

Aula 11 – Mudanças Climáticas: Ciência e Evidências



Imagine que você está em casa, no fim de um dia cansativo, mas com a mente curiosa e a vontade de entender algo que parece estar em todas as notícias, mas nem sempre é claro: as **Mudanças Climáticas**. Não é apenas um tema para cientistas ou ativistas; é uma realidade que molda nosso presente e futuro, impactando desde a economia global até a sua conta de luz e a qualidade do ar que você respira. Compreender a ciência por trás desse fenômeno é o primeiro passo para se tornar um agente de transformação, seja na sua carreira, na sua comunidade ou na sua preparação para desafios profissionais.

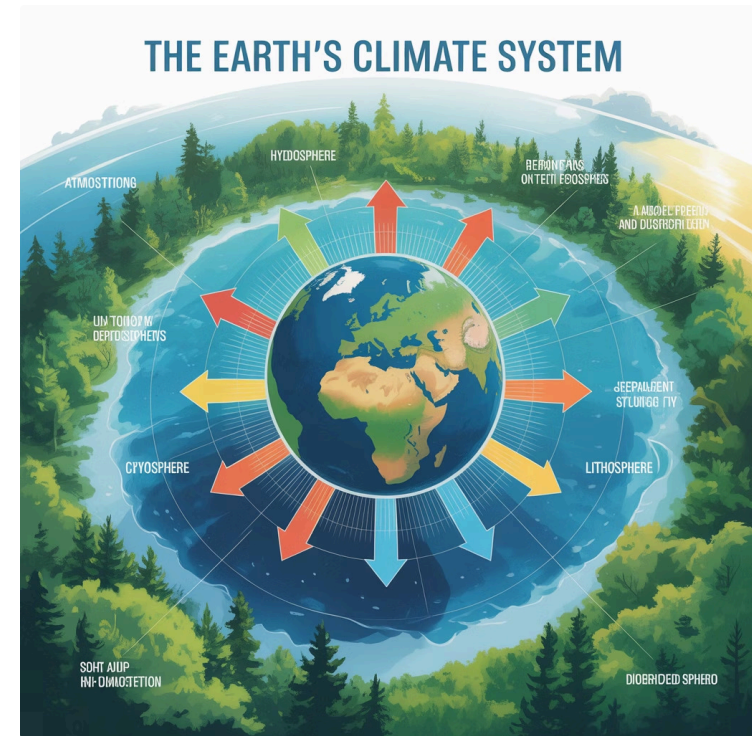
Nesta aula, vamos desvendar os mistérios do nosso planeta e como ele funciona, para então entender o que está mudando e por quê. Nosso objetivo é que, ao final, você seja capaz de identificar os componentes do sistema climático terrestre, reconhecer os principais Gases de Efeito Estufa (GEE) e suas fontes, interpretar os achados cruciais do 6º Relatório do IPCC e, finalmente, analisar as evidências observadas que comprovam a alteração do nosso clima.

Essa jornada não é apenas teórica. Ela é fundamental para quem busca se destacar em áreas como gestão ambiental, políticas públicas, agronegócio sustentável ou mesmo para quem precisa de um certificado robusto para concursos públicos. Ao conectar a ciência com as tendências globais, como a Agenda 2030 e o Acordo de Paris, você verá como o conhecimento se traduz em ação e oportunidades. Prepare-se para uma exploração que vai do funcionamento básico da Terra às mais recentes descobertas científicas, mostrando como tudo isso se conecta com o seu dia a dia e com o futuro que estamos construindo.

O Coração do Nosso Planeta: O Sistema Climático da Terra

Você já parou para pensar como a Terra consegue manter uma temperatura relativamente estável, permitindo a vida como a conhecemos? Não é por acaso. Nosso planeta opera como um sistema complexo e interconectado, onde cada parte influencia as outras, criando um equilíbrio delicado que chamamos de **Sistema Climático da Terra**.

É como se a Terra fosse uma grande orquestra, e cada elemento – o ar que respiramos, a água dos oceanos, o gelo dos polos, as rochas sob nossos pés e até mesmo a vida em todas as suas formas – fosse um músico tocando sua parte, contribuindo para a melodia geral do clima.



Atmosfera

Camada de gases que envolve a Terra

Hidrosfera

Toda a água do planeta em seus diferentes estados

Criosfera

Gelo e neve em todas as suas formas

Litosfera

Parte sólida da Terra: rochas e solos

Biosfera

Todos os seres vivos do planeta

O Efeito Estufa: Nosso Cobertor Natural

Agora que entendemos a complexidade do sistema climático, vamos focar em um de seus mecanismos mais vitais: o **efeito estufa**. Pense na Terra como uma casa que precisa se manter aquecida para ser habitável. O efeito estufa natural é como um cobertor invisível que envolve nosso planeta, retendo parte do calor do Sol e impedindo que ele escape de volta para o espaço.

01

Energia Solar Chega

A energia do Sol atinge a atmosfera terrestre

02

Absorção pela Superfície

Parte da energia é absorvida pela superfície do planeta

03


Radiação Infravermelha

A superfície aquecida irradia calor de volta para a atmosfera

04

Retenção pelos GEE

Os gases de efeito estufa absorvem e reemitem essa radiação

 Sem o efeito estufa natural, a temperatura média da Terra seria de cerca de -18°C . Com ele, temos uma temperatura média agradável de aproximadamente 15°C .

Gases de Efeito Estufa (GEE): Os Atores Principais

Se o efeito estufa é o cobertor da Terra, os **Gases de Efeito Estufa (GEE)** são os fios que o compõem. Mas nem todos os fios são iguais, e a quantidade de cada um faz uma grande diferença.



Dióxido de Carbono (CO₂)

Principal GEE por volume. Vem da queima de combustíveis fósseis, desmatamento e processos industriais. Permanece na atmosfera por centenas de anos.



Óxido Nitroso (N₂O)

Emitido principalmente pela agricultura (fertilizantes), processos industriais e queima de biomassa.



Metano (CH₄)

Liberado pela pecuária, cultivo de arroz, aterros sanitários e vazamentos de gás natural. Permanece cerca de 12 anos na atmosfera.

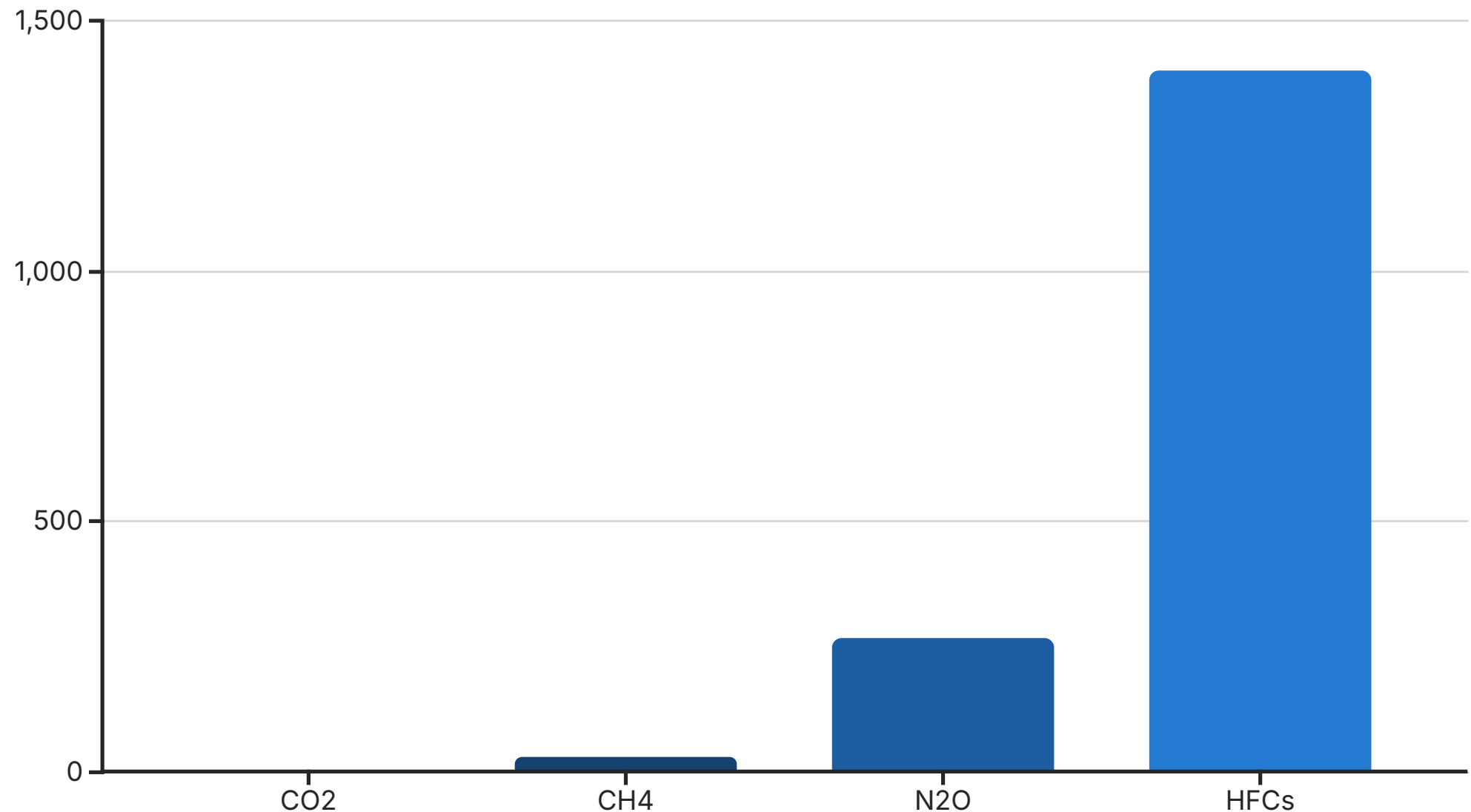


Gases Fluorados

Sintéticos, usados em refrigeração e aerossóis. Possuem potencial de aquecimento extremamente elevado.

O Poder de Aquecimento e a Permanência dos GEE

Nem todo GEE é criado igual quando se trata de seu impacto no clima. Para comparar o impacto de diferentes GEE, os cientistas usam uma métrica chamada **Potencial de Aquecimento Global (PAG)**.



Potencial de Aquecimento Global

O PAG indica o quanto um gás contribui para o efeito estufa em comparação com a mesma massa de CO2 ao longo de 100 anos. Por exemplo, uma tonelada de metano tem o mesmo efeito de 28 toneladas de CO2.

Permanência na Atmosfera

Alguns GEE permanecem na atmosfera por períodos diferentes: Metano (12 anos), CO2 (centenas a milhares de anos), gases fluorados (dezenas de milhares de anos).

O IPCC: A Voz da Ciência Climática Global

Em meio a tantas informações e debates sobre as mudanças climáticas, como podemos ter certeza do que é fato e do que é especulação? É aqui que entra o **Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC)**.

1

1988

Criação do IPCC pela OMM e PNUMA

2

195 países

Participação de cientistas de todo o mundo

3

Milhares de artigos

Avaliação sistemática da literatura científica

4

Consenso global

Base para políticas climáticas mundiais

O IPCC não realiza pesquisas próprias, mas sim avalia, de forma sistemática e abrangente, milhares de artigos científicos publicados por pesquisadores de todo o mundo, transformando-os em relatórios acessíveis e confiáveis.

O 6º Relatório do IPCC: Os Sinais Inegáveis (Parte 1)

O mais recente ciclo de avaliação do IPCC culminou no **6º Relatório de Avaliação (AR6)**, publicado em partes entre 2021 e 2023. Este relatório é um marco, pois consolidou as evidências científicas de forma ainda mais contundente do que os anteriores.

1.1°C

Aquecimento Global

Aumento da temperatura média global acima dos níveis pré-industriais

4

Décadas Consecutivas

Cada uma das últimas quatro décadas foi mais quente que a anterior desde 1850



⊗ **Conclusão inequívoca:** O aquecimento do sistema climático é inequívoco e é "inequivocamente" causado pela atividade humana. Não há mais espaço para dúvidas razoáveis sobre a origem do problema.

O 6º Relatório do IPCC: Os Sinais Inegáveis (Parte 2)

Continuando a análise dos achados do 6º Relatório do IPCC, a ciência não apenas confirmou o aquecimento global, mas também detalhou as suas manifestações mais visíveis e preocupantes.



Aumento da Temperatura

Aquecimento sem precedentes em milhares de anos



Elevação do Nível do Mar

Subida mais rápida desde 1900 do que em qualquer século anterior nos últimos 3.000 anos



Eventos Extremos

Aumento na frequência e intensidade de ondas de calor, chuvas fortes, secas e ciclones

O IPCC enfatiza que, a cada fração de grau de aquecimento adicional, os riscos e a intensidade desses eventos extremos aumentam, reforçando a necessidade de limitar o aquecimento global a 1,5°C, conforme o Acordo de Paris.

Evidências Observadas: O Termômetro Global em Ascensão

Quando falamos que a temperatura da Terra está subindo, não estamos nos baseando em suposições, mas em um vasto conjunto de dados coletados ao longo de décadas e séculos. Imagine que o planeta tem vários termômetros espalhados por toda parte: estações meteorológicas em terra, navios e boias nos oceanos, e até satélites orbitando a Terra.



Registros Instrumentais

Os 10 anos mais quentes já registrados ocorreram nas últimas duas décadas



Dados Satelitais

Monitoramento contínuo da temperatura global desde o espaço



Dados Paleoclimáticos

Núcleos de gelo, anéis de árvores e sedimentos revelam o clima do passado

Essa elevação da temperatura não é uniforme em todo o planeta, mas a tendência global é clara. Regiões polares, por exemplo, estão aquecendo a uma taxa mais rápida do que a média global, o que tem consequências diretas no derretimento do gelo.

Evidências Observadas: Os Oceanos e o Nível do Mar



Os oceanos são gigantes termômetros e reguladores do clima, absorvendo grande parte do excesso de calor e Dióxido de Carbono (CO₂) que emitimos. Uma das evidências mais preocupantes das mudanças climáticas é a **elevação do nível do mar**.

Pense nos oceanos como uma banheira que está enchendo por duas razões principais: a água está esquentando e se expandindo, e mais água está sendo adicionada pelo derretimento do gelo.

Expansão Térmica

A água se expande quando aquecida. Os oceanos absorveram mais de 90% do calor adicional



Derretimento do Gelo

Geleiras e calotas polares derretem a taxas aceleradas, adicionando água aos oceanos

Elevação do Nível

Aumento médio global de cerca de 3,6 milímetros por ano nas últimas décadas

⚠ Os impactos incluem intrusão de água salgada em aquíferos, erosão costeira e aumento da frequência de inundações em áreas costeiras.

Evidências Observadas: A Fúria dos Eventos Extremos

Se o aumento da temperatura e a elevação do nível do mar são como a febre e o inchaço do planeta, os **eventos climáticos extremos** são os surtos de doença que se tornam mais frequentes e intensos.



Ondas de Calor

Mais frequentes, longas e intensas, representando sérios riscos à saúde humana



Chuvas Intensas

Atmosfera mais quente retém mais umidade, levando a precipitações mais intensas



Secas Severas

Mais prolongadas e intensas, impactando agricultura e abastecimento de água



Incêndios Florestais

Aumento do risco devido ao calor excessivo e falta de chuva

O 6º Relatório do IPCC demonstrou que é "virtualmente certo" que eventos de calor extremo se tornaram mais frequentes e intensos na maioria das regiões terrestres desde a década de 1950.

A Agenda 2030 e os ODS: Um Chamado à Ação Baseado na Ciência

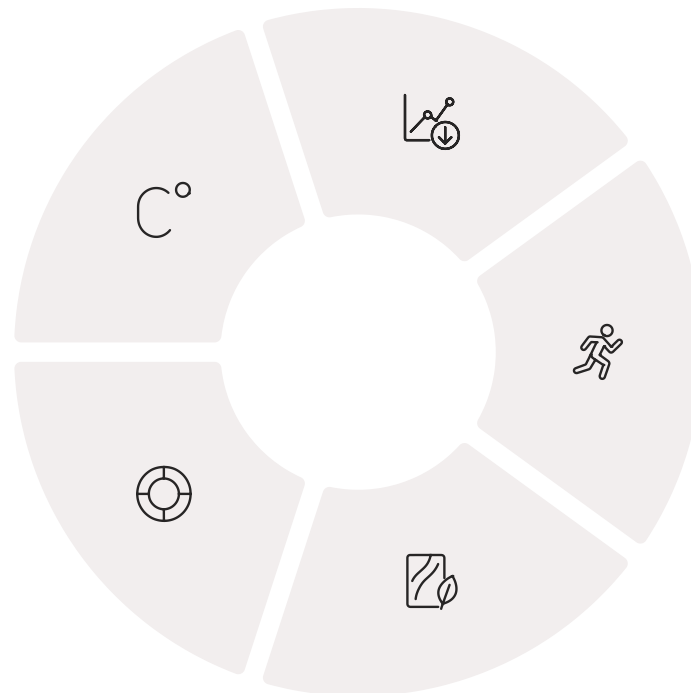
A ciência das mudanças climáticas, com suas evidências inegáveis, não é apenas um conjunto de dados para acadêmicos; ela é a base para as maiores iniciativas globais de desenvolvimento sustentável. A **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável** é um plano de ação ambicioso que busca erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir a prosperidade para todos.

ODS 13

Ação Contra a Mudança Global do Clima - foco direto no combate às mudanças climáticas

ODS 15

Vida Terrestre - proteção de ecossistemas e biodiversidade



ODS 1

Erradicação da Pobreza - impactada pelos eventos climáticos extremos

ODS 7

Energia Limpa e Acessível - transição energética para fontes renováveis

ODS 11

Cidades Sustentáveis - adaptação urbana às mudanças climáticas

O Acordo de Paris e as COPs: Compromissos Globais



Se a ciência nos dá o diagnóstico e os ODS nos dão o plano, o **Acordo de Paris** é o compromisso global para a ação. Adotado em 2015, este é um tratado internacional juridicamente vinculativo sobre mudanças climáticas, assinado por quase todos os países do mundo.

1.5°C

Meta de Temperatura

Limitar o aquecimento global a bem menos de 2°C, buscando 1,5°C

195

Países Signatários

Quase todos os países do mundo assinaram o acordo

5

Anos para Revisão

NDCs são revisadas a cada cinco anos com maior ambição

O Acordo opera com base nas **Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs)**, que são os planos de ação climática de cada país. As **Conferências das Partes (COPs)** são os fóruns anuais onde os países se reúnem para negociar e revisar o progresso.

- ✔ A **COP28**, realizada em Dubai no final de 2023, foi um marco importante, pois pela primeira vez um acordo global mencionou a necessidade de transição para longe dos combustíveis fósseis.

Da Ciência à Solução: Economia Circular e Bioeconomia

Compreender a ciência e as evidências das mudanças climáticas nos leva naturalmente à busca por soluções. É aqui que conceitos como **Economia Circular** e **Bioeconomia** ganham destaque, oferecendo caminhos inovadores para um futuro mais sustentável.

Economia Circular

Modelo de produção e consumo que envolve compartilhar, reutilizar, reparar, reformar e reciclar materiais e produtos

- Reduz demanda por novas matérias-primas
- Diminui consumo de energia na produção
- Reduz emissões de GEE

Bioeconomia

Foca na produção e utilização de recursos biológicos e processos biológicos para fornecer produtos, serviços e energia

- Substitui insumos fósseis por alternativas renováveis
- Promove inovação em biotecnologia
- Desenvolve biocombustíveis e bioplásticos

Ambas as abordagens são cruciais para a descarbonização da economia e para a construção de um futuro mais resiliente e menos dependente de recursos finitos, alinhando o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental.

Consolidação e Próximos Passos

Chegamos ao fim de nossa jornada pela ciência e evidências das mudanças climáticas. Vimos que o Sistema Climático da Terra é um equilíbrio delicado, e que o efeito estufa, vital para a vida, está sendo intensificado por nossas ações.

Base Científica Sólida

Você agora tem a base científica para entender as notícias sobre o clima e participar de debates informados

Causas e Consequências

Pode identificar as causas e consequências das mudanças climáticas, essencial para qualquer área profissional

Políticas Globais

Compreende a importância das políticas globais e como elas se relacionam com a ciência

Preparação para Ação

Está mais preparado para buscar soluções e atuar de forma consciente em sua vida e carreira

Autoavaliação

1. Qual dos seguintes gases de efeito estufa (GEE) é o principal contribuinte para o aquecimento global devido ao seu volume e longa permanência na atmosfera?
2. O 6º Relatório do IPCC concluiu que o aquecimento do sistema climático é:
3. A elevação do nível do mar é causada principalmente por quais dois fenômenos relacionados às mudanças climáticas?
4. Qual o principal objetivo do Acordo de Paris, em relação à temperatura global?
5. Explique brevemente como a Economia Circular e a Bioeconomia podem contribuir para mitigar as mudanças climáticas.

Gabarito

1

Resposta: c) Dióxido de Carbono (CO₂)

O CO₂ é o principal contribuinte devido ao seu grande volume de emissões e longa permanência na atmosfera (centenas a milhares de anos).

2

Resposta: b) Inequívoco e causado principalmente pela atividade humana

O AR6 foi categórico ao afirmar que o aquecimento é inequívoco e inequivocamente causado pelas atividades humanas.

3

Resposta: b) Expansão térmica da água do oceano e derretimento de geleiras

Estas são as duas principais causas da elevação do nível do mar relacionadas às mudanças climáticas.

4

Resposta: b) Limitar o aquecimento global a bem menos de 2°C, buscando 1,5°C

Este é o objetivo central do Acordo de Paris em relação à temperatura global.

5

Resposta Esperada:

A Economia Circular reduz a necessidade de extração de novas matérias-primas e o consumo de energia na produção, diminuindo as emissões de GEE ao estender o ciclo de vida dos produtos. A Bioeconomia substitui insumos fósseis por recursos biológicos renováveis, como biocombustíveis e bioplásticos, contribuindo para a descarbonização da economia.


Próximos Passos

Próxima Aula

Na Aula 12, aprofundaremos nos **Impactos e Vulnerabilidades das Mudanças Climáticas**, explorando como essas alterações afetam ecossistemas, sociedades e economias, e como podemos nos adaptar a um clima em transformação.

Recursos Adicionais

- **Relatórios do IPCC:** Para aprofundar nos dados e conclusões científicas
- **Site da UNFCCC:** Para acompanhar as negociações climáticas e as COPs
- **Plataforma ODS Brasil (IBGE/PNUD):** Para entender o progresso do Brasil na Agenda 2030

 **NOTA IMPORTANTE:** As informações regulatórias/legais/técnicas desta aula estão atualizadas até 2025. Consulte sempre fontes oficiais para verificar alterações.