



Universidade de São Paulo (USP)

Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA)

CEN0146

Biosfera e Mudanças Globais

Profa.Dra. Marisa de Cássia Piccolo

Laboratório de Ciclagem de Nutrientes (LCN)-CENA

email:mpiccolo@cena.usp.br

mpiccolo7@yahoo.com.br



Debate Biomas

Ciclo do Carbono

Carbono

Seu ciclo é fundamental para tentar compreender a Biosfera e seus mecanismos de funcionamento básicos

Carbono (C): quanto elemento, é o mais abundante do Universo depois do Hidrogênio, Hélio e Oxigênio

Toda a vida está baseada no elemento C: é o principal elemento químico constituinte da **matéria orgânica**, incluindo desde os combustíveis fósseis até moléculas complexas (DNA e RNA) que controlam a genética nos organismos

Biosfera-> papel importante na determinação das características do Ciclo do C:

Está intimamente associado ao fluxo de energia

A disponibilidade do C:

- como CO₂ no ar
- carbonatos na crosta de terra
- íons carbonato no mar
- compostos orgânicos na biota terrestre
- solo e mar

resulta, basicamente, da liberação de gases que contêm C (CO₂ e CH₄) do interior da terra durante idades geológicas

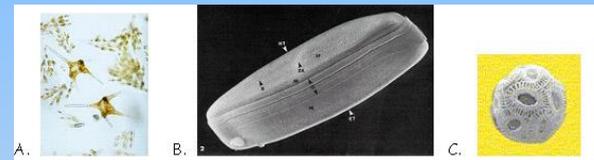
Entender o ciclo do C implica : conhecer os processos físicos, químicos, biológicos e geológicos que atuam em escalas de tempo muito diferentes, de milhões de anos para o movimento lento da crosta terrestre, a semanas e dias para a mudança da superfície da água do mar.

Existem mais que 1 milhão de compostos de C conhecidos, milhares dos quais são essenciais nos processos biológicos

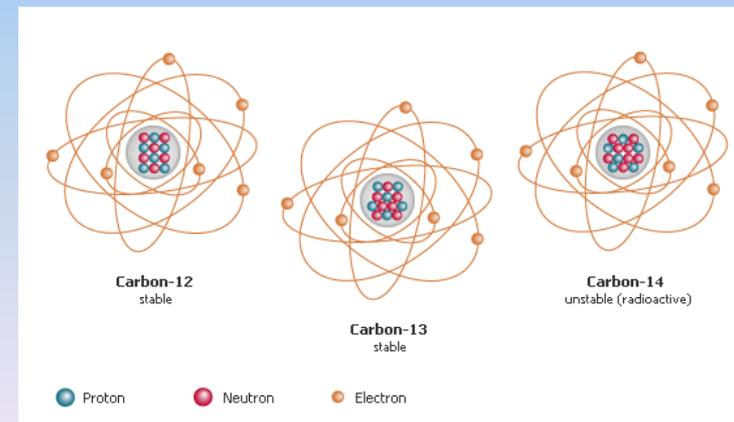
O C elementar na natureza : amorfo ou carbono reativo (não possui estrutura cristalina), grafite e diamante.



Isótopos: 12 e 13 estáveis
14 radioativo



Os átomos de C na forma não elementar podem assumir estados de oxi-redução de +4 (CO₂ e carbonatos) a -4 (CH₄)



O ciclo do carbono é uma sequência de reações de oxi-redução

O ciclo do carbono é considerado complexo, uma vez que inclui todas as formas de vida da Terra, os reservatórios inorgânicos e os processos de troca entre os mesmos

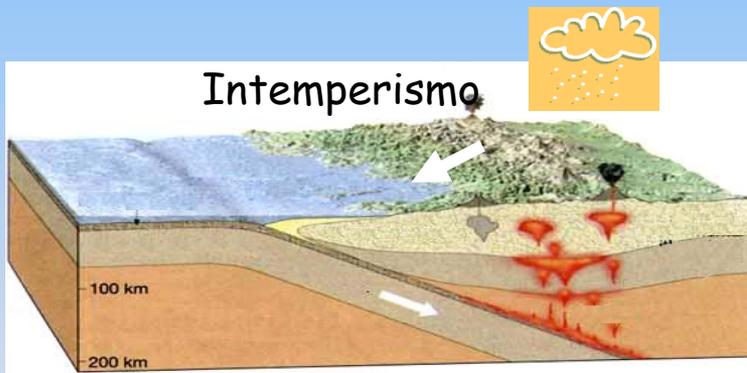
- ❖ **Ciclagem de curto prazo do carbono orgânico:** envolve principalmente as interações entre a biosfera e atmosfera, com um componente terrestre e um aquático
- ❖ **Ciclagem de longo prazo do carbono orgânico:** envolve a formação e consumo de combustíveis fósseis e sedimentos contendo carbono orgânico
- ❖ **Ciclagem de longo prazo do carbono inorgânico:** envolve principalmente a produção e consumo de carbonato de cálcio (CaCO_3 e calcáreo).

O ciclo global do carbono pode ser dividido, em termos temporais, em duas grandes escalas



Ciclo Geológico do C

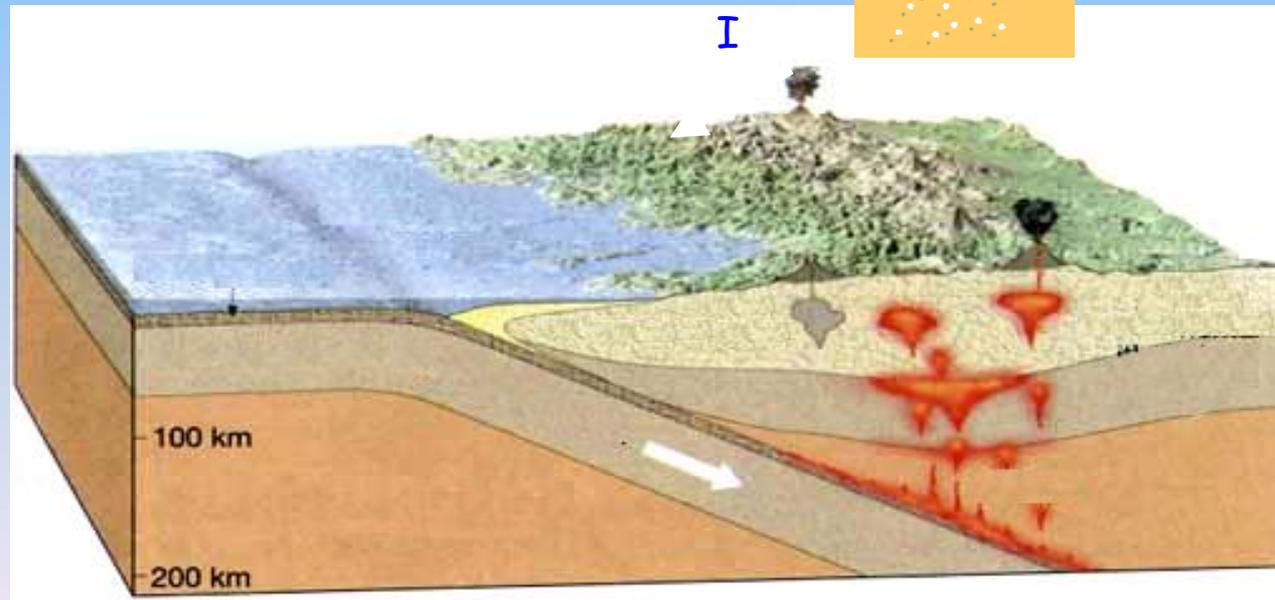
Todo o C que cicla na Terra hoje, estava presente no nascimento do sistema solar há 4.5 bilhões de anos atrás



Deste então,

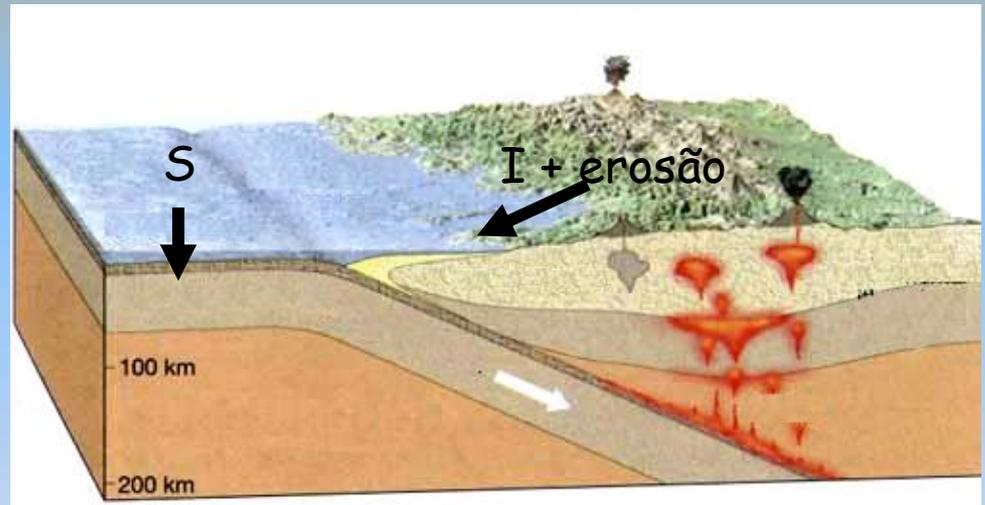
o ácido carbônico (ácido fraco derivado da reação do CO_2 atmosférico e água) tem se combinado continua e lentamente com o **Ca** e o **Mg** presentes na crosta terrestre, formando carbonatos insolúveis liberados através do processo de intemperismo (I)

No processo de **Intemperismo (I)**: cálcio (e magnésio) são solubilizados

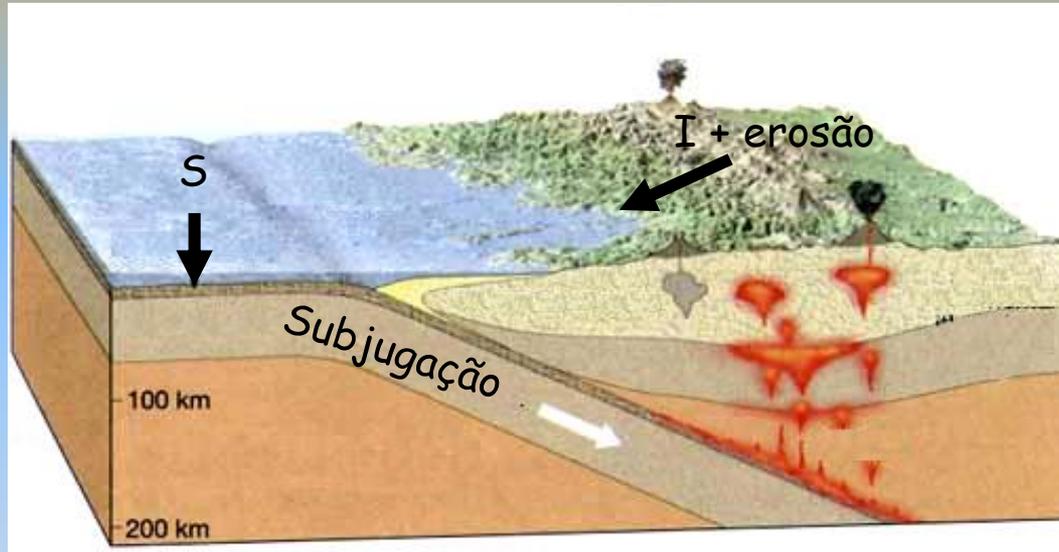


No processo de **Erosão**: o **carbonato e o carbono orgânico** são lixiviados para os oceanos e depositados no fundo dos mesmos

O processo de **Sedimentação** (S) envolve as seguintes transformações

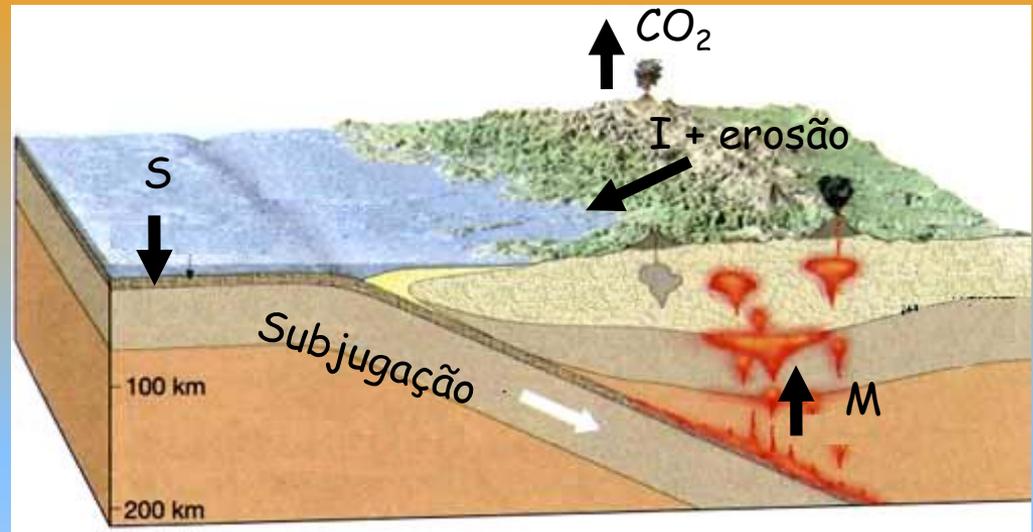


A medida que as placas tectônicas se movimentam, os sedimentos são *Subjugados* para baixo dos continentes

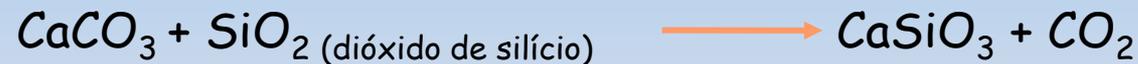


O ciclo continua com os materiais sendo succionados para o manto da Terra nas bordas das placas continentais

Sob condições de **elevada temperatura e pressão** ocorre o **Metamorfismo (M)**

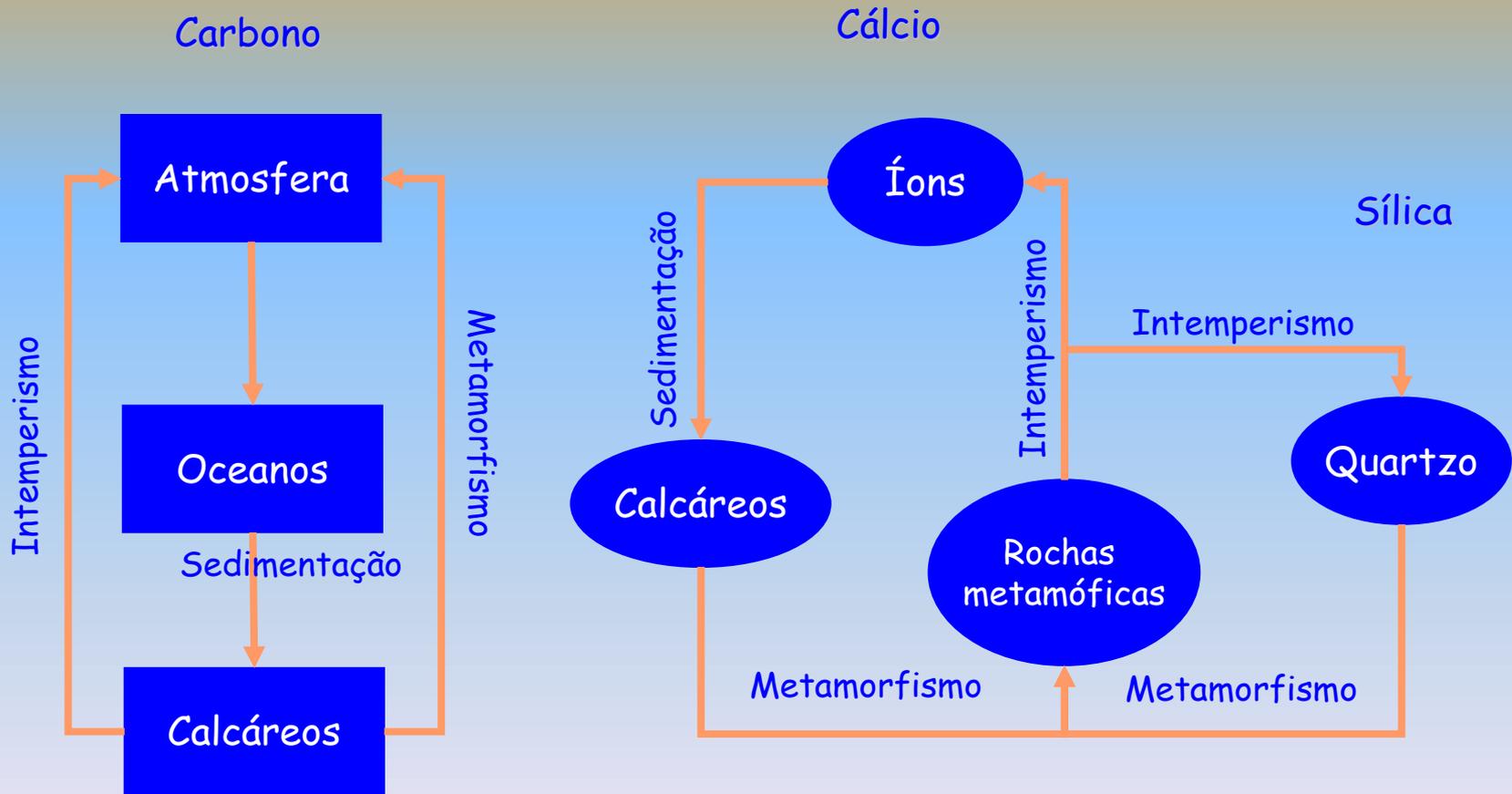


Neste processo, o **calcário** estará na forma **líquida** e reagirá com outros **minerais**, formando **rochas metamórficas** e liberando **CO₂**



O C retorna para a atmosfera na forma de **CO₂** nas **erupções vulcânicas**

Ciclo Geológico: o C se movimenta entre rochas, minerais, águas e sedimentos marinhos e atmosfera

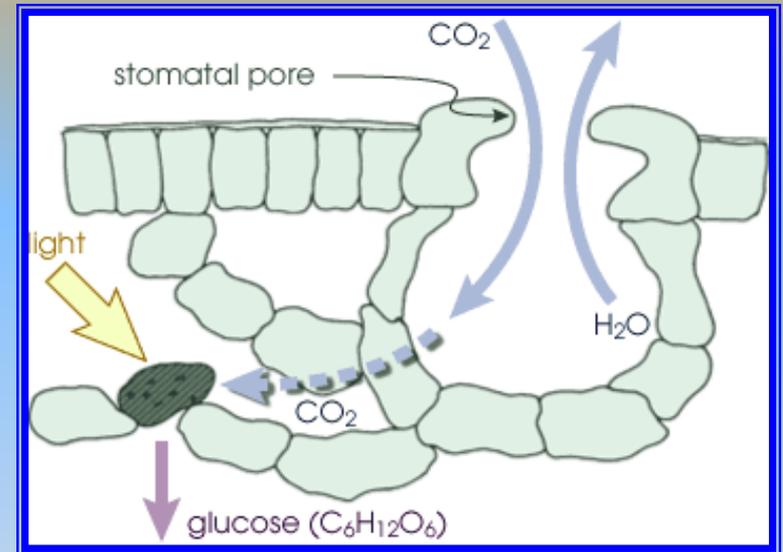


opera ao longo de milhões de anos

Ciclo Biológico e Físico do C: fotossíntese e respiração

Biota: tem um papel importante nos movimentos de **entrada e saída do C na terra e oceanos** pelos processos de fotossíntese e respiração

Isto por que



Praticamente todas as formas de vida dependem da **produção de açúcares** a partir da **E solar** e o **CO₂** (**fotossíntese**) e o **metabolismo** (**respiração**) dos mesmos para produzir **E química** para o **crescimento e reprodução**

Esclarecimento: a Amazônia não é o pulmão do mundo!!!!!!

A manutenção da floresta é fundamental para o clima, mas a floresta consome quase todo o oxigênio que produz. O pulmão do mundo são as algas marinhas.

A Amazônia não produz 20% do oxigênio do mundo. O fato é que todas as selvas e bosques do planeta, juntos, produzem 24%; porém a floresta consome praticamente tudo.

Na verdade, são as **algas marinhas que fazem a maior parte desse trabalho, **liberando para a atmosfera quase 55% de todo o oxigênio produzido no planeta.****

Florestas como a Amazônia, segundo os cientistas, são ambientes em clímax ecológico. Isso quer dizer que elas consomem todo, ou quase todo o oxigênio que produzem.

As estimativas variam, mas todas indicam que a **parcela de oxigênio excedente fornecida pela Amazônia para o mundo é bem pequena. É que, além de produzir oxigênio na fotossíntese (enquanto **sequestram gás carbônico da atmosfera** e o transformam em matéria-prima para galhos e folhas), **as árvores também respiram, consumindo oxigênio e liberando gás carbônico.****

No fim, a relação entre produção e consumo tende a ficar no empate.

Estes processos têm um papel importante no Ciclo Geológico:

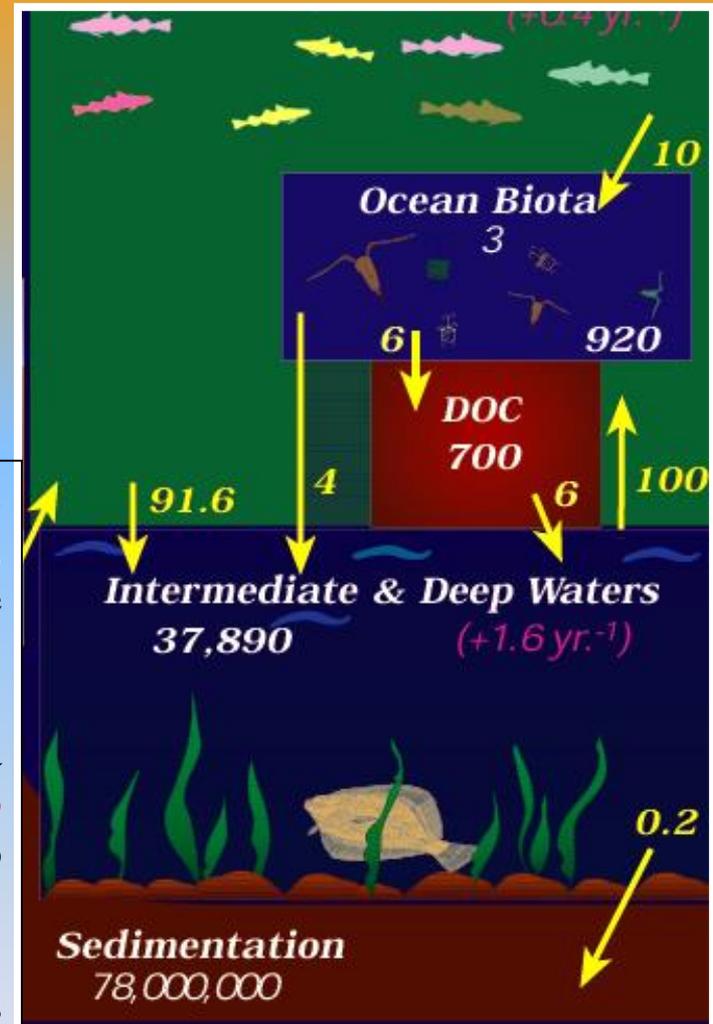
Nos oceanos:

parte do C absorvido pelo **fitoplâncton** é utilizado na **produção de conchas de carbonato de cálcio** e deposita-se no fundo do mesmo na forma de **sedimentos**

Estima-se que cerca de **30% do carbono emitido pelas atividades humanas** é **sequestrado pelos oceanos**, contribuindo, dessa forma, para retardar a velocidade do **aquecimento global**.

Uma das formas de absorção é denominada de bomba biológica. Organismos como o **fitoplâncton marinho** **utilizam o CO₂ para realizar a fotossíntese**, convertendo material inorgânico em orgânico e oxigenando a água

A clorofila presente no corpo do fitoplâncton colore as águas superficiais e pode ser detectado por meio de satélites.

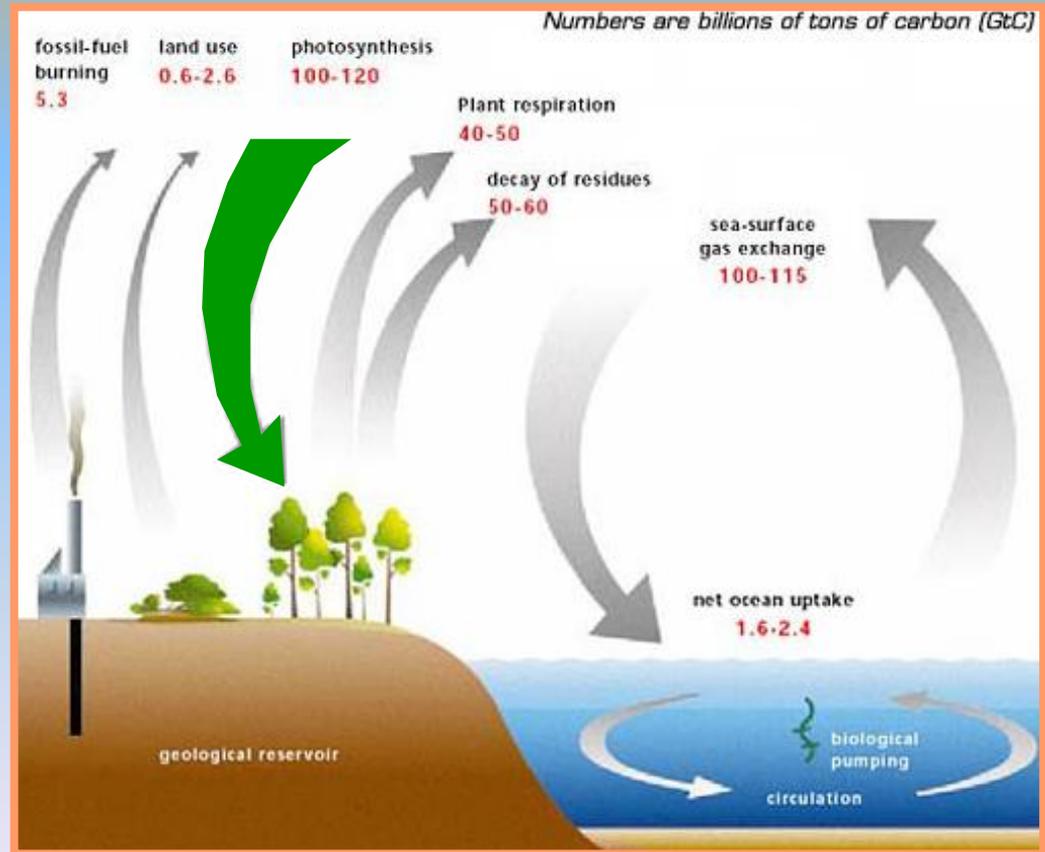


Erroneamente, considera-se a Amazônia como o pulmão do mundo. Na verdade, **o fitoplâncton marinho é o verdadeiro pulmão do mundo**, pois **libera para a atmosfera grande quantidade de oxigênio**. O fitoplâncton **produz mais de 50%** de todo o **oxigênio da Terra** e **absorve até 30% do dióxido de carbono** emitido pelo homem.

Nos períodos em que a **fotossíntese** excede a **respiração**:

matéria orgânica é acumulada lentamente formando depósitos de **carvão e óleo** (ao longo de milhões de anos)

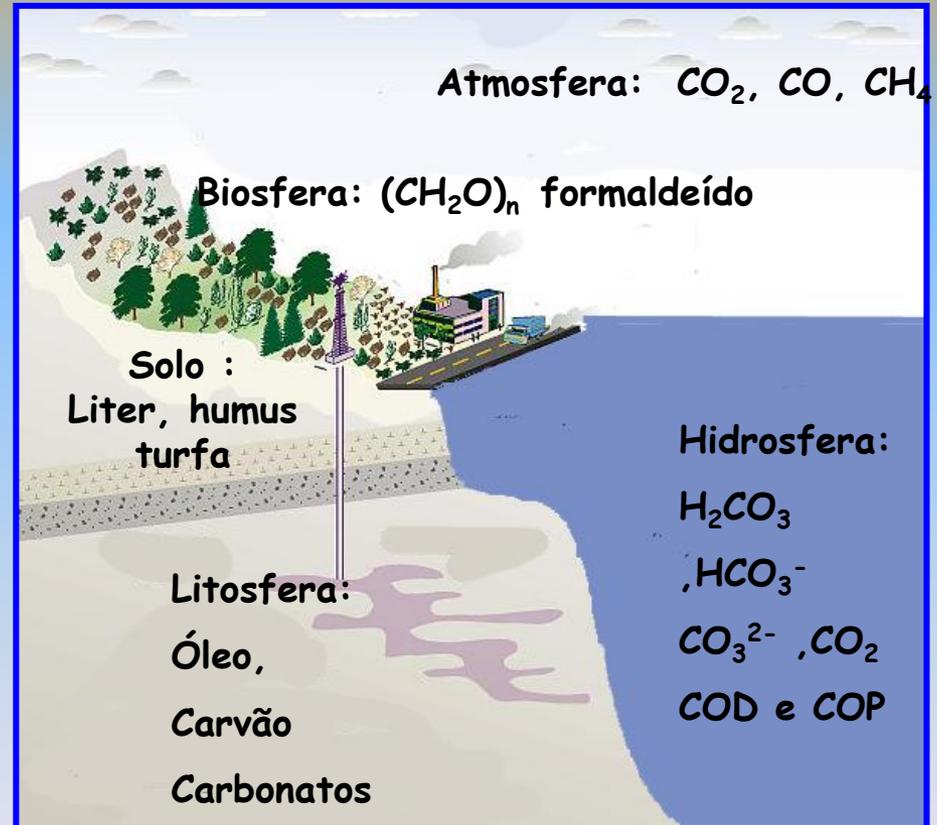
O processo biológico representa uma **remoção de CO₂ da atmosfera** e um **armazenamento de C nos sedimentos**



Principais reservatórios e Fluxos de Carbono

Reservatórios:

- Biosfera: moléculas orgânicas dos organismos vivos e mortos
- Atmosfera: CO_2 , CO e CH_4
- Solos: matéria orgânica
- Litosfera: combustíveis fósseis e depósitos de rochas sedimentares
- Oceanos: CID , COD , COP e carbonato de cálcio das conchas dos organismos marinhos

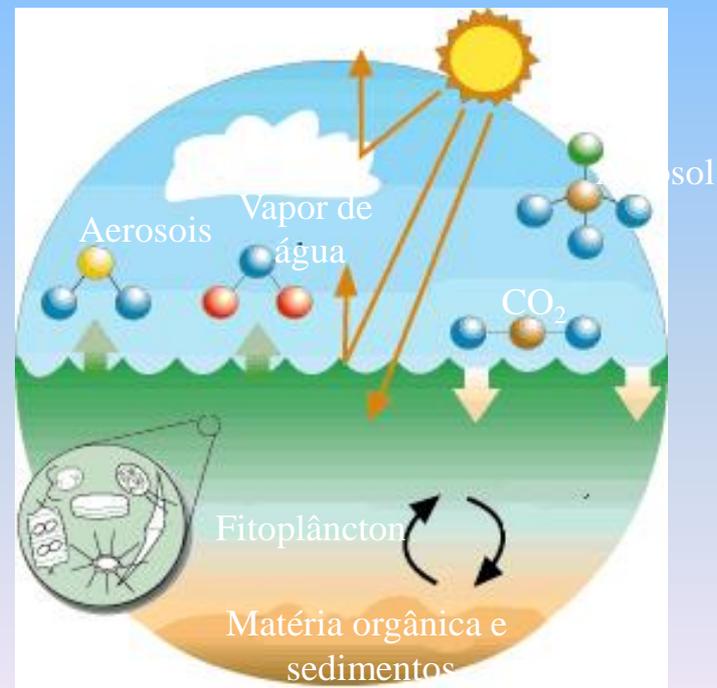


Principais vias de troca entre reservatórios:

Ecosistemas marinhos

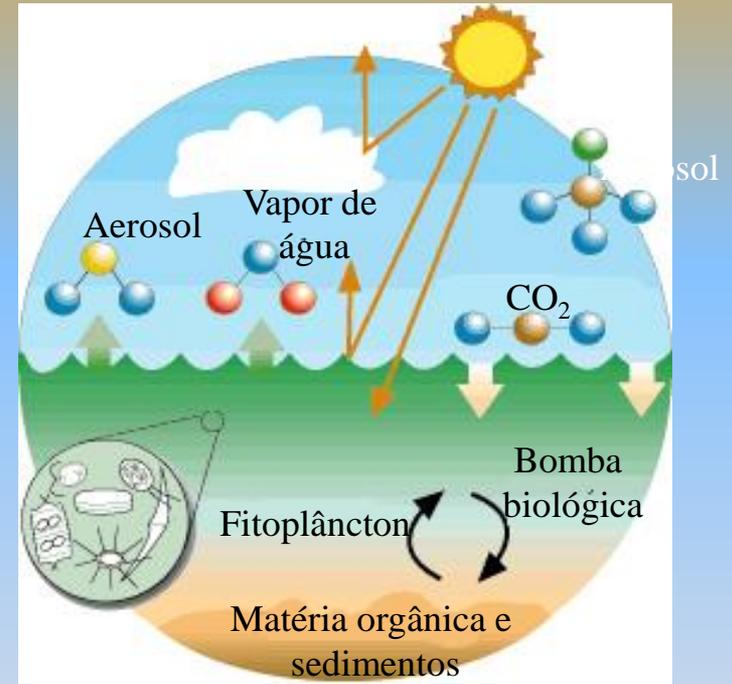
Têm um papel importante na **remoção de CO₂ da atmosfera**:

**Os oceanos são o maior reservatório
do ciclo global do C**



Ecossistemas Marinhos

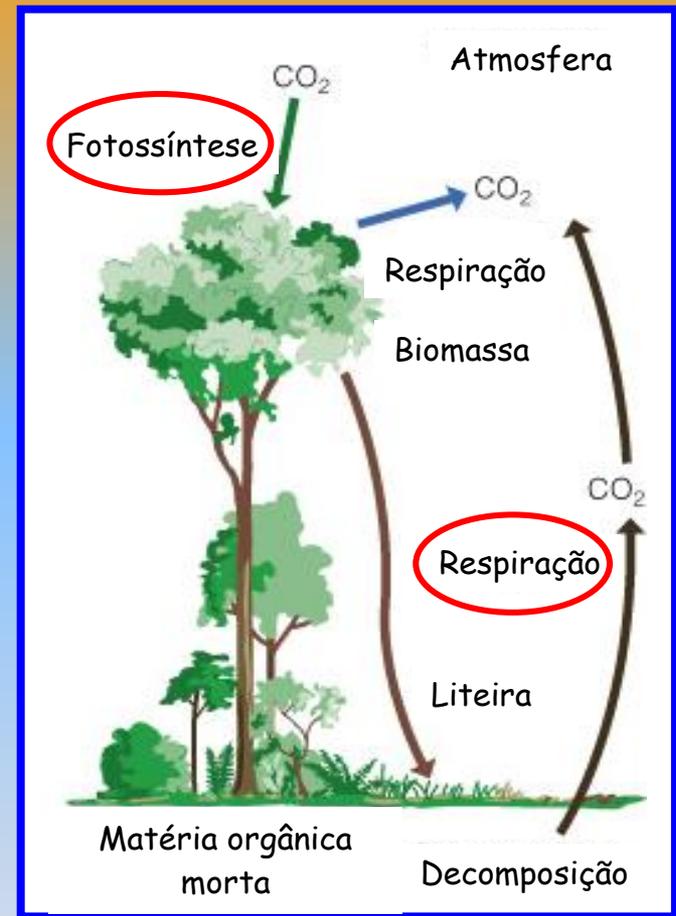
- ❖ Nas regiões mais superficiais dos oceanos e mares (~100 m) com incidência de luz solar, **a fotossíntese** efetuada pelo fitoplâncton é uma **fonte de O_2** e um **sumidouro de CO_2** e **nutrientes** como por exemplo o **fósforo**
- ❖ Os **excrementos fecais e os organismos mortos** sedimentam no fundo dos oceanos, onde são decompostos **liberando CO_2** e **consumindo O_2** .



Ecossistemas terrestres:

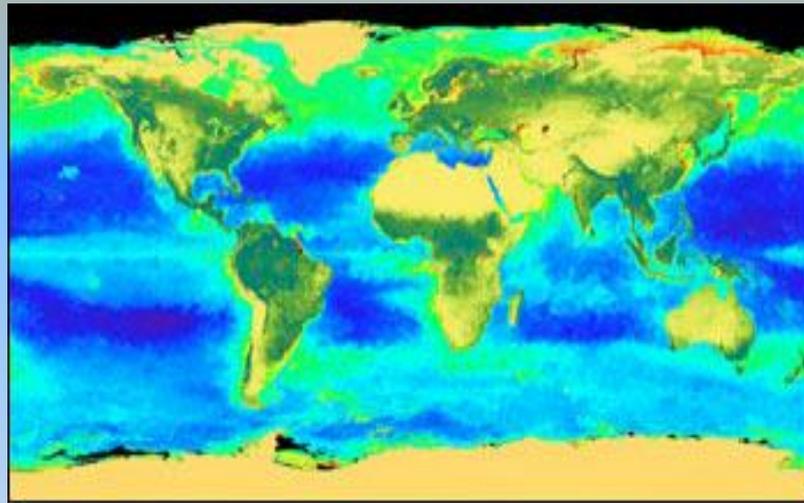
principal troca de C entre a terra e a atmosfera, resulta dos processos de **fotossíntese** e **respiração**

Período diurno da estação de crescimento: as **folhas absorvem E solar e CO₂** da atmosfera. Paralelamente, **plantas, animais e a microbiota consomem a matéria orgânica** e **liberam CO₂** para a atmosfera.

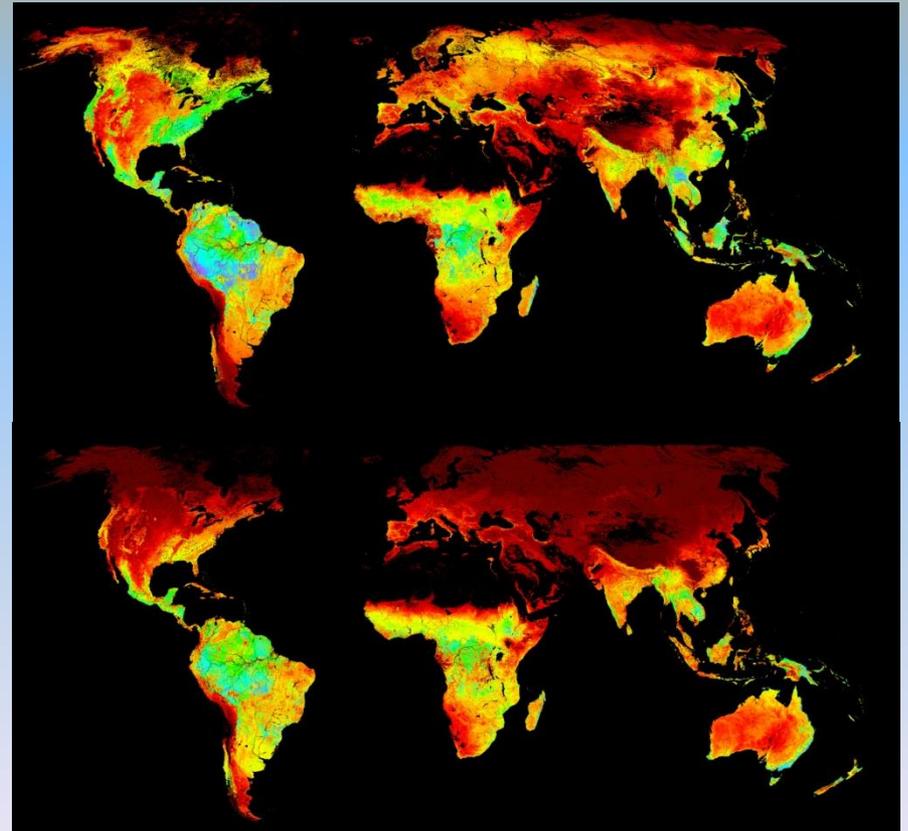
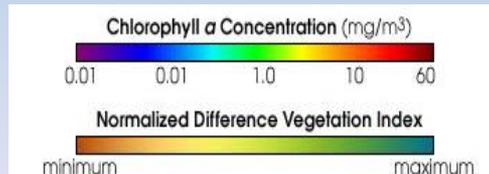


Durante os períodos de **seca e frio**, o fluxo de CO₂ é drasticamente diminuído

A quantidade de C que se movimenta entre a atmosfera e a terra (e vice-versa) apresenta, portanto oscilações anuais, as quais se refletem no conteúdo de CO_2 na atmosfera



September 2000



O balanço entre **intemperismo, subjugação e vulcanismo** tem controlado a **concentração de CO_2 na atmosfera** ao longo de centenas de milhões de anos

As análises dos sedimentos mais antigos sugerem que, antes da evolução da vida, a **concentração de CO_2 atmosférico** pode ter sido 100 vezes maior que a presente, provocando um **efeito estufa substancial** durante um período de baixa saída de energia solar

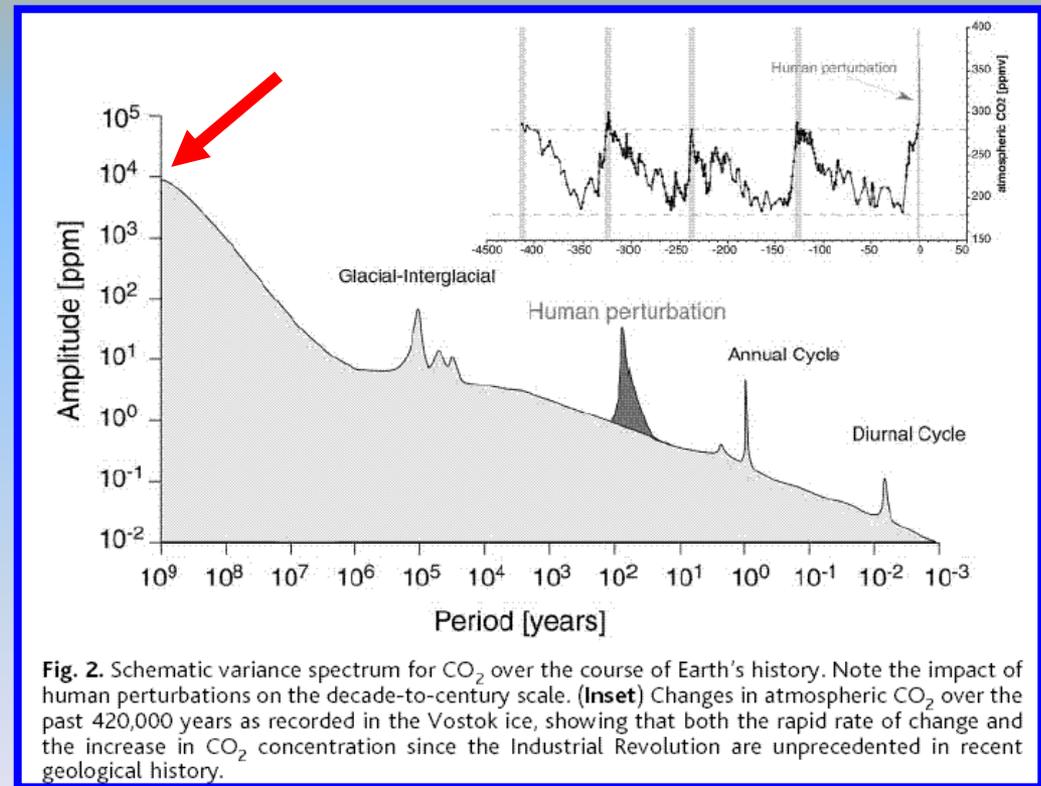
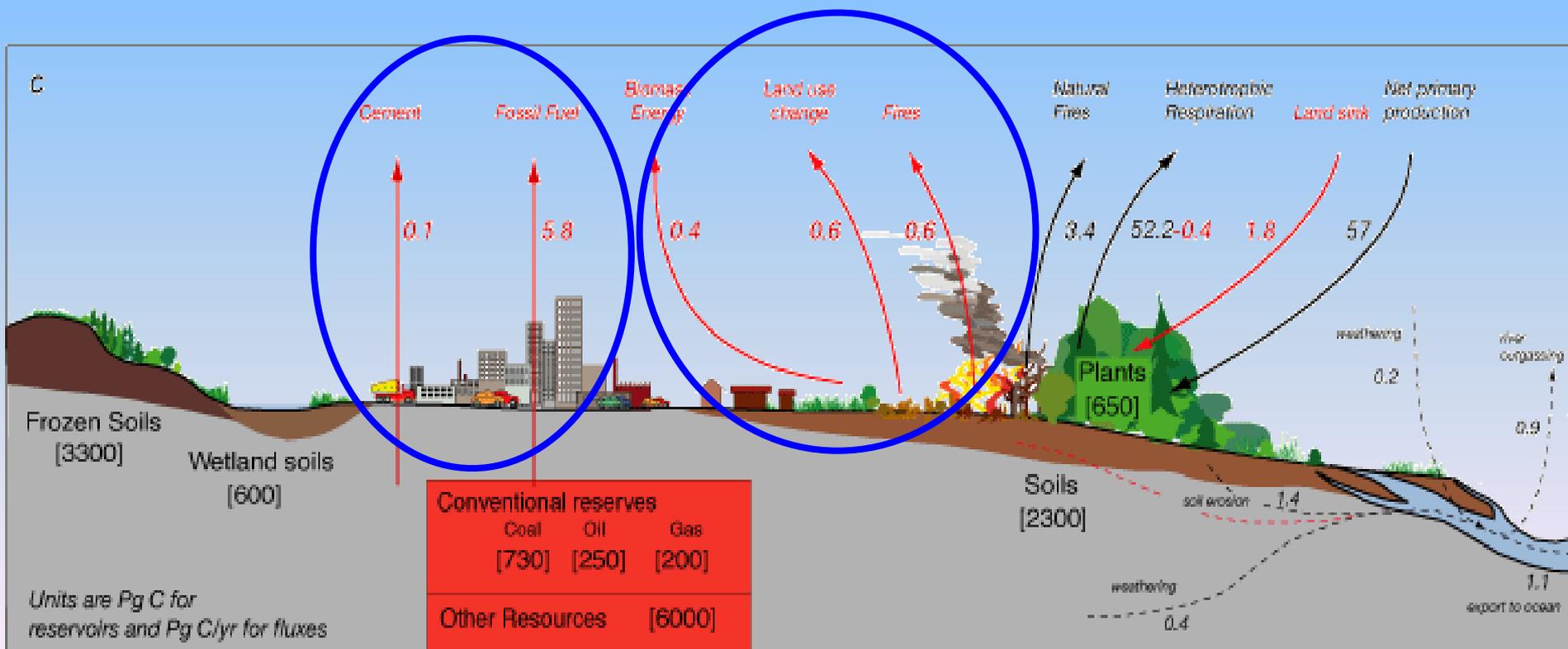
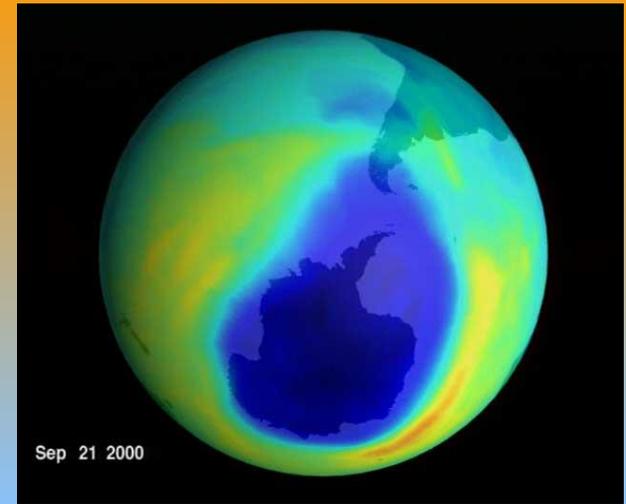
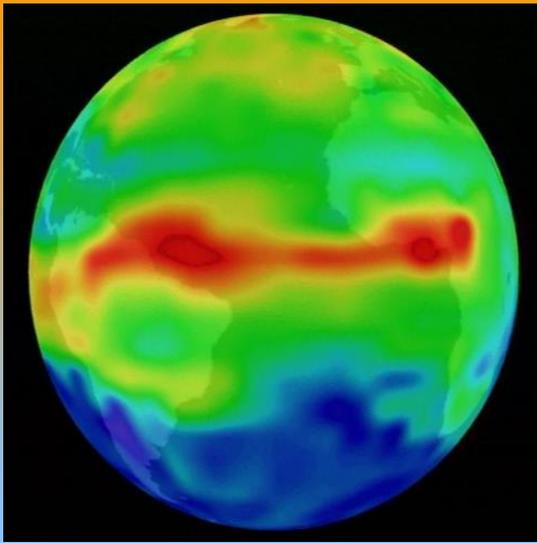


Fig. 2. Schematic variance spectrum for CO_2 over the course of Earth's history. Note the impact of human perturbations on the decade-to-century scale. (Inset) Changes in atmospheric CO_2 over the past 420,000 years as recorded in the Vostok ice, showing that both the rapid rate of change and the increase in CO_2 concentration since the Industrial Revolution are unprecedented in recent geological history.

Alterações antrópicas dos reservatórios e fluxos

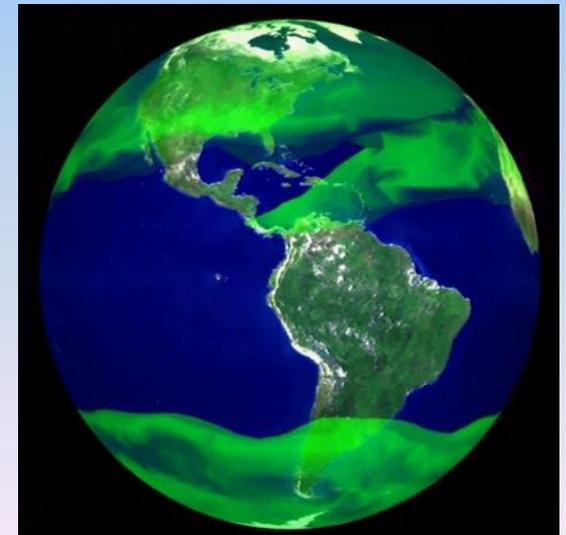
As atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, produção de cimento e mudanças na cobertura e uso do solo, vêm modificando o ciclo do C, fundamentalmente pelo **aumento da concentração de CO₂ na atmosfera**





Alterações antrópicas dos reservatórios e fluxos

O que é aquecimento global ?

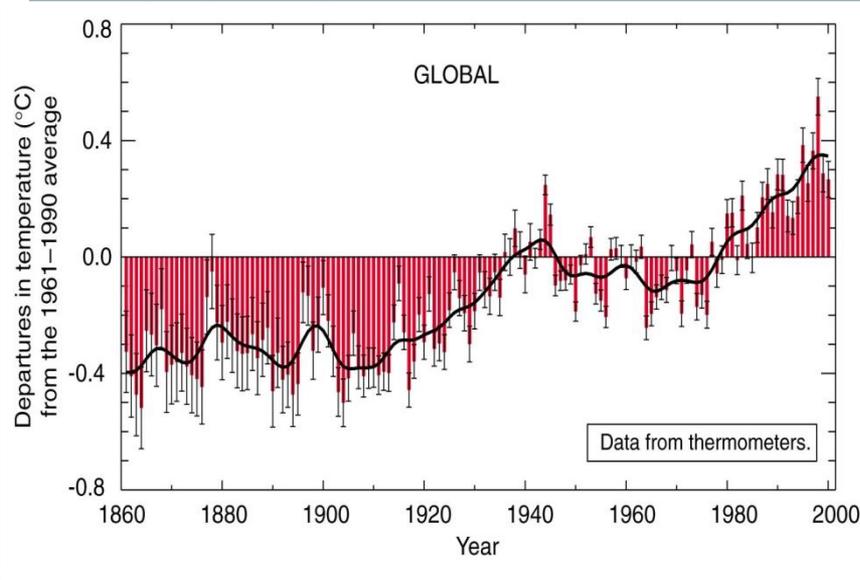
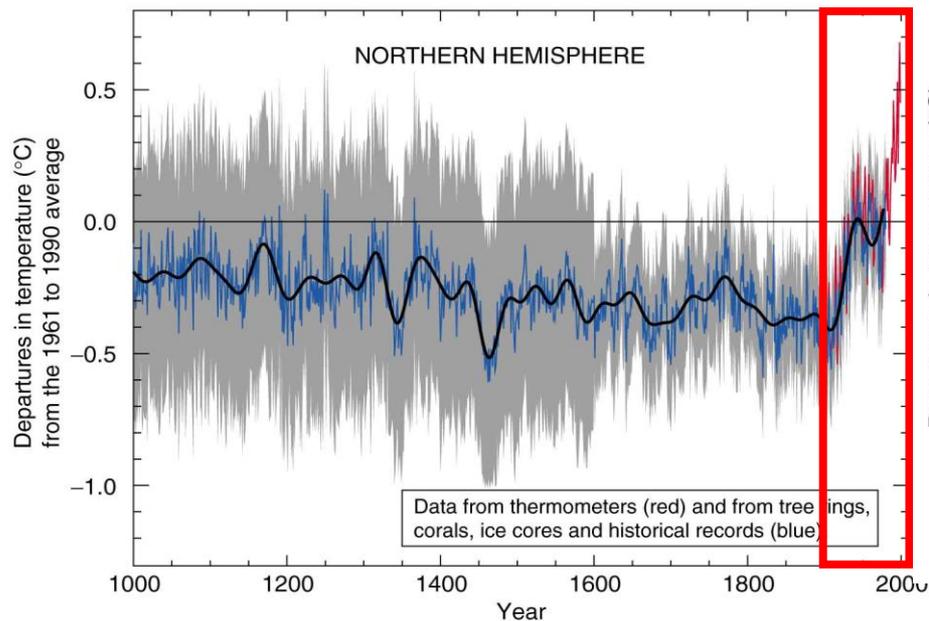


- Desde o começo da revolução industrial (meados do século XVIII), o impacto das atividades humanas, principalmente aquelas que envolvem a queima de combustíveis fósseis e biomassa, resultaram na produção de gases e aerossóis que afetam a composição da atmosfera
- A queima de combustíveis fósseis tem causado um grande aumento na taxa de oxidação da matéria orgânica comparada com aquela resultante do processo de intemperismo natural
- Este aumento é um acelerador com um fator de ~ 100 e, portanto, permite concluir que o ciclo do carbono de longo prazo tem sido alterado de forma significativa pelas atividades humanas

Associado a este processo observa-se

Variações da temperatura da superfície terrestre no últimos 1000 anos

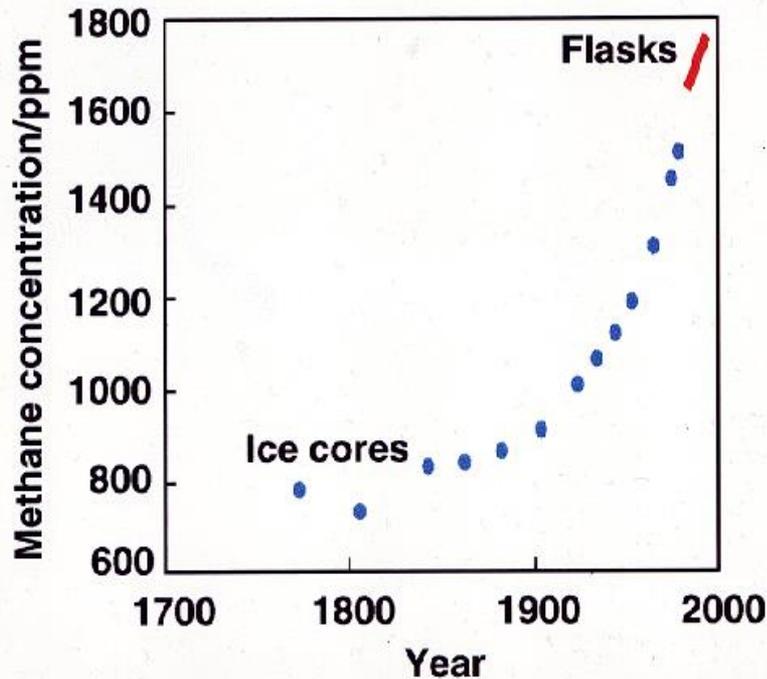
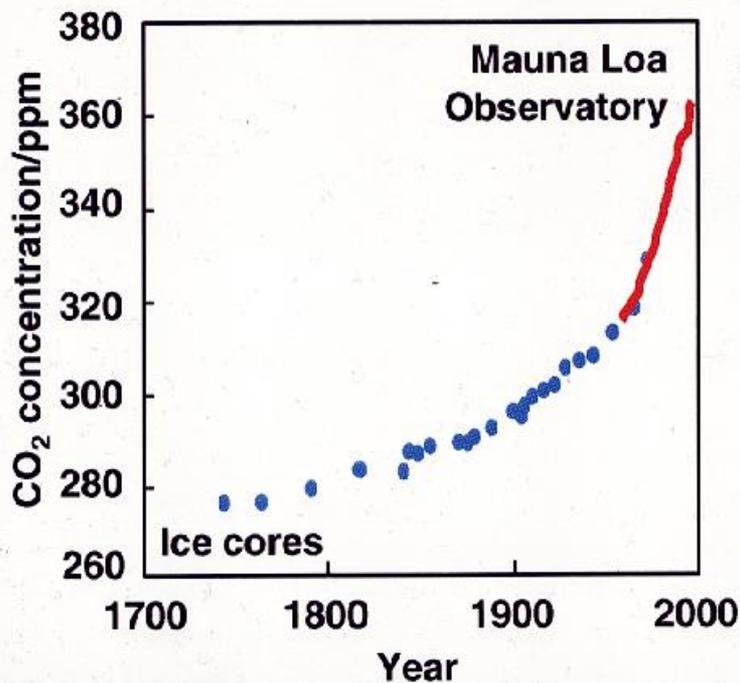
Variações da temperatura da superfície terrestre no últimos 140 anos



Amostras de testemunhos de gelo (Antartica e Groenlândia) e ar em Mauna Loa tem indicado que as **concentrações do CO₂ atmosférico durante a última era glacial (20,000 anos atrás) era apenas metade da atual**

CO₂ aumentou ~33% desde a época pré-industrial e está aumentando ainda a uma taxa sem precedentes, em média 0,4%ano⁻¹

Metano: 100% de aumento



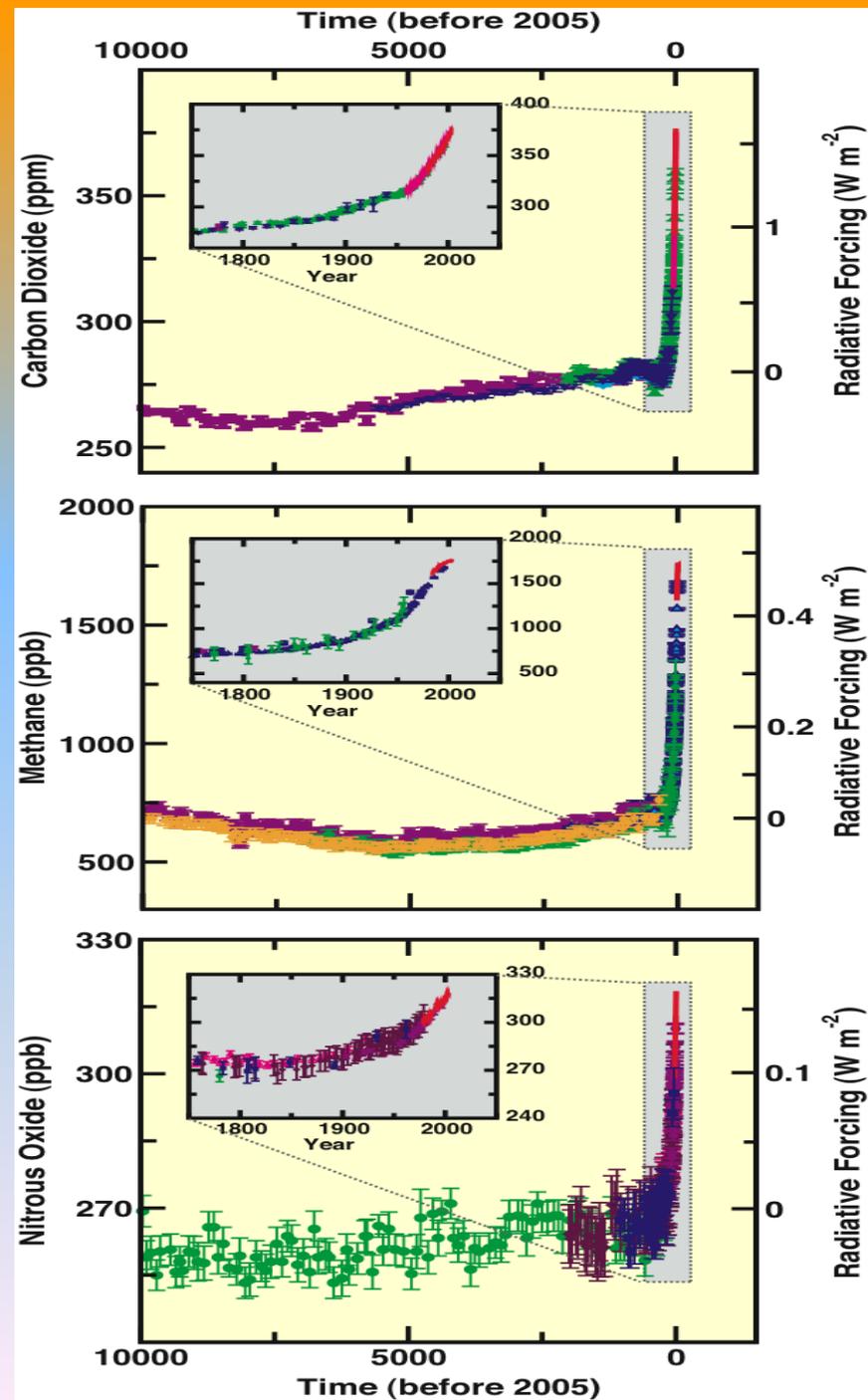
Forçantes naturais e humanos da mudanças climáticas

Concentrações de CO_2 , CH_4 e N_2O

- Excederam muito os valores pré-industrial
- Aumentaram marcadamente desde 1750 devido às atividades humanas

Relativamente pouca variação antes da era industrial

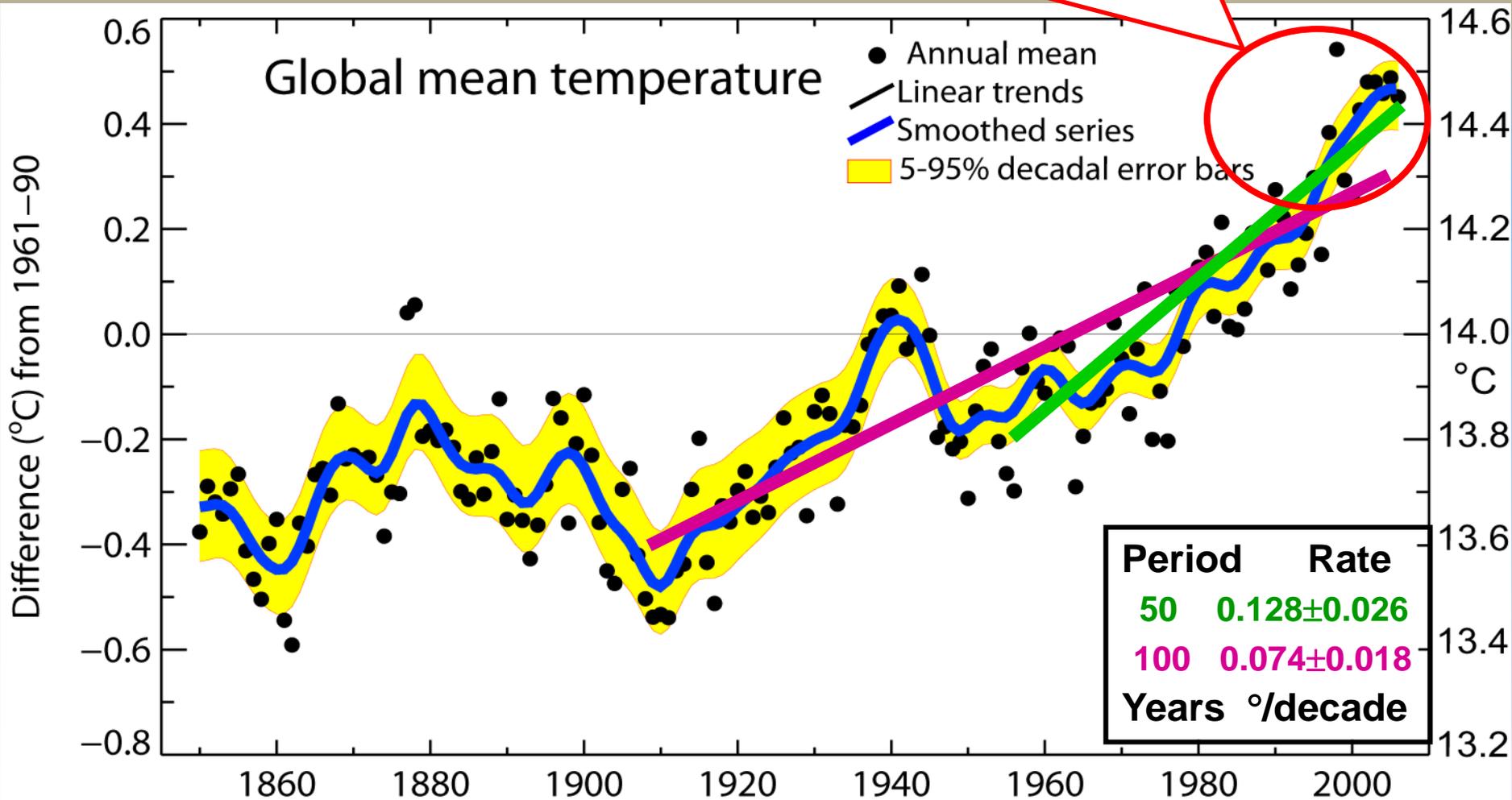
E continuam aumentandooooo!!!!



Temperaturas médias globais estão aumentando mais rapidamente

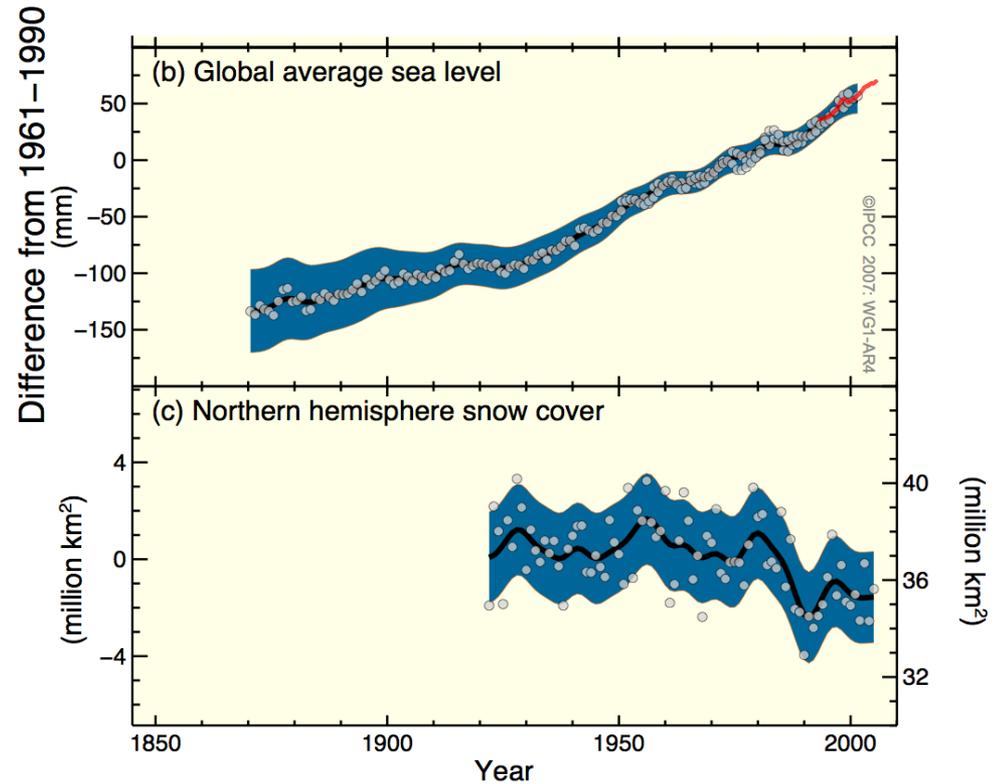
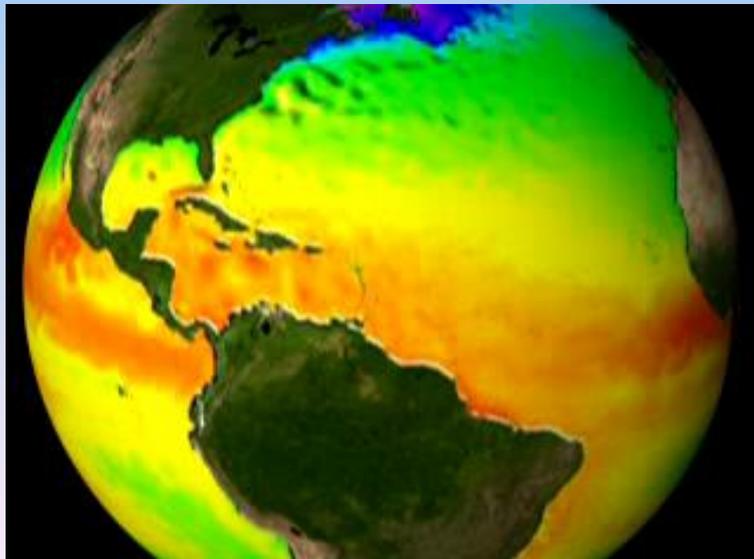
12 anos mais quentes:
1998, 2005, 2003, 2002, 2004, 2006,
2001, 1997, 1995, 1999, 1990, 2000

e 2010

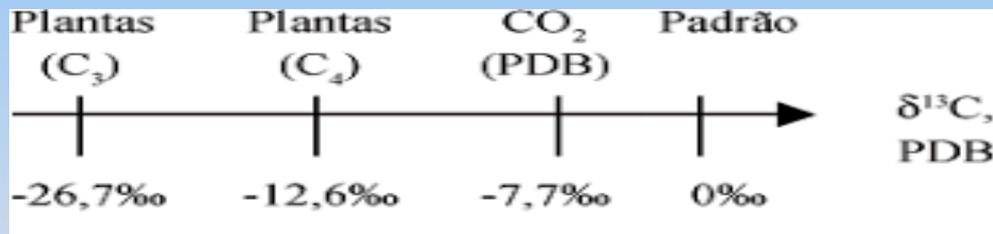
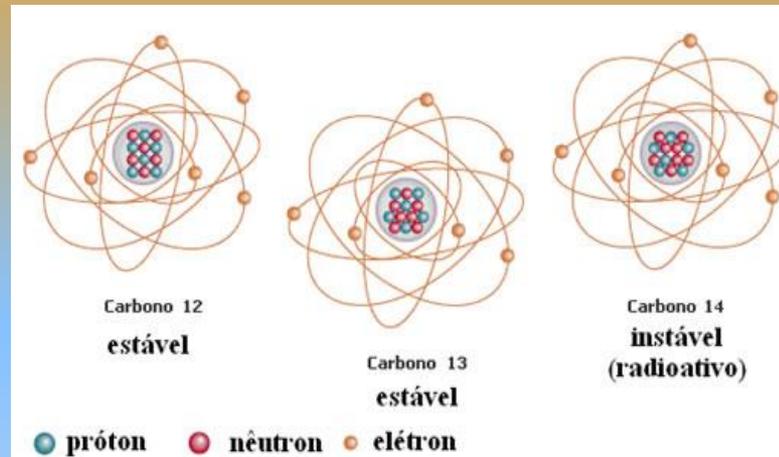


Observações diretas das Mudanças Climática recentes

- Nível médio global do oceano aumentou
- Cobertura de neve do hemisfério norte diminuiu
- E que o oceano ganhou calor desde a metade do século XX



Os isótopos de carbono são átomos de Carbono com o mesmo número atômico, mas com número de massa diferente, ou seja, têm o mesmo número e prótons e elétrons, mas diferem no número de neutrons.



Isótopos de carbono

símbolo nuclídeo	meia-vida
${}^8\text{C}$	$2.0(4) \times 10^{-21}$ s [230(50) keV]
${}^9\text{C}$	126.5(9) ms
${}^{10}\text{C}$	19.290(12) s
${}^{11}\text{C}$	20.334(24) min
${}^{12}\text{C}$	Estável
${}^{13}\text{C}$	Estável
${}^{14}\text{C}$	$5.70(3) \times 10^3$ anos
${}^{15}\text{C}$	2.449(5) s
${}^{16}\text{C}$	0.747(8) s
${}^{17}\text{C}$	193(5) ms
${}^{18}\text{C}$	92(2) ms
${}^{19}\text{C}$	46.2(23) ms
${}^{20}\text{C}$	16(3) ms [14(+6-5) ms]
${}^{21}\text{C}$	<30 ns
${}^{22}\text{C}$	6.2(13) ms [6.1(+14-12) ms]

Variação Natural

$\delta^{13}\text{C}$

Floresta

Pastagem



$\delta^{13}\text{C} = -22 \text{ a } -32\text{‰}$

Vegetação

$\delta^{13}\text{C} = -9 \text{ a } -17\text{‰}$

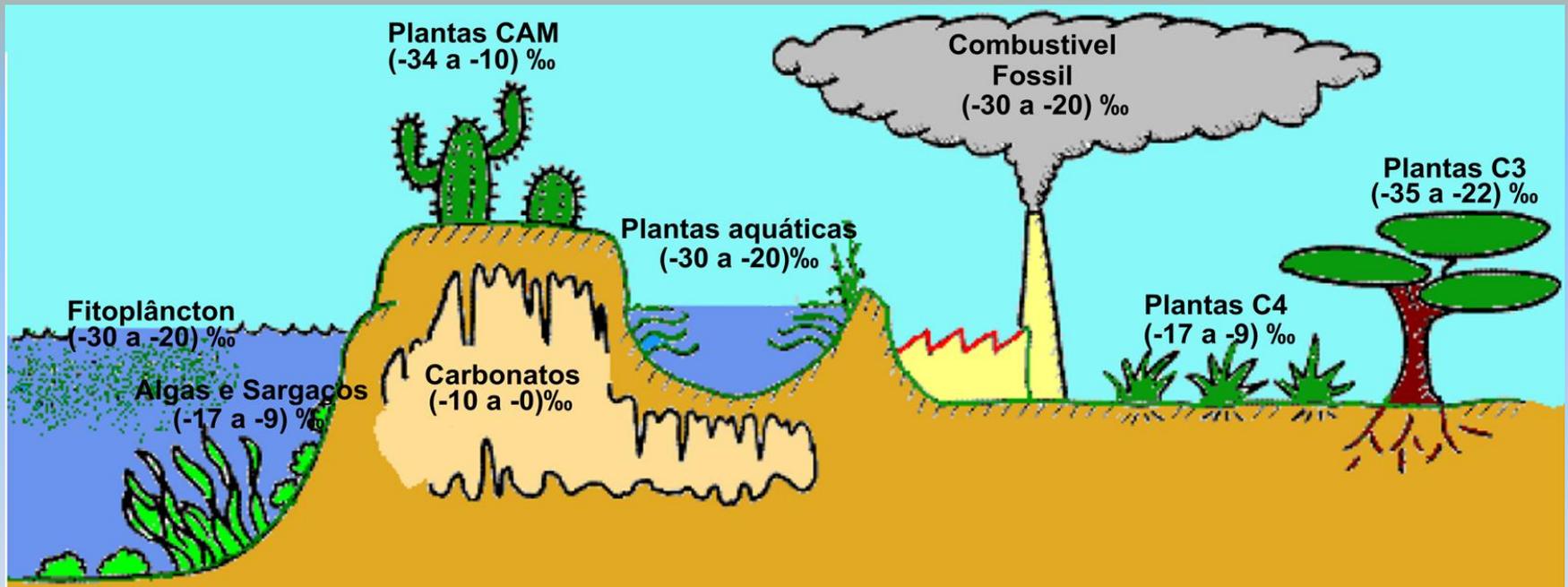
$\delta^{13}\text{C} = -18 \text{ a } -30 \text{ ‰}$

Solo

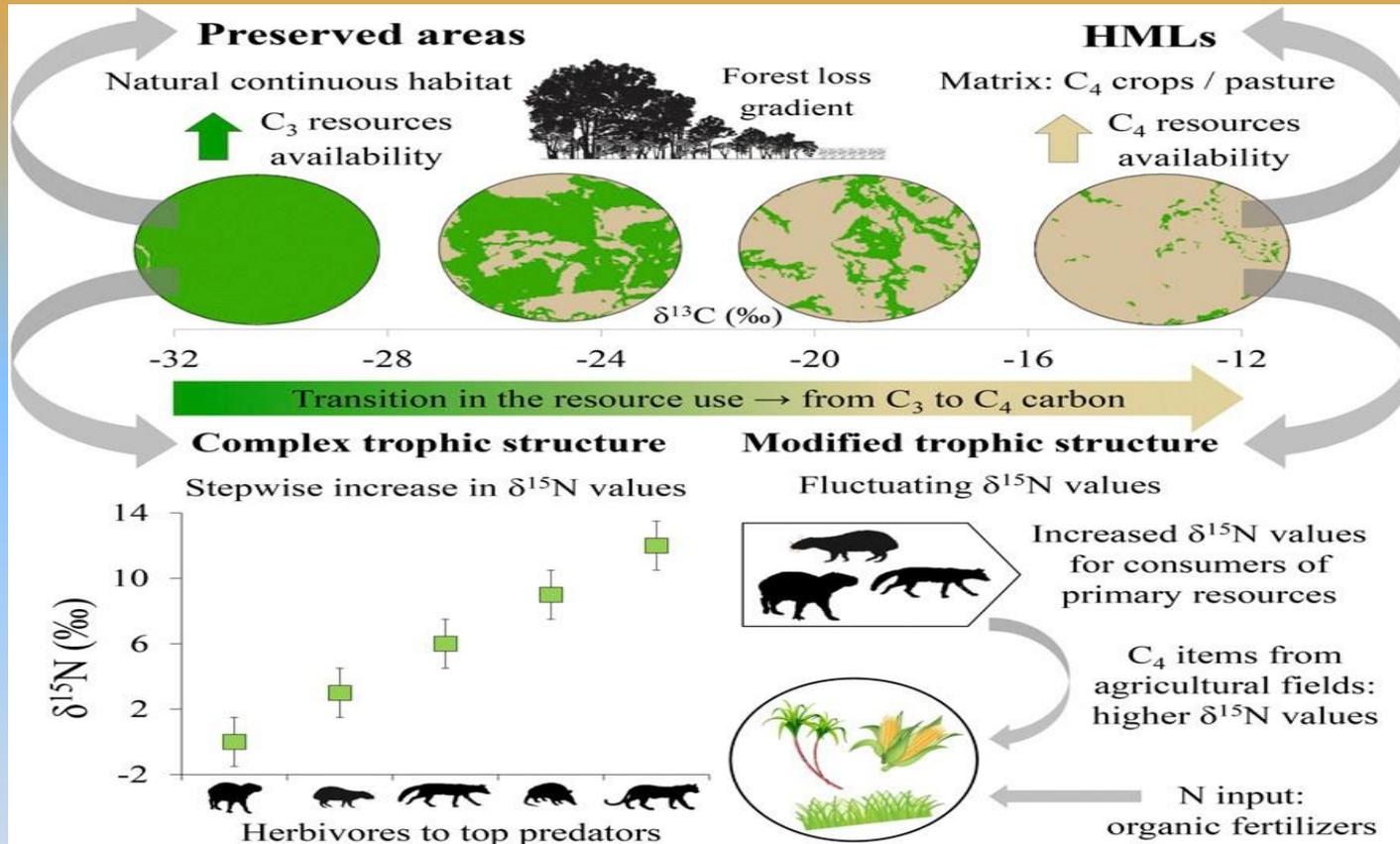
$\delta^{13}\text{C} = -19 \text{ a } -25 \text{ ‰}$

Variação Natural

$\delta^{13}\text{C}$



Human-modified landscapes alter mammal resource and habitat use and trophic structure

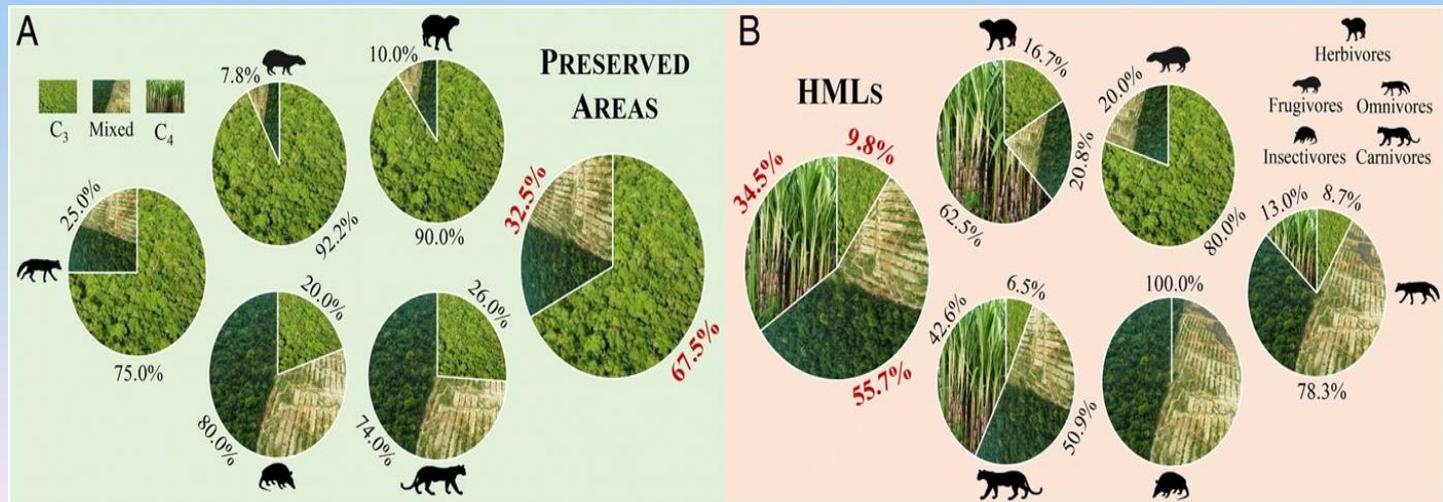
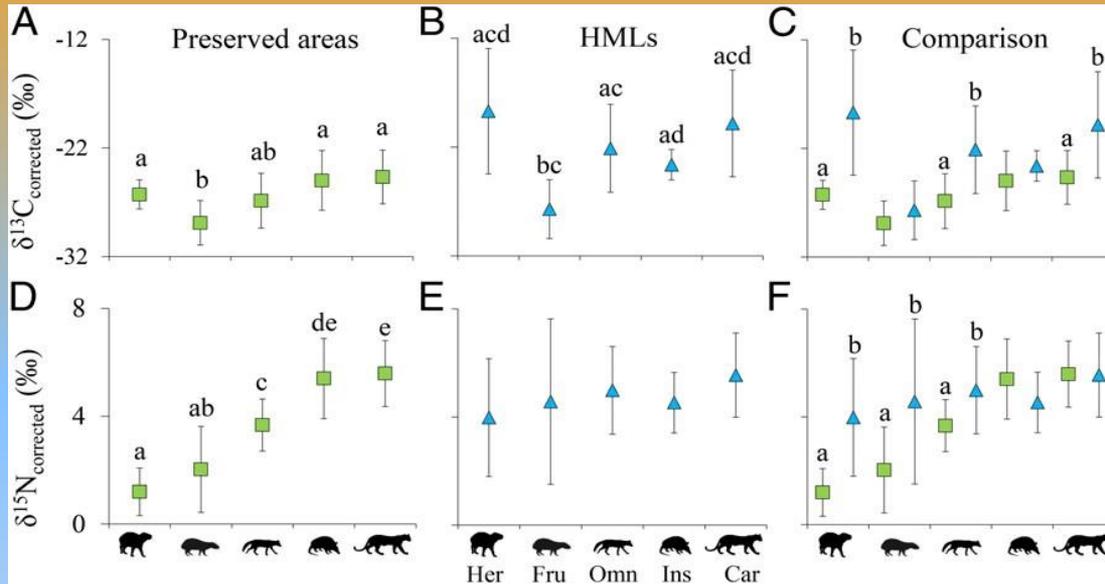


Human-modified landscapes alter mammal resource and habitat use and trophic structure

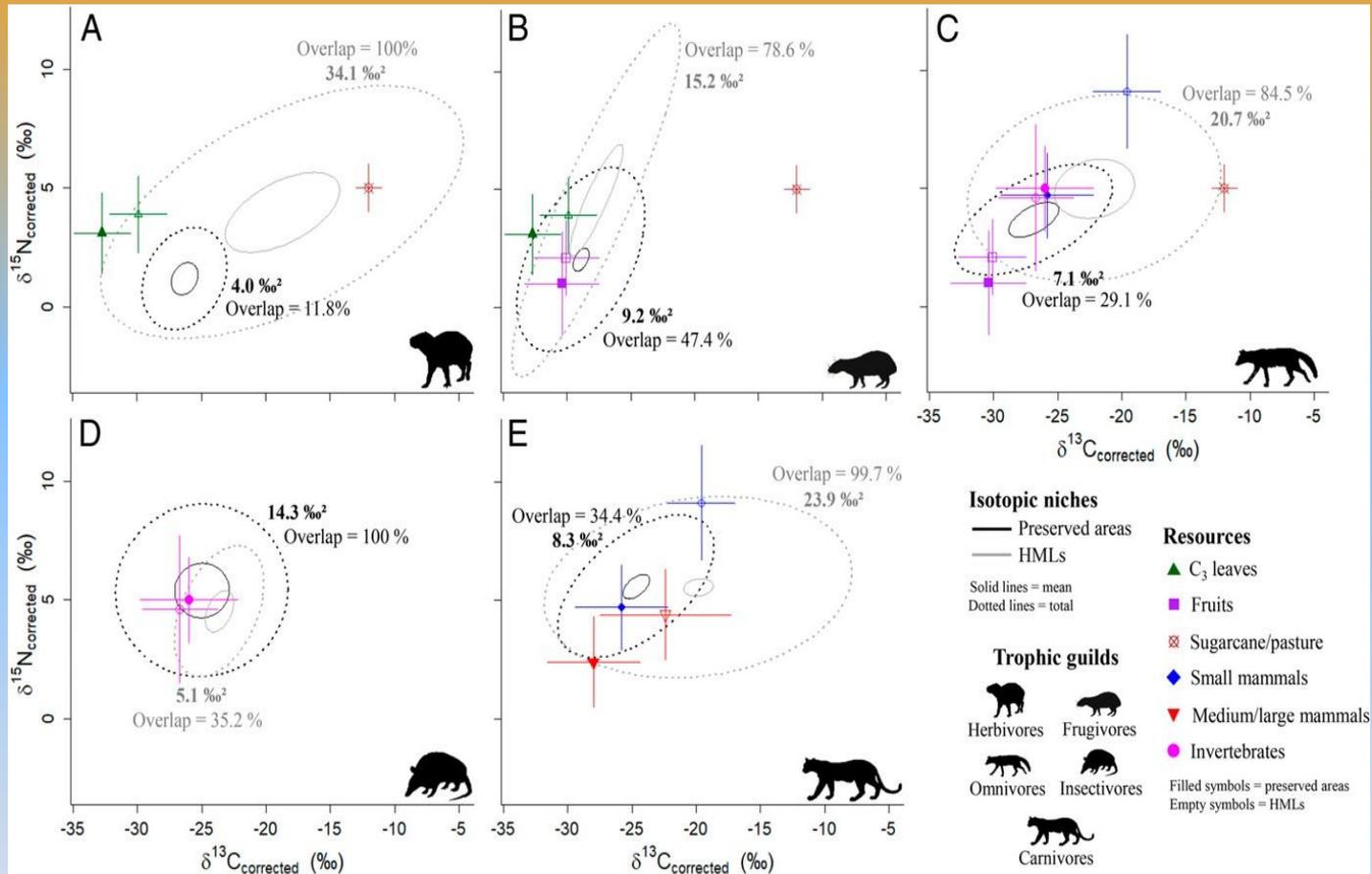
Marcelo Magioli^{a,b,1}, Marcelo Zacharias Moreira^c, Renata Cristina Batista Fonseca^d, Milton Cezar Ribeiro^e, Márcia Gonçalves Rodrigues^f, and Katia Maria Pascholetto Micchi de Barros Ferraz^a

www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.1073/pnas.1904384116/-/DCSupplemental

Human-modified landscapes alter mammal resource and habitat use and trophic structure



Human-modified landscapes alter mammal resource and habitat use and trophic structure



Composição global

gases
concentrações
homogêneas
na troposfera



aerossóis



nuvens

Mitigação das Emissões dos Gases do Efeito Estufa

Dióxido de carbono (CO_2)

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Programa que tem por objetivo a minimização das emissões dos gases do efeito estufa.
- mudança do uso da terra, diminuição da queima de combustíveis fósseis.
- melhoramento da fertilidade do solo.
- produção de combustíveis de outra fonte.

Óxido nitroso (N_2O)

- diminuição da produção e uso de fertilizantes minerais.
- diminuição da queima da biomassa vegetal e do desmatamento.
- práticas adequadas de incorporação dos fertilizantes orgânicos e minerais.

Metano (CH_4)

- melhoramento da nutrição animal.
- melhoramento nas práticas de manejo dos campos de arroz (manejo da água, dos nutrientes, praticas culturais e novos cultivares).
- manejo dos resíduos animais.
- redução da queima da biomassa vegetal.

Cálculos de Cequivalente e CO₂ equivalente

Potencial de Aquecimento Global (PAG) dos gases do Efeito Estufa

$$PAG_x = \frac{a_x \tau_x}{\frac{a_{CO_2} \tau_{CO_2}}{2} \quad 2}$$

a_x ($W/m^2/kg$): capacidade de absorção do infravermelho pelo gás x
gás de referência : CO_2

τ_x (ano): tempo de residência do gás x

CO₂ Equivalente

1 kg CH₄ = 23 kg CO₂

1 kg N₂O = 296 kg CO₂

C Equivalente

1 kg C-CH₄ = 8,4 kg C-CO₂

1 kg N-N₂O = 126,9 kg C-CO₂

Carbono equivalente

Carbono equivalente



$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \rightarrow \quad C\text{-eq} &= C - \text{CO}_2 \times (12/44) \\ &= C - \text{CO}_2 \times 0,27 \end{aligned}$$

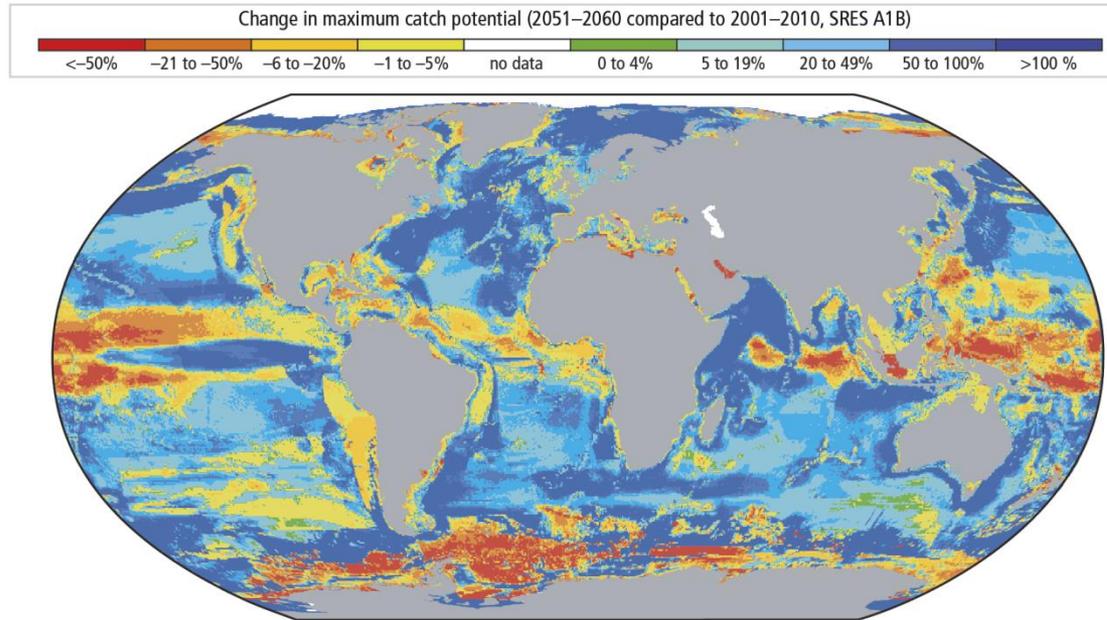
$$\begin{aligned} \text{N}_2\text{O} \rightarrow \quad C\text{-eq} &= N - \text{N}_2\text{O} \times (44/28) \times 296 \times (12/44) \\ &= N - \text{N}_2\text{O} \times 126,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CH}_4 \rightarrow \quad C\text{-eq} &= C - \text{CH}_4 \times (16/12) \times 23 \times (12/44) \\ &= C - \text{CH}_4 \times 8,4 \end{aligned}$$

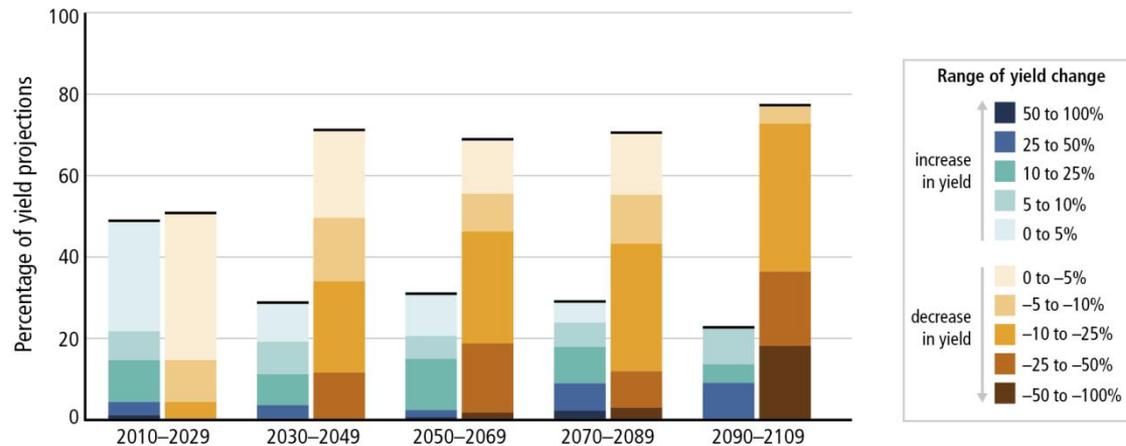
Impactos Globais na Produção Agrícola

Climate change poses risks for food production

(a)

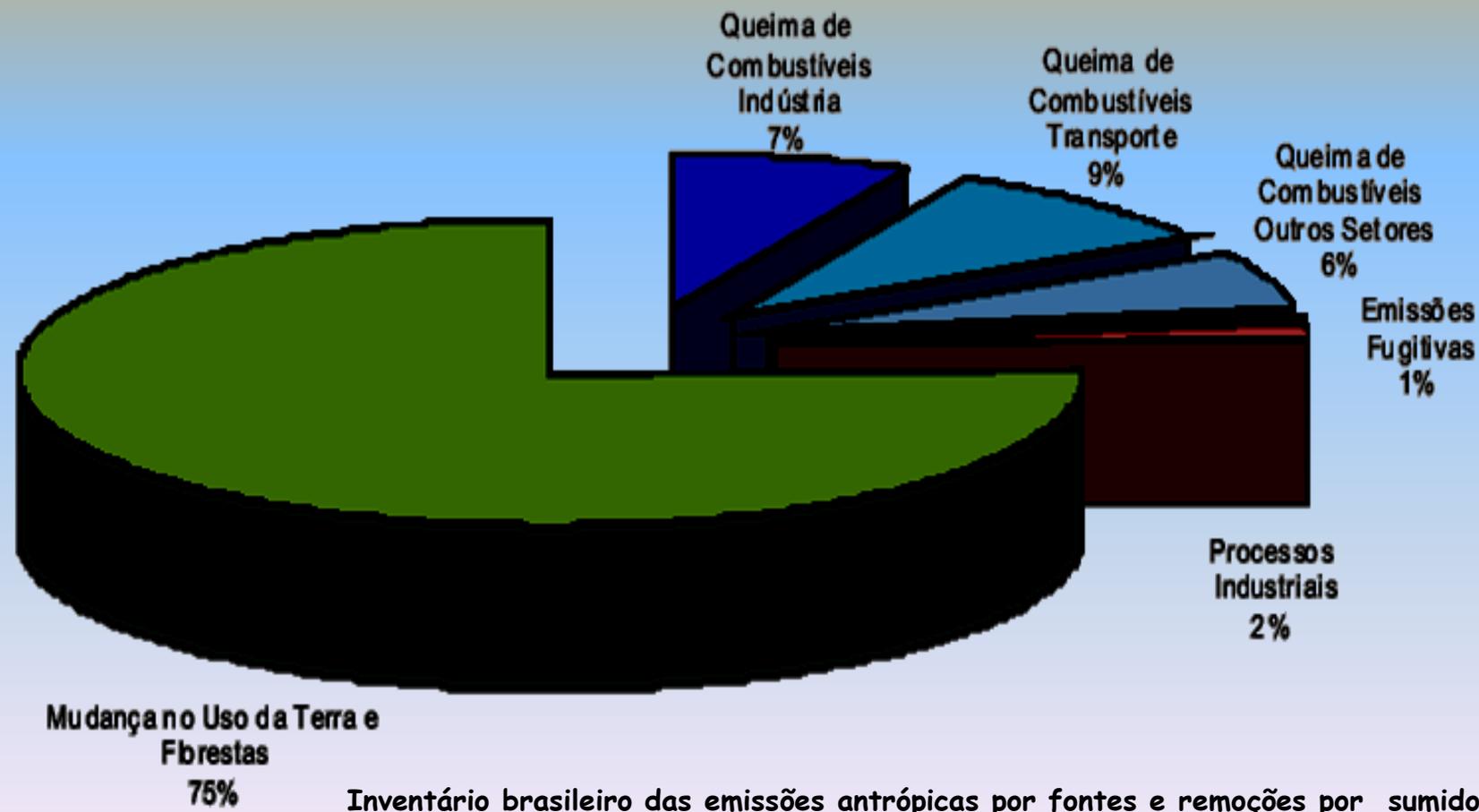


(b)



Interação dos GEE no Brasil x Uso da Terra

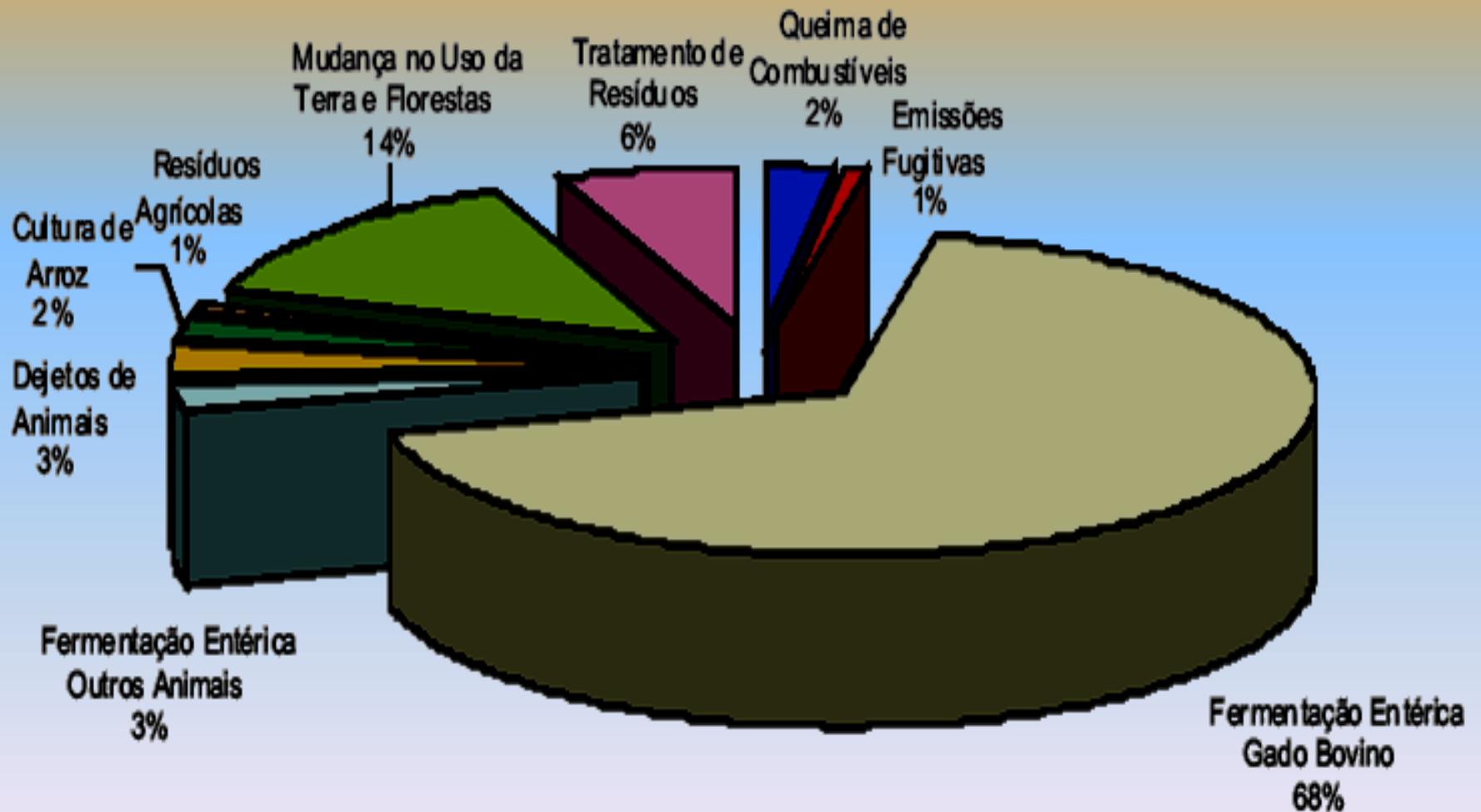
Emissão de CO₂



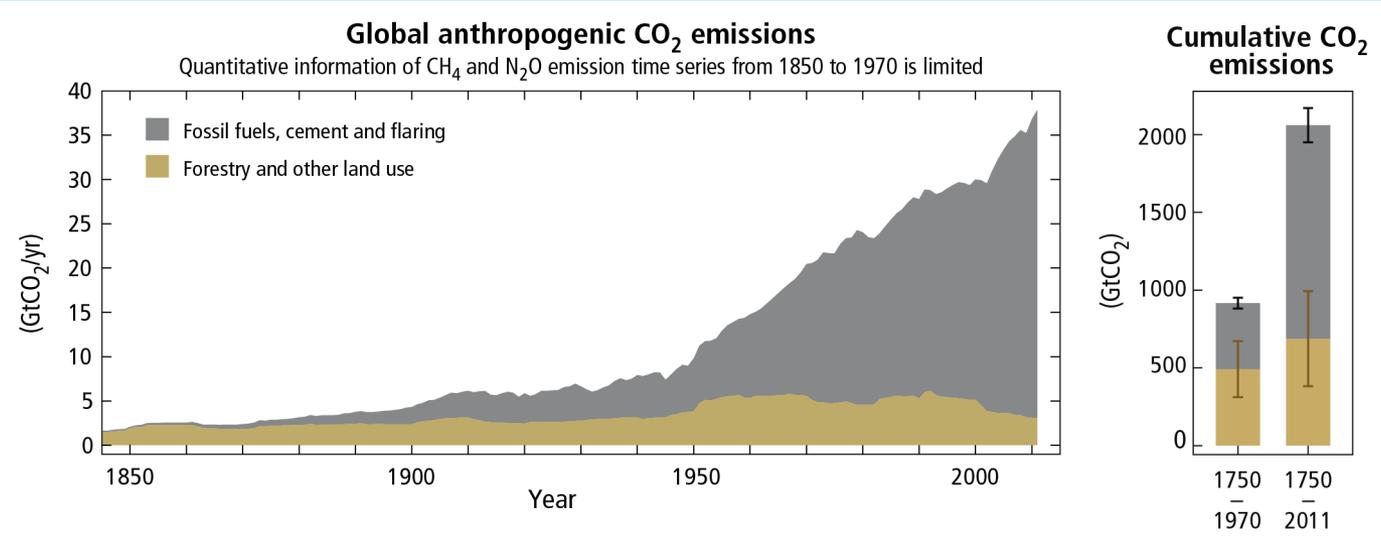
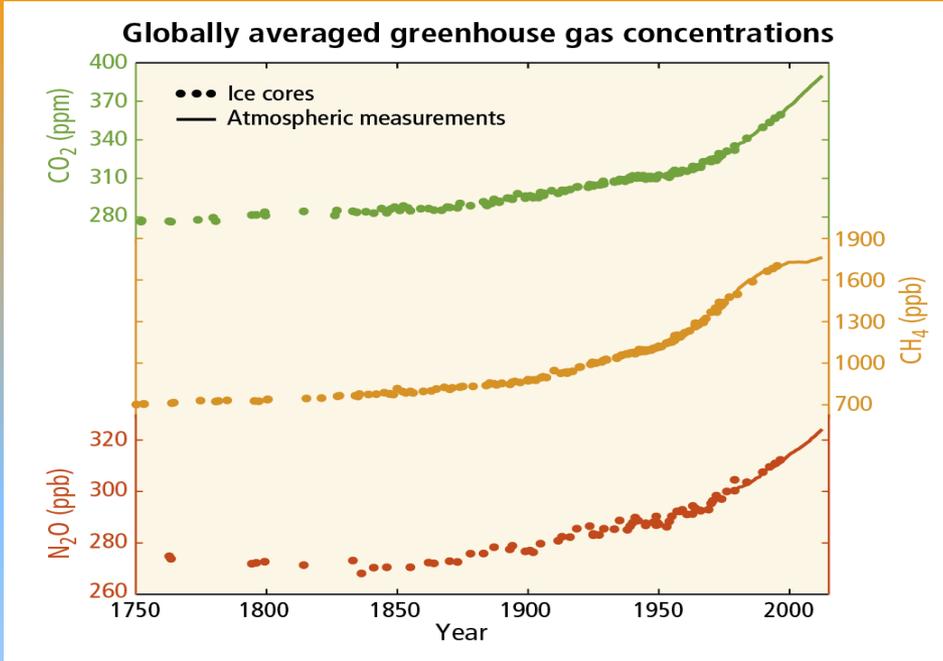
Inventário brasileiro das emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de GEE

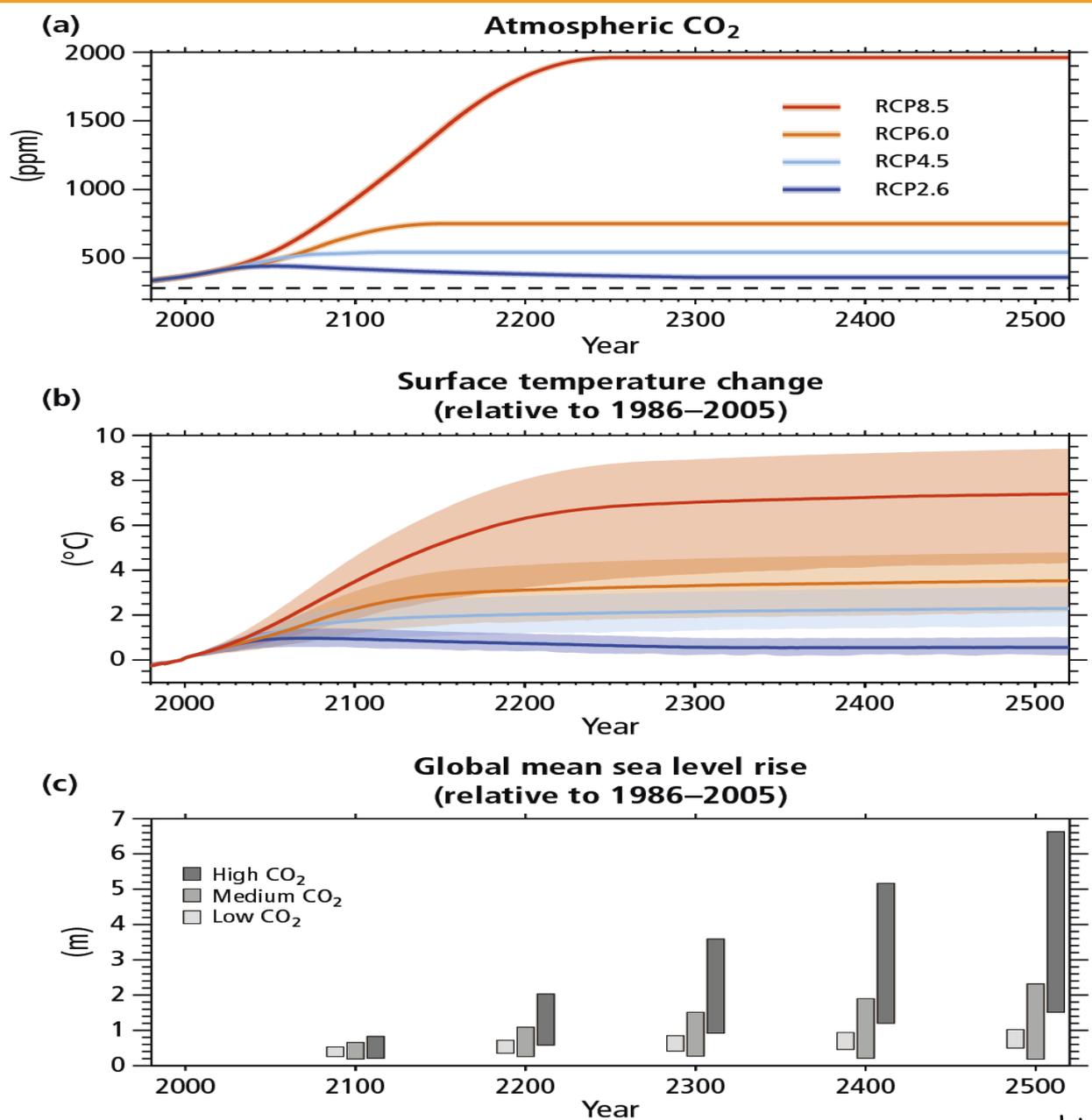
Interação dos GEE no Brasil x Uso da Terra

Emissão de CH_4

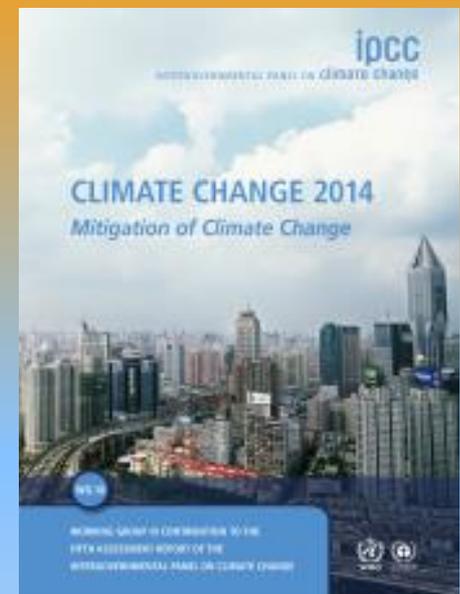
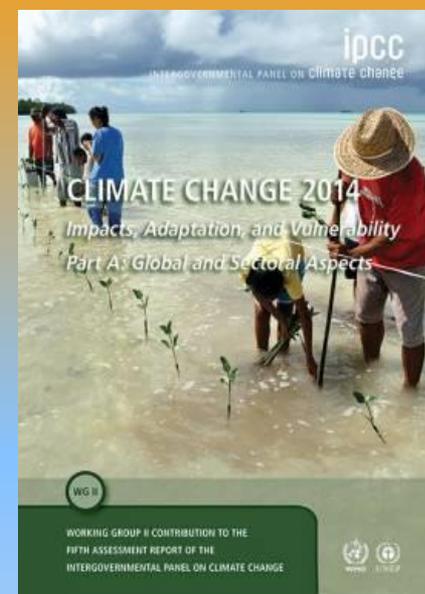
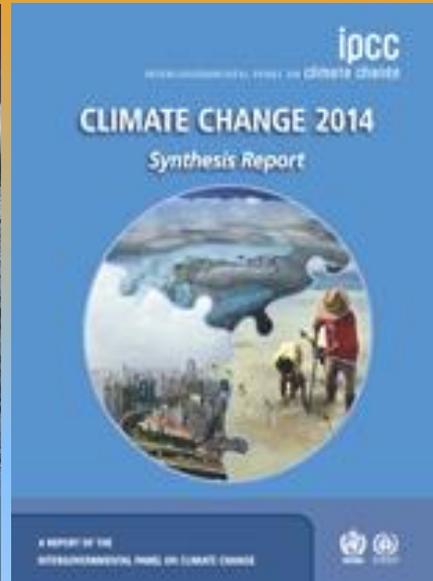
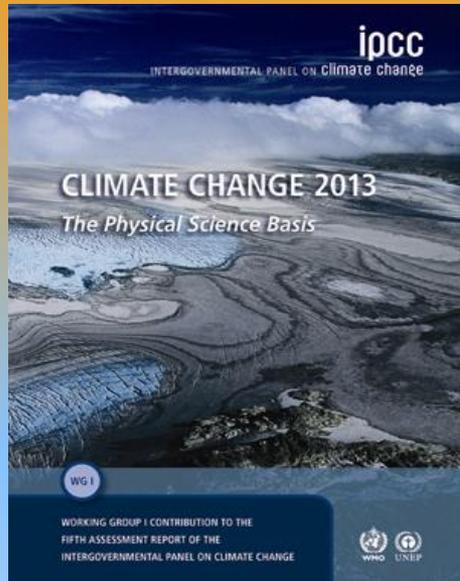


Inventário brasileiro das emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de GEE





Fifth Assessment Report (AR5)



Climate Change and Land 2019

An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems

FAO diz que é preciso adaptar a agricultura às alterações climáticas

17/10/2016 - 12:52

A organização para a Alimentação e a Agricultura das Nações Unidas (FAO) alertou que é urgente ajudar o sector agrícola a adaptar-se às alterações climáticas, que poderão lançar até mais 122 milhões de pessoas na pobreza.



Em 2020...o problema continua.....

Rede de Dados Ambientais do Brasil- **MUITO IMPORTANTE!!!!!!**

Torres que registram trocas de carbono entre a floresta e atmosfera (Brasil e Exterior)

Na Amazônia há 12 torres que registram as trocas de carbono e energia entre a floresta e a atmosfera e medem propriedades de outros ciclos biogeoquímicos, uma iniciativa mantida pelo Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia (LBA), uma bem-sucedida parceria que há mais de duas décadas une pesquisadores do país e do exterior. Fora da região Norte existem poucas torres no território brasileiro, entre as quais uma no pantanal, outra no cerrado, uma terceira nos pampas e uma no interior paulista (Itatinga).

“Essa estrutura de pequena escala não permite fazer uma radiografia nacional, por exemplo, das emissões e da captura de CO₂ atmosférico”, diz Artaxo. “Na Europa e Estados Unidos há centenas de torres que fornecem uma radiografia do que está acontecendo com o funcionamento dos ecossistemas em decorrência das mudanças climáticas.”

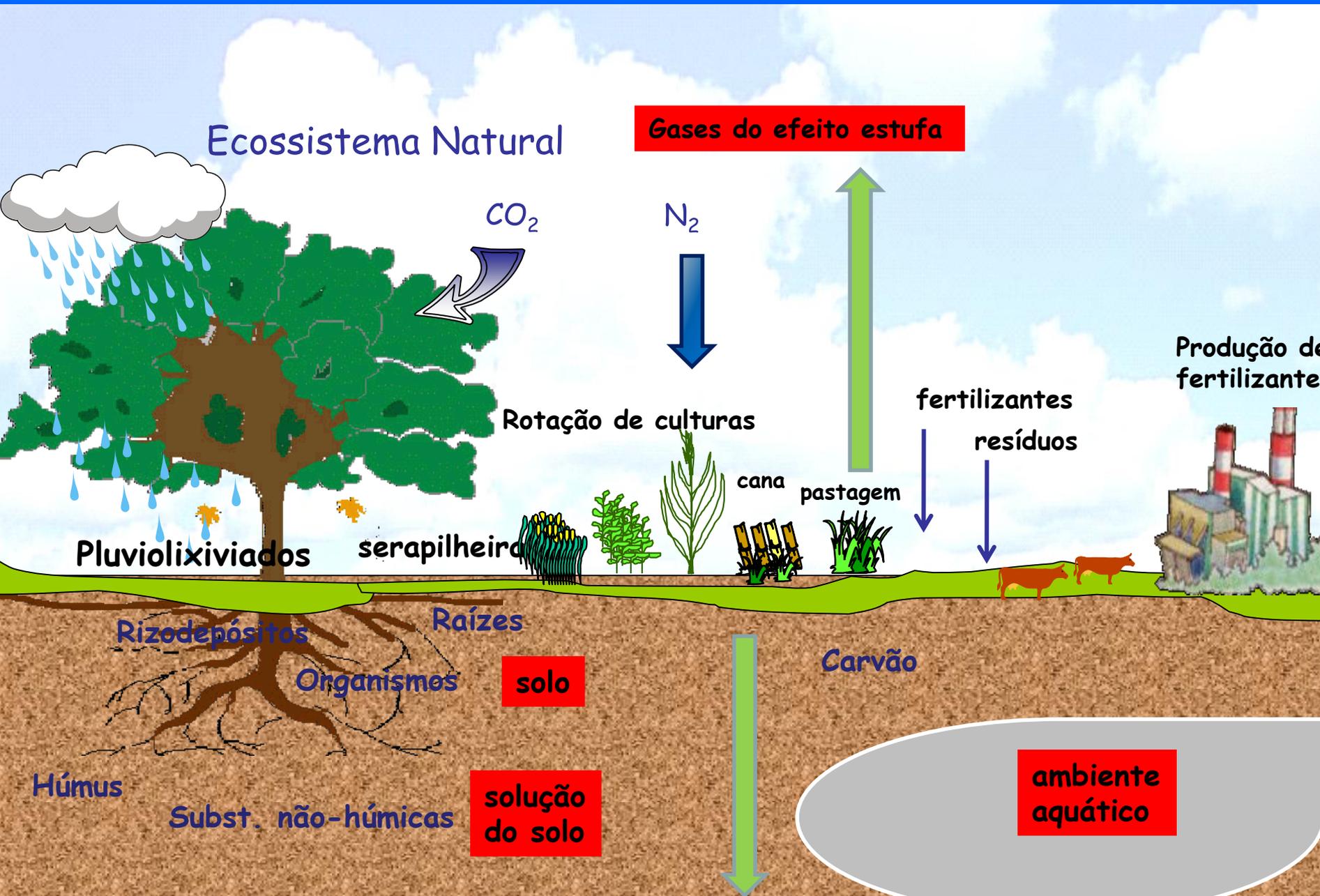


Ciclo do Carbono

Estudos no Sistema: Atmosfera-Planta-Solo-Água

Variáveis a serem analisadas

Sistemas Naturais e Sistemas Alterados (Rurais e Urbanos)



Ecosistema Natural

Gases do efeito estufa

CO₂

N₂

Rotação de culturas

fertilizantes
resíduos

Produção de fertilizantes

Pluviolixiviados

serapilheira

cana

pastagem

Rizodepósitos

Raízes

Organismos

solo

Carvão

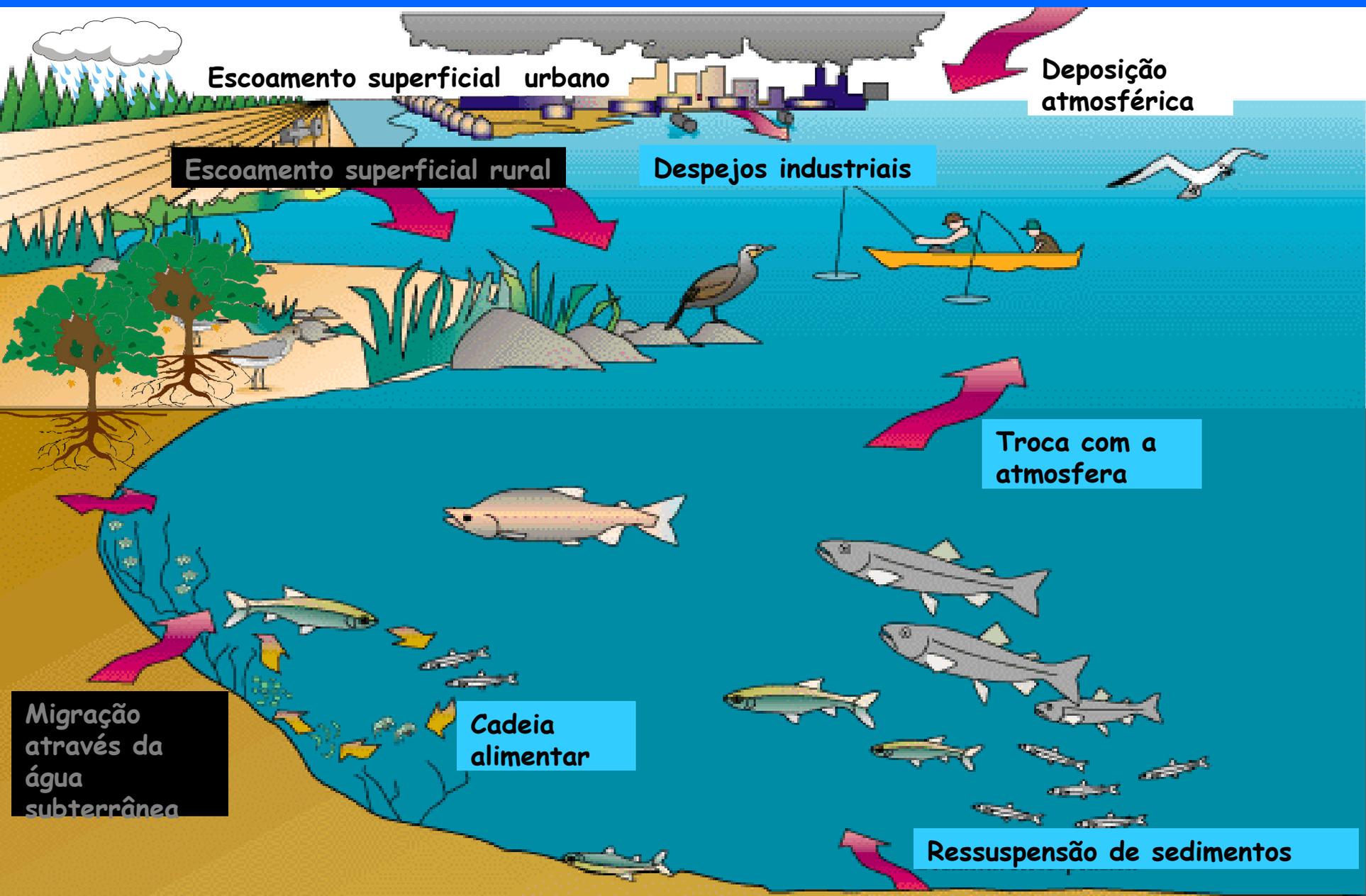
Húmus

Subst. não-húmicas

solução do solo

ambiente aquático

Sistemas Naturais e Sistemas Alterados (Rurais e Urbanos)



Variáveis à serem analisadas e Metodologias

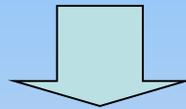
Número de amostras a serem coletadas

Como amostrar ?
Quantas amostras ?

Referências bibliográficas "Clássicas":

•Cline, M.G. 1944. Principles of soil sampling. Soil Science 58:275-288.

•McBratney, A.B. e Webster, R. 1983. How many observations are needed for regional estimation of soil properties. Soil Science 135(3)177-183.



$$N = t_{\alpha}^2 s^2 / (x - \mu)^2$$

t_{α} = valor do teste t de Student para o nível de probabilidade α

s = ^(tabelado) variância estimada

μ = média da população (desconhecida)

$(x - \mu)$ = erro tolerável (5-10%)

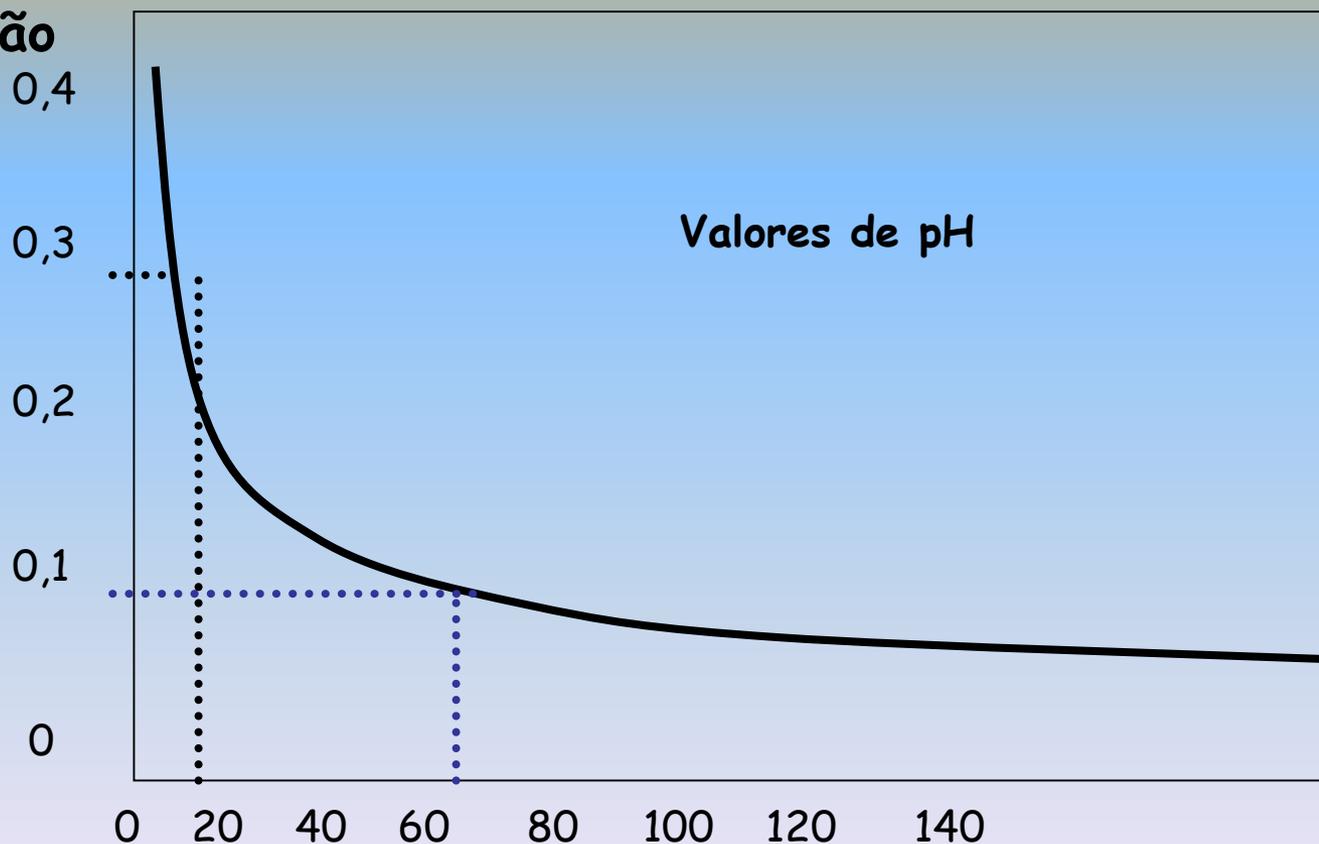
1-5 % de segurança

Número de amostras a serem coletadas

Exemplo

McBratney A.B. e Webster R. 1983. How many observations are needed for regional estimation of soil properties. *Soil Science*, 135 (3):177-183.

Erro padrão

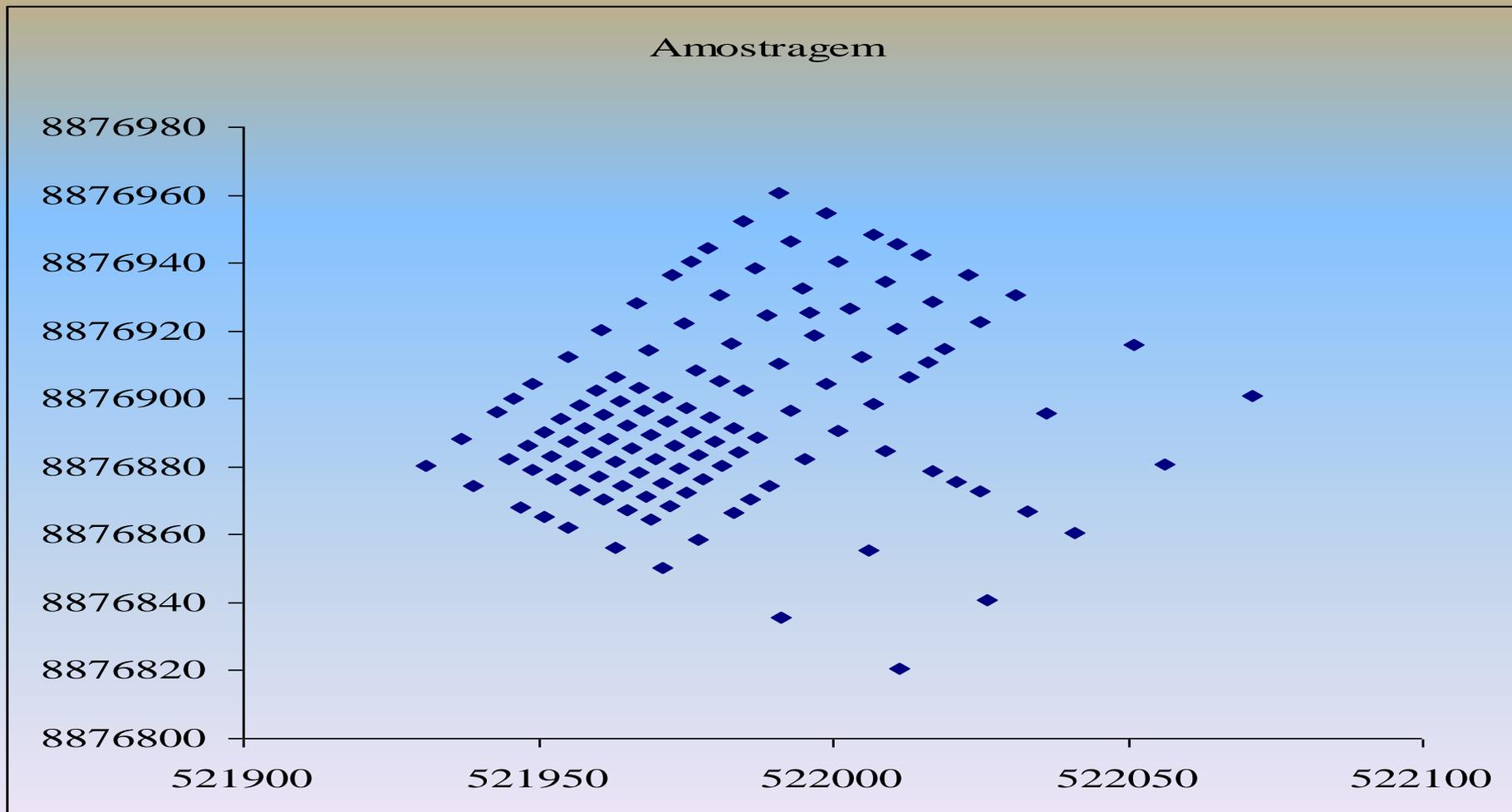


Para estatísticos
Para pesquisadores

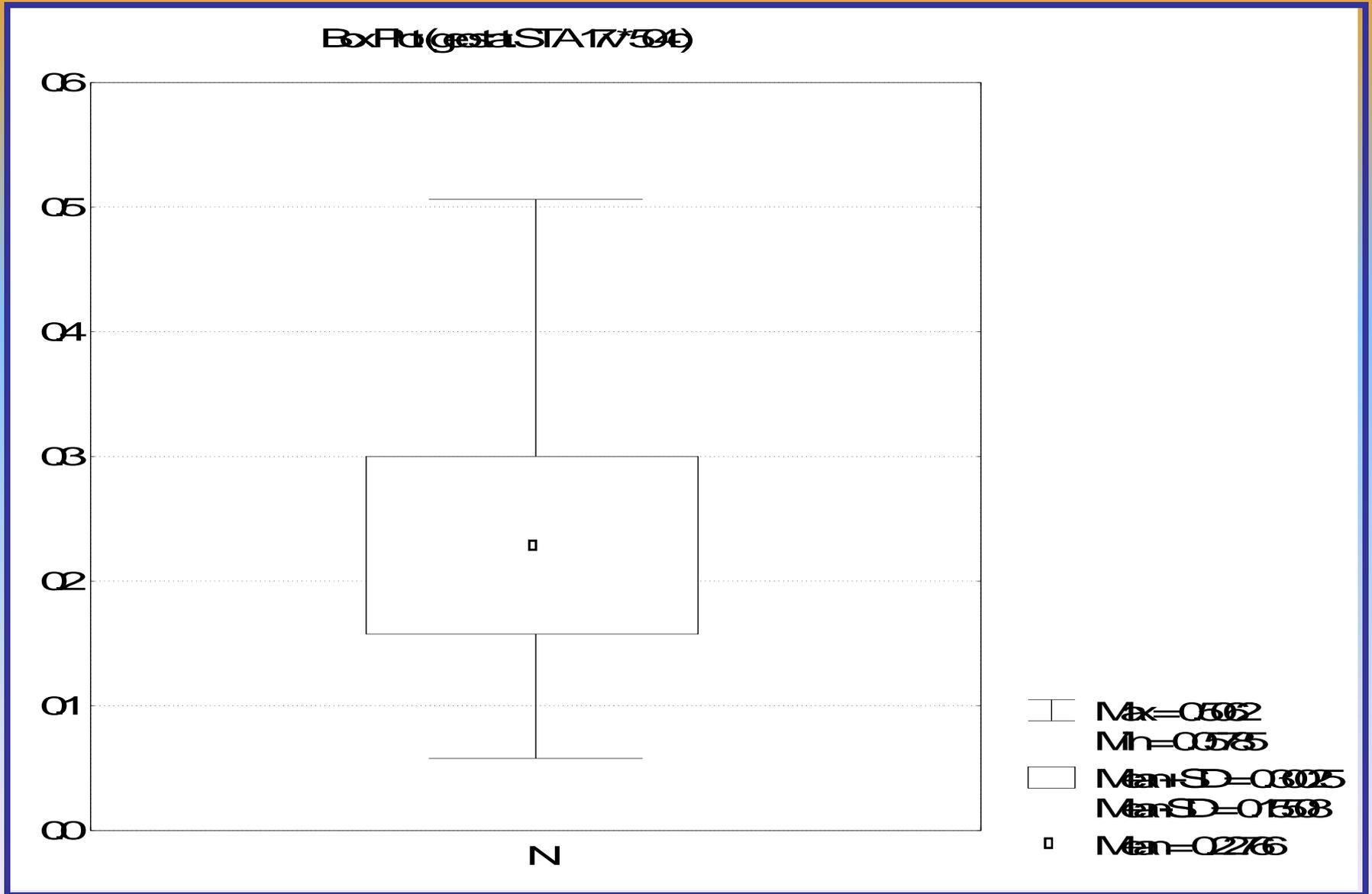
Número de amostras

Exemplo de variabilidade espacial

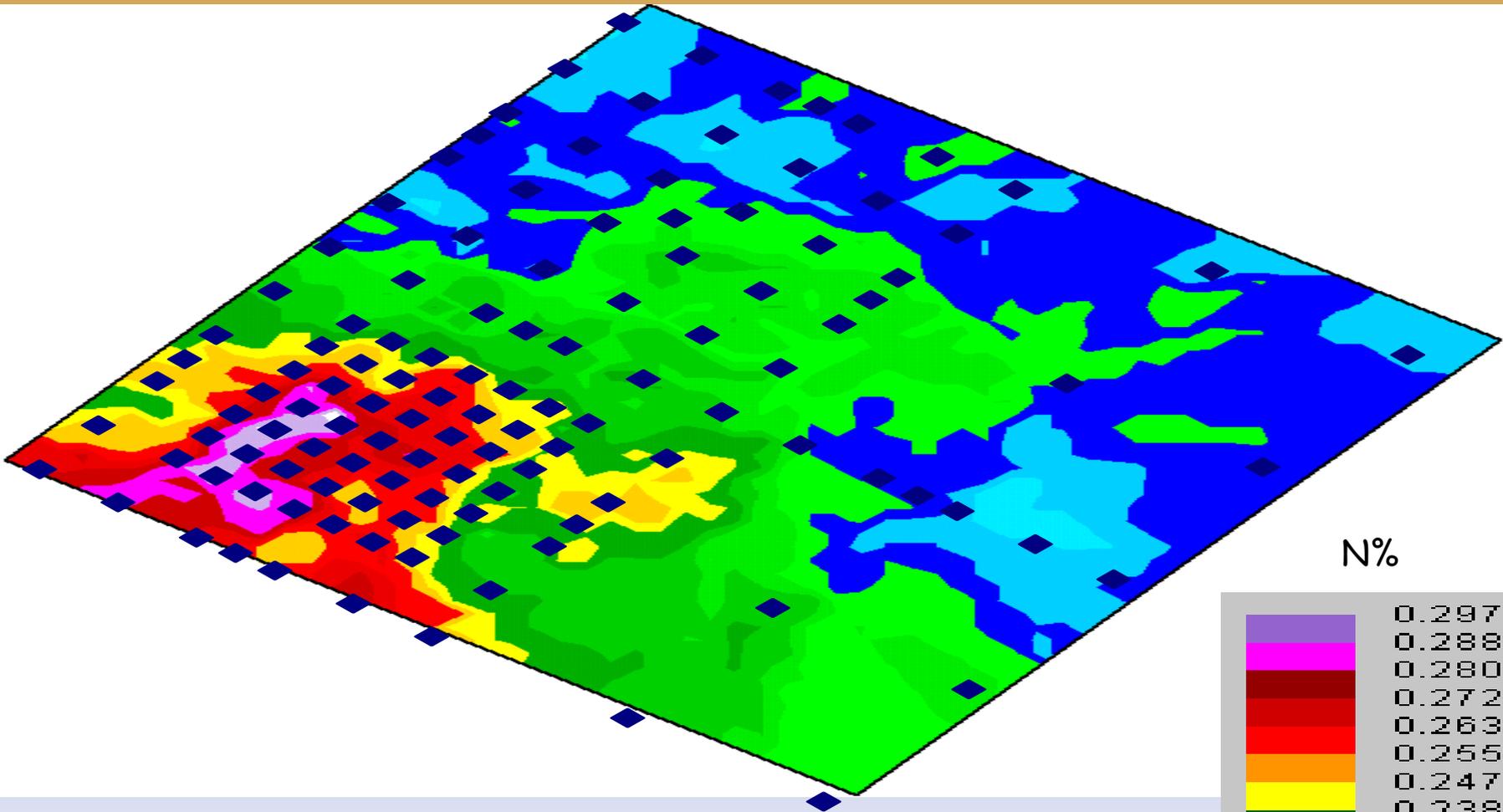
C total - Fazenda Nova Vida - Floresta 1ha



Exemplo de variabilidade espacial



Exemplo de variabilidade espacial



N%

	0.297
	0.288
	0.280
	0.272
	0.263
	0.255
	0.247
	0.238
	0.230
	0.222
	0.213
	0.205
	0.197
	0.188

Camada 0-5 cm

Coleta de amostras de solo

Coleta de amostras de solo - Análise C total

Tradagem



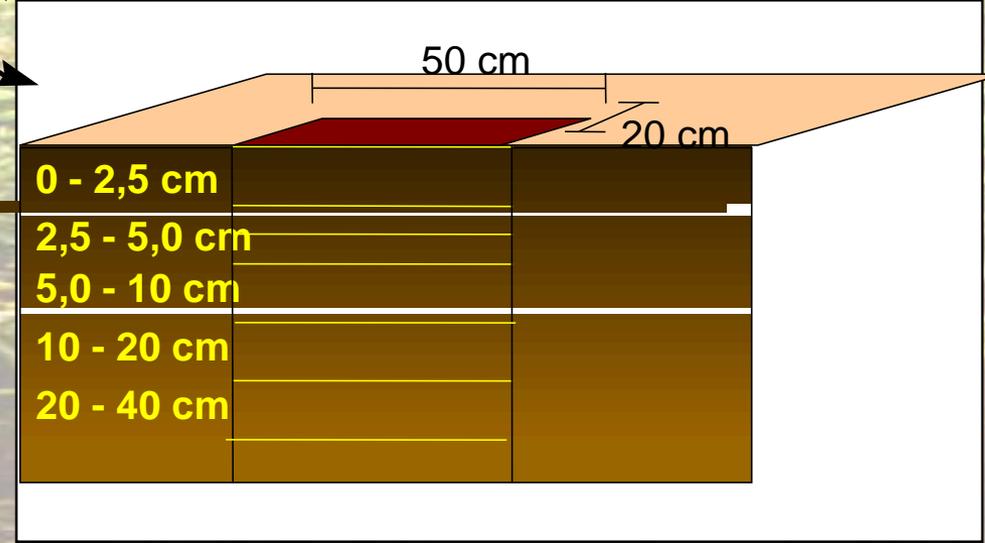
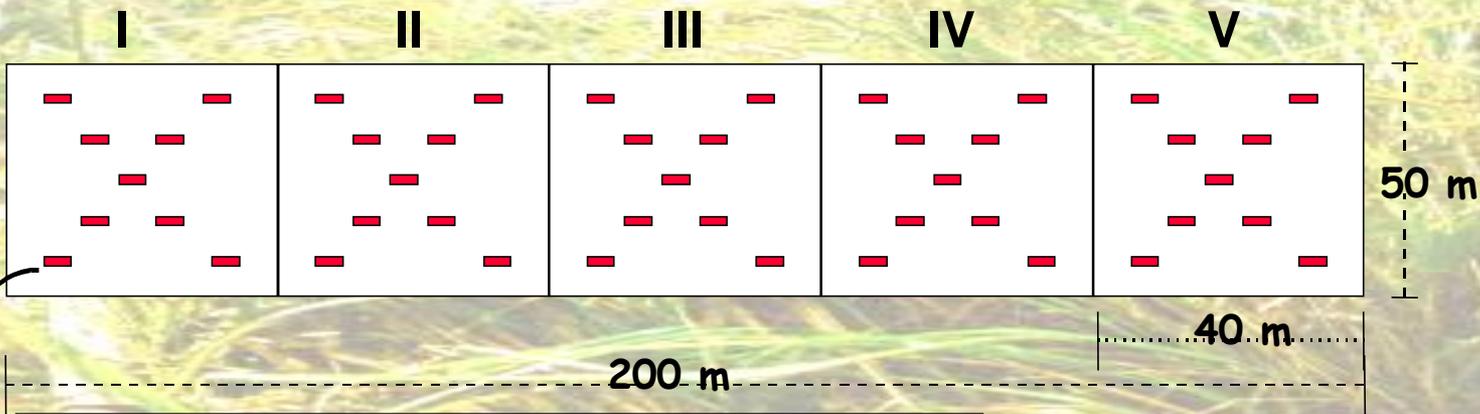
Trincheira



Mini-trincheira



Coleta de amostras de solo - Análise C total



Mini-trincheira :
coleta de camadas de solo
em fatias com auxílio de
espátulas

Coleta e análise de gases emitidos do solo



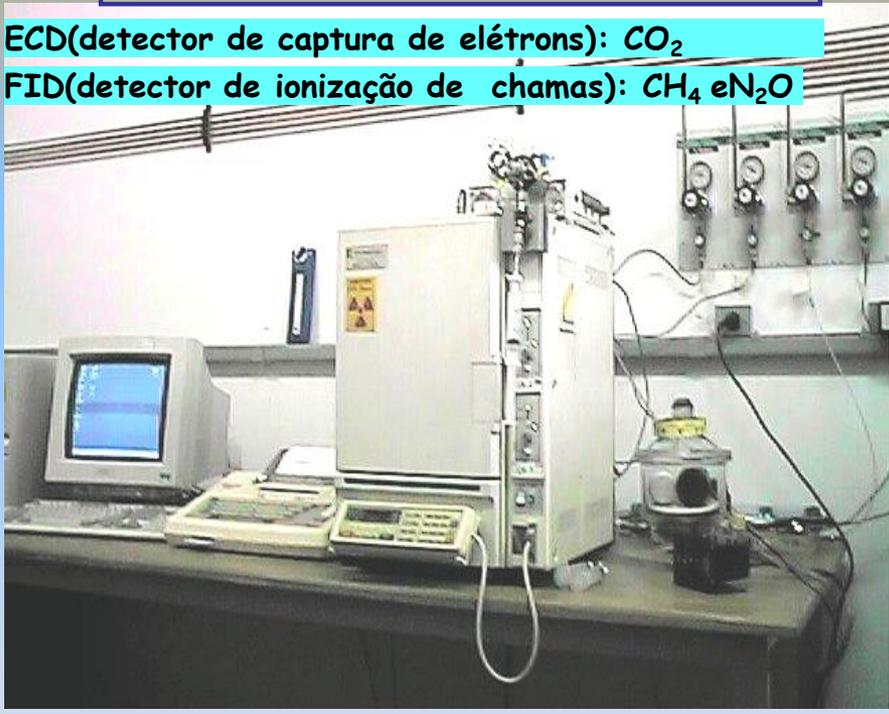
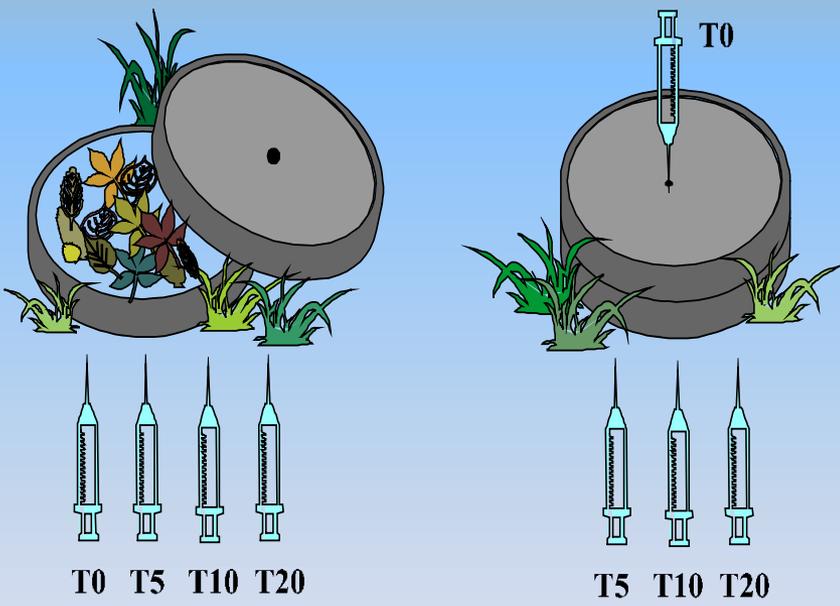
Coleta e análise de gases emitidos do solo

Campo

Laboratório

Cromatógrafo gasoso: Shimadzu

ECD(detector de captura de elétrons): CO_2
FID(detector de ionização de chamas): CH_4 e N_2O

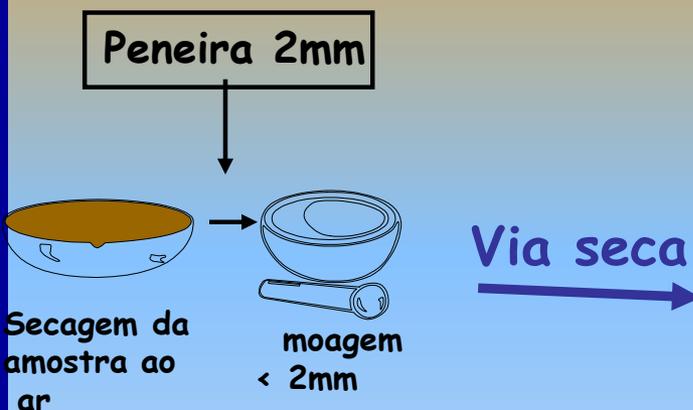


Princípio: *detector ^{63}Ni de captura de elétrons a $230^{\circ}C$
*fluxos: alteração linear da [] gases/ tempo

- umidade do solo: 0-5 e 5-10 cm
- temperatura do solo, ambiente e superfície do solo

Carbono total do solo

Determinação do C total



Equipamento: LECO CN-2000

Princípio: *combustão da amostra (1400 °C) em forno -> ambiente de O₂ puro
*gases produzidos pela combustão-> armazenados em um reservatório (4,5 L)
*anidrona (reter H₂O)

C -> célula de infravermelho

N -> célula de condutividade térmica

Determinação da variação natural de C (delta ¹³C)

Analizador elementar Carlo Erba (modelo CHN1110; Milão, Itália) acoplado ao espectrômetro de massa Thermo Scientific (modelo Delta Plus; Bremen, Alemanha)

Teor de C (%)

$\delta^{13}\text{C}$ (‰)



Determinação da variação natural de C -delta ^{13}C

Floresta

CO_2 atmosférico

Pastagem

$\delta^{13}C = 7 \text{ ‰}$



$\delta^{13}C = -25 \text{ a } -32 \text{ ‰}$

Vegetação

$\delta^{13}C = -9 \text{ a } -14 \text{ ‰}$

$\delta^{13}C = -22 \text{ a } -30 \text{ ‰}$

Solo

$\delta^{13}C = -14 \text{ a } -17 \text{ ‰}$

Estoque do carbono total do solo

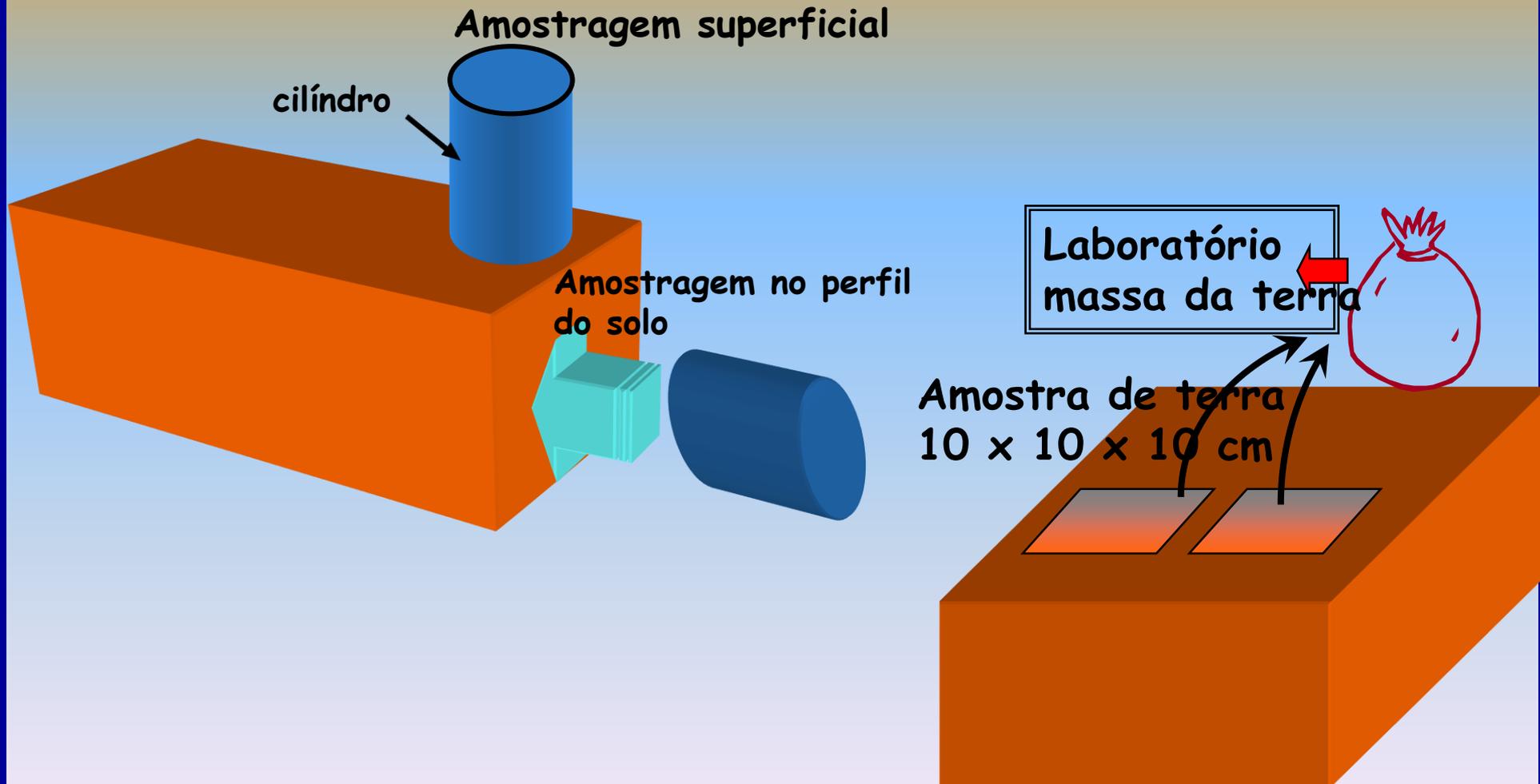
Estoque do carbono total do solo

Dados necessários:

- densidade do solo
- umidade da amostra de solo
- camada do solo em estudo
- % de nitrogênio total da amostra de solo

Estoque do carbono total do solo

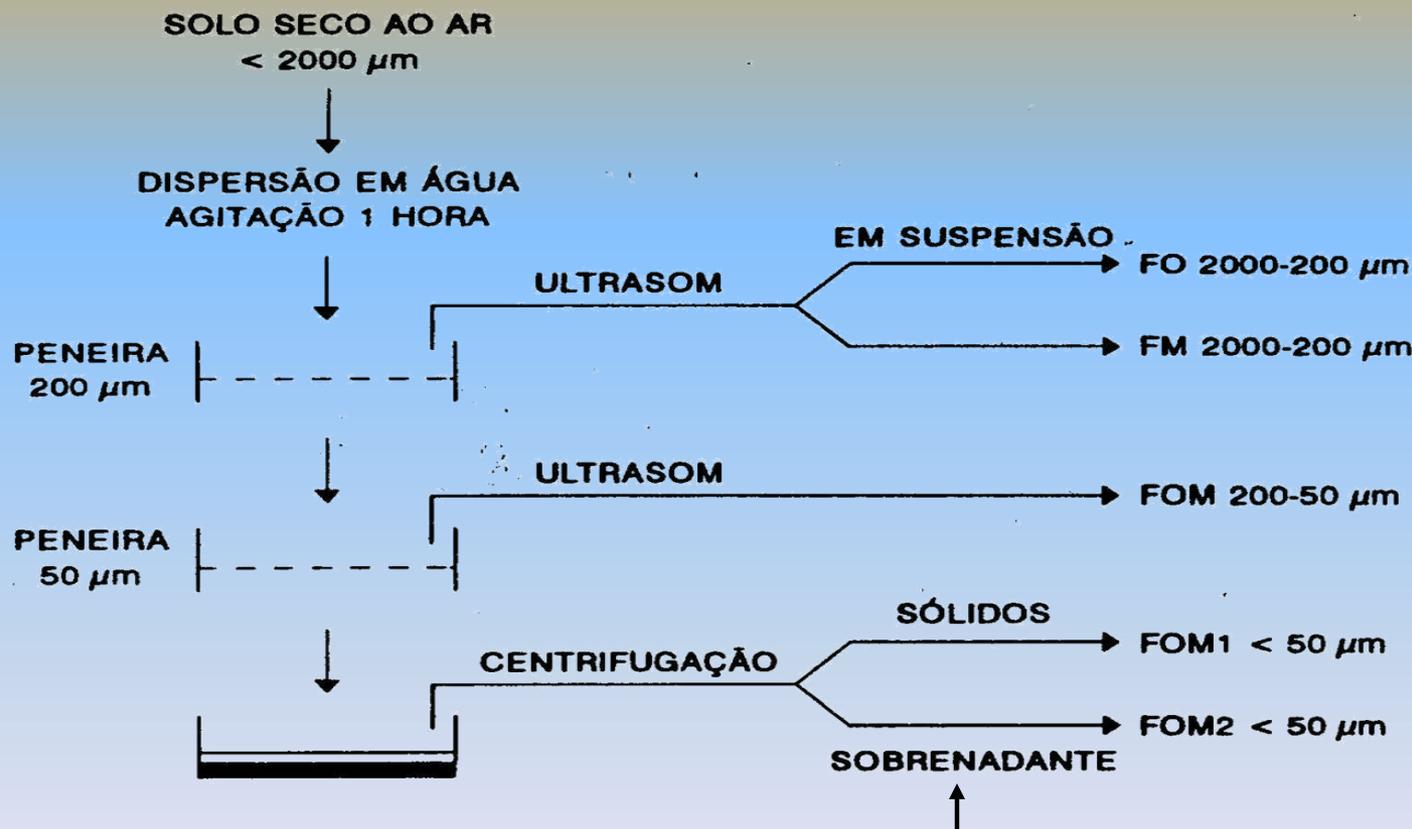
Determinação da densidade do solo



Fracionamento granulométrico da MOS

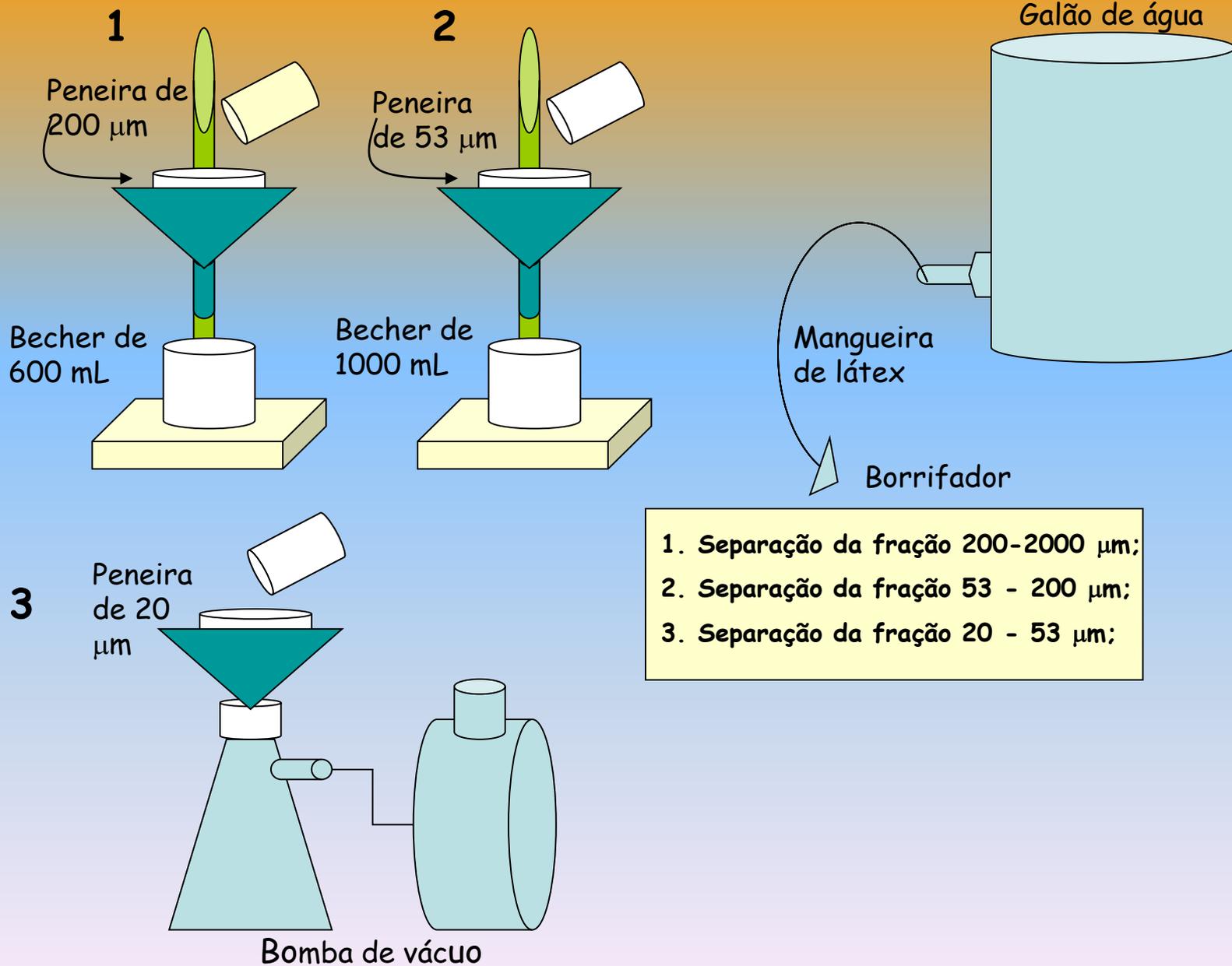
Fracionamento granulométrico (físico) da MOS

- separações por densidade e tamanho das partículas organo-minerais primárias do solo total (Feller, 1979).



As partículas que permanecem em solução são precipitadas, pH a 2,5 com HCl (2,5N)

Fracionamento granulométrico (físico) da MOS



Fracionamento granulométrico (físico) da MOS

Constituintes das Frações

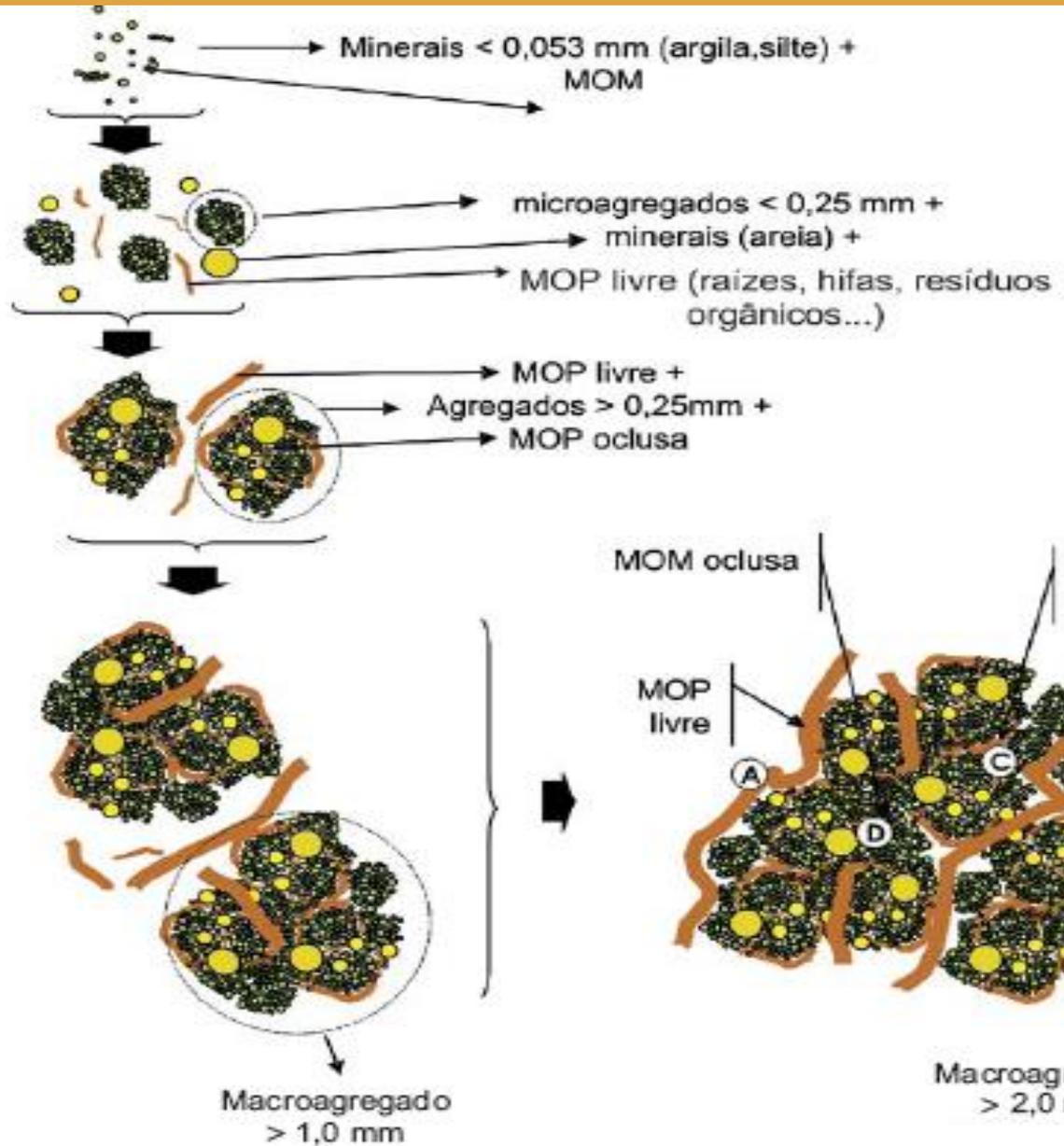
Fração 200-2000; 53-200 e 20-53 μm : fração leve com predominância de **fragmentos de resíduos vegetais** (C/N= 12-33).

Fração 2-20 μm : **complexos organo-silte**, fragmentos de fungos e vegetais muito humificados associados com **microagregados organo-minerais** que não foram destruídos no fracionamento (C/N= 10-21).

Fração < 2 μm : **complexos organo-argila**, com predominância de matéria orgânica amorfa, atuando como agente cimentante da matriz de argila (C/N= 7-12).

Agregação do solo

Agregados (macroagregados e microagregados)



A e B mais suscetíveis ao ataque microbiano

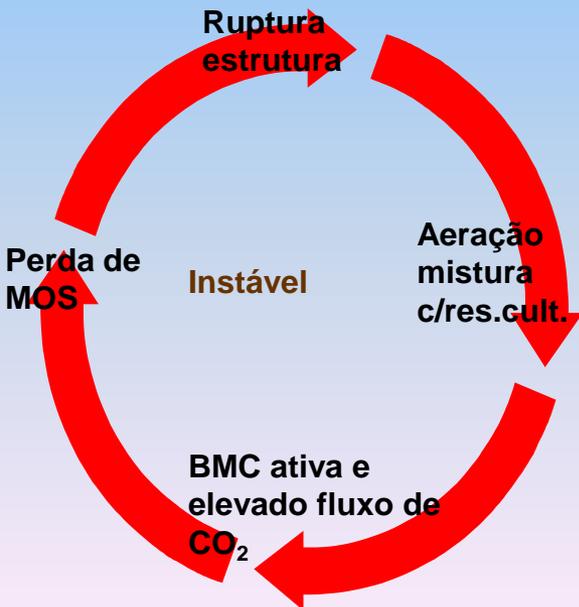
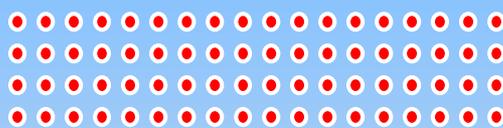
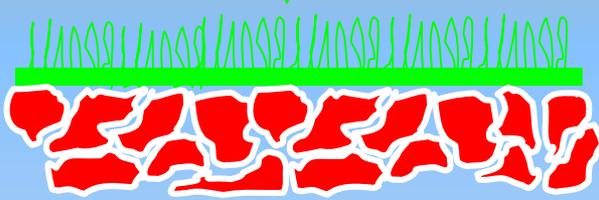
Campe Nativo



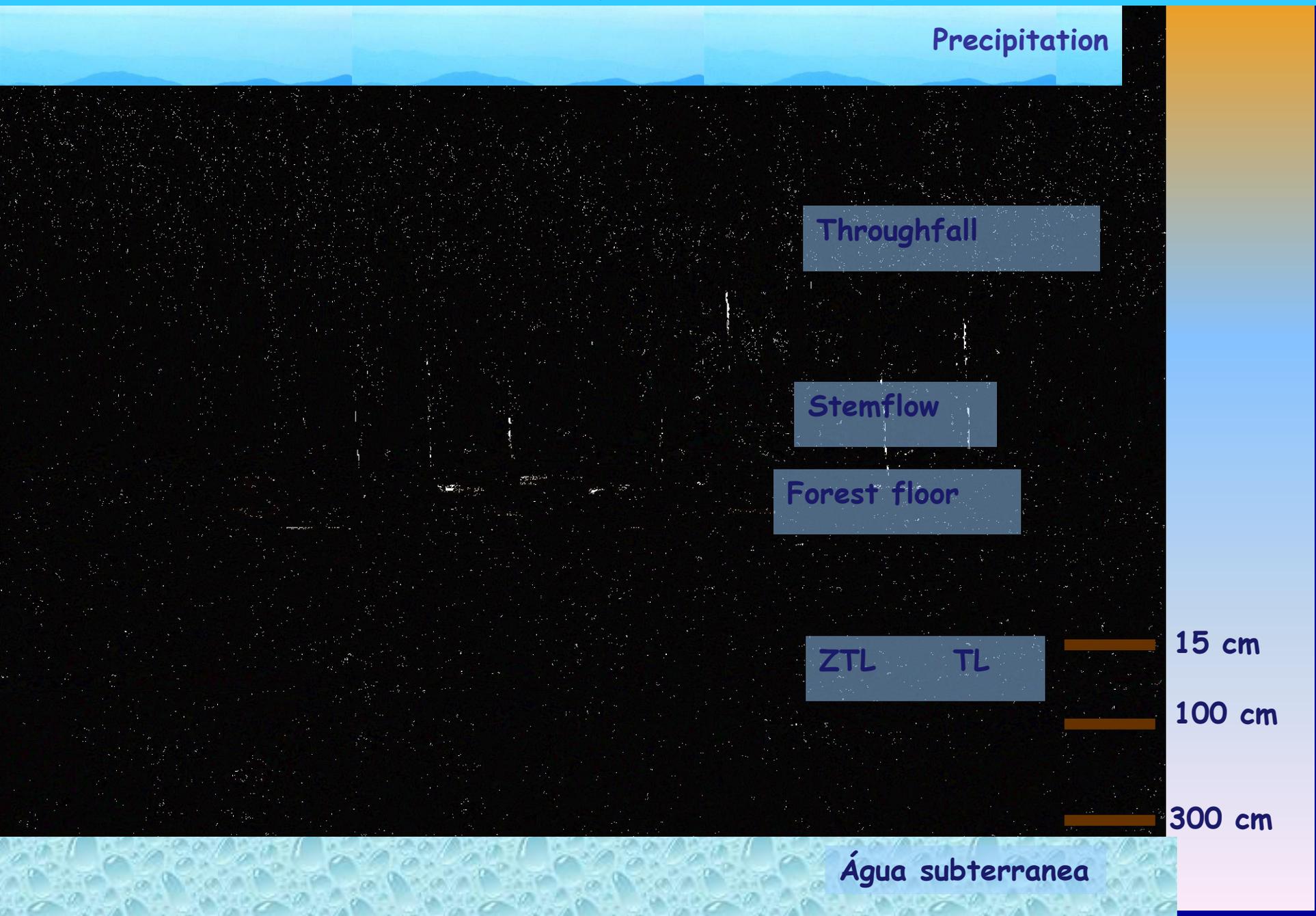
Preparo convencional



Plantio direto



Fluxos de C no sistema planta-solo-água subterrânea



Coleta de amostras líquidas em plantação de eucalipto



precipitação



pluvioxiado



água nos troncos



lisímetro com tensão
15, 100 e 300 cm



Lisímetro de tensão zero



Coleta de água livre do solo e solução do solo

-Lisímetro de placa porosa (com tensão)



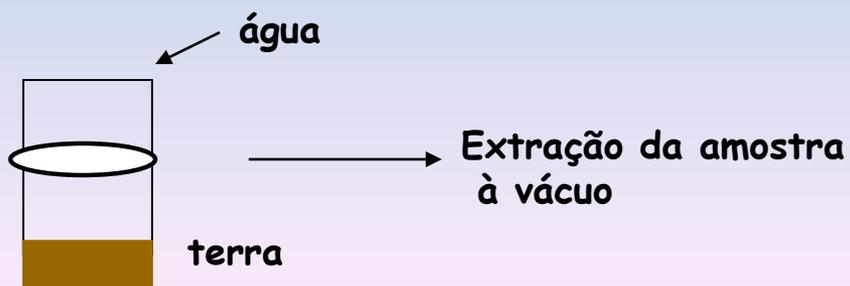
-Lisímetro cilíndrico (tensão zero)



-Lisímetro de gaveta (tensão zero)



-Extração da solução do solo (extrato de saturação)
Rhoades, 1992



Medidas mitigatórias devem ser estabelecidas e adaptações serão necessárias para enfrentar os impactos resultantes do aquecimento global