



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FLUMINENSE

# Biologia – 3º ano

---



## Ciclos Biogeoquímicos e Impactos Ambientais

Professor: Leonardo Salvalaio Moline

# Ciclo do Carbono (C)

O Carbono é um dos elementos químicos mais abundantes nos seres vivos.

Está presente, ainda, como componente de rochas e de combustíveis fósseis, no ar atmosférico e dissolvido nos mares.

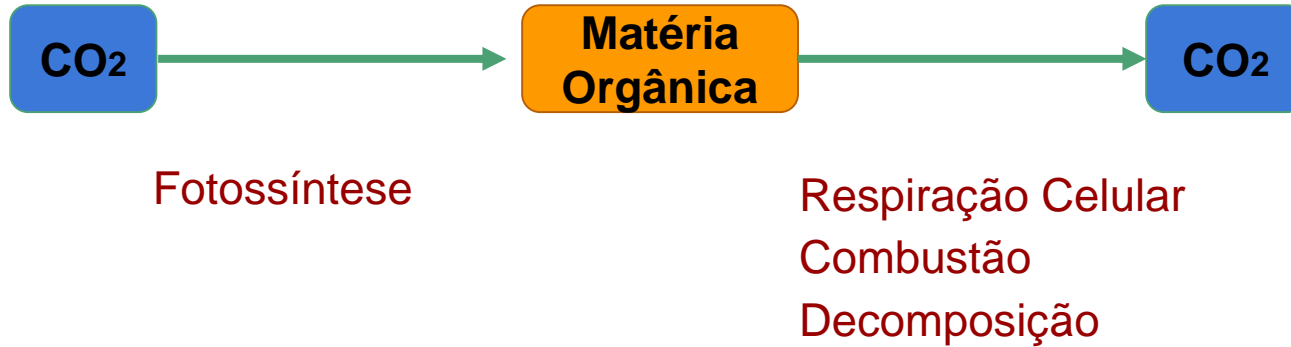
# Ciclo do Carbono (C)

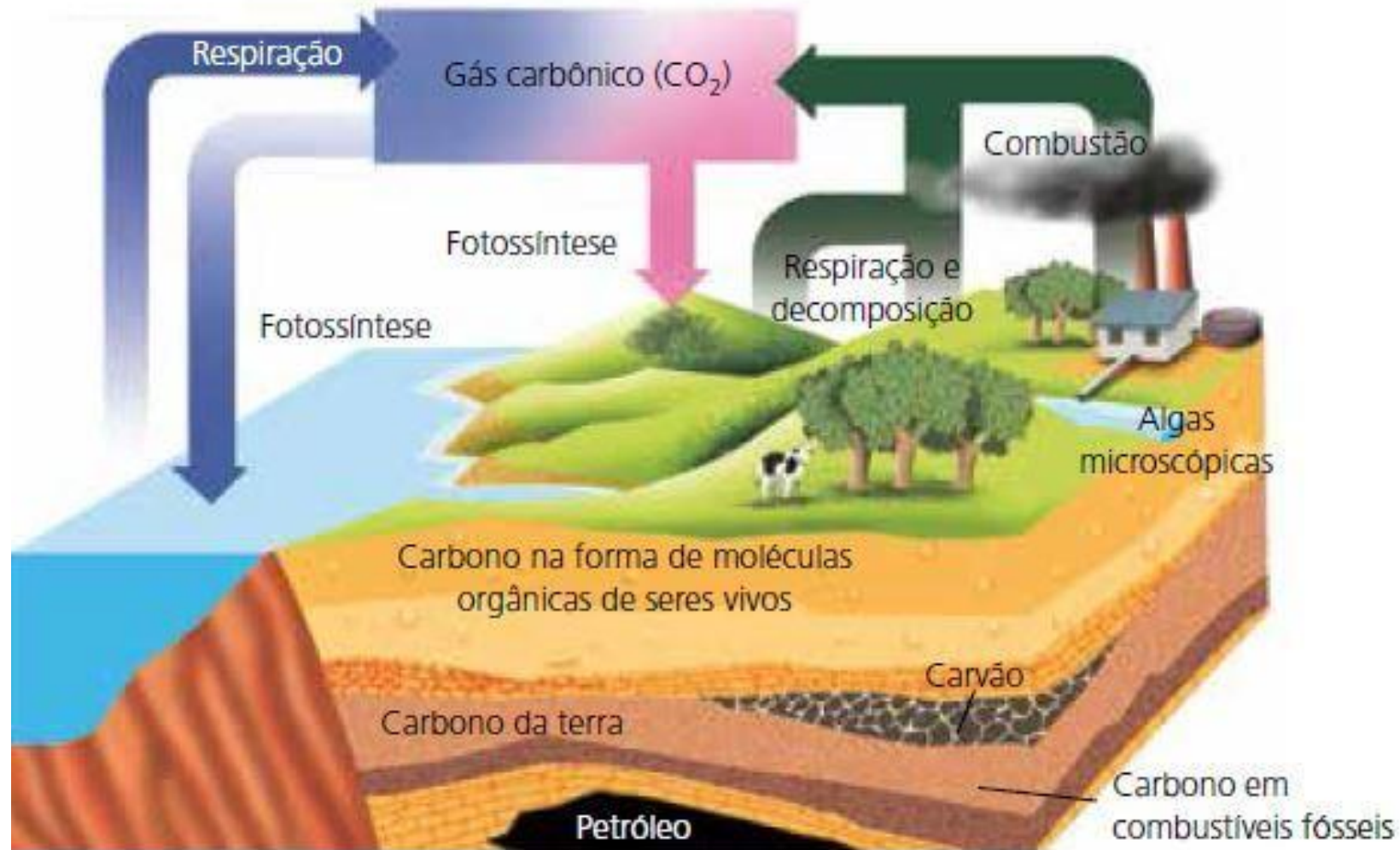
## Principais processos envolvidos:

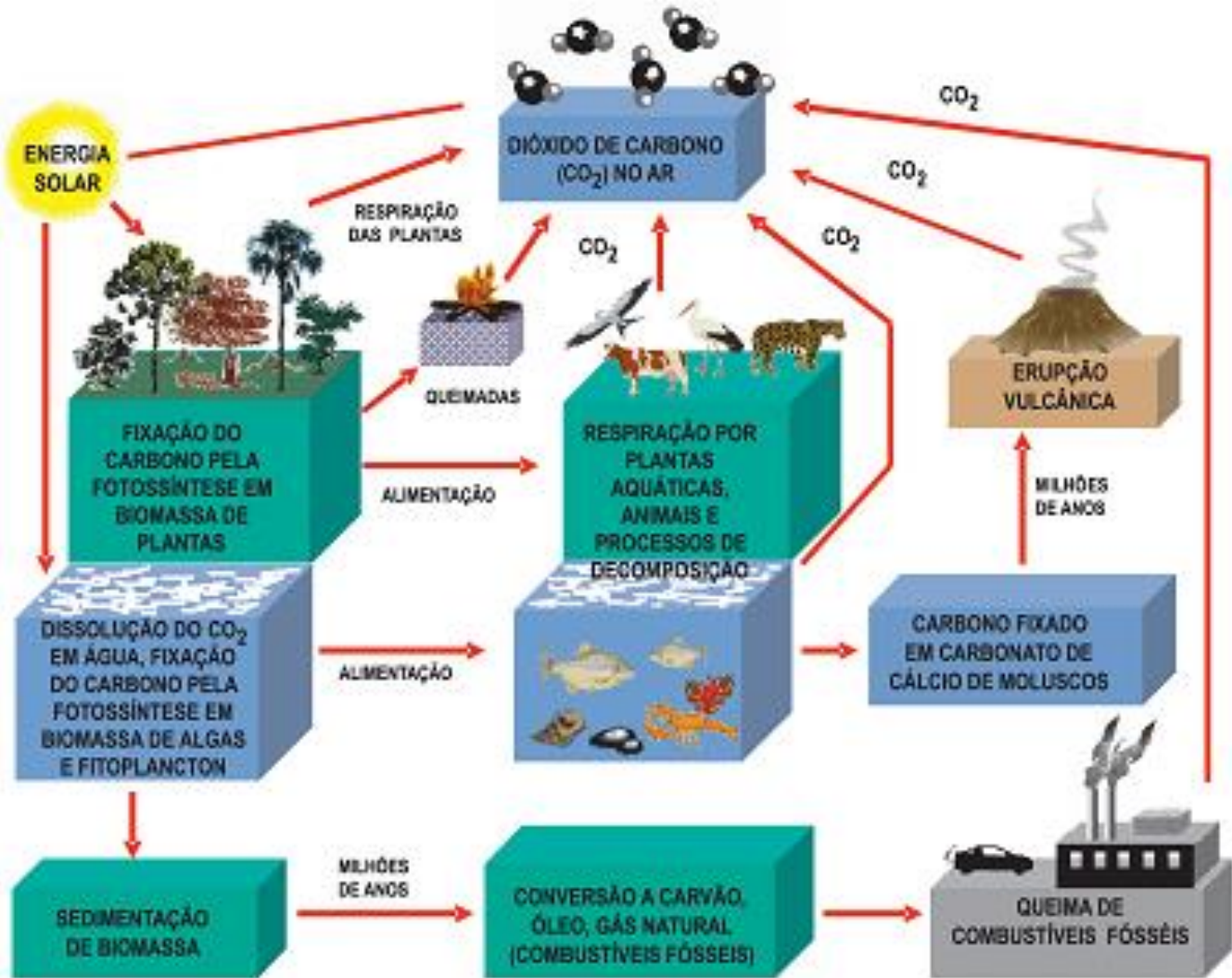
- Retiram CO<sub>2</sub> da atmosfera ou dissolvido na água;
  - Fotossíntese
  - Formação de Combustíveis Fósseis\*
  - Deposição de conchas calcárias no fundo do mar\*
- Colocam CO<sub>2</sub> na atmosfera ou na água;
  - Respiração Celular
  - Combustão (queimadas, queima de combustíveis fósseis...)
  - Decomposição

\* processos lentos!

# Ciclo do Carbono (C)







# Ciclo do Carbono (C)

**Atividades antrópicas** que afetam os depósitos naturais (basicamente, **queima de combustíveis fósseis** e **desmatamento**), têm gerado uma significativa influência no ciclo global do carbono.

Consequências?



# Ciclo do Carbono (C)

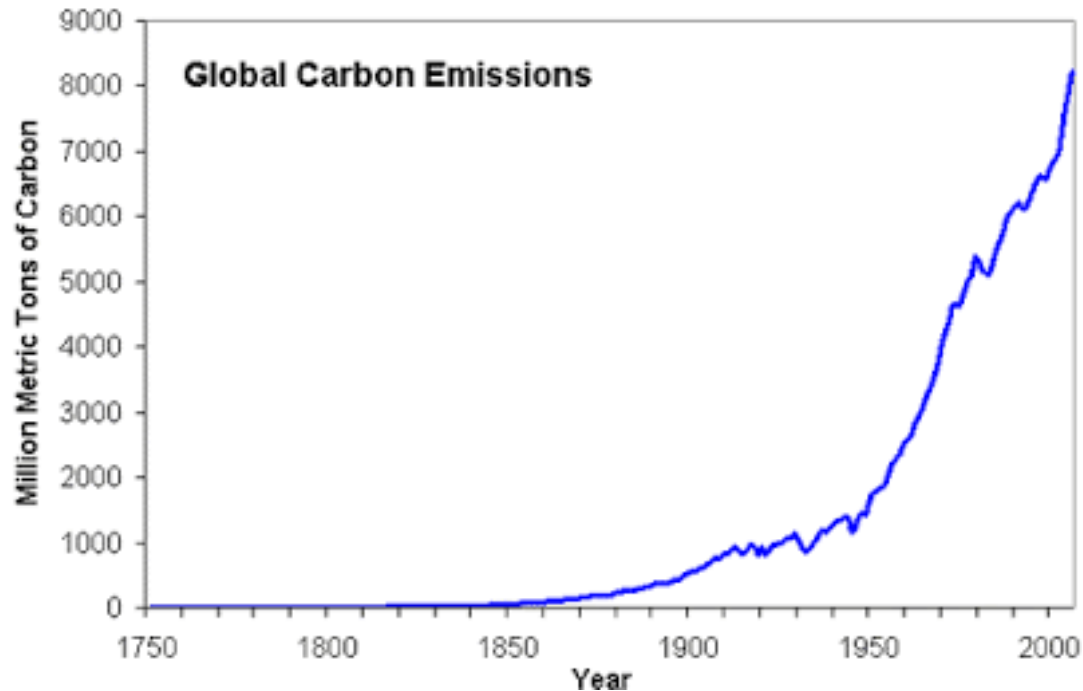
**Atividades antrópicas** que afetam os depósitos naturais (basicamente, **queima de combustíveis fósseis** e **desmatamento**), têm gerado uma significativa influência no ciclo global do carbono.

## Consequências?

Transferem mais  $\text{CO}_2$  para a atmosfera do que aquela que é possível remover naturalmente, causando assim um **aumento das concentrações atmosféricas de  $\text{CO}_2$**  (mais de 30% em apenas 200 anos!).



# Ciclo do Carbono (C)



**EEmissões globais de dióxido de carbono**

(Fonte: [http://www.skepticalscience.com/images/co2\\_emissions.gif](http://www.skepticalscience.com/images/co2_emissions.gif))

# Ciclo do Carbono (C)

**Atividades antrópicas** que afetam os depósitos naturais (basicamente, **queima de combustíveis fósseis** e **desmatamento**), têm gerado uma significativa influência no ciclo global do carbono.

## Consequências?

Transferem mais  $\text{CO}_2$  para a atmosfera do que aquela que é possível remover naturalmente, causando assim um **aumento das concentrações atmosféricas de  $\text{CO}_2$**  (mais de 30% em apenas 200 anos!).

**Consequências do aumento das concentrações atmosféricas de  $\text{CO}_2$ ?**

# Ciclo do Carbono (C)

**Atividades antrópicas** que afetam os depósitos naturais (basicamente, **queima de combustíveis fósseis** e **desmatamento**), têm gerado uma significativa influência no ciclo global do carbono.

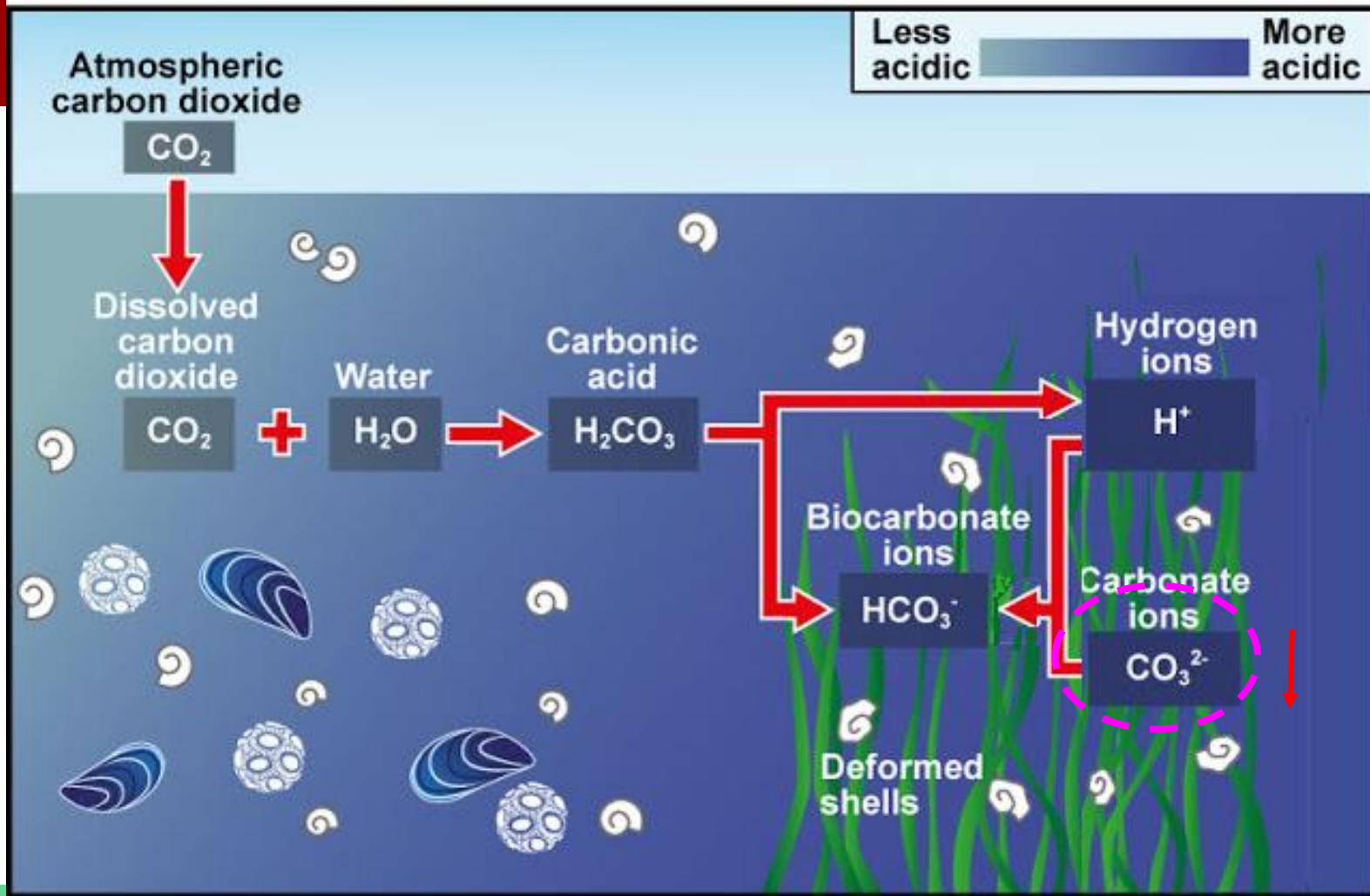
## Consequências?

Transferem mais  $\text{CO}_2$  para a atmosfera do que aquela que é possível remover naturalmente, causando assim um **aumento das concentrações atmosféricas de  $\text{CO}_2$**  (mais de 30% em apenas 200 anos!).

## Consequências do aumento das concentrações atmosféricas de $\text{CO}_2$ ?

- **Aumento do Efeito Estufa** (**aquecimento global**)
- **Acidificação dos Oceanos**

# OCEAN ACIDIFICATION



# Ciclo do Carbono: Acidificação dos Oceanos

Parte do CO<sub>2</sub> lançado nos oceanos é convertido em **Ácido Carbônico**, o que leva à uma **redução do pH** dos mares.

**Prejuízo à vida marinha:** **descalcificação** de conchas e corais. A redução da [íons carbonato], dificulta a formação de carbonato de cálcio necessário para a conchas.

A diminuição da **calcificação** afeta o estágio de vida inicial desses organismos, bem como sua fisiologia, reprodução, distribuição geográfica, morfologia, crescimento e tempo de vida.



Dissolução de um molusco em condições de acidez no período de 45 dias.

# Ciclo do Carbono: Acidificação dos Oceanos

Parte do CO<sub>2</sub> lançado nos oceanos é convertido em **Ácido Carbônico**, o que leva à uma **redução do pH** dos mares.

**Prejuízo à vida marinha:** **descalcificação** de conchas e corais. A redução da [íons carbonato], dificulta a formação de carbonato de cálcio necessário para a conchas.

A diminuição da **calcificação** afeta o estágio de vida inicial desses organismos, bem como sua fisiologia, reprodução, distribuição geográfica, morfologia, crescimento e tempo de vida.

Isso afeta também o **depósito marinho de CO<sub>2</sub>** formado pela morte desses organismos calcários. O Carbono deixa de estar armazenado por longos períodos nos **oceanos** e passa a se concentrar em maior quantidade na **atmosfera**.

# Ciclo do Carbono (C): Efeito Estufa

O que é?

Causas?

Natural ou artificial?

# Ciclo do Carbono (C): Efeito Estufa

Processo físico no qual parte da radiação infravermelha (calor) que é emitida pela superfície terrestre é absorvida por determinados gases presentes na atmosfera (chamados gases do efeito estufa). Assim, parte do **calor é irradiado de volta para a superfície da Terra.**

É um **processo natural** fundamental para manter a temperatura da Terra e a vida como conhecemos.

**Atividades humanas têm aumentado esse efeito!**





# Ciclo do Carbono (C): Efeito Estufa

Nem todos os gases presentes na atmosfera são responsáveis pelo efeito estufa. O nitrogênio e o oxigênio, praticamente não têm ação neste mecanismo.

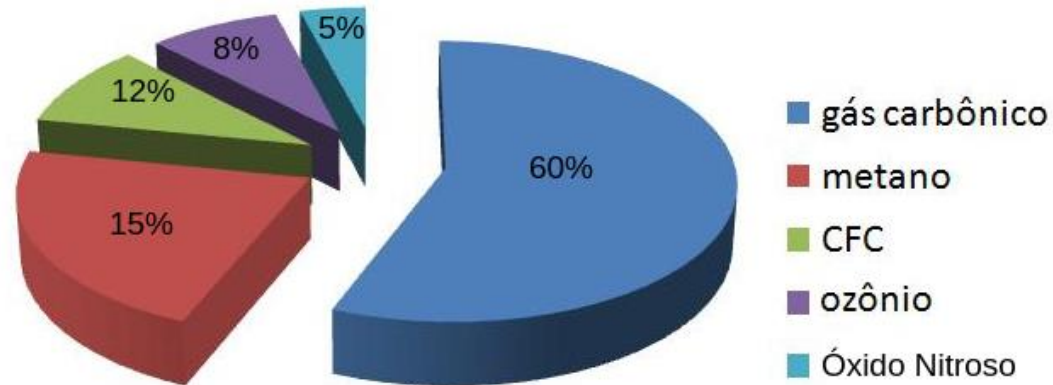
Os principais gases do efeito estufa:

- Vapor d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ ): o mais poderoso dos gases estufa, mas tem “origem natural”.

Aumentados pela atividade antrópica:

- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )
- Metano ( $\text{CH}_4$ )
- Clorofluorocarbonetos (CFCs)
- Óxidos de Nitrogênio ( $\text{NxOx}$ )
- Ozônio ( $\text{O}_3$ )
- Outros gases ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ , etc)

Gases responsáveis pelo efeito estufa



# Gases do Efeito Estufa: Gás Carbônico

Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):

Emitido por:

- Queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural).
- Queimadas e desmatamento também contribuem para as emissões de CO<sub>2</sub>.

Segundo o ***Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima***, o CO<sub>2</sub> é o principal “culpado” pelo aquecimento global, sendo o gás de maior emissão pelos humanos.

OBS: aumento da temperatura dos oceanos?

# Gases do Efeito Estufa: Gás Carbônico

## Aumento da temperatura dos oceanos x Níveis de CO<sub>2</sub> atmosféricos

Os oceanos absorvem CO<sub>2</sub> da atmosfera, ajudando a controlar o efeito estufa.

Os oceanos retiram cerca de 25% do CO<sub>2</sub> atmosférico proveniente de atividades humanas.

Os oceanos também absorvem calor da atmosfera. Cerca de 90% do calor retido pela atmosfera resultante da poluição de gases com efeito de estufa desde os anos 70 que acabou nos oceanos.

Como resultado, a camada superior dos oceanos aqueceu entre 0.32 a 0.67°C durante o último século - um número impressionante dado o volume de água envolvido.

Qual o problema do aquecimento dos oceanos? **A capacidade de absorver o CO<sub>2</sub> diminui à medida que a temperatura aumenta!** Logo, à medida que os oceanos aquecem, menos CO<sub>2</sub> é retirado da atmosfera e o efeito estufa se **intensifica!**

# Gases do Efeito Estufa: Metano

**Metano ( $\text{CH}_4$ ):** O metano é cerca de **20 vezes** mais potente que o gás carbônico para reter calor!

## Origens:

- **Decomposição** de compostos orgânicos
- **Pecuária:**
- **Queima de combustíveis fósseis**
- **Queima de Biomassa**
- **Permafrost**



# Gases do Efeito Estufa: Metano

**Metano ( $\text{CH}_4$ ):** O metano é cerca de **20 vezes** mais potente que o gás carbônico para reter calor!

## Origens:

- **Decomposição** de compostos orgânicos: aterros sanitários, lixões e reservatórios de hidrelétrica.
- **Pecuária:** flatulência dos ovinos e bovinos.
- **Queima de combustíveis fósseis** (petróleo, carvão e gás natural).
- **Queima de Biomassa**
- **Permafrost:** a camada de solo congelado das regiões frias, onde originalmente ficava estocada na matéria orgânica inerte.



**Vale tudo nesse jogo? (pesquisa argentina)**



# Gases do Efeito Estufa: Metano

*Permafrost*: camada de solo congelado das regiões frias, onde fica estocado a matéria orgânica inerte. Ocorre em 25% dos solos do Alasca, Canadá e Sibéria. Estima-se que o *permafrost* no Ártico contém de 2 a 4 vezes mais carbono do que todo o carbono liberado pelos humanos até agora!

Basta apenas a libertação de 5 a 10% da quantidade de metano contida no *permafrost* para acelerar o aquecimento global, que por sua vez iria acelerar o degelo do *permafrost*, criando um *feedback* positivo que se poderá traduzir num ponto de não retorno.



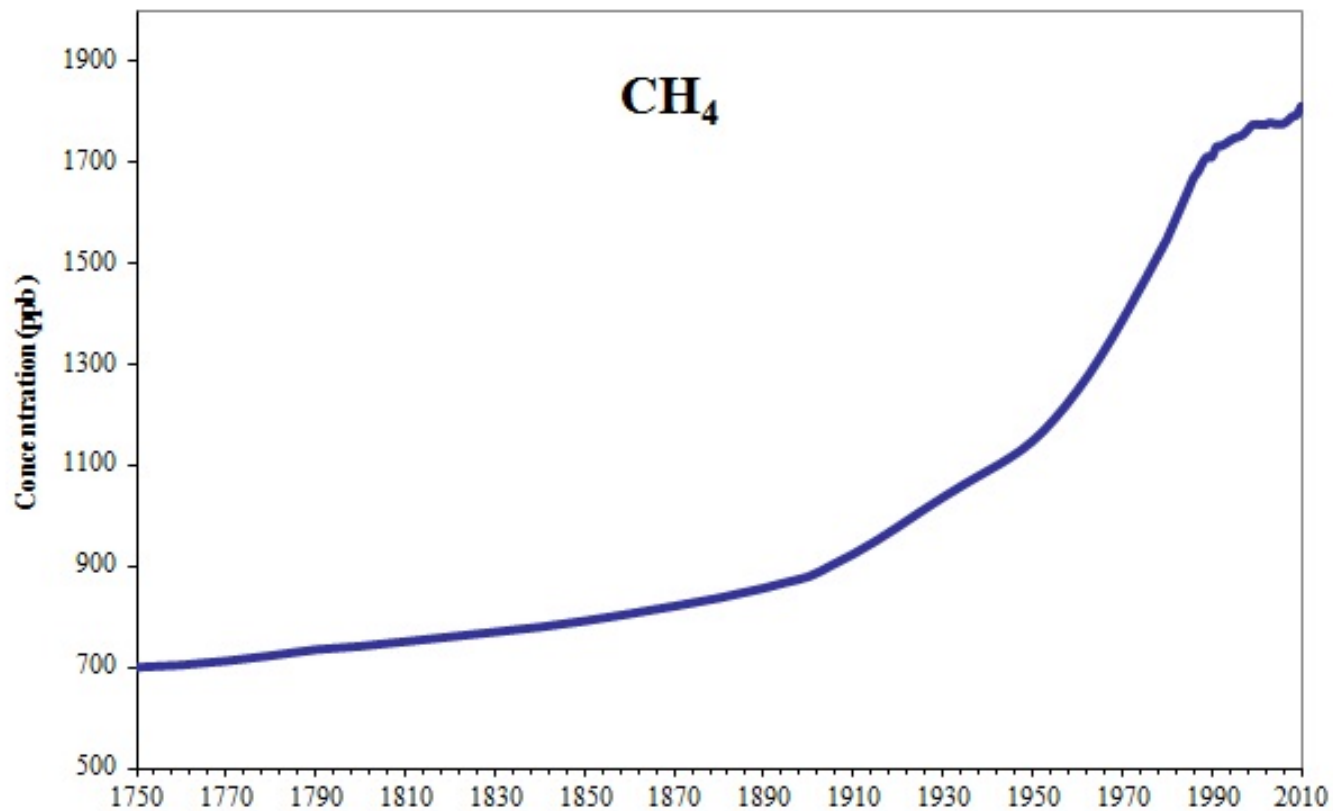
Grande quantidade de matéria orgânica que se encontra debaixo do *permafrost* irá deteriorar-se e libertar grandes quantidades de metano e dióxido de carbono.



Liberação de  
Metano do  
*permafrost*.

Bolhas de metano  
congeladas no  
oceano Ártico.





**Concentração de metano na atmosfera entre 1750 e 2010**

(Fonte: [https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/atmospheric-concentration-of-ch4-ppb-1/image\\_xlarge](https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/atmospheric-concentration-of-ch4-ppb-1/image_xlarge))

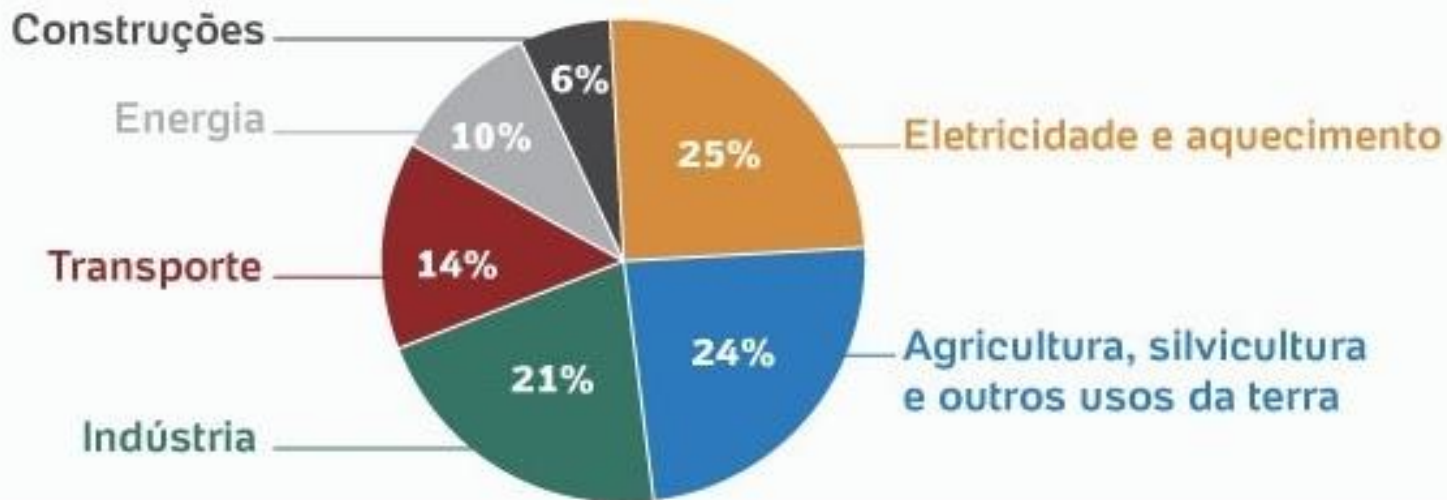


# Gases do Efeito Estufa

- **Clorofluorocarbonetos (CFCs)**: proveniente dos aerossóis e do sistema de refrigeração.
- **Óxidos de Nitrogênio ( $N_xO_x$ )**: principalmente o  $N_2O$ . Fertilizantes, indústrias e decomposição. Usado em motores de combustão interna, fornos, estufas, caldeiras, incineradores.
- **Ozônio ( $O_3$ )**: reação com O e  $O_2$ .
- **Outros gases ( $SO_2$ , etc)**: Ex: Dióxido de Enxofre ( $SO_2$ ): indústria e também é expelido pelos vulcões.

# Gases do Efeito Estufa

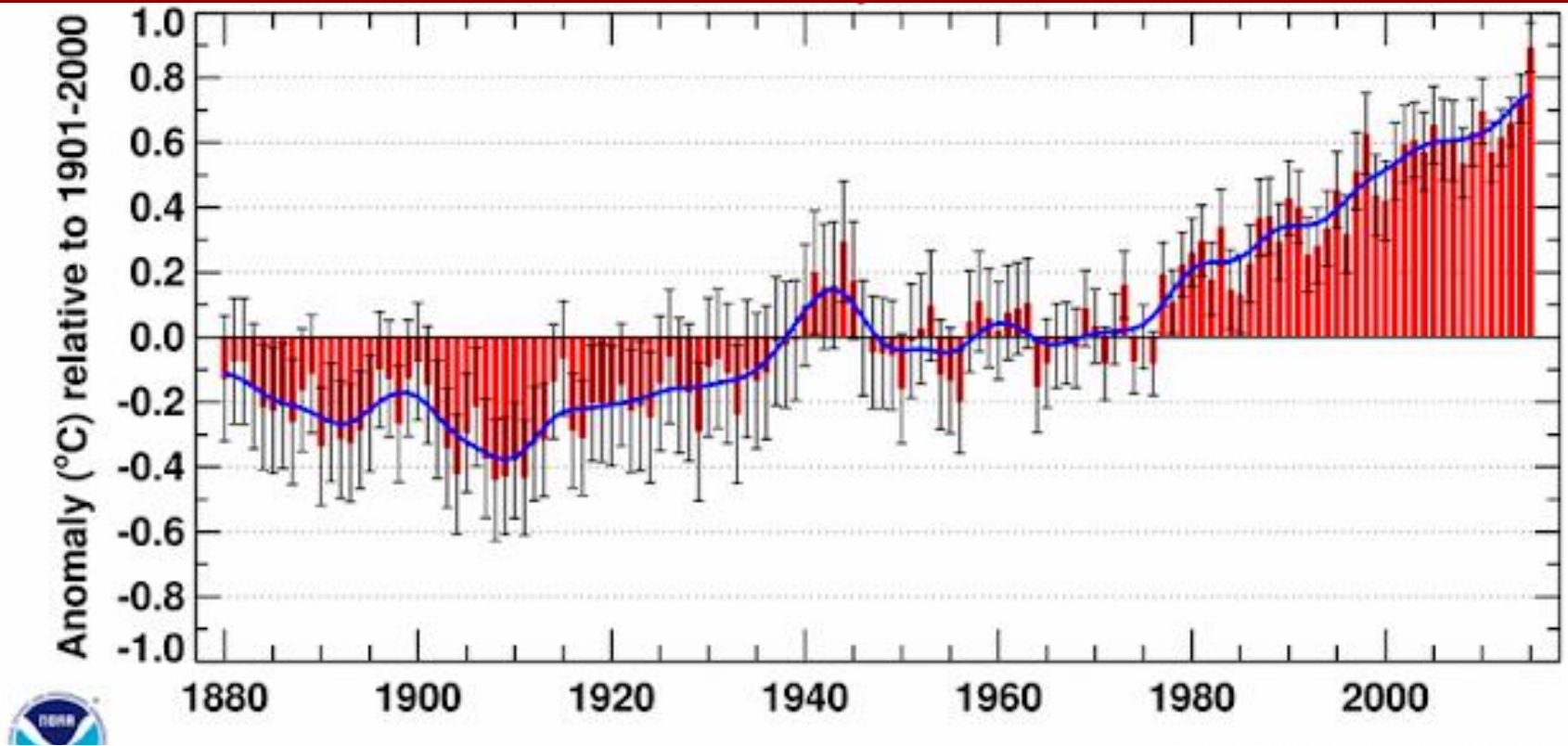
## Emissões globais dos gases do efeito estufa por setor econômico



Fonte: IPCC (2014), baseado nas emissões globais de 2010.

Arte/UOL

# Efeito Estufa: Aquecimento Global



Temperatura média global de Janeiro a Dezembro em terra e nos oceanos

(Fonte: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/service/global/global-land-ocean-mntp-anom/201501-201512.png>)

# Aquecimento Global: nossa culpa!

- **Implicação do homem** no aumento da concentração dos gases estufa: **Mito ou fato?**

# Aquecimento Global: nossa culpa!

- **Implicação do homem** no aumento da concentração dos gases estufa: **Fato!**

Documentada por múltiplas fontes de alto nível e atualmente é considerada **indiscutível** pelo consenso esmagador dos melhores cientistas em atividade.

- Resultado da atividade do **IPCC** (*Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas*), uma cooperação entre a Organização Meteorológica Mundial e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, reunindo dados de milhares de cientistas de todo mundo.
- O IPCC produziu **cinco grandes relatórios** sobre o aquecimento global, que representam o estado da arte sobre esta questão, oferecendo um panorama completo do fenômeno, suas causas, efeitos e maneiras de enfrentá-lo, recebendo o **Prêmio Nobel da Paz** pelo seu relevante trabalho em benefício da sociedade mundial.

# Aquecimento Global

- De acordo com o IPCC, também é inequívoca a elevação da temperatura terrestre no último século em virtude do aumento da concentração desses gases.
- Entre 1880 e 2012 a temperatura média da Terra subiu 0,85 °C, com uma faixa de variação de 0,65 °C a 1,06 °C.
- As conclusões do IPCC foram apoiadas pelas maiores organizações e academias científicas do mundo, e não existe autoridade maior do que a sua neste campo de estudo.

**O aquecimento global é real! E a nossa culpa para tal, também!**

# Aquecimento Global: Consequências

O aquecimento da Terra resultará nos seguintes efeitos:

- ???

# Aquecimento Global: Consequências

O aquecimento da Terra resultará nos seguintes efeitos:

- **Derretimento de grandes massas de gelo** das regiões polares, ocasionando o aumento do nível do mar. Isso poderá levar a submersão de cidades litorâneas, forçando a migração de pessoas.
- Aumento de casos de **desastres naturais** como inundações, tempestades e furacões.
- **Extinção** de espécies.
- **Desertificação** de áreas naturais.
- Episódios mais frequentes de **secas**.
- As **mudanças climáticas** podem ainda afetar a produção de alimentos, pois muitas áreas produtivas podem ser afetadas.



# Formas de Atenuação

# Sistemas de Captura e Armazenamento de CO<sub>2</sub> (CAC)

Sistemas de captura e armazenamento de CO<sub>2</sub> (**CAC**): alternativa para redução das concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico.

O CAC consiste:

- **Captura**: separação do CO<sub>2</sub> emitido pelas indústrias. Transformação para a forma líquida para facilitação do transporte e armazenamento.
- **Transporte**: levar o CO<sub>2</sub> para o local de armazenamento
- **Armazenamento**: sequestro do CO<sub>2</sub> a longo prazo.

Atualmente não existe uma solução tecnológica única para este tipo de sistemas, estando sendo desenvolvidas uma carteira de opções tecnológicas para tal fim.

# Sistemas de Captura e Armazenamento de CO<sub>2</sub>

**Armazenamento Geológico de CO<sub>2</sub>:** consiste na **injeção do CO<sub>2</sub>** numa formação rochosa subterrânea. As principais opções são:

- **Jazidas de petróleo e gás:** as formações rochosas que retêm ou que já retiveram fluidos (como as jazidas de petróleo e gás) são candidatos potenciais para o armazenamento. A injeção de CO<sub>2</sub> nas formações geológicas profundas integra muitas das tecnologias desenvolvidas atualmente.
- **Aquíferos salinos:** é possível também injetar CO<sub>2</sub> em grandes aquíferos localizados sob jazidas de sal.
- **Camadas de carvão:** é possível a injeção em camadas de carvão mineral.

# Sistemas de Captura e Armazenamento de CO<sub>2</sub>

## Armazenamento oceânico

- Através da injeção e dissolução do CO<sub>2</sub> no oceano (a profundidade de mais de 1000 metros), através de gasodutos fixos ou de navios.
- Outra opção passa pela deposição do CO<sub>2</sub> no fundo do oceano através de um gasoduto fixo ou de uma plataforma marítima (a mais de 3000 metros de profundidade), onde a água é mais densa e se espera que o CO<sub>2</sub> forme um lago.

O armazenamento oceânico e o seu impacto ecológico ainda não são bem definidos, podendo existir problemas de acidificação dos oceanos.

# Sistemas de Captura e Armazenamento de CO<sub>2</sub>

## Carbonatação mineral e utilizações industriais

- Reação do CO<sub>2</sub> com óxidos metálicos (como o óxido de magnésio (MgO) ou óxido de cálcio (CaO)) ou de detritos industriais: produzindo carbonatos inorgânicos estáveis. Esta tecnologia está em fase de investigação.
- Utilizações industriais: consiste no consumo de CO<sub>2</sub> de forma direta como matéria-prima para a produção de diversas substâncias químicas que contêm carbono.

# Sistemas de Captura e Armazenamento de CO<sub>2</sub>

## Armazenamento de CO<sub>2</sub> sólido:

- Na Islândia, pesquisadores conseguiram pela primeira vez injetar CO<sub>2</sub> nas reservas geológicas de basalto vulcânico e **convertê-lo em sólido**.
- O processo de converter CO<sub>2</sub> em sólido, na teoria, levaria de centenas a milhares de anos. Com a nova técnica, pelo método de **carbonatação mineral**, 95% do CO<sub>2</sub> injetado se converteu em sólido em cerca de um ano e meio!
- Essa técnica pode se tornar comercialmente viável, além de apresentar **riscos ambientais reduzidos**, pois o CO<sub>2</sub> estaria armazenado permanentemente sem o perigo de vazar.

# Sistemas de Captura e Armazenamento de CO<sub>2</sub>

## Riscos ambientais no armazenamento

- Riscos Mundiais: se houver uma fuga considerável num depósito de CO<sub>2</sub> esta pode contribuir significativamente para as alterações climáticas.
- Riscos locais: fugas por falhas nos poços podem contaminar aquíferos e acidificar os solos.
- **Armazenamento oceânico**: o risco apresenta-se **mais elevado**, tendo em conta a falta de informação disponível quanto aos efeitos do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> (**acidificação**) nos ecossistemas marítimos.

# Créditos de Carbono

**Estabelecido no Protocolo de Kyoto em 1997.**

*O que são?*



# Créditos de Carbono

**Estabelecido no Protocolo de Kyoto em 1997.**

*Commodity*: o crédito de carbono é uma mercadoria com preços estabelecidos pelo mercado internacional. **Cada tonelada de dióxido de carbono não emitida ou retirada da atmosfera equivale a uma unidade de crédito de carbono.**

Mercado para a redução de gases de efeito estufa atribuindo um **valor monetário para a redução da poluição**. Fonte de economia para os países que reduzissem ou retirassem da atmosfera gases de efeito estufa.

Os países signatários do acordo têm metas estabelecidas. Podem comercializar os créditos para nações que não conseguiram reduzir suas emissões. **O mercado de carbono permite que um país adquira reduções de emissão geradas em outro país para atingir seus próprios objetivos.**

# Créditos de Carbono

Para uma empresa conseguir os créditos de carbono, precisa submeter um projeto de redução de emissão a uma comissão nacional e internacional. As comissões avaliam e aprovam a contabilização dos créditos de carbono, levando em consideração os gases poluentes que a empresa deixou de emitir.

- Substituição de energias poluentes pela energia limpa;
- Adoção de programas de eficiência energética;
- Softwares que diminuem o consumo de energia;
- Reflorestamento;
- Etc

# Ciclo do Oxigênio

# Ciclo do Oxigênio

Praticamente todo o gás oxigênio livre na atmosfera tem **origem biológica**! Resultado do processo de **Fotossíntese**.

Obs: o  $O_2$  liberado na fotossíntese tem origem na molécula de água absorvida!

**Etapas do ciclo:**

# Ciclo do Oxigênio

## Etapas do ciclo:

- **Fotossíntese**: realizada por plantas, algas e cianobactérias. Produção de oxigênio.



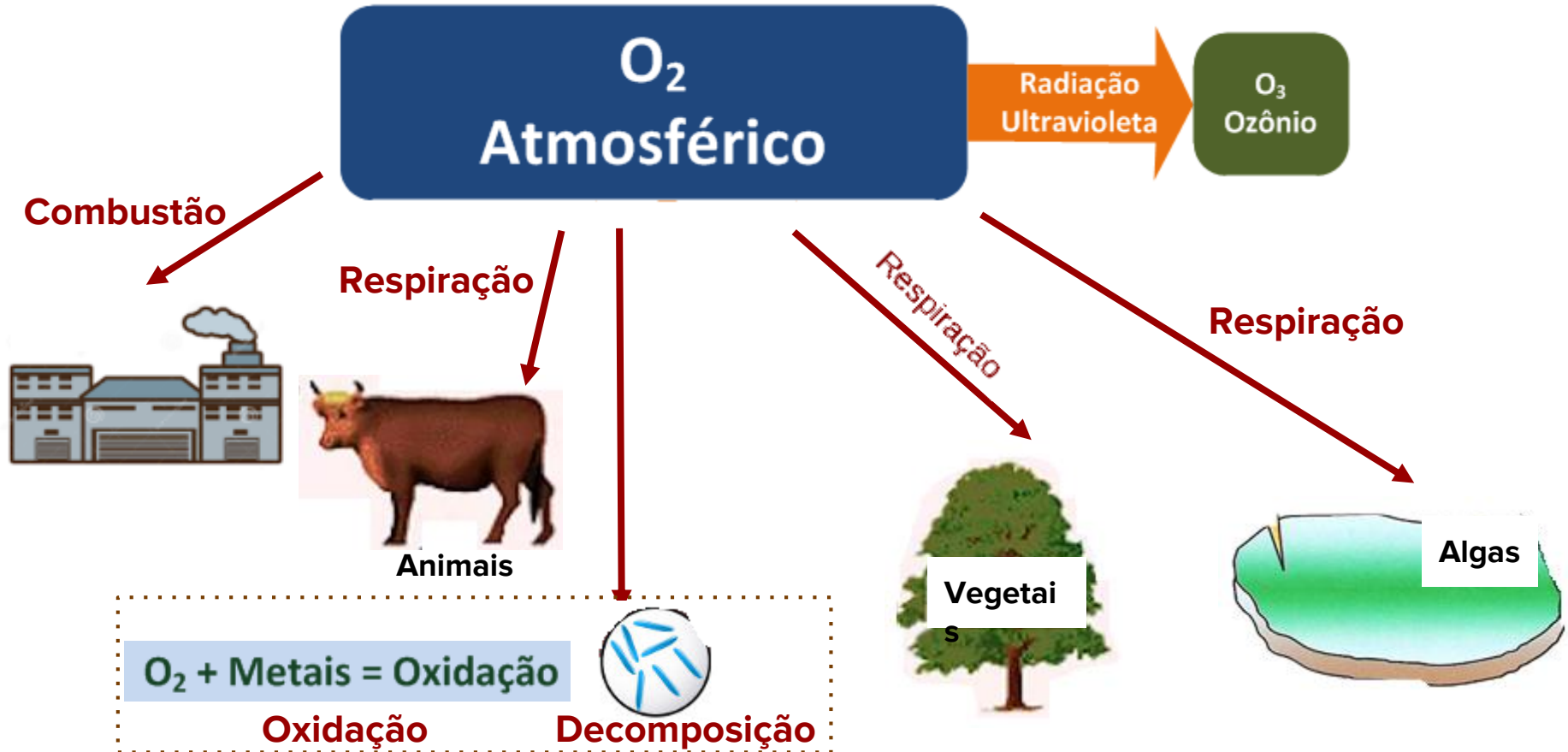
- **Respiração celular**: realizada por heterótrofos aeróbicos. Consumo de oxigênio.



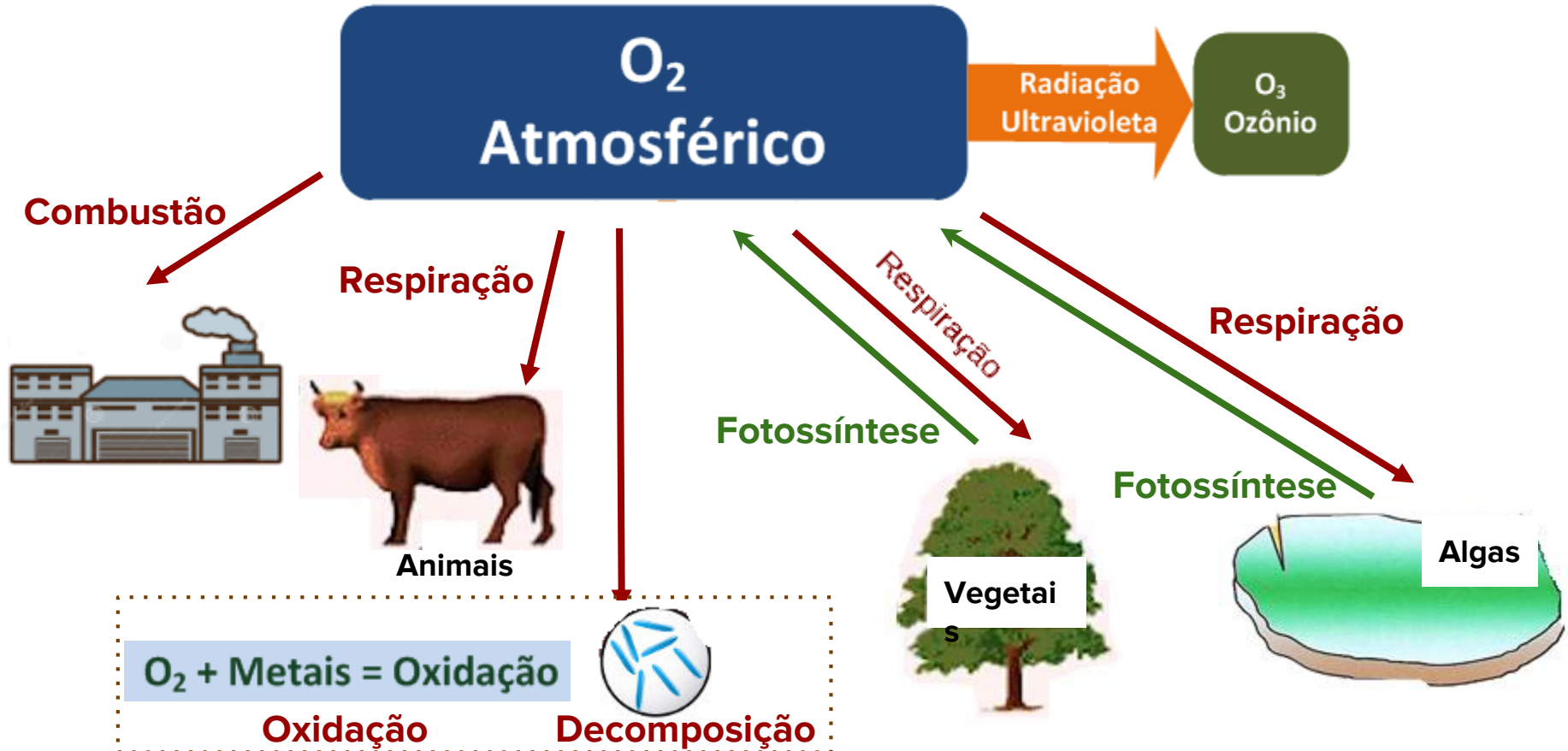
## Outras formas de consumo do oxigênio:

- **Combustão** (queimadas, indústria, automóveis...);
- **Decomposição** da matéria orgânica;
- **Oxidação** de minerais. Ex: ferrugem.

# Ciclo do Oxigênio: Consumo de O<sub>2</sub>



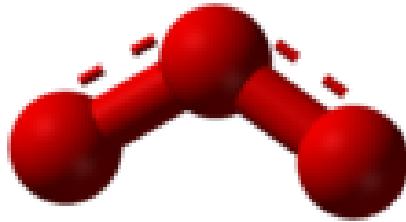
# Ciclo do Oxigênio: Produção de O<sub>2</sub>



# Ciclo do Oxigênio: Camada de Ozônio

Molécula de ozônio:  $\text{O}_3$

**Função:** ?





# Ciclo do Oxigênio: Camada de Ozônio

Molécula de ozônio:  $\text{O}_3$

**Função:** barreira para raios UV. Retém mais de 90% da radiação UV que chega à Terra.

**Localização:** entre 15 e 35 Km de altitude, na estratosfera. Contém ~90% do ozônio.

**Formação:** ?

# Ciclo do Oxigênio: Camada de Ozônio

Molécula de ozônio:  $\text{O}_3$

**Função:** barreira para raios UV. Retém mais de 90% da radiação UV que chega à Terra.

**Localização:** entre 15 e 35 Km de altitude, na estratosfera. Contém ~90% do ozônio.

**Formação do Ozônio:** Energia UV do Sol ajuda na formação das moléculas de ozônio:



**Degradação do Ozônio:**  $\text{O}_3 + \text{energia uv} \rightarrow \text{O} + \text{O}_2$

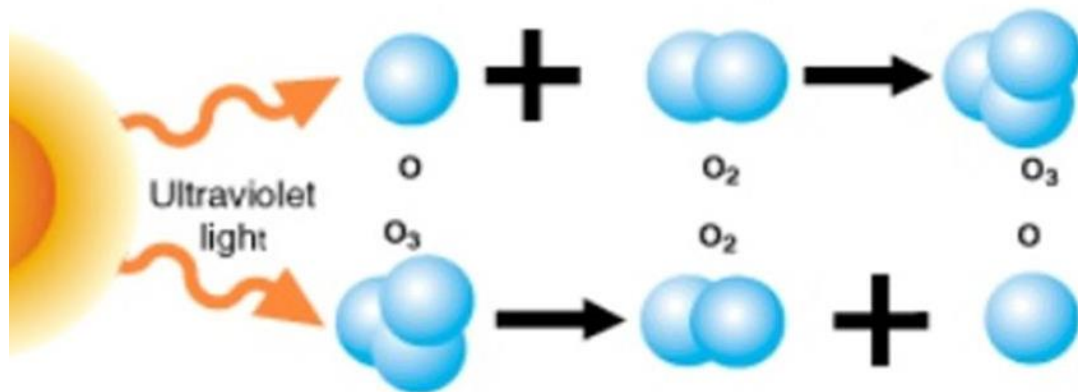
Há um equilíbrio dinâmico natural que mantém a camada de ozônio, com as moléculas de  $\text{O}_3$  sendo formadas e destruídas.

# Ciclo do Oxigênio: Camada de Ozônio

**Formação do Ozônio:** Energia UV do Sol ajuda na formação das moléculas de ozônio:

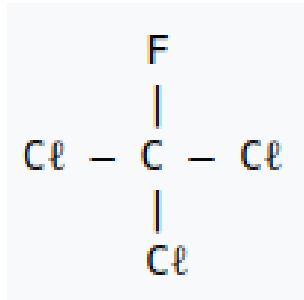


**Degradação do Ozônio:**  $\text{O}_3 + \text{energia uv} \rightarrow \text{O} + \text{O}_2$



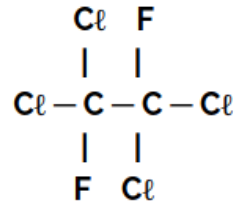
# Camada de Ozônio: CFCs x Buracos

**CFCs** (Clorofluorcarbonetos): gases responsáveis pela destruição da camada de ozônio.



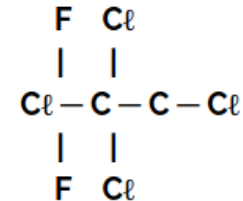
**CFC-112**

(1,1,2,2-tetracloro-1,2-difluoretano)



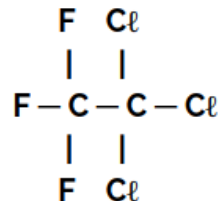
**CFC-112a**

(1,1,2,2-tetracloro-2,2-difluoretano)



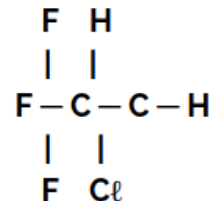
**CFC-113a**

(1,1,1-tricloro-2,2,2-trifluoretano)



**HCFC-133a**

(1,1,1-trifluor-2-cloroetano)



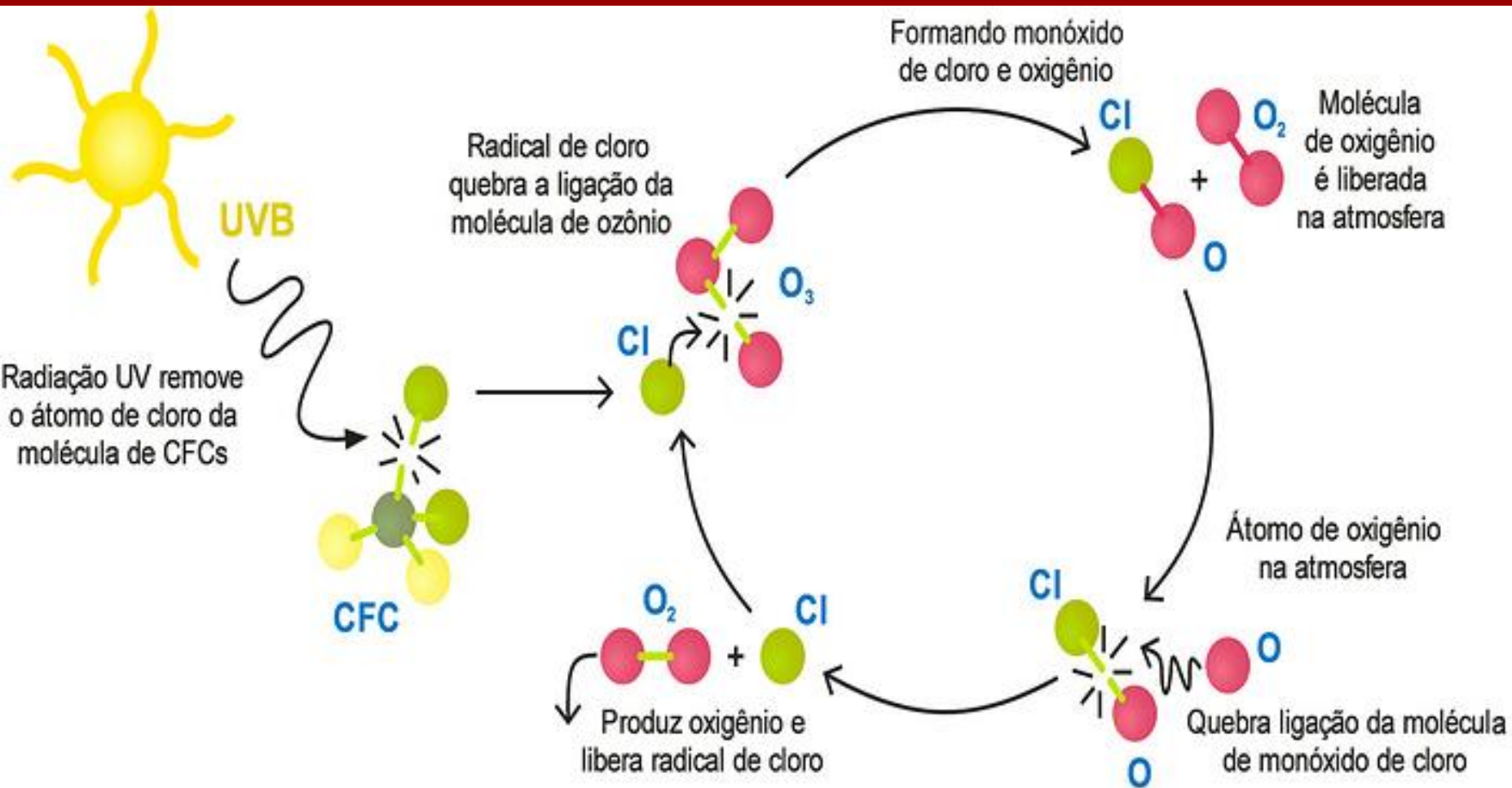
# Camada de Ozônio: CFCs x Buracos

**CFCs** (Clorofluorcarbonetos): gases responsáveis pela destruição da camada de ozônio.

O CFC, excitado pela radiação UV é desestabilizado e **libera um átomo de cloro**.

O cloro é um catalisador poderoso que **destrói as moléculas de ozônio**.

Uma vez na alta atmosfera, cada átomo de cloro destruirá **~100 mil moléculas de ozônio** antes de regressar à superfície terrestre, muitos anos depois (~74 anos).



# Camada de Ozônio: CFCs x Buracos

No final da década de 1960 eram libertadas um milhão de toneladas de CFCs por ano. Desde então, a destruição da camada de ozônio acelerou absurdamente.

**Locais de uso dos CFCs:** aerossóis e gases para refrigeração. Presentes em ar condicionado, refrigeradores, solventes industriais, espumas isolantes...



# Ciclo do Oxigênio: CFCs x Buracos

**Protocolo de Montreal (1987):** assinado por diversos países (a maioria da União Europeia) após a descoberta do buraco na camada de ozônio sobre a Antártida.

## Objetivos:

- (i) restabelecer a concentração de ozônio;
- (ii) banimento da produção e uso dos gases CFC;

*"Talvez seja o mais bem sucedido acordo internacional de todos os tempos..." Kofi Annan.*

Atualmente, o protocolo de banimento do gás tem 191 países signatários.

O esforço tem dado certo?



# Ciclo do Oxigênio: CFCs x Buracos

**Protocolo de Montreal (1987):** assinado por diversos países (a maioria da União Europeia) após a descoberta do buraco na camada de ozônio sobre a Antártida.

## Objetivos:

- (i) restabelecer a concentração de ozônio;
- (ii) banimento da produção e uso dos gases CFC;

*"Talvez seja o mais bem sucedido acordo internacional de todos os tempos..." Kofi Annan.*

Atualmente, o protocolo de banimento do gás tem 191 países signatários.

**O esforço tem dado certo!** Na última década, a destruição diminuiu. Cientistas calculam que em 2065 a camada se recupere satisfatoriamente.

O Brasil reduziu em 96,5% seu consumo do gás.

# Ciclo do Oxigênio: CFCs x Buracos

## Alternativas aos CFCs:

Os hidrofluorocarbonos (**HFC**) são os principais substitutos dos CFCs.

Por não conterem cloro, não destroem a camada de ozono.

No entanto, os HFCs fazem parte dos gases que contribuem para o efeito de estufa.

Atualmente, entre 90 e 95% dos **aerossóis** fabricados no Brasil utilizam, no lugar do CFC, o **GLP**, sigla para gás liquefeito de petróleo, que não provoca danos à camada de ozônio.

# Camada de Ozônio: CFCs x Buracos

Não se trata propriamente de um buraco, mas de uma rarefação, ou **afinamento da espessura** da camada de ozônio.

**Lugar mais afetado?**

# Camada de Ozônio: CFCs x Buracos

Não se trata propriamente de um buraco, mas de uma rarefação, ou **afinamento da espessura** da camada de ozônio.

**Lugar mais afetado?** **Antártida**, devido à uma série de fatores climáticos que faz da sua estratosfera uma região especialmente suscetível à destruição do ozônio. O buraco na camada de ozônio na região era duas vezes maior que na Europa em setembro de 2000!

> O buraco do ozônio não se restringe à Antártida. Um efeito similar, mas mais fraco, tem sido detectado no Ártico e também em outras regiões do planeta.

# Camada de Ozônio: CFCs x Buracos

