

Bem-vindo ao Articulação Natureza

Clique nos ícones para explorar
os conteúdos desta edição



CLIMA E COMPLEXIDADE

ARTI CULA ÇÃO

N A T U R E Z A

JANEIRO | 2022 EDIÇÃO Nº 1

ARTI CULA ÇÃO

NATUREZA

JANEIRO | 2022 EDIÇÃO Nº 1



Clique nos ícones  para acessar os conteúdos desta edição

A

Nobel de Física 2021 vai para pesquisa de sistemas complexos, com destaque para predição do aquecimento global

O prêmio Nobel em Física deste ano foi dedicado ao estudo de sistemas complexos, entre eles os que permitem a compreensão das mudanças climáticas que afetam nosso planeta. A escolha coloca um carimbo definitivo de consenso sobre a ciência do clima.

Os pesquisadores Syukuro Manabe, dos Estados Unidos, e Klaus Hasselmann, da Alemanha, foram premiados especificamente por modelarem o clima terrestre e fazerem predições sobre o aquecimento global.

A outra metade do prêmio foi para Giorgio Parisi, da Itália, que revelou padrões ocultos em materiais complexos desordenados, das escalas atômica à planetária, em uma contribuição essencial à teoria de sistemas complexos, com relevância também para o estudo do clima.

NOGUEIRA, Salvador. Nobel de Física 2021 vai para pesquisa de sistemas complexos, com destaque para predição do aquecimento global. **Folha de S.Paulo**, 5 out. 2021. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2021/10/nobel-de-fisica-2021-vai-para-pesquisa-de-sistemas-complexos-com-destaque-para-predicao-do-aquecimento-global.shtml>>. Acesso em: 28 out. 2021.

FIQUE

SA
BEN
DO!

SAIBA MAIS SOBRE
O TEMA DESTA EDIÇÃO.



Clique nos ícones + para acessar
os conteúdos desta edição

Nobel de Física reconhece pioneiros no estudo das mudanças climáticas

Os físicos já conseguem prever o futuro. Desde que seja um futuro muito comportado, que se desenrole dentro de parâmetros cuidadosos. Pegue o lançamento de um foguete, por exemplo. Se um grande tubo de metal for impulsionado para cima com uma certa força, em um certo horário, em uma certa latitude, onde ele estará daqui alguns dias?

A maior parte das missões espaciais, tripuladas ou não, passa a maior parte do trajeto sem qualquer piloto, seja automático ou manual. A nave se move na direção desejada simplesmente porque os físicos calcularam que ela faria isso sozinha desde que fosse lançada do jeito ideal.

Mais complicado é prever o futuro de coisas caóticas, como as moléculas de gás que compõem a atmosfera da Terra. Não é à toa que a previsão do tempo não é 100% confiável.

Estamos falando de uma quantidade de partículas de oxigênio, nitrogênio e dióxido de carbono bem maior que o número de estrelas do Universo visível, interagindo umas com as outras para fazer chuva, vento, neve ou um céu azulzinho. Eis um exemplo típico do que se chama, em várias áreas das ciências naturais, de “sistema complexo”.

VAIANO, Bruno. Nobel de Física reconhece pioneiros no estudo das mudanças climáticas. **Superinteressante**, 5 out. 2021. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/nobel-de-fisica-reconhece-pioneiros-no-estudo-das-mudancas-climaticas/>>. Acesso em: 28 out. 2021.

C

Mudanças climáticas: cinco coisas que descobrimos com novo relatório do IPCC

O novo relatório sobre mudanças climáticas do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) mostra que estamos diante de mudanças sem precedentes no clima — algumas delas irreversíveis.

O estudo, feito por centenas de cientistas que analisam milhares de evidências coletadas ao redor do planeta, alerta para o aumento de ondas de calor, secas, alagamentos e outros eventos climáticos extremos nos próximos dez anos.

[...]

O que marca essa nova publicação do IPCC é o mais alto nível de confiança nas conclusões dos cientistas até agora.

A frase “muito provável” aparece 42 vezes nas 40 páginas do relatório, voltado para formulação de políticas públicas. Em termos científicos, isso é equivalente a 90–100% de certeza daquele resultado.

MCGRATH, Matt. Mudanças climáticas: cinco coisas que descobrimos com novo relatório do IPCC. **BBC**, 9 ago. 2021. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-58153008>>. Acesso em: 28 out. 2021.

FIQUE

SA
BEN
DO!

SAIBA MAIS SOBRE
O TEMA DESTA EDIÇÃO.



Clique nos ícones + para acessar
os conteúdos desta edição

D

A Física das mudanças climáticas

Em 2021, o relatório do IPCC e o prêmio Nobel de Física nos mostraram a gravidade e a certeza das mudanças climáticas, com base nos conhecimentos atuais sobre sistemas complexos. Caso queira se aprofundar, você pode ouvir uma reflexão sobre esse assunto entre físicos clicando [aqui](#).

FIQUE

SA
BEN
DO!

SAIBA MAIS SOBRE
O TEMA DESTA EDIÇÃO.



Clique nos ícones + para acessar
os conteúdos desta edição

E

Sistemas complexos e sociedade

O escritor estadunidense Isaac Asimov ficou conhecido por sua obra de ficção científica chamada **Fundação**, uma série de livros que começou a ser publicada em 1942. A narrativa baseia-se na capacidade de um império de prever comportamentos complexos, como a sociedade, por meio da matemática. Atualmente a ciência da complexidade dedica-se exatamente à previsão de sistemas complexos, como o clima e a mente humana. Fica a reflexão: será que a obra de Asimov tem algo a dizer sobre o futuro que nos aguarda? Caso você se interesse por esse questionamento, você pode assistir a um vídeo sobre o assunto [aqui](#).

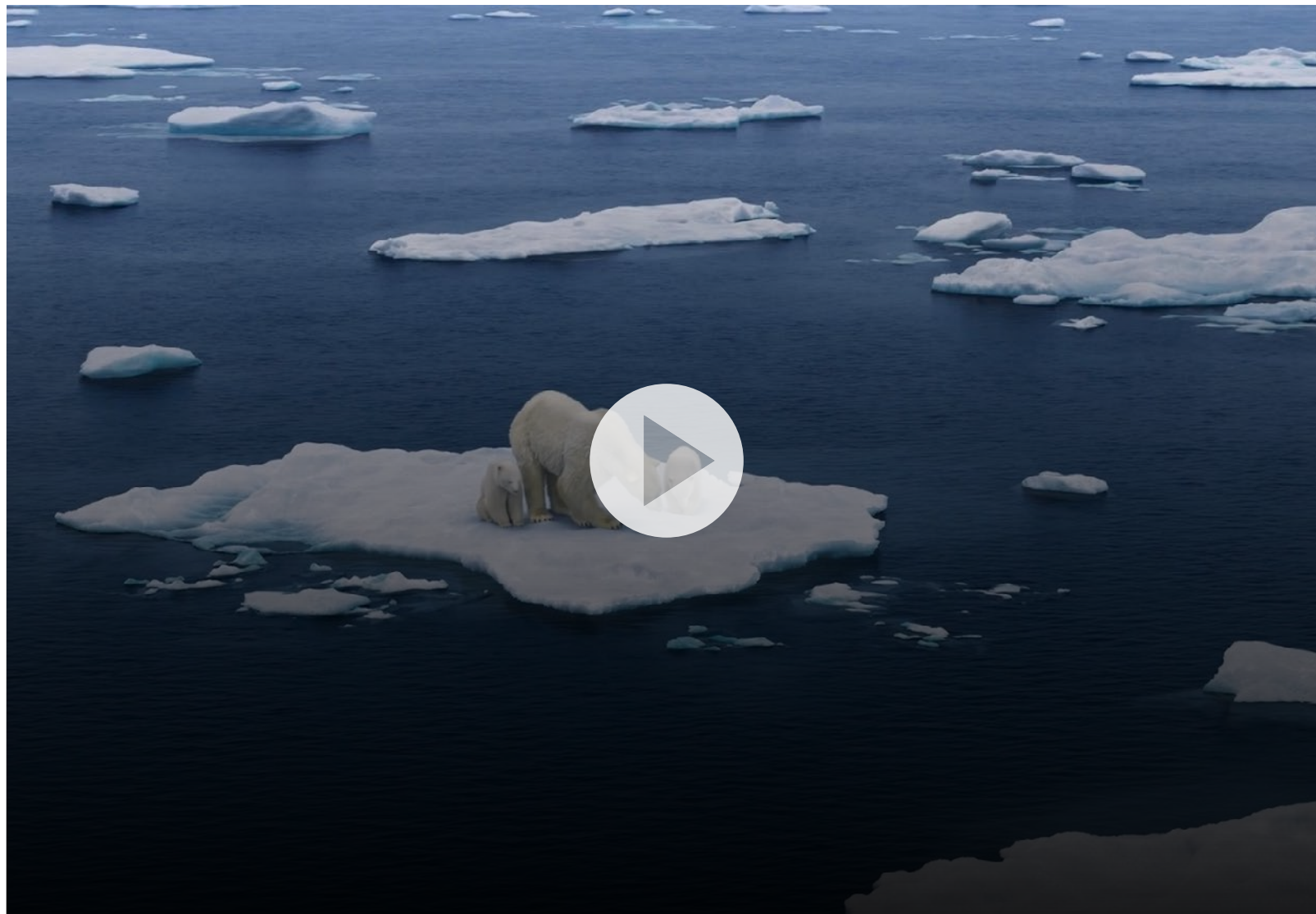
FIQUE

SA
BEN
DO!SAIBA MAIS SOBRE
O TEMA DESTA EDIÇÃO.Clique nos ícones + para acessar
os conteúdos desta edição



Ciência e mudanças climáticas

Clique no *play* e assista ao vídeo desta edição.



O Nobel de Física 2021 e a ciência do clima

CONHEÇA A OPINIÃO DE
QUEM ESTUDA O ASSUNTO.



O que mais chamou a atenção no último relatório do **IPCC** (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) foi o grau de certeza dele. O **prêmio Nobel** em Física de 2021 nos mostra por que isso é tão importante.

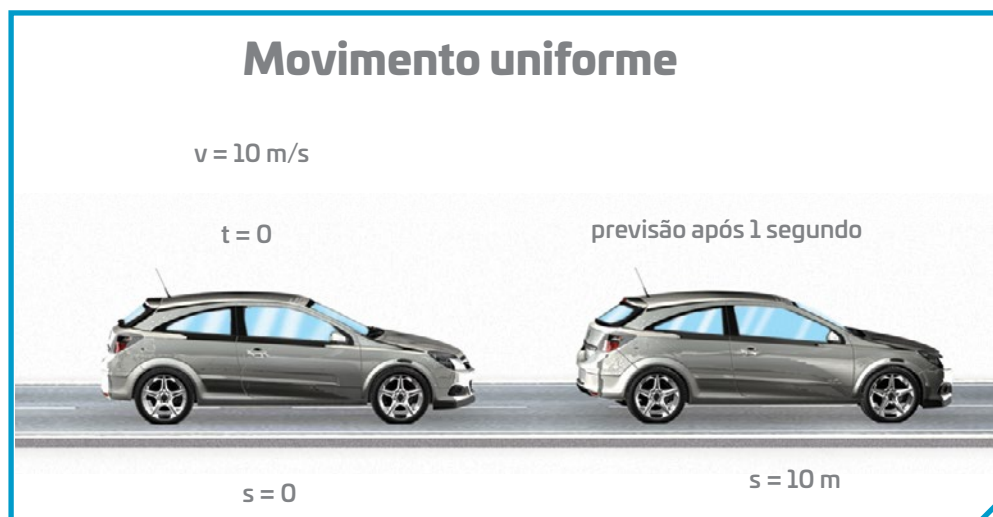
Esse prêmio foi dado aos cientistas Syukuro Manabe, Klaus Hasselmann e Giorgio Parisi por suas contribuições para o entendimento dos sistemas físicos complexos, como o clima da Terra. Apesar de o prêmio ter sido recebido em 2021, o conhecimento desenvolvido pelos pesquisadores vem sendo construído há décadas. Entender a pesquisa conduzida por eles é fundamental para a compreensão da ciência do clima.

Modelagem física do clima da Terra

Nos anos 1960, o japonês Syukuro Manabe liderou o desenvolvimento de modelos físicos do clima da Terra.

Um modelo físico é uma representação mental da realidade: simplificada e idealizada. Sua descrição envolve equações matemáticas, de modo que o comportamento do sistema possa ser previsto quantitativamente e de forma confiável.

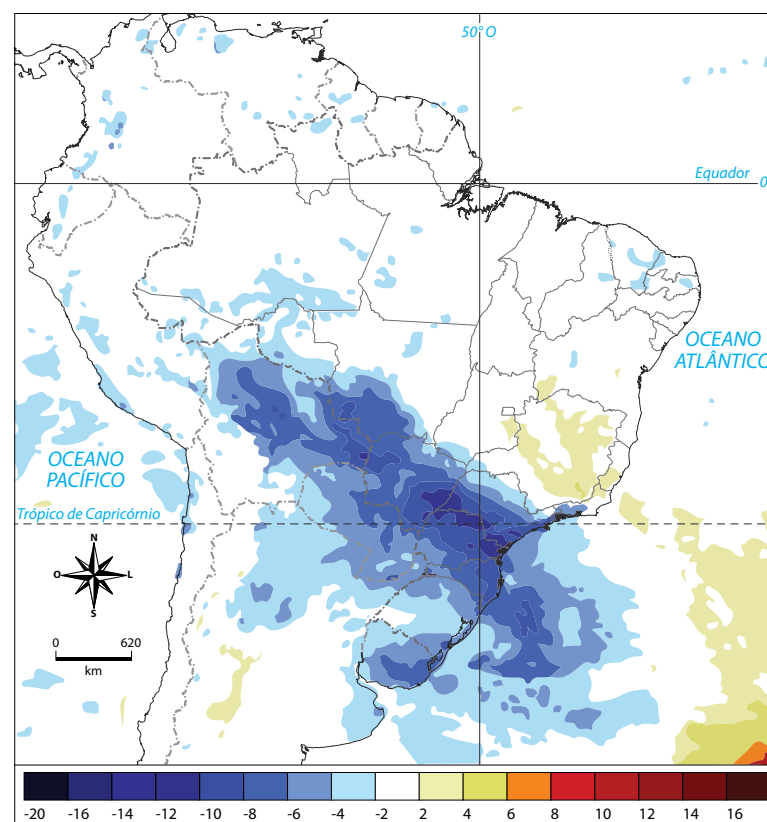
Um modelo físico muito estudado na escola é o deslocamento de objetos: sabendo-se a posição inicial e a velocidade de um carro que se movimenta uniformemente, é possível prever qual será sua posição depois de algum tempo de deslocamento.



Uma parte dos modelos de previsão de tempo comporta-se de modo semelhante. Por exemplo, conhecendo-se a posição inicial de uma massa de ar frio e sua velocidade, é possível prever em quantos dias uma frente fria atingirá determinada localidade.

Note que falamos sobre previsão de tempo, e não de clima. Eles são conceitos diferentes para a Meteorologia, a ciência que estuda os fenômenos da atmosfera. O tempo refere-se às condições atmosféricas registradas em um período curto, como uma onda de frio que chega ao Brasil. Já o clima é um panorama mais prolongado e completo dos padrões de tempo. Por exemplo, o clima do sertão nordestino geralmente é quente e seco.

Avanço de uma massa de ar frio



A descoberta do aquecimento global

Por meio de um modelo físico do clima da Terra, é possível fazer previsões com base em suas condições atuais e nos elementos que forçam uma mudança em suas condições médias, como o efeito estufa, que atua no balanço de energia do planeta.

Ao longo da segunda metade do século XX, diversos estudos foram realizados por meio do monitoramento da

concentração de gás carbônico na atmosfera. Em várias estações ao redor do globo, observou-se uma tendência de crescimento na concentração desse gás.

Outras técnicas foram utilizadas para descobrir as concentrações dos gases de efeito estufa em períodos anteriores. Descobriu-se que houve um aumento exponencial desde o início da era industrial, mesmo em locais remotos. No balanço da energia que entra na Terra e sai dela, existe um saldo positivo, o que promove um aumento médio da temperatura do planeta com o passar dos anos.



Clique nos  com números para ler as legendas.

A causa humana

Usando seu modelo físico climático, Manabe descobriu que, quando o nível de gás carbônico na atmosfera dobrava, a temperatura global aumentava mais de 2 °C. Ele também foi uma das primeiras pessoas a explorar a interação entre o balanço de energia e o transporte vertical de massas de ar. Assim, o aumento dos gases de efeito estufa e, conseqüentemente, do aquecimento global deve promover mudanças no comportamento médio da atmosfera, ou seja, uma mudança climática.

Outro cientista ganhador do Nobel 2021, o alemão Klaus Hasselmann, criou um modelo que liga o tempo, que envolve características atmosféricas de curto prazo, e o clima, de longo prazo. Dessa forma, demonstrou como os modelos climáticos podem ser confiáveis, apesar de o tempo ser mutável e caótico.

Hasselmann também desenvolveu métodos que detectam as “impressões digitais” reveladoras de eventos agudos, tanto naturais quanto humanos, que impactaram o clima no passado. Tais métodos foram usados posteriormente para provar que os aumentos nas temperaturas atmosféricas resultavam das emissões de dióxido de carbono das atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e as mudanças no uso do solo (especialmente no que diz respeito às queimadas).

Desordem em sistemas físicos

O trabalho premiado do italiano Giorgio Parisi começou por volta de 1980. Sua pesquisa voltou-se para sistemas formados por pequenas partes que não chegam à sua configuração mais estável, ou seja, ao menor nível de energia possível. Esses sistemas são chamados **sistemas frustrados**. O clima é um exemplo de sistema frustrado.

No entanto, Parisi não trabalhou diretamente com o clima. Ele usou um material magnético não usual, conhecido como “vidro de *spin*”, em que as interações entre *spins* são aleatórias.

Spins são propriedades intrínsecas dos átomos, que tendem a se alinhar na mesma direção quando constituem um material magnético usual, como um

ímã. Dessa forma, produzem uma estrutura ordenada que concede ao ímã sua propriedade magnética macroscópica conhecida. Essa propriedade é perdida em altas temperaturas, quando os *spins* individuais se agitam apontando em qualquer direção.

Um *spin* tende a se alinhar com um *spin* vizinho, mas se desalinhar com outro. A presença dessas interações conflitantes leva ao fenômeno da frustração: um *spin* não consegue adotar uma direção que satisfaça simultaneamente todas as interações entre seus *spins* vizinhos — que seria a configuração mais econômica em termos de energia. A compreensão dos sistemas frustrados leva ao conceito de complexidade.



Os sistemas complexos

No cotidiano, é comum associar o termo **complexo** a **complicado**. No entanto, complexo, em Física, tem um significado mais preciso que complicado. Um sistema com muitas partes a serem estudadas pode ser complicado, mas não necessariamente complexo.

Em sistemas não complexos, por mais variadas que sejam as suas partes, basta estudarmos uma a uma para sermos capazes de fazer previsões seguras sobre o sistema como um todo. Um caso de sistema complicado, mas não complexo, é o Sistema Solar: podemos prever a posição dos planetas daqui a centenas de anos. Outros exemplos são as máquinas e as construções.

Já os sistemas complexos são formados por elementos que interagem de forma aparentemente imprevisível quando expostos a condições externas. Como ocorre nos vidros de *spin*, esses sistemas geram fenômenos únicos que não se explicam apenas por meio da soma de suas partes. Clima, ecossistemas, movimento de cardumes e revoadas, organismos multicelulares, órgãos como o cérebro, organizações sociais e econômicas são exemplos de sistemas complexos.

Os sistemas complexos podem responder de maneiras diferentes à mesma entrada, dependendo de seu estado ou contexto, o que produz um fenômeno matemático conhecido como caos. Esse fenômeno aparece em sistemas que possuem padrões em diferentes escalas ao mesmo tempo, difíceis de enxergar.





◀ **Vinicius Roggério da Rocha** graduou-se em Física e tem mestrado em Meteorologia pela Universidade de São Paulo (USP), onde estudou as propriedades de nuvens em função da profundidade óptica do aerossol, assim como sua variabilidade temporal sobre a região amazônica. Atualmente, cursa doutorado em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), onde pesquisa a influência das nuvens na geração de energia solar.

E na prática?

Em 2007, o prêmio Nobel da Paz foi concedido ao ex-vice-presidente dos Estados Unidos, Al Gore, e ao IPCC. A honraria foi o reconhecimento ao esforço de ambos para difundir os conhecimentos relativos às mudanças climáticas, iniciativa que contribuiu para lançar os fundamentos das ações voltadas à minimização do problema. Os trabalhos que ganharam o Nobel de Física 2021 serviram de base ao desenvolvimento dos modelos usados hoje no IPCC.

A mudança do clima impacta todos os seres vivos, já que padrões médios de temperatura, ventos, umidade e precipitação (chuva ou neve) serão alterados em diferentes intensidades conforme o local e o período do

ano. Um dos impactos mais conhecidos é o aquecimento da região polar norte, com derretimento de geleiras e consequentes mudanças nas correntes marítimas e no transporte de calor entre continentes, além da elevação no nível dos oceanos.

Ao redor do planeta podem ocorrer secas extremas, chuvas torrenciais mal distribuídas, redução nos níveis de mananciais e reservatórios hídricos, redução da produção agrícola, maior ocorrência de ressacas no litoral, entre outros problemas. Todas essas mudanças exigirão recursos e esforços da humanidade para **adaptação**, o que pode significar maior dificuldade para as populações mais vulneráveis do planeta, reforçando a **injustiça social**.

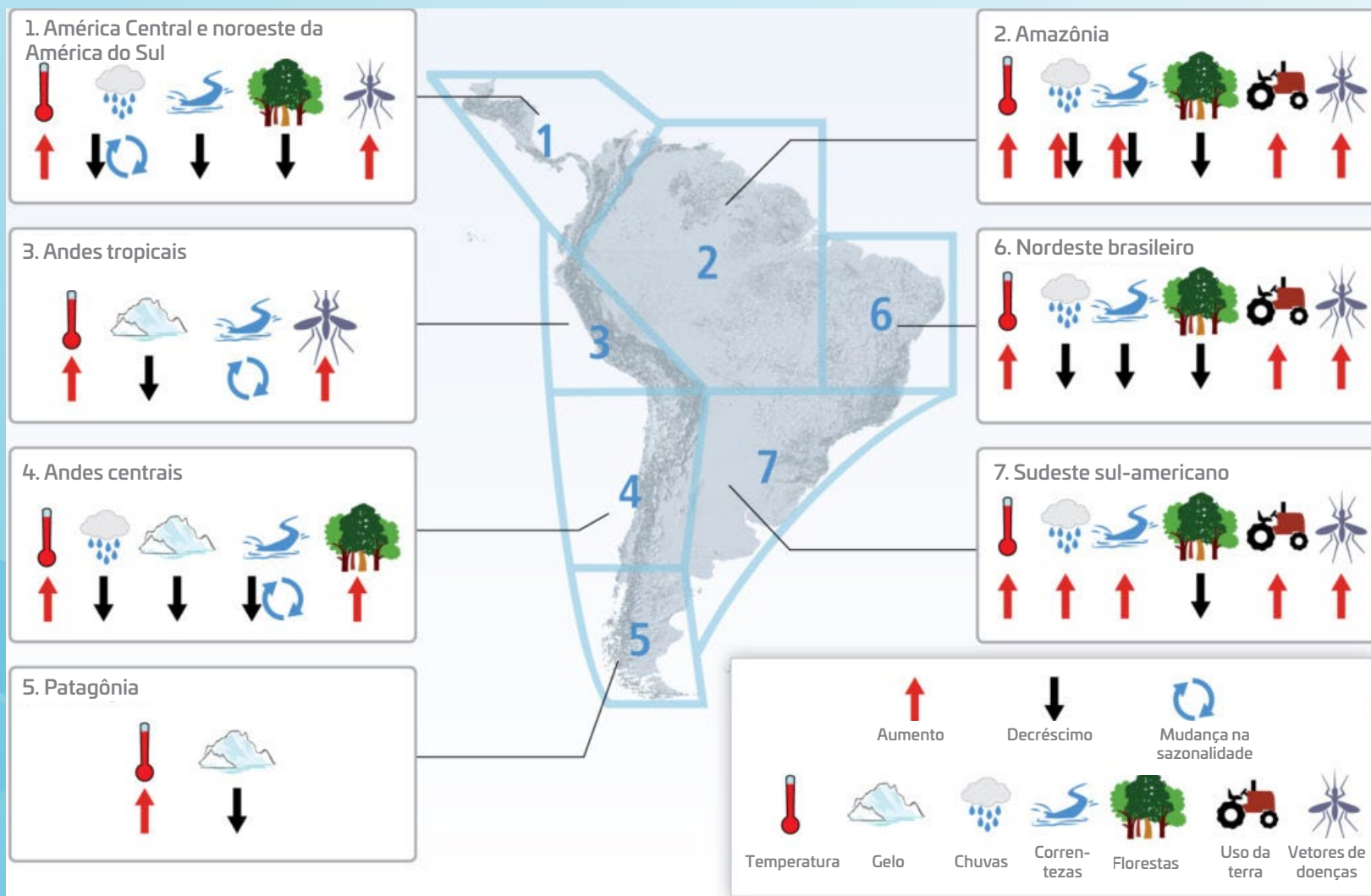




América do Sul no IPCC 2021

Mudanças climáticas observadas

As mudanças observadas são combinadas a tendências socioeconômicas do local, como rápida urbanização.



Fonte: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), ago. 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap27_FINAL.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2021.



- Mudanças climáticas
- Sistemas complexos
- Meteorologia
- Ciência dos materiais



Organizando ideias

1. A pegada de carbono é uma medida que calcula a emissão desse elemento na atmosfera realizada por uma pessoa ou por uma atividade. Faça uma lista de suas atividades em um dia útil que causem impacto por meio da emissão de gases de efeito estufa. Compare com a de seus colegas e discuta como as pessoas da sua geração poderiam reduzir a pegada de carbono. Elaborem um vídeo apresentando as conclusões do grupo e divulguem-no nas redes sociais.
2. Busque uma notícia falsa (*fake news*) envolvendo mudanças climáticas e, com base no que você aprendeu sobre a ciência do clima, apresente argumentos que a desmintam.

Debate e reflexão

Avalie a comunidade onde você vive: há alguma atividade econômica que emita muitos gases de efeito estufa? Qual?

Faça uma pesquisa sobre essa atividade e pense em uma solução empreendedora que reduziria o impacto causado em sua comunidade, como:

- um novo método de produção menos poluente;
- um produto com menor pegada de carbono;
- um serviço que reduza as emissões de carbono de uma cadeia produtiva.

Para promover a sua solução, você vai elaborar um *pitch*, que é uma apresentação sumária (apenas com informações essenciais e diferenciadas) de 30 segundos a 3 minutos com o objetivo de despertar o interesse pelo seu negócio. Dependendo do seu negócio, o seu *pitch* pode ter o objetivo de persuadir um investidor ou um cliente. Ensaie o *pitch* para apresentá-lo em sala de aula.



No vestibular

(UFRGS)

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (<http://www.ipcc.ch>) é uma das maiores redes globais de cooperação e coordenação de pesquisas sobre mudanças climáticas globais. O aquecimento global é uma das maiores preocupações desse vasto grupo de cientistas do mundo todo.

Considere as afirmações abaixo, sobre as consequências do aquecimento global.

I – O Monte Kilimanjaro na África, porções da Cordilheira dos Andes e da Cordilheira do Himalaia provavelmente perderão a maioria de seu gelo glacial nas próximas duas décadas.

II – A intensidade dos ciclones tropicais, correlacionada à elevação das temperaturas da superfície do mar em regiões tropicais, aumentará.

III – Secas mais longas e intensas, particularmente nos trópicos e subtrópicos, como as regiões do Sahel, Mediterrâneo, África meridional, Oeste dos Estados Unidos, já estão sendo observadas e aumentarão de intensidade.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.



> Vale a pena saber

As mudanças climáticas também têm impacto nos rios, assunto da edição de Ciências da Natureza de novembro de 2021. Veja algumas questões relacionadas aos recursos hídricos que foram levantadas no último relatório do IPCC:

- As geleiras continuarão a derreter e muitas vão desaparecer.
- A qualidade da água irá diminuir em decorrência do aumento de temperatura em alguns rios.
- A intensidade e a frequência de enchentes provavelmente aumentarão em muitas regiões.
- As mudanças climáticas devem afetar a demanda por água para irrigação.
- Os recursos hídricos sem manejo são mais vulneráveis.
- As mudanças climáticas ameaçam o manejo atual dos recursos hídricos.
- A capacidade de se adaptar às mudanças climáticas é desigual ao redor do mundo.



Caso queira entender melhor a relação entre água e mudanças climáticas, você pode assistir aos vídeos a seguir:

A Água e as Mudanças Climáticas

Disponível em: <<http://ftd.li/5pvmn8>>.

4 Mitos sobre Amazônia e Clima

Disponível em: <<https://ftd.li/v3bj3n>>.

Falta de água

Disponível em: <<http://ftd.li/ufpgzn>>.

EXPE DIENTE



Diretor-Geral

Ricardo Tavares de Oliveira

Diretor de Conteúdo e Negócios

Cayube Galas

Diretora Adjunta de Sistema de Ensino

Cintia Cristina Bagatin Lapa

Gerente de Conteúdo

Júlio Ibrahim

Gerente de Produção e Design

Letícia Mendes de Souza

Editora

Carolina Cardoso Dutra Evangelista

Editoras Assistentes

Ana Carolina Bezerra da Silva
Luiza Grecco e Marques

Colaboradora

Vanessa Romero

Coordenador de Eficiência e Analytics

Marcelo Henrique Ferreira Fontes

Analista de Fluxo

Letícia Bovolon Bezerra

Assistente de Fluxo

Samantha de Fátima Santos

Supervisora de Preparação e Revisão

Adriana Soares de Souza

Assistente Editorial

Renata Slovac Saverio

Preparação e Revisão

Equipe FTD

Coordenadora de Imagem e Texto

Marcia Berne

Imagem e Licenciamento

Equipe FTD

Coordenadora de Criação

Daniela di Credito Máximo

Coordenador de Produção e Arte

Fabiano dos Santos Mariano

Supervisor de Produção e Arte

Pedro Gentile

Projeto Gráfico

Bruno Attili
Carlos Feitosa Ferreira

Editora de Arte

Adriana Maria Nery de Souza

Nono Estúdio: Coordenador Audiovisual

Diego Morgado

Nono Estúdio: Designers Audiovisuais

Ananda Castilho Barberino
Caio Francisco Brandão
Mauro Akira Ueda
Michel Luciano Silva Araújo

Crédito das imagens e videos

[capa] lemono/Shutterstock.com; [p.3] Kuki Ladron de Guevara/Shutterstock.com; [p.4] Alex Silva, Renato Bassani; [p.5] Casa Paulistana; [p.6] Sedat Elbasan/Shutterstock.com; [p.7] Alex Silva; [p.8] Travel-Fr/Shutterstock.com; [p.9] Arquivo pessoal, Mosista Pambudi/Shutterstock.com; [p.10] Adapted from Figure 277 from Magrín, G.O., J.A. Marengo, J.-P. Boulanger, M.S. Buckridge, E. Castellanos, G. Poveda, F.R. Scarano, and S. Vicuña, 2014: Central and South America. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: R. "This translation of Figure 277 of the 'Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability' is not an official translation by the IPCC. It has been provided by the FTD Educação with the aim of reflecting in the most accurate way the language used in the original text."; [p.13] PHOTOCREO Michal Bednarek/Shutterstock