

ARTICULAÇÃO







NATUREZA

OUTUBRO | 2024 EDIÇÃO Nº 4

MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Bem-vindo ao Articulação Natureza

INSTRUÇÕES DE USO

- Clique nos elementos com o ícone  para acessar conteúdos extras.
- Clique nos elementos com o ícone  para acessar as respostas das questões.
- Palavras em **destaque** possuem conteúdo extra que pode ser acessado ao ser clicado.
- Todos os *sites* citados possuem *hiperlink* e podem ser acessados com um *click* sobre ele.
- Você pode navegar pelas páginas seguindo o Sumário ou pela barra superior de navegação.    

INICIAR 

OUTUBRO | 2024 EDIÇÃO Nº 4

BNCC  

FIQUE

SA
BEN
DO!

DIÁ
LOGO

ABERTO

INFO
GRÁ
FICO

REFLE
XÃO

NA PRÁTICA

RE
SE
NHA

EXPE
DIENTE



MUDANÇAS CLIMÁTICAS

ARTI
CULA
ÇÃO

NATUREZA

OUTUBRO | 2024 EDIÇÃO Nº 4

BNCC



FIQUE

SA
BEN
DO!

SAIBA MAIS SOBRE
O TEMA DESTA EDIÇÃO.



DIÁ
LOGO

ABERTO

INFO
GRÁ
FICO

REFLE
XÃO

NA PRÁTICA

RE
SE
NHA

EXPE
DIENTE

A



FIQUE
SA
BEN
DO!

Que clima é esse?

B



FIQUE
SA
BEN
DO!

A ligação entre eventos
extremos do clima e as
mudanças climáticas
nunca foi tão clara

C



FIQUE
SA
BEN
DO!

Entendendo as
mudanças climáticas:
um pacto pelo clima

MUDANÇAS CLIMÁTICAS

NATUREZA

OUTUBRO | 2024 EDIÇÃO Nº 4

BNCC

SAIBA MAIS SOBRE
O TEMA DESTA EDIÇÃO.

DIÁ
LOGO

ABERTO

INFO
GRÁ
FICOREFLE
XÃO

NA PRÁTICA

RE
SE
NHAEXPE
DIENTE

A

Que clima é esse?

Podcast Que clima é esse do Canal IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas. Um bate-papo sobre as mudanças climáticas que já estão acontecendo e impactando nosso cotidiano.



<https://s.ftd.li/5pgdo7>

DIÁ
LOGOREFLE
XÃOEXPE
DIENTE

INFO

RE

B

A ligação entre eventos extremos do clima e as mudanças climáticas nunca foi tão clara

Há uma década, os cientistas diziam que tinham certeza de que um determinado furacão, onda de calor, inundação, seca ou incêndio florestal estava mais grave devido à mudança climática, mas raramente conseguiam identificar sua contribuição exata. Agora, graças a uma convergência de inteligência humana, modelos matemáticos, dados meteorológicos precisos e de computadores superpotentes, as impressões digitais do clima estão sendo calculadas para muitos dos principais eventos meteorológicos.

LANDAU, Meryl Davids. A ligação entre eventos extremos do clima e as mudanças climáticas nunca foi tão clara, **National Geographic Brasil**, jul. 2024.

Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2024/07/a-ligacao-entre-eventos-extremos-do-clima-e-as-mudancas-climaticas-nunca-foi-tao-clara>. Acesso em: 24 ago. 2024.

DIÁ
LOGO

ABERTO

INFO
GRÁ
FICOREFLE
XÃO

NA PRÁTICA

RE
SE
NHAEXPE
DIENTE

C

Entendendo as mudanças climáticas: um pacto pelo clima

Você provavelmente já ouviu falar de crise climática. Em uma série de vídeos disponíveis no YouTube, o **Pacto Global da Organização das Nações Unidas (ONU) no Brasil** nos explica em detalhes o efeito estufa, o que é a mudança climática, consequências da alteração do clima e muito mais.



V Quando o gelo derrete

Repare bem na imagem a seguir. O que você observa? Ela é uma imagem real e registra o momento em que um urso-polar vaga pelos arredores da cidade Russa de Norilsk, que fica a cerca de 240 km do Círculo Polar Ártico. O urso está, possivelmente, à procura de alimento.

A conexão entre a imagem do urso-polar vagando pela cidade e as alterações do clima pode não ser óbvia. Vale a pena refletir: para se alimentar, os ursos-polares dependem das plataformas de gelo marinho, onde ficam à espreita de focas. Quando uma foca emerge para respirar, próxima à plataforma, os ursos atacam. Quando a caça de focas não é possível, os ursos-polares se adaptam, alimentando-se de outros animais, como aves, ovos e até carniça. Em situações extremas, podem aproximar-se de áreas humanas em busca de restos de comida.

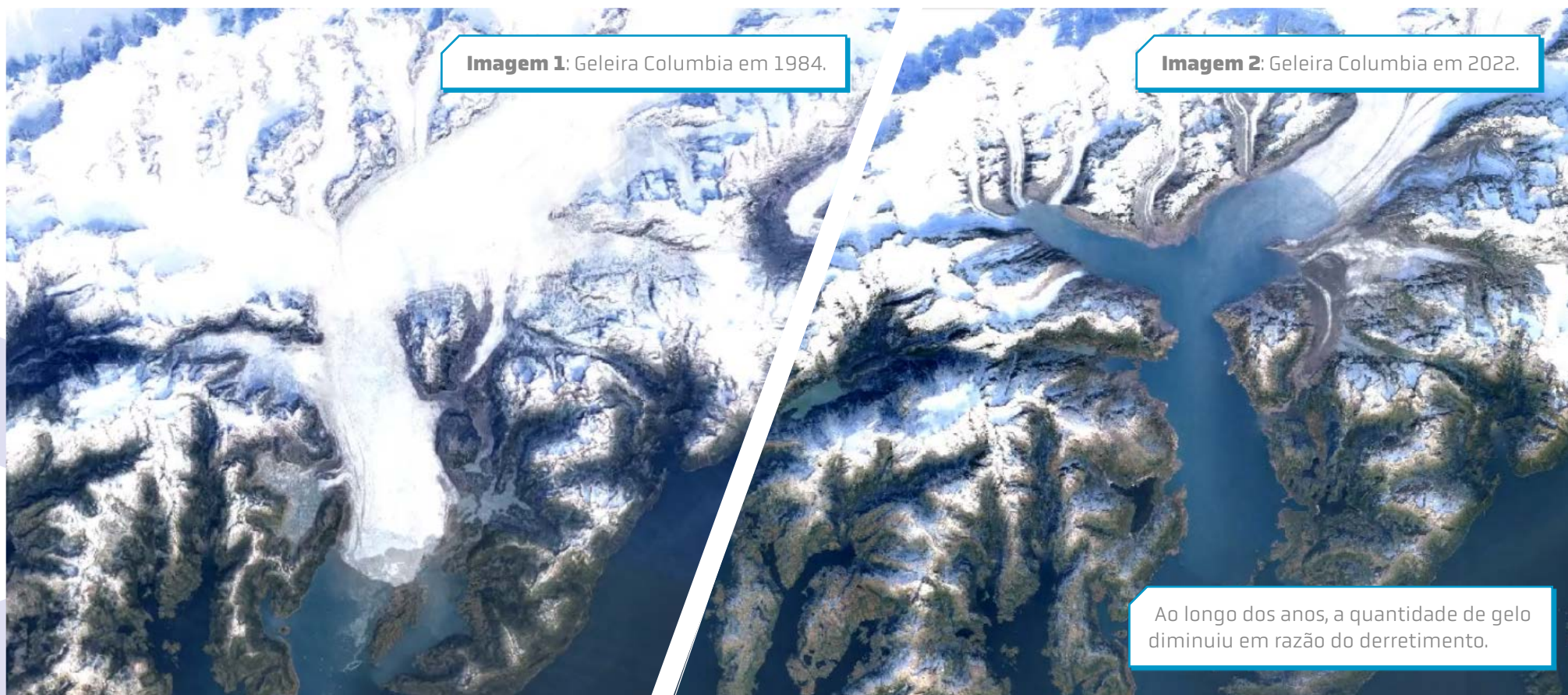
Vivenciamos uma intensa redução do gelo marinho no Ártico, que afeta a capacidade desses animais de caçar focas, sua principal fonte de alimento. O derretimento das calotas polares, em razão do aumento das temperaturas globais, força os ursos-polares a deslocarem-se para áreas habitadas, onde buscam alternativas de alimento.

Um urso-polar é visto nos arredores de uma cidade industrial russa de Norilsk, em 17 de junho de 2019, a centenas de quilômetros do seu hábitat natural.

Imagens de satélites retiradas ao longo das últimas décadas constataam o recuo de geleiras. Uma delas é a Columbia, geleira localizada em Prince William Sound, na costa sul do Alasca, que vem recuando rapidamente desde o início dos anos 1980.

Existem dois tipos de gelo com impacto no clima global: o gelo marinho e o gelo terrestre. O gelo marinho forma-se sazonalmente, quando a superfície do oceano congela. Esse tipo de gelo não impacta o nível do mar, mas influencia a dinâmica alimentar dos animais que vivem em sua proximidade, como é o

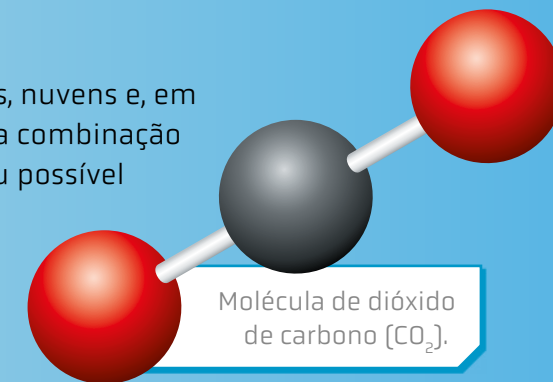
caso dos ursos-polares. O derretimento do gelo marinho altera a sanidade do mar e os fluxos marinhos. O gelo terrestre ou continental forma-se lentamente ao longo de milhares de anos, impactando o nível do mar. O aquecimento global faz os dois tipos de gelo derreter a taxas cada vez mais velozes, o que muda o coeficiente de reflexão da luz que atinge a superfície da Terra. Menos gelo significa menos reflexão da luz e maior absorção, acelerando ainda mais o processo de degelo. A quantidade de radiação solar refletida é chamada de albedo.



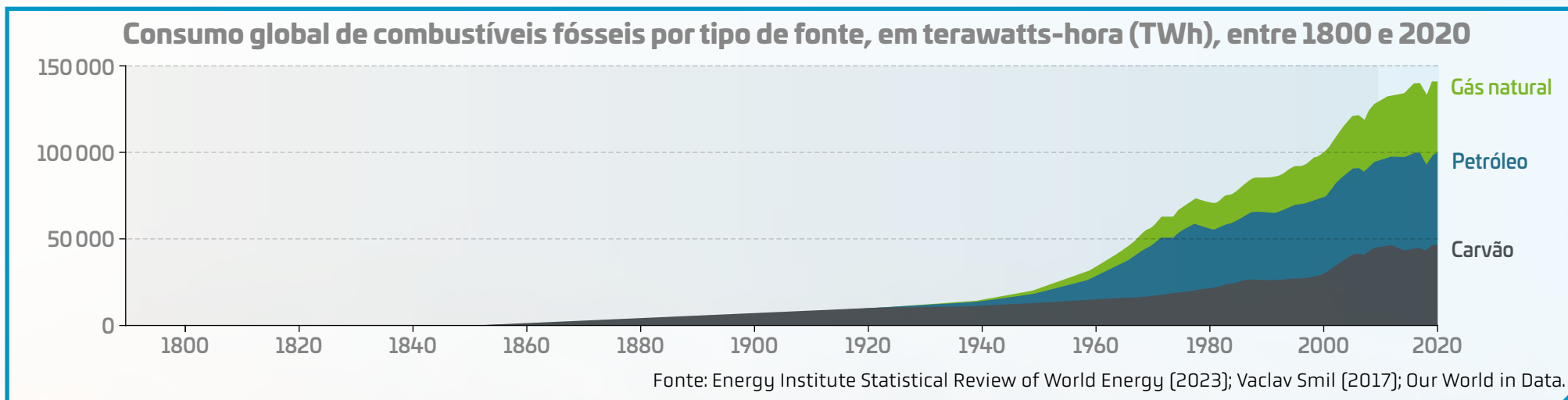
O que causa as mudanças climáticas?

Uma fração de cerca de 23% da energia solar que atinge a Terra é refletida de volta ao espaço por moléculas de gás, nuvens e, em menor quantidade, por aerossóis (pequenas partículas suspensas no ar) presentes nas camadas da atmosfera. Essa combinação de gases funciona como uma espécie de escudo protetor contra a radiação do Sol e os raios cósmicos, o que tornou possível a existência de vida no planeta. Outros 23% da energia solar que incide em nosso planeta são absorvidos pela atmosfera. A luz refletida retorna ao espaço, enquanto a luz absorvida aquece a superfície, que emite energia na forma de radiação infravermelha. Essa radiação interage com determinados gases conhecidos como gases de efeito estufa (GEE). Os principais GEEs incluem vapor de água, dióxido de carbono, metano e óxido nitroso. Além disso, clorofluorcarbonos (CFCs) são também importantes gases que contribuem para o efeito estufa.

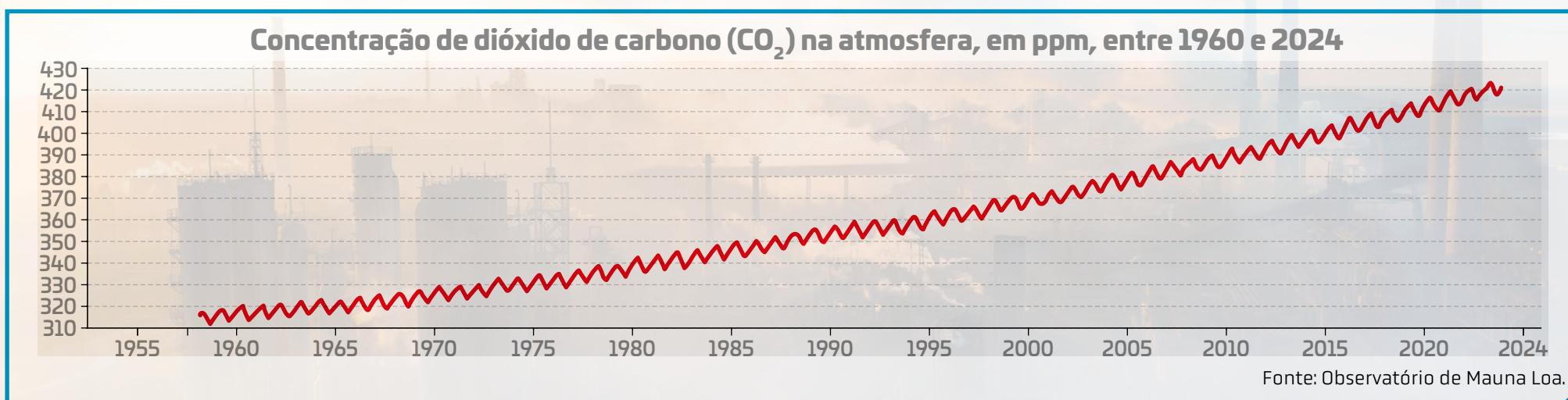
O dióxido de carbono (CO_2) é um gás de efeito estufa relevante em razão de sua estrutura molecular, composta de um átomo de carbono e dois de oxigênio. Essa configuração permite à molécula vibrar de diferentes maneiras, especialmente de forma assimétrica, o que a faz absorver e reemitir radiação infravermelha, intensificando o efeito estufa. As frequências vibracionais do CO_2 coincidem com a radiação infravermelha, permitindo uma eficiente captura de calor. De modo diferente de gases como o oxigênio (O_2) e o nitrogênio (N_2), que têm vibrações simétricas e não interagem com essa radiação, o CO_2 , com outros gases como vapor de água e metano, amplifica o aquecimento global ao “prender” o calor na atmosfera. É importante perceber que parte da radiação já reemitida pelo CO_2 , atinge novamente a superfície terrestre, aquecendo-a.



O aumento do dióxido de carbono na atmosfera é causado principalmente por atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) e o desmatamento. Desde a Revolução Industrial, a dependência de fontes de energia baseadas em carbono tem liberado quantidades massivas de CO₂, intensificando seu acúmulo na atmosfera.



Além disso, a destruição de florestas, que atuam como sumidouros de carbono, reduz a capacidade do planeta de absorver esse gás. Processos industriais, como a produção de cimento, também liberam CO₂. Esse aumento contínuo na concentração de dióxido de carbono é preocupante porque, uma vez na atmosfera, o CO₂ permanece por séculos, contribuindo para o aquecimento global de maneira persistente.



Impactos nos oceanos

A principal causa da mudança drástica da temperatura global é o aumento do dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, que, além de contribuir para o aumento da temperatura média global, impacta os oceanos de maneira significativa. O CO_2 liberado na atmosfera é absorvido pelos oceanos, onde reage com a água, formando ácido carbônico. Esse processo reduz o pH da água do mar, tornando-a mais ácida, o que é conhecido como acidificação dos oceanos. Essa acidificação prejudica gravemente organismos marinhos, como corais, crustáceos e moluscos, que dependem de íons de carbonato para construir conchas e esqueletos.

Além disso, os oceanos atuam como importantes reservatórios de carbono, absorvendo CO_2 através do fitoplâncton, algas marinhas microscópicas que realizam a fotossíntese. Quando essas algas morrem, transportam o carbono absorvido para o fundo do oceano, onde ele pode se acumular. Organismos marinhos, ao morrerem, também liberam CO_2 , e suas células mortas, conchas e outras partes se depositam nas águas profundas, contribuindo para o sequestro de carbono.



Mais perto do que se imagina

Os efeitos da mudança climática podem parecer muito distantes, afetando regiões polares ou animais marinhos. Porém, a crise climática afeta o Brasil de várias maneiras: secas mais prolongadas no Nordeste, aumento da temperatura média, maior risco de incêndios florestais prolongados na Amazônia e no Pantanal, além de episódios extremos de chuvas intensas, como os ocorridos no Sudeste e no Sul do país em 2023 e aumento das precipitações. No Rio Grande do Sul, o volume e a intensidade das chuvas que causaram enchentes em 2024 ilustram como o comportamento das frentes frias e dos sistemas atmosféricos está sendo alterado pelo aquecimento global. Com o aumento da temperatura global, mais umidade é retida na atmosfera, o que pode resultar em chuvas mais concentradas e torrenciais. Essa alteração no regime de precipitações tem sido observada em várias partes do Brasil, especialmente em regiões onde a infraestrutura não está preparada para lidar com volumes elevados de água em curtos períodos.

O paralelo entre eventos extremos no Brasil e as mudanças climáticas reforça a urgência de políticas de adaptação e mitigação. Entretanto, no Brasil, a falta de planejamento urbano adequado e de sistemas de drenagem eficientes agrava os impactos das chuvas intensas, enquanto o desmatamento e a degradação ambiental reduzem a resiliência das regiões afetadas.

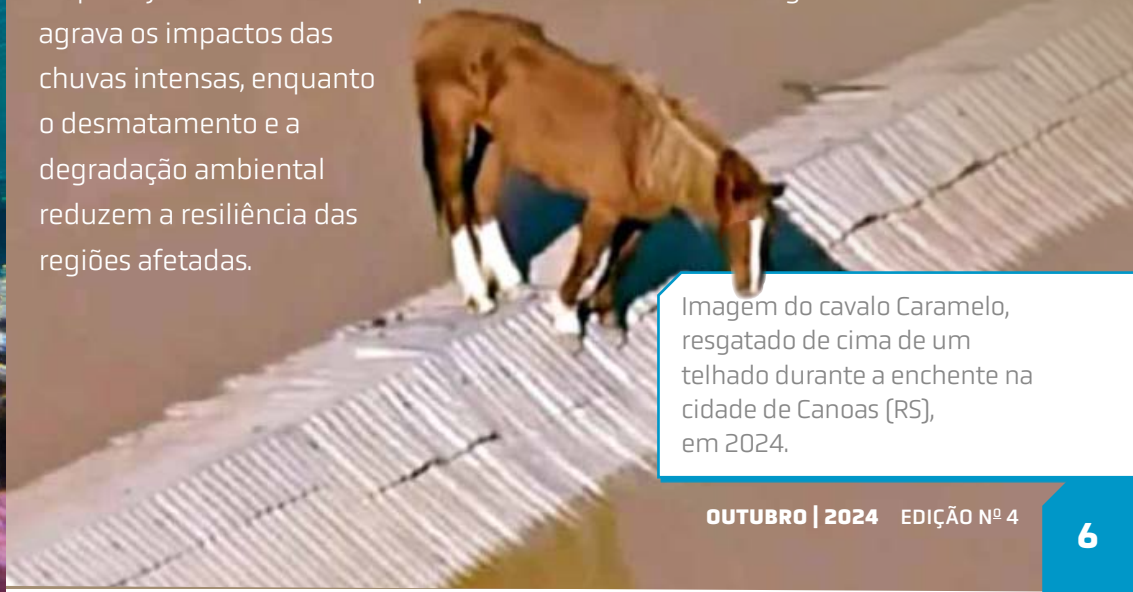


Imagem do cavalo Caramelo, resgatado de cima de um telhado durante a enchente na cidade de Canoas (RS), em 2024.

O que mais pode afetar o clima?

As mudanças climáticas envolvem diversos fatores além das emissões de dióxido de carbono, embora este seja o principal foco de estudos e discussões. O vapor de água, por exemplo, é um grande contribuinte para o efeito estufa, mas não é uma **forçante climática**, sendo um **mecanismo de feedback** que amplifica impactos de outros fatores sem ser responsável direto pelo aquecimento global. A radiação solar, as erupções vulcânicas e a poluição por aerossóis também influenciam o clima, mas de forma limitada e temporária. A radiação solar segue ciclos naturais, enquanto erupções vulcânicas e aerossóis têm efeitos curtos de resfriamento.

O uso do solo, o albedo da superfície e a depleção da camada de ozônio também afetam o clima. Alterações no uso do solo, como o desmatamento e a urbanização, impactam o ciclo da água e a transferência de calor. A degradação do ozônio, causada por produtos químicos como os CFCs, permite a entrada de luz ultravioleta de alta energia na atmosfera, contribuindo para mudanças climáticas. Embora o clima tenha variado naturalmente ao longo da história, a atual situação de aquecimento global é distinta da dos ciclos climáticos passados, indicando influência predominante das atividades humanas.

Forçante climática: qualquer fator externo ou processo que altera o equilíbrio energético da Terra, podendo resultar em mudanças na temperatura média global. Esses fatores podem aumentar ou diminuir o aquecimento do planeta. Exemplos de forçantes climáticas incluem as emissões de gases de efeito estufa (como o CO_2), mudanças na atividade solar e grandes erupções vulcânicas. As forçantes são consideradas “externas” porque não são influenciadas diretamente pelo próprio clima; elas causam mudanças iniciais que podem desencadear outros processos.

Mecanismo de feedback: resposta interna do sistema climático que pode amplificar ou reduzir os efeitos das forçantes climáticas. Por exemplo, o vapor de água é um mecanismo de *feedback* positivo: quando a temperatura aumenta, mais água evapora, aumentando a quantidade de vapor de água na atmosfera, o que, por sua vez, intensifica o efeito estufa e aumenta ainda mais a temperatura. Existem também *feedbacks* negativos, como o aumento da formação de determinados tipos de nuvens, que pode refletir mais luz solar de volta ao espaço, resfriando o planeta.



O que os governos têm feito acerca das mudanças climáticas?

O impacto das mudanças climáticas nos ecossistemas e na vida urbana é evidente em histórias como a do urso-polar faminto, forçado a buscar alimento em áreas habitadas em razão do derretimento do gelo no Ártico, e a do cavalo Caramelo, resgatado durante uma enchente no Rio Grande do Sul. Esses exemplos ilustram como o aquecimento global afeta tanto espécies que dependem do gelo marinho quanto comunidades humanas vulneráveis a eventos climáticos extremos. Essas situações ressaltam a necessidade urgente de empatia e ação diante dos desafios ambientais globais.

Em um esforço global, quase 200 países assinaram o Acordo de Paris em 2015, comprometendo-se a limitar o aquecimento global a 2 °C, preferencialmente a 1,5 °C e a alcançar emissões líquidas zero de CO₂ até 2050. Embora muitos países já tenham adotado ou estejam considerando metas de neutralidade de carbono, o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da ONU) alerta que as concentrações de gases de efeito estufa continuam a aumentar rapidamente, tornando provável que o aquecimento global ultrapasse esse limite. Nesse cenário, limitar o aumento da temperatura é crucial para evitar consequências ainda mais graves para a vida no planeta.

A diferença entre um aquecimento global de 1,5 °C e 2 °C pode ser dramática: elevação do nível do mar, extinção quase total dos recifes de coral, verões sem gelo no Ártico com maior frequência e aumento de ondas de calor em diversas regiões. Além disso, milhões de pessoas e inúmeras espécies estarão ainda mais expostas a riscos climáticos e à pobreza. Para enfrentar esses desafios, os governos têm intensificado suas ações, como a promoção de energias renováveis, metas de descarbonização e políticas de preservação ambiental. No entanto, apesar dos avanços, ainda há muito a ser feito para evitar um futuro marcado por catástrofes ambientais. ▀



Sobre o autora

◀ **Rafaela Felix Munhoz de Oliveira** é professora de Física licenciada pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), mestre em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo e doutoranda pelo mesmo programa. Tem mais de 15 anos de experiência com ensino de Ciências e Educação, tendo atuado em projetos educacionais nas redes pública e privada, formação de professores e elaboração de materiais didáticos.



Mudanças climáticas em gráficos



MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM GRÁFICOS

TEMPERATURA

MÉDIA GLOBAL

ÁREA

DO OCEANO

CENÁRIO COM BASE

EM CADA AÇÃO



versão interativa



versão para impressão



Temperatura média global de 1850 a 2022



Fonte: *Energy Institute Statistical Review of World Energy* (2023); *Vaclav Smil* (2017); *Our World in Data*.

O mundo está ficando mais quente: a temperatura média global anual nos períodos pré-industriais era muito menor que atualmente. Os últimos dez anos foram os mais quentes.



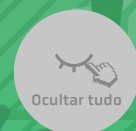


Cenários com base em cada ação



É possível traçar possíveis cenários sobre diferentes possibilidades em relação ao aumento da temperatura no mundo de acordo com cada ação tomada nos dias atuais. A meta é que o mundo não ultrapasse o aumento da temperatura média global 1,5 °C até 2100.

Fonte: *Climate Action Tracker*, novembro de 2022.





versão interativa



versão para impressão



Área do oceano com pelo menos 15% de gelo marinho por ano, 1981-2023, em km²

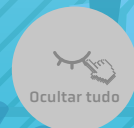


Fonte: Amy O'Kruk. (2023). Temperatura diária da superfície do mar [°C] 1981 a 2023 [Gráfico]. CNN. Dados obtidos de: Climate Reanalyzer.

O gelo do Ártico diminuiu. 2023 foi o recorde da extensão mínima.



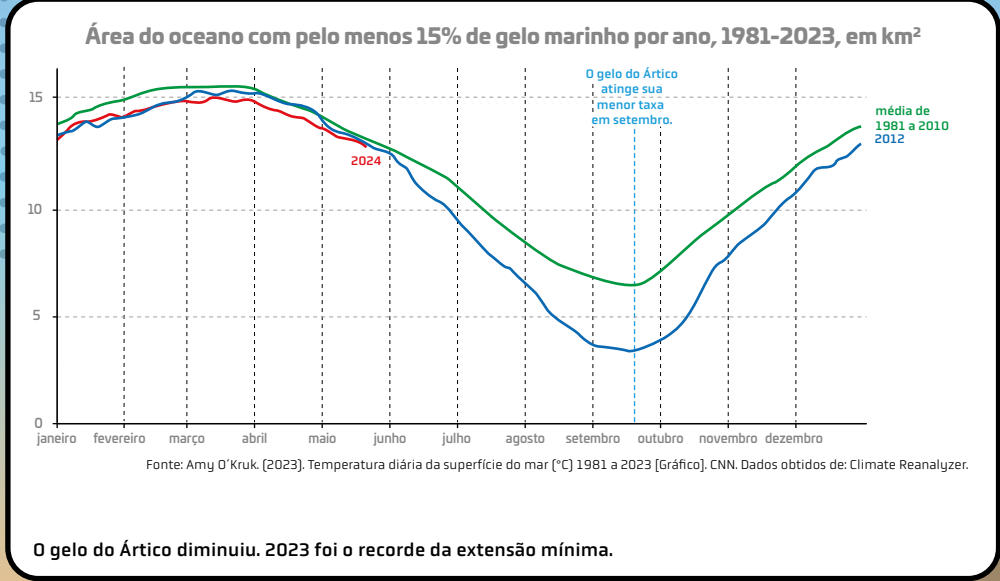
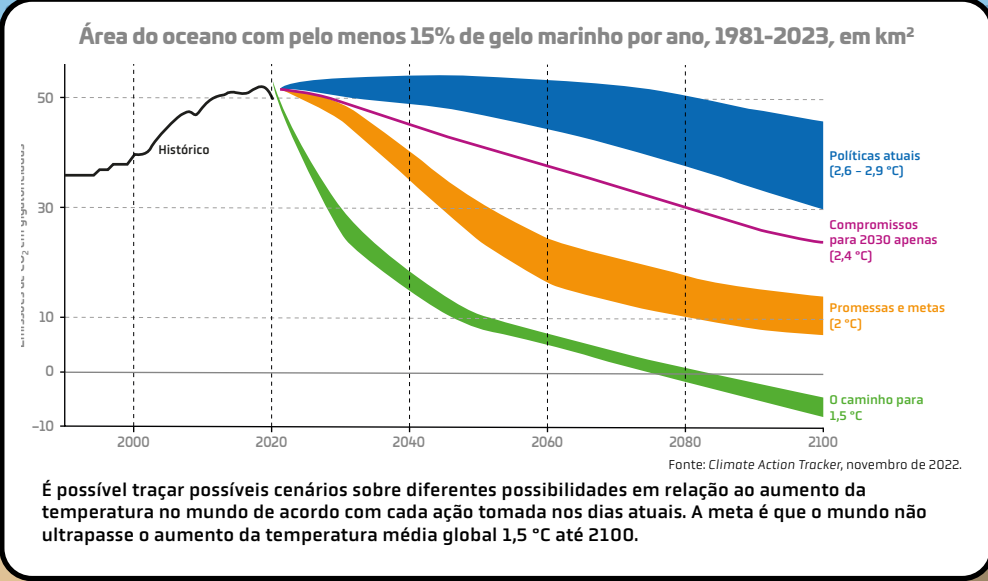
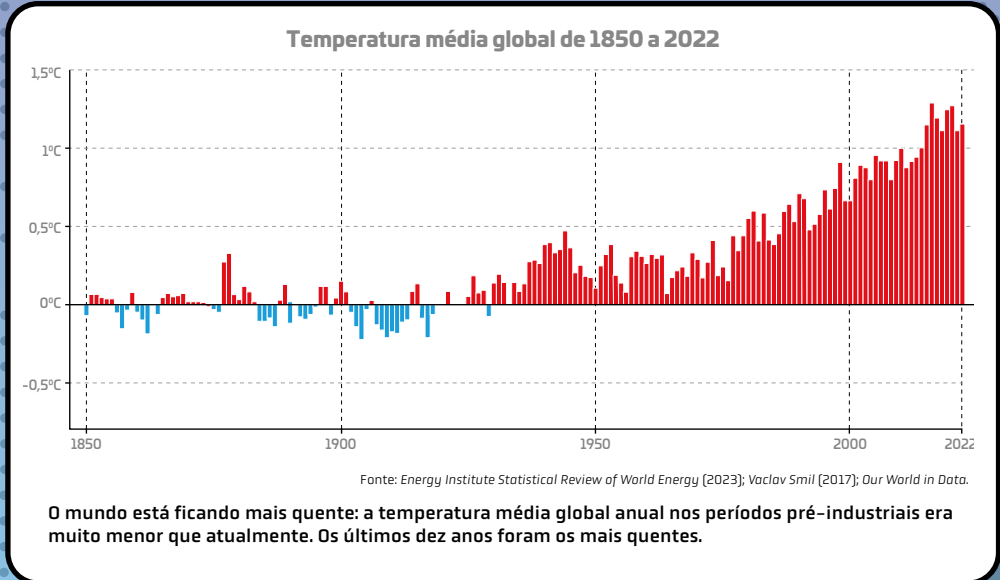
Revelar tudo



Ocultar tudo

INFO GRÁFICO

Mudanças climáticas em gráficos





- Mudanças climáticas
- Impactos da mudança do clima
- Ações contra as alterações do clima



Organizando ideias

Nesta edição, exploramos alguns efeitos das mudanças climáticas, utilizando o conhecimento científico para refletir acerca do impacto dessas informações.

Construa um mapa mental que sintetize o percurso das informações a respeito das mudanças climáticas descrito no texto. No mapa mental, evidencie os seguintes itens:

- Como os dados sobre o gelo marinho e as emissões de CO₂ são coletados e analisados.
- Como esses dados são revisados e validados pela comunidade científica.
- A revisão e a validação dos estudos.
- Os canais usados para divulgar essas informações para o público geral, como mídia e redes sociais.
- Como essas informações afetam a conscientização pública e as políticas governamentais, incluindo ações como o Acordo de Paris.

Debate e reflexão

Com frequência, os meios de comunicação incentivam mudanças de hábitos individuais para ajudar a mitigar os impactos das mudanças climáticas. Algumas dessas recomendações incluem:

- reduzir o número de voos;
- optar por transporte sustentável ou carros elétricos;
- escolher produtos com eficiência energética ao substituir aparelhos;
- trocar sistemas de aquecimento a gás por bombas de calor elétricas;
- utilizar materiais de isolamento para reduzir o uso de aquecimento e ar-condicionado;
- diminuir o consumo de carne vermelha.

Até que ponto essas ações individuais são efetivas no combate às mudanças climáticas? Cada grupo deve refletir sobre a eficácia das ações individuais listadas. Considere os seguintes aspectos:

1. Como cada ação contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa?
2. Qual é a escala real de impacto dessas ações em relação a mudanças estruturais maiores necessárias para combater as mudanças climáticas?
3. Quais são as barreiras para a adoção generalizada dessas práticas? Como essas barreiras podem ser superadas?



V No vestibular

[UERJ]

>> O que compõe a pegada?

A Pegada Ecológica de um país, de uma cidade ou de uma pessoa corresponde ao tamanho das áreas produtivas de terra e de mar necessárias para gerar produtos, bens e serviços que sustentam determinados estilos de vida. Em outras palavras, é uma forma de traduzir, em hectares, a extensão de território que uma pessoa ou toda uma sociedade “utiliza”, em média, para se sustentar. O carbono é um dos componentes da Pegada Ecológica.

Adaptado de wwf.org.br.



SCOTT e BORGMAN

Adaptado de O Globo, 10/10/2017.

Tendo em vista a posição da maioria da comunidade científica, a situação retratada nos quadrinhos contribui diretamente para o agravamento do seguinte problema ambiental:

- a) erosão dos solos
- b) aquecimento global
- c) contaminação lacustre
- d) assoreamento dos rios



V Na hora da redação

A crescente intensidade das mudanças climáticas está causando efeitos significativos tanto na vida selvagem quanto nas comunidades humanas. O deslocamento dos ursos-polares para áreas urbanas, em razão da redução do gelo marinho, e o derretimento das geleiras, que impacta ecossistemas e eleva o nível do mar, são exemplos claros desse impacto. Além disso, eventos climáticos extremos, como as enchentes no Brasil, evidenciam como as mudanças no clima afetam diretamente a vida das pessoas.

Pensando nisso, elabore um texto dissertativo-argumentativo sobre o tema: o impacto das mudanças climáticas na vida selvagem e nas comunidades humanas: desafios e soluções.

Instruções:

1. Introduza o tema discutindo o impacto das mudanças climáticas em diferentes aspectos do meio ambiente, com base nas evidências fornecidas no texto, como o derretimento do gelo marinho e os eventos climáticos extremos.
2. Desenvolva a argumentação abordando os seguintes pontos:
 - Impactos na vida selvagem: analise como as mudanças climáticas afetam espécies como os ursos-polares, que são forçados a buscar alimento em áreas não habituais em razão do derretimento do gelo marinho.
 - Impactos nas comunidades humanas: discuta como as alterações climáticas têm causado eventos extremos, como enchentes e secas, e como esses eventos afetam diretamente as comunidades, especialmente em regiões vulneráveis.
3. Respostas e soluções: avalie as medidas que têm sido adotadas para mitigar esses impactos, como os esforços internacionais para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e as políticas de adaptação aos eventos climáticos extremos.
4. Conclua a redação sugerindo ações concretas que podem ser tomadas, em nível tanto individual quanto coletivo, para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas. Considere a importância de políticas eficazes, conscientização pública e mudanças nos comportamentos individuais.

CONHEÇA O RESENHA



Acesse ao Programa Resenha correspondente a este Articulação.

Cada Programa é pensado como uma extensão do tema aqui proposto.

Pensando na Competência Geral 5 da BNCC – Cultura Digital, o Resenha traz a visão de um especialista.

Nossos convidados são professores e profissionais das áreas abordadas e, na maioria das vezes, comunicadores ativos nas redes sociais, tratando cada tema com muita propriedade, mas num bate-papo, de forma leve.

Além do Programa, se quiser acessar os nossos vídeos curtos, eles podem te dar uma prévia do que você vai encontrar.

PROGRAMA

Este Resenha aborda sobre causas e consequências das mudanças climáticas, a relação com a desinformação nas redes e como essas plataformas moldam nossa percepção sobre os acontecimentos atuais.

[Assista no YouTube.](#)

SHORTS

Em 2024, o Brasil viveu eventos climáticos extremos: secas, calor intenso, queimadas e enchentes. Esses fenômenos estão ligados às mudanças climáticas? Assista no [Resenha de Ciências da Natureza no YouTube da FTD.](#)

Apesar das evidências científicas, muitos ainda duvidam das mudanças climáticas. Para entender melhor, assista à edição de outubro do [Resenha de Ciências da Natureza no YouTube da FTD.](#)

#CIENCIASDANATUREZA

#MUDANCASCLIMATICAS

#CETICISMOCLIMATICO

Diretor-geral

Ricardo Tavares de Oliveira

Diretor de Conteúdo e Negócios

Cayube Galas

Diretor Adjunto de Sistemas de Ensino

Júlio Ibrahim

Gerente de Produção e Fornecedores

Cláudio Espósito Godoy

Gerente de Conteúdo

Amanda Bonuccelli Voivodic

Editora

Luzia Estevão Garcia

Editor Assistente

Thiago Costa de Oliveira

Gerente de Eficiência e Analytics

Marcelo Henrique Ferreira Fontes

Supervisora de Fluxo e Qualidade

Letícia Bovolon Bezerra

Assistente de Fluxo

Camila Cassemiro Nunes

Coordenadora de Preparação, Revisão e Qualidade

Adriana Soares de Souza

Supervisora de Preparação e Revisão

Luciana Duarte Baraldi

Assistente Editorial

Carolina Genúncio

Preparadora

Solange de Araújo Gonçalves

Revisora

Eliana Medina

Coordenadora de Imagem e Texto

Marcia Berne

Imagem e Licenciamento

Equipe FTD

Coordenador de Produção e Arte

Fabiano dos Santos Mariano

Supervisor de Produção e Arte

Pedro Gentile

Projeto Gráfico

Bruno Attili
Carlos Feitosa Ferreira

Editor de Arte

Carlos Feitosa Ferreira

Crédito das imagens e vídeos

[capa] GoodStudio/Shutterstock.com; [p.2] Zapolyarnaya pravda newspaper/AF/Getty Images; [p.3] <https://earthengine.google.com/timelapse/>;
[p.4] Andrey Trubitsyn/Andrey Trubitsyn/Adobe Stock, Peter Hermes Furian/Adobe Stock; [p.5] Andrey Trubitsyn/Andrey Trubitsyn/Adobe Stock,
Editoria de Arte; [p.6] glebantiy/Adobe Stock, Globo/G1; [p.7] Marco/Adobe Stock; [p.8] Piyaset/Shutterstock.com, Acervo pessoal;
[p.9] Storyet/Shutterstock.com, robuart/Shutterstock.com, Shehjad Mobin/Shutterstock.com; [p.10] VectorMine/Shutterstock.com;
[p.12] Amanita Silvicora/Shutterstock.com; [p.13] kanyanat wongsa/Shutterstock.com, Primakov/Shutterstock.com