IIAG).
- ☞ Ferreira, Ó., Dias, J. A., & Taborda, R. (2008). Implicações da subida do nível do mar para Portugal continental. *Jornal de Investigação Costeira*, 24 (2), 317-324.
- ☞ Fioretti, C., Pertoldi, M., Busti, M. e Van Heerden, S. (2020). *Manual de Estratégias de Desenvolvimento Urbano Sustentável*. Serviço das Publicações da União Europeia. ISBN 978-92-76-24537-7, <https://doi.org/10.2760/580641>.
- ☞ Grant, G. R., Naish, T. R., Dunbar, G. B., Stocchi, P., Kominz, M. A., Kamp, P. J., ... & Patterson, M. O. (2019). A amplitude e a origem da variabilidade do nível do mar durante a época do Plioceno. *Nature*, 574 (7777), 237-241.
- ☞ IPCC (2019). *Alterações climáticas e terras: um relatório especial do PIAC sobre as alterações climáticas, a desertificação, a degradação das terras, a gestão sustentável das terras, a segurança alimentar e os fluxos de gases com efeito de*

REFERÊNCIAS



estufa nos ecossistemas terrestres. IPCC, Genebra, Suíça.

- ☞ Jeffries, E., & Campogianni, S. (2021). O efeito das alterações climáticas no Mediterrâneo. *Seis histórias de um mar sobreaquecido*. Recuperado do sítio Web do WWF: <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Meere/WWF-Report-The-Climate-Change-Effect-in-the-Mediterranean-2021.pdf>.
- ☞ Levitus, S., Antonov, J., Boyer, T., Baranova, O., Garcia, H., Locarnini, R., Mishonov, A., Reagan, J., Seidov, D., Yarosh, E. e Zweng, M. (2012). Conteúdo de calor do oceano mundial e mudança do nível do mar termosterico (0-2000 m), 1955-2010. *Geophysical Research Letters*, 39, L10603.
- ☞ Mataix-Solera, J., & Guerrero, C. (2007). Efeitos dos incêndios florestais nas propriedades edáficas. *Incêndios florestais, solos e erosão hídrica*, 5-40.
- ☞ McNeill, J. R. (2003). *Algo nuevo bajo el sol: historia medioambiental del mundo en el siglo XX* (Vol. 217). Alianza editorial.
- ☞ Montero-Serra, I., Edwards, M., & Genner, M. J. (2015). O aquecimento dos mares de plataforma impulsiona a subtropicalização das comunidades europeias de peixes pelágicos. *Global Change Biology*, 21 (1), 144-153.
- ☞ Mumford, L. (1971). *Técnica y civilización* Madrid Alianza editorial.
- ☞ Organização Mundial do Turismo (2019). *Turismo internacional num relance*. Edição de 2019. OMT
- ☞ Paprotny, D., & Terefenko, P. (2017). Novas estimativas dos potenciais impactos da subida do nível do mar e das inundações costeiras na Polónia. *Natural Hazards*, 85, 1249-1277.
- ☞ Portela, N. F. (2018). A União da Energia: instrumento para a transição energética na Europa. *ICE, Journal of Economics*, (902).
- ☞ Pruszek, Z., & Zawadzka, E. (2008). Potenciais implicações da subida do nível do mar na Polónia. *Journal of Coastal Research*, 24 (2), 410-422.
- ☞ Rifkin, J. (2007). A economia do hidrogénio. *Barcelona*. Paidós.
- ☞ União Europeia (2007). *Carta de Leipzig sobre as cidades europeias sustentáveis*. UE.
- ☞ União Europeia (2022). Portal Europeu da Juventude. Prémio Capital Verde Europeia e Prémio Folha Verde Europeia. https://youth.europa.eu/get-involved/sustainable-development/european-green-capital-and-european-green-leaf-award_en.

- ☞ Vergés, A., Tomas, F., Cebrian, E., Ballesteros, E., Kizilkaya, Z., Dendrinos, P., ... & Sala, E. (2014). Peixe-coelho tropical e o desmatamento de um mar temperado em aquecimento. *Journal of Ecology*, 102 (6), 1518-1527.
- ☞ Weatherdon, L., Magnan, A., Rogers, A., Sumaila, U., e Cheung, W. (2016). Impactos observados e projectados das alterações climáticas na pesca marinha, na aquacultura, no turismo costeiro e na saúde humana: uma atualização. *Frontiers in Marine Science*, 3 (48).

