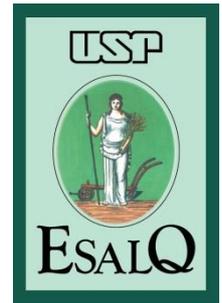




UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA 'LUIZ DE QUEIROZ'  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIODIVERSIDADE  
LEB0495 - Análise Física do Ambiente



# INTRODUÇÃO

Prof. Felipe Gustavo Pilau

## 2º Semestre / 2014

# CALENDÁRIO LEB0495 - Análise Física do Ambiente

➤ INÍCIO DAS AULAS: 04/08

AVALIAÇÕES {

- PRIMEIRA PROVA: 15/09*
- SEGUNDA PROVA: 13/10*
- TERCEIRA PROVA: 24/11*

➤ ENCERRAMENTO DAS AULAS: 06/12

➤ *15/12: INÍCIO DO PERÍODO PARA REALIZAÇÃO DA RECUPERAÇÃO, terminando na penúltima semana de férias.*

# FREQUÊNCIA EM AULAS & NOTA MÍNIMA

➤ FREQUÊNCIA MÍNIMA DE 70%:

CARGA HORÁRIA 60h → 42h (70%)

➤ NOTA MÍNIMA: 5,0

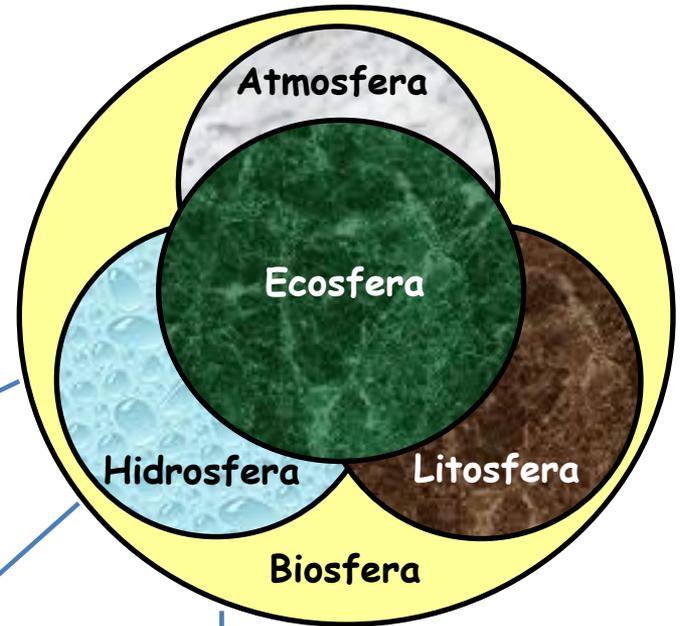
Três provas (P) + exercícios de classe e extra-classe (EX) + estudos dirigidos (ED) + trabalho de campo (TC).

$$(0,6*P + 0,1*EX + 0,1*ED + 0,2*TC)$$

# PROGRAMA

A biosfera e sua composição. A atmosfera terrestre. Energia solar: o sol como fonte primária de energia. Relações Terra-Sol: coordenadas solares em relação à Terra; duração astronômica dos dias e noites. Leis da radiação: de Planck, de Wien, de Stefan-Boltzmann, de Kirchoff e de Beer-Lambert; espectro da radiação solar. Interceptações da radiação solar pela Terra: constante solar e irradiância no limite superior da atmosfera; interação da radiação solar com a atmosfera; radiação solar ao nível do solo: radiação solar na superfície terrestre. Aplicações: insolação de superfícies, conforto térmico, projeção de sombras, aproveitamento de energia solar. Interação da energia solar com uma superfície vegetada: absorção, reflexão e transmissão de energia radiante em sistemas terrestre. Balanço de energia radiante. Balanço global de energia: fluxos de calor sensível e temperatura do solo e da atmosfera; fluxos de calor latente. Medição e estimativa do balanço de energia e de sua partição. Aspectos termodinâmicos da atmosfera: Umidade do ar e sua quantificação. Temperatura potencial, do ponto de orvalho e virtual. Carta psicrométrica. Condensação da atmosfera: formação de nuvens, neblinas e orvalho. Chuva: mecanismo de formação e tipos. Medição da umidade do ar, da precipitação e do orvalho. Balanço hídrico: segundo Thornthwaite e Mather. Cultivo protegido: influência provocada por diferentes tipos de cobertura artificial nas condições ambientais. Vantagens e desvantagens.

# A BIOSFERA E SUA COMPOSIÇÃO



# BIOSFERA

O conceito de biosfera pode ser interpretado como o conjunto formado pelos diferentes ecossistemas. Tendo em vista a abrangência dessa conceituação, costuma-se dividir a biosfera nos chamados biociclos, que representam conjuntos de ecossistemas dentro da biosfera. Os biociclos, por sua vez, são divididos em biócoros que podem se dividir em biomas. Existem três tipos de biociclos: epinociclo, talassociclo e limnociclo.

O epinociclo é o biociclo terrestre. É o conjunto dos seres vivos que vivem sobre terra firme e apresenta quatro biócoros bem distintos: as florestas, as savanas, os campos e os desertos.

A biócora da floresta aparece em diversos biomas diferentes, exemplos:

Bioma da Floresta Amazônica;            Bioma da Mata Atlântica; Bioma da Taiga.

Alguns exemplos de biomas que apresentam a biócora da savana:

Bioma Cerrado a savana do centro-oeste brasileiro;

Bioma Caatinga a savana seca do nordeste brasileiro;

Bioma Pantanal a savana alagada do centro-oeste brasileiro;

Alguns exemplos de biomas que apresentam o biócoro do campo:

Bioma Pampas gaúcho no sul do Brasil;

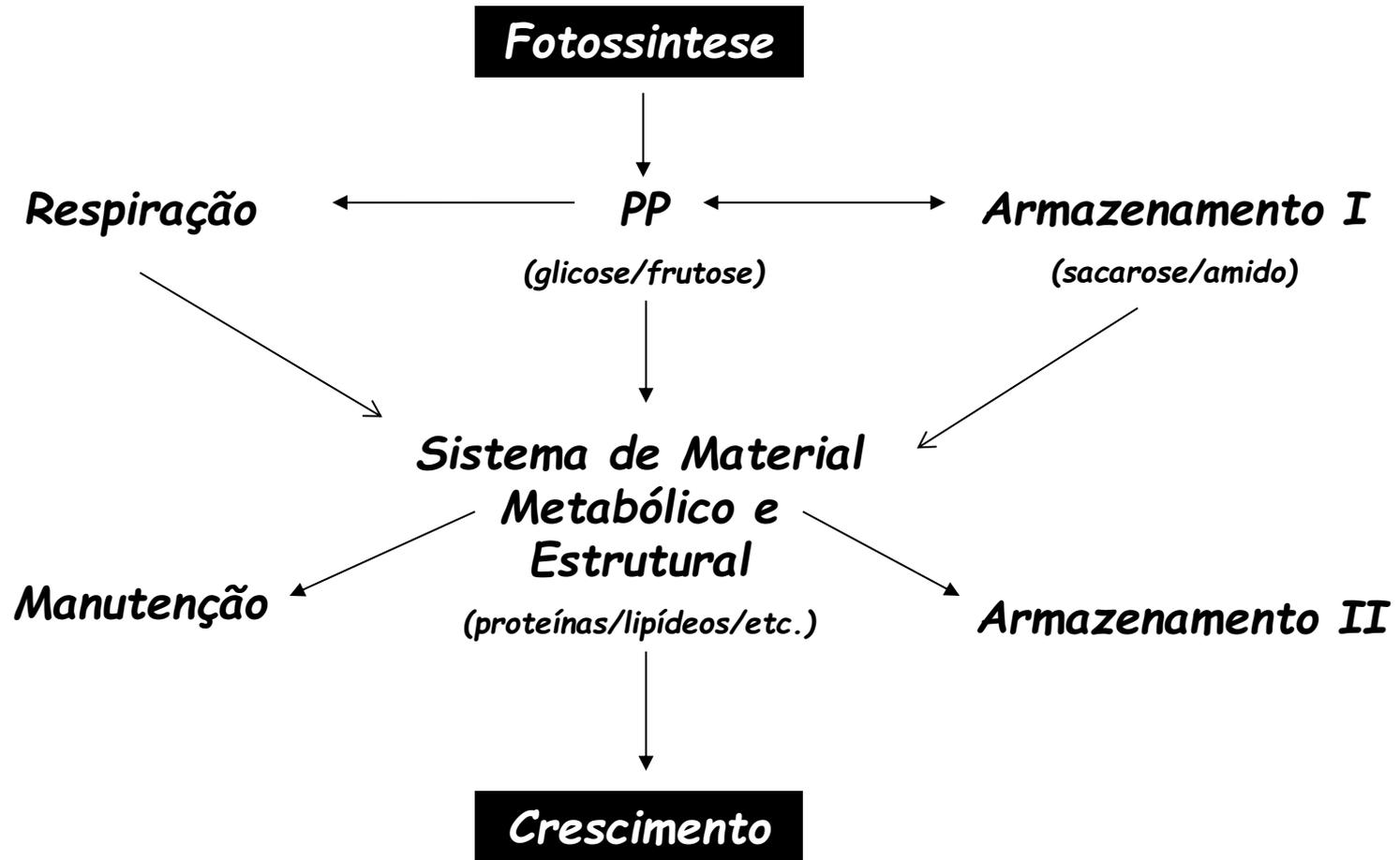
Bioma pradarias;

Bioma estepes.

Alguns exemplos de biomas que apresentam o biócoro do deserto:

Bioma Deserto Saara

# Crescimento de Plantas



*Fluxo de matéria e energia, a partir da fotossíntese. Fonte: Benincasa, 2003*

# Crescimento de Plantas

- Níveis de controle do crescimento e desenvolvimento vegetal:
- ✓ Controle Intracelular ou Genético: atividade celular depende da ação gênica para a síntese protéica e enzimática.
- ✓ Controle Intercelular ou Hormonal: promovem, retardam ou inibem processos fisiológicos e morfológicos (ex.: Algumas classes de hormônios vegetais → Auxinas, Giberelinas e Citocininas (promotores), o Etileno (ligado a senescência), Ácido abscísico (Inibidor)).
- ✓ Controle Extracelular ou Ambiental (abiótico - elementos e fatores climáticos e edáficos; bióticos)



## Interpretação fisiológica das diferentes fases do crescimento - Curva de Crescimento:

a) Inicialmente a planta depende das reservas da semente para a produção dos diferentes órgãos componentes. O espaço ainda não foi ocupado pelas plantas. Cada nova folha formada contribui para maior interceptação da luz. Não há sombreamento mútuo (folhas) e a contribuição das poucas folhas é semelhante. A taxa de crescimento relativa é constante e a cultura é principalmente vegetativa, caracterizando a fase exponencial.

b) Com o desenvolvimento do sistema radicular e expansão das folhas, a planta retira água e nutrientes do substrato em que se desenvolve e inicia os processos anabólicos dependentes da fotossíntese. As folhas serão gradualmente auto-sombreadas, aumenta o índice de área foliar (IAF), passando a uma fase de crescimento linear, com o maior incremento na taxa de matéria seca. Quando água e nutrientes não são limitantes, o IAF poderá facilmente exceder o seu ótimo sem, contudo, significar maior aumento em fitomassa.

c) Ao atingir o tamanho definitivo, a planta entra para a fase de senescência, diminuindo o IAF, com menor interceptação da energia luminosa, resultando em decréscimo no acúmulo de matéria seca, com a translocação desta para os órgãos de reservas, e conseqüente degeneração do sistema fotossintético.

# Entendendo a Curva de Crescimento

$$\frac{\Delta W}{\Delta t} = Y(Fb - M \cdot W)$$

$\frac{\Delta W}{\Delta t}$  - taxa de produção de biomassa

Y – eficiência de conversão bioquímica (razão entre o substrato disponível e o massa vegetal efetivamente produzida), dependente da composição química da espécie;

FB – fotossíntese Bruta;

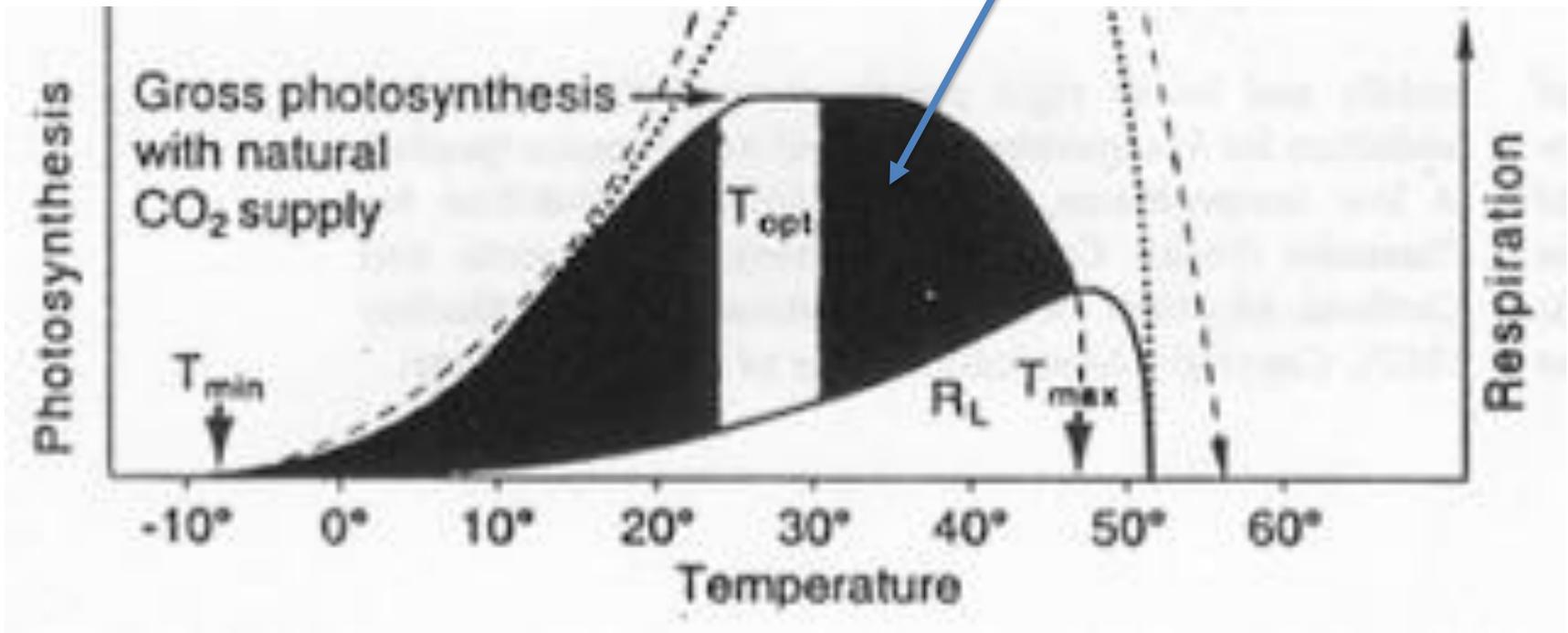
M – coeficiente representando a respiração de manutenção, dependente da espécie e do ambiente no qual se desenvolveu.

W – biomassa total da planta.

$$Fb = f(T, RS, [CO_2], \text{espécie})$$

# Produção Vegetal X Temperatura

*Fotossíntese "Líquida"*



# Taxa de Fotossíntese Bruta

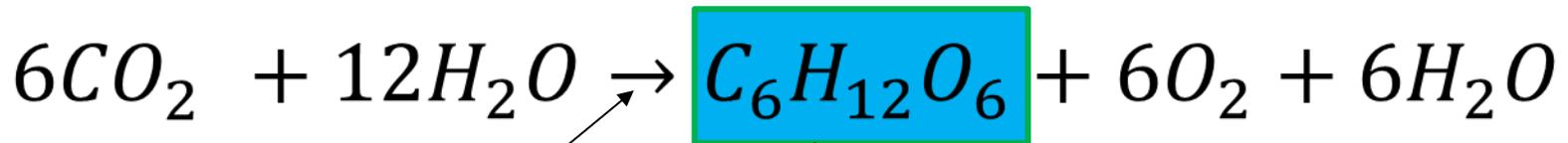
- ✓ Denomina-se Taxa de Fotossíntese Bruta ( $F_b$ ), a quantidade de substrato ( $\Delta S$ ) formado por determinada área foliar, em um intervalo de tempo ( $\Delta t$ ):
- ✓ Pressupõe-se que, o substrato fotossintetizado deva ser utilizado no mesmo dia, nos processos de crescimento ( $\Delta S_c$ ) e manutenção da fitomassa existente ( $\Delta S_m$ ):
- ✓ Taxa de fotossíntese líquida (produção de nova fitomassa -  $\Delta S_c$  x quantidade de carboidrato convertido em energia pela respiração de manutenção ( $\Delta S_m$ )). Taxa de respiração é proporcional ao tamanho da planta:

M é o coeficiente de manutenção

- ✓ Outro processo que consome energia é a conversão de substrato disponível para crescimento ( $\Delta S_c$ ) em nova fitomassa ( $\Delta W$ ). A única fonte de energia para esse processo é a respiração de crescimento ( $\Delta S_r$ ):

# Eficiência de Conversão (Y)

✓ Fotossíntese:



Radiação

1g de  $C_6H_{12}O_6$ :

0,404g de Proteínas  
0,33g de Lipídeos  
0,472g de Lignina  
0,826g de Carboidrato estrutural  
1,104g de Ácidos Orgânicos

1 t de Cana-de-Açúcar =  
0,86 t de Feijão  
ou  
0,85 t de Amendoim

TABELA 1 - Composição média e eficiência de conversão (Y) de algumas culturas<sup>(1)</sup>

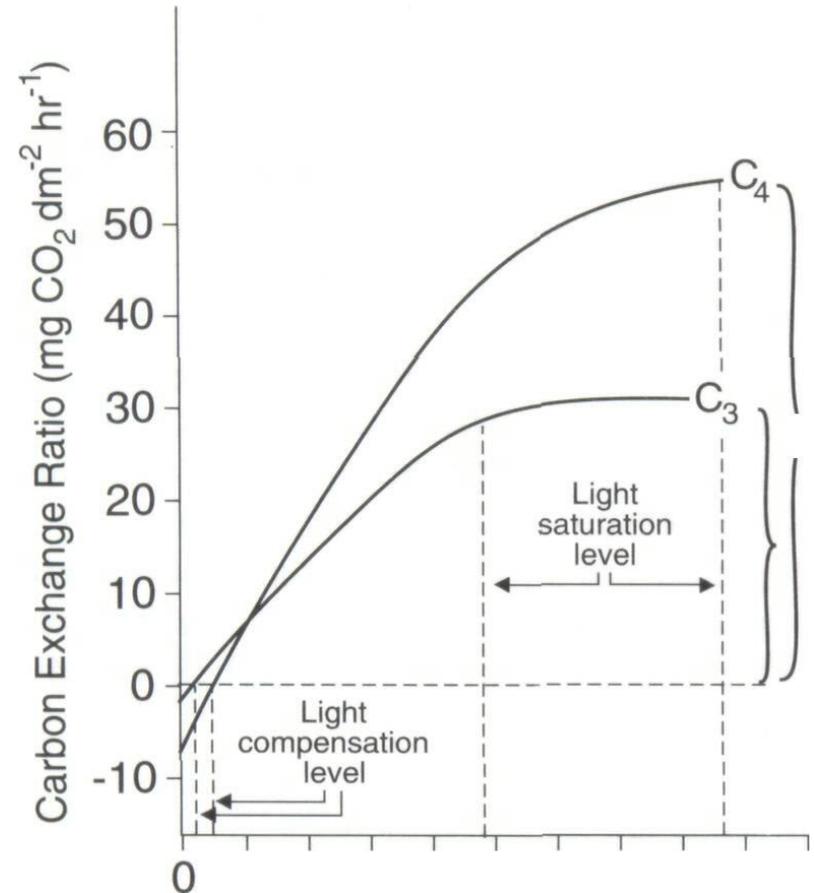
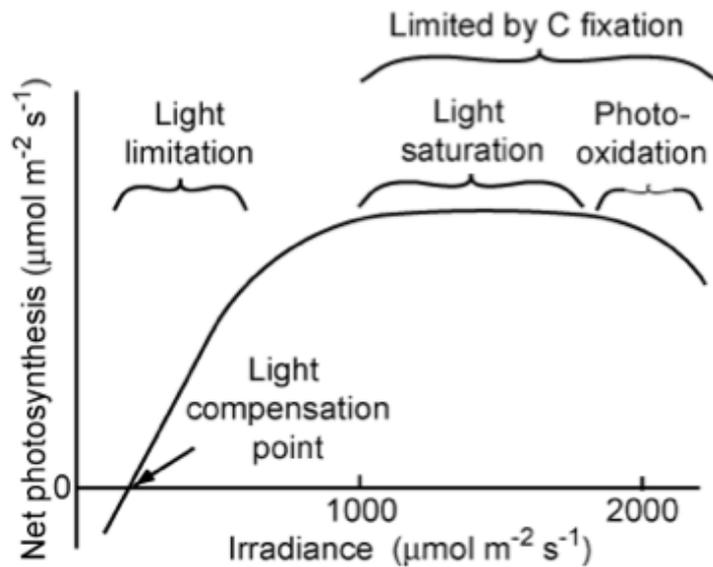
Cultura	Órgão	Composição (% Massa Seca)					Y
		Carb.	Prot.	Lip.	Lig.	Ac. Org.	
Cana-de-açúcar(2)	Colmo	88	2	1	7	1	0,78
Mandioca	Tubérculo	87	3	1	3	3	0,78
Batata-doce	Tubérculo	84	5	2	3	3	0,76
Batata	Tubérculo	78	9	0	3	5	0,75
Milho	Espiga (sem.-70%)	75	8	4	11	1	0,73
Arroz	Panicula (grãos-60%)	76	8	2	12	1	0,73
Trigo	Panicula (grãos-85%)	76	12	2	6	2	0,73
Feijão	Vagem (sem.-85%)	60	23	2	7	4	0,67
Girassol	Inflorescência (sem.-44%)	45	14	22	13	3	0,60
Algodão	Capulho (sem.-65%; lint.-35%)	40	21	23	8	4	0,57
Soja	Vagem (sem.-80%)	29	37	18	6	5	0,53
Amendoins	Vagem (sem.-75%)	14	27	39	14	3	0,45

Fonte: (1) Penning de Vries et al. (1983)

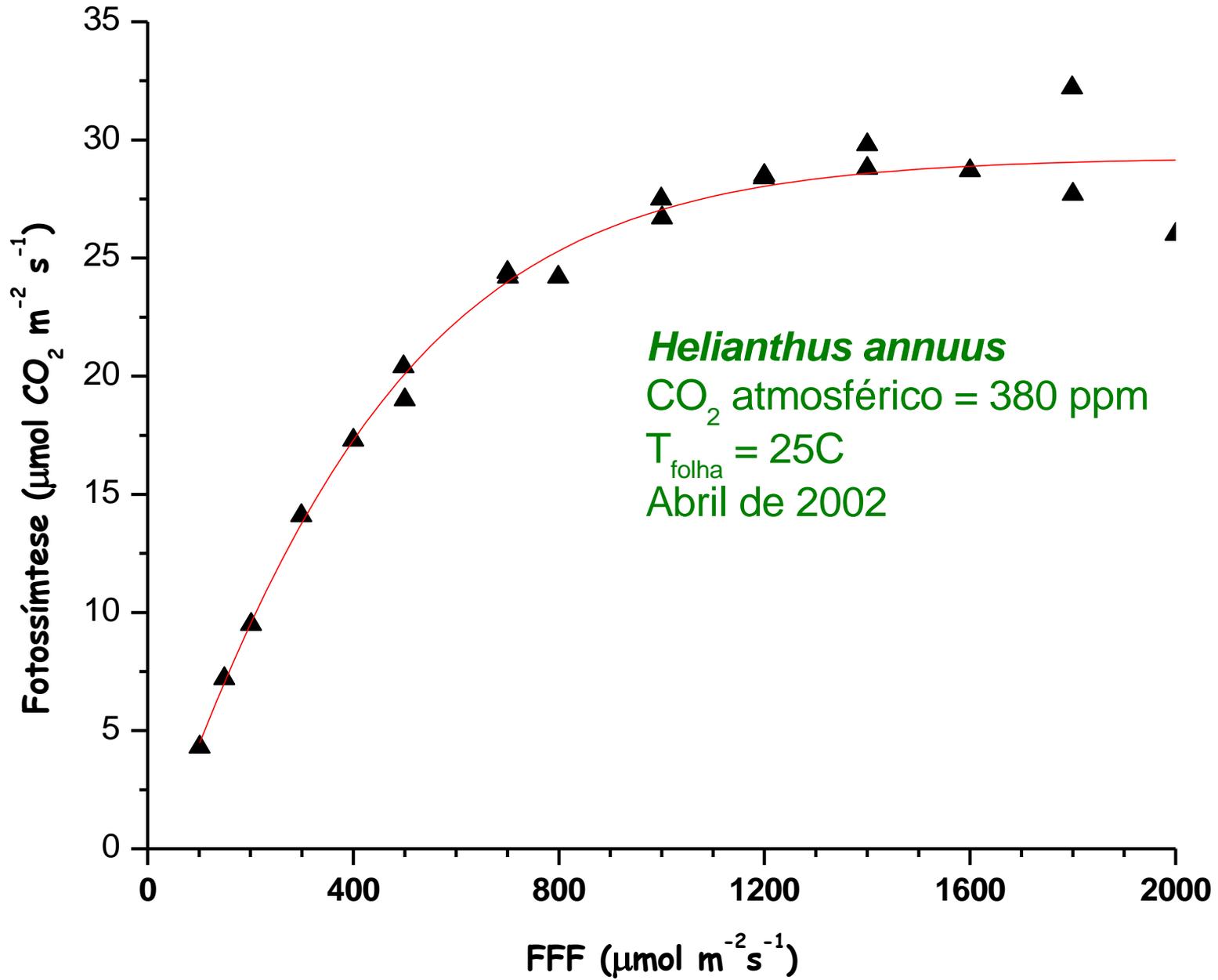
(2) Valsechi & Oliveira (1964)

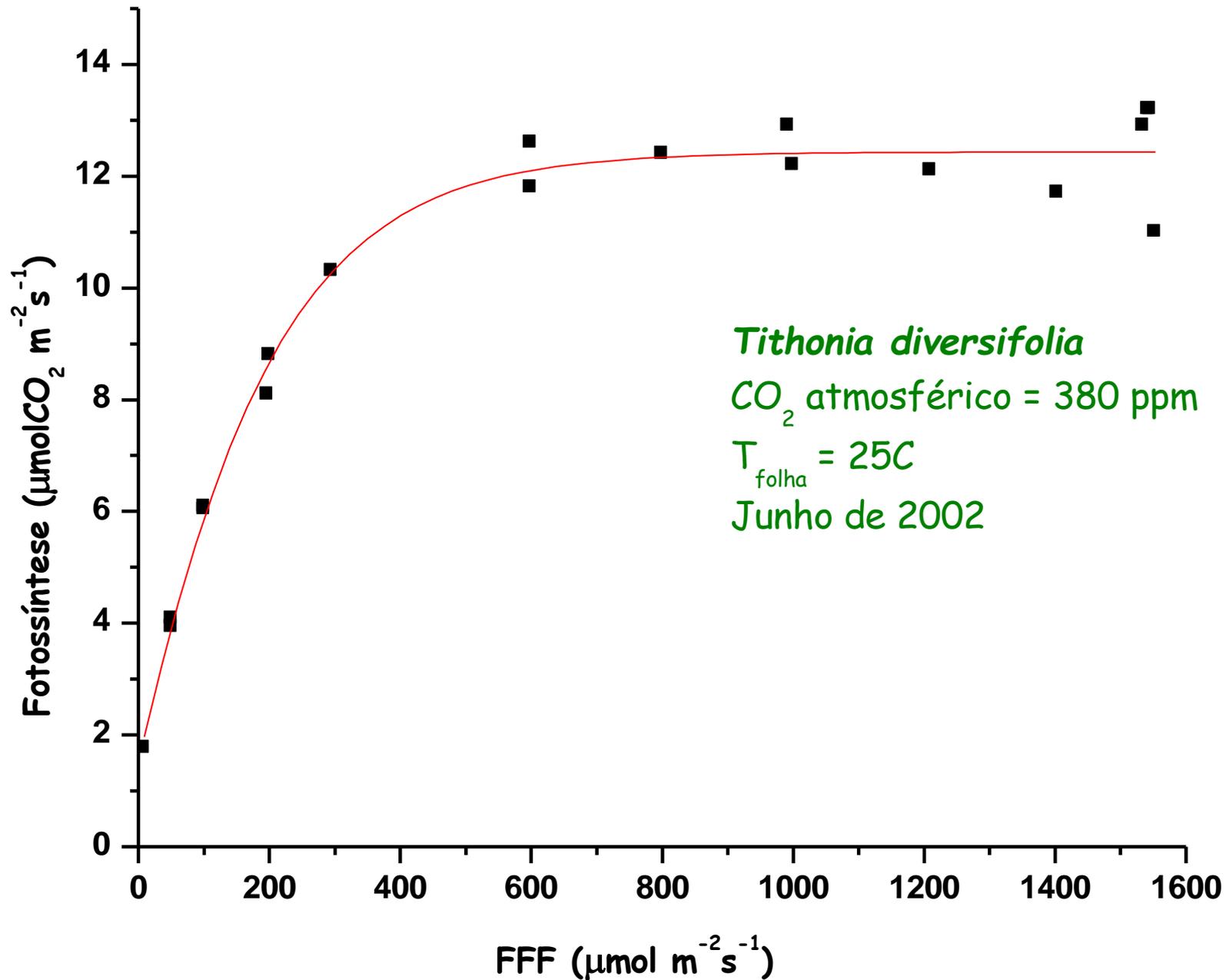
# Produção Vegetal x Radiação Solar

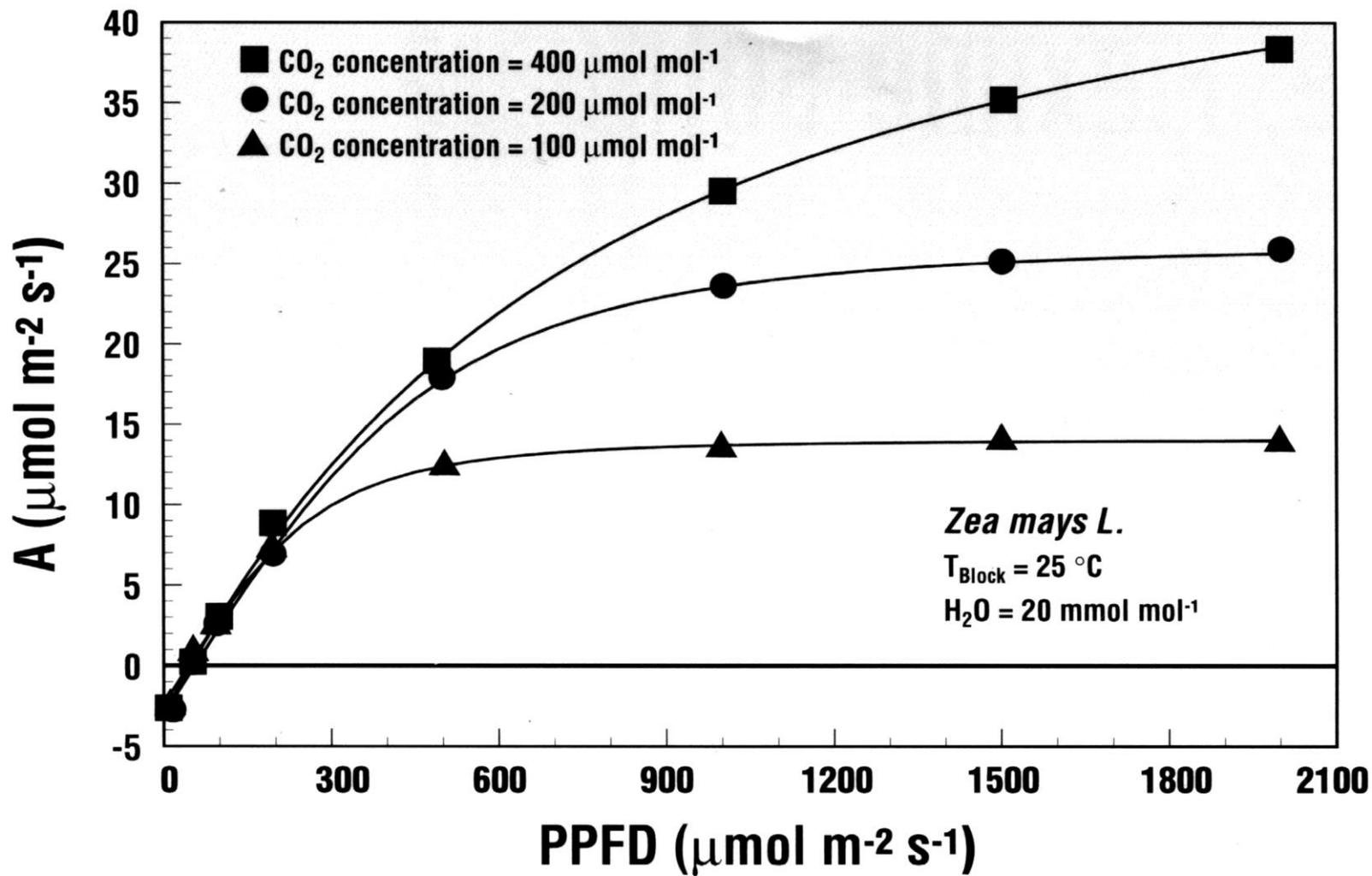
## Resposta à Radiação

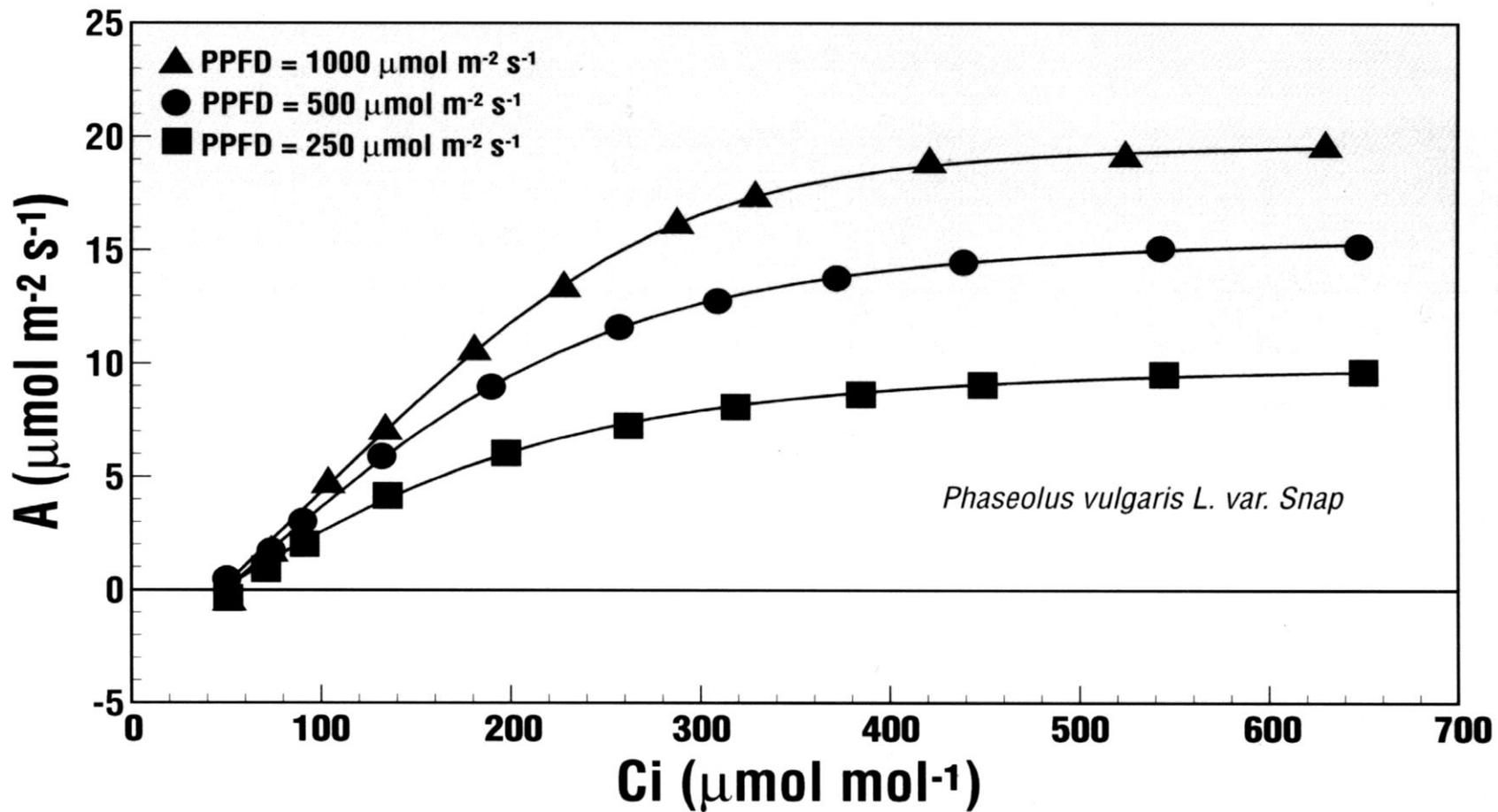


Resposta à Radiação em diferentes espécies









# C3 e C4 - Assimilação de CO<sub>2</sub>

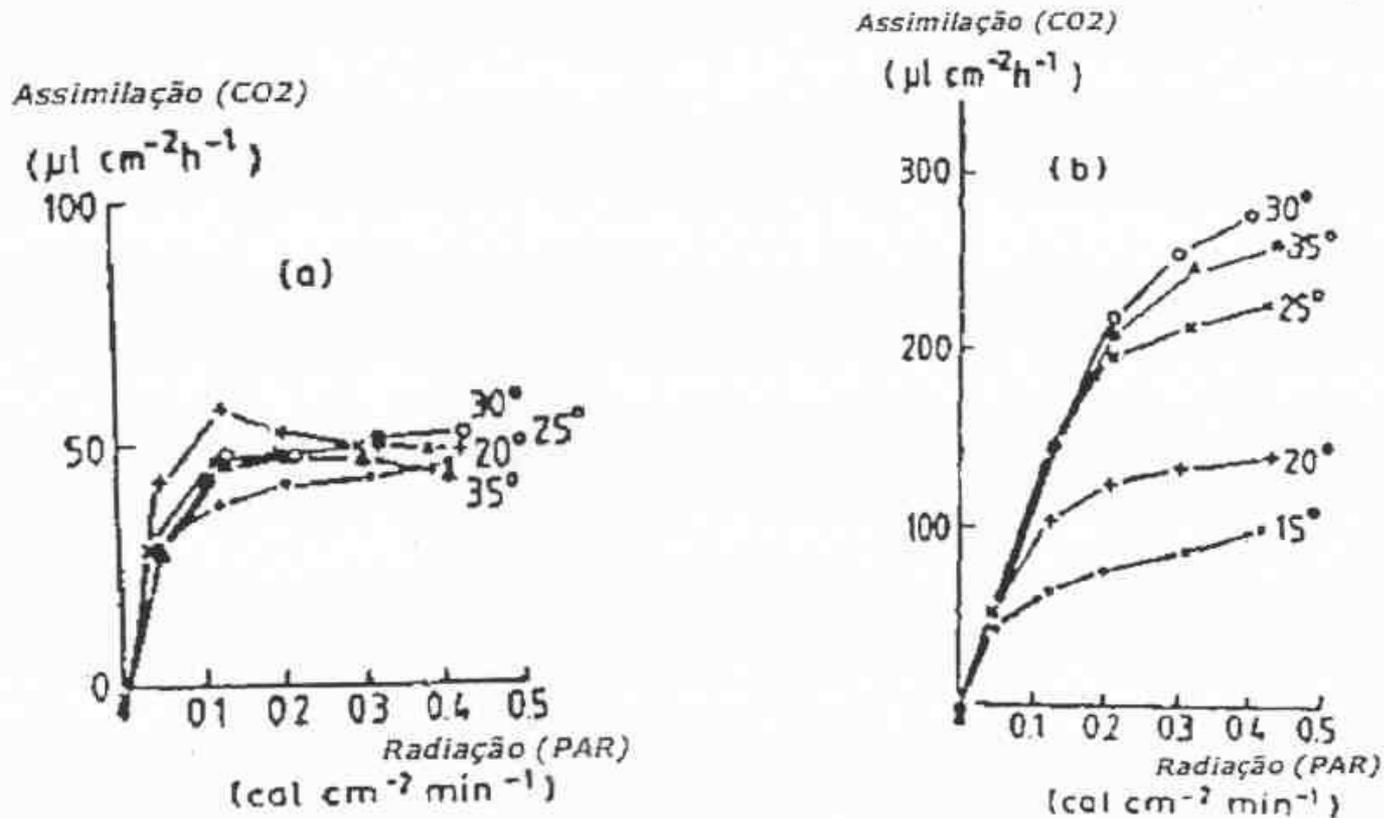
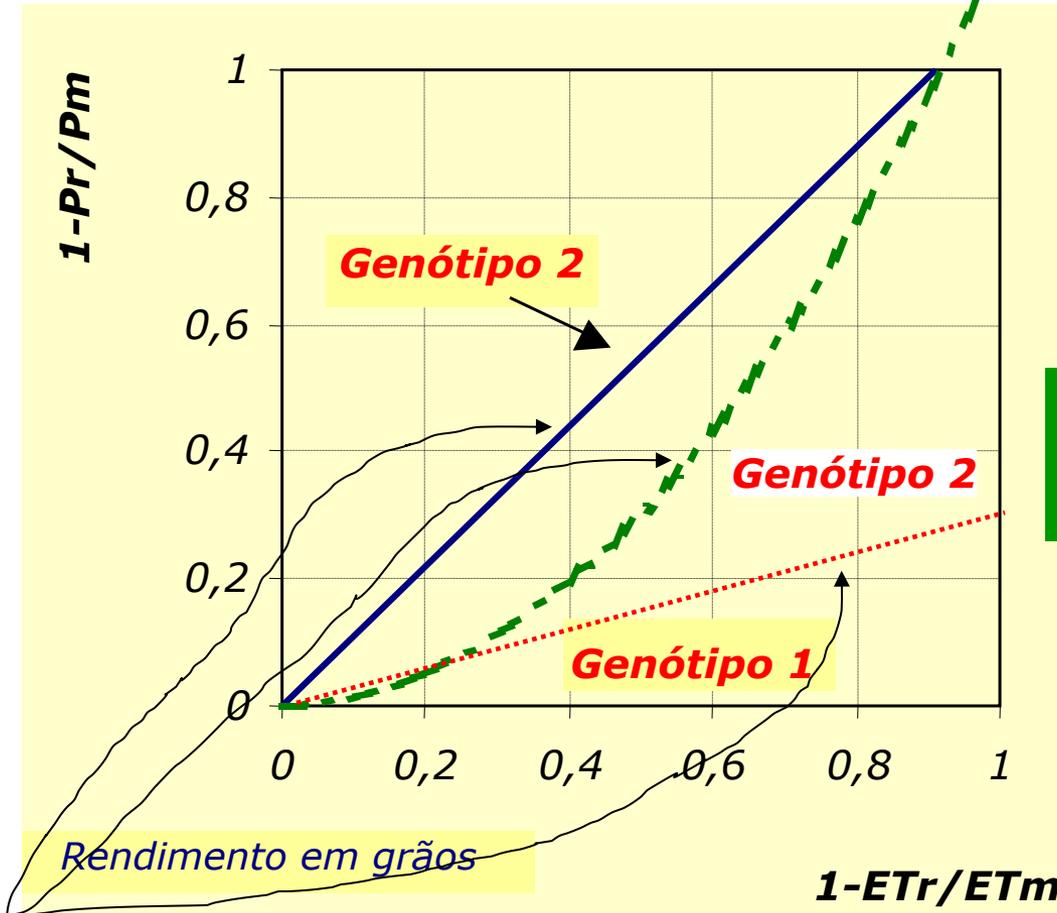


Figura 4 – Curvas de assimilação de CO<sub>2</sub> em função da radiação solar PAR absorvida e da Temperatura do ar. (a) Plantas C<sub>3</sub> e (b) Plantas C<sub>4</sub>.

# Relação entre a produtividade e Deficiência Hídrica

Índice de Satisfação das Necessidades Hídricas - ISNA



$$Ky = \frac{(1-Pr/PP)}{(1-ETr/ETm)}$$

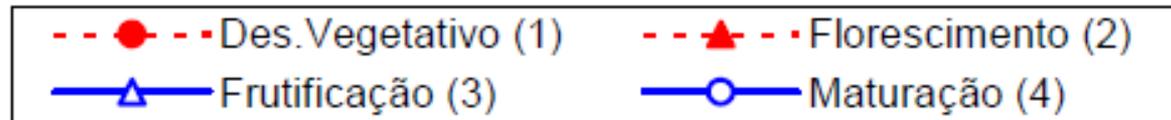
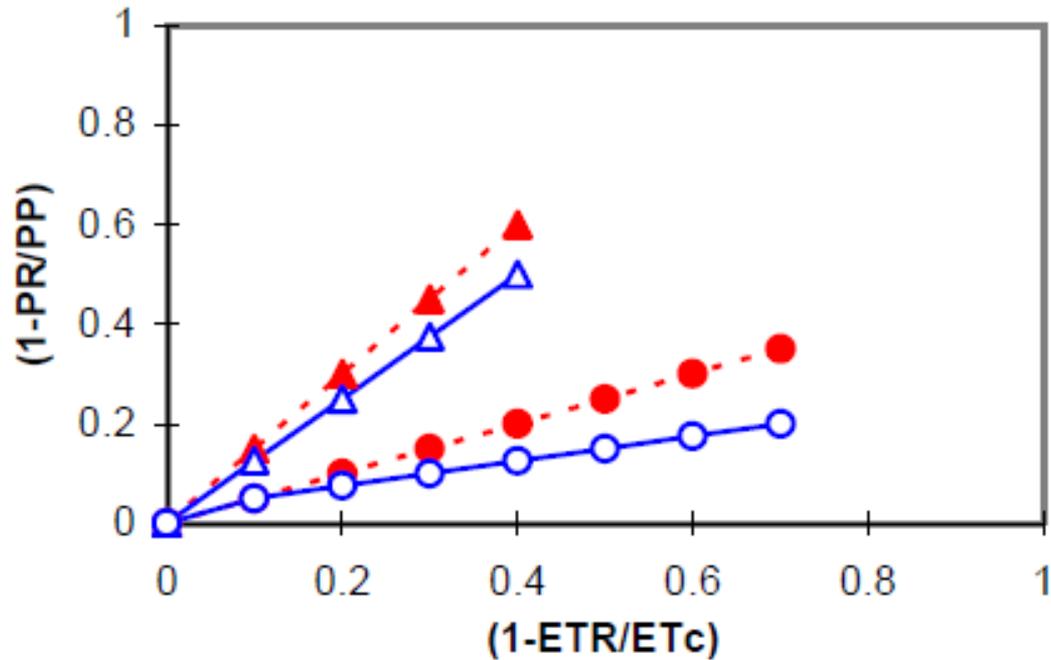
Evapotranspiração Relativa =  $\frac{ETr}{ETm}$

Proporcional a Produtividade

$Yr/Ym$

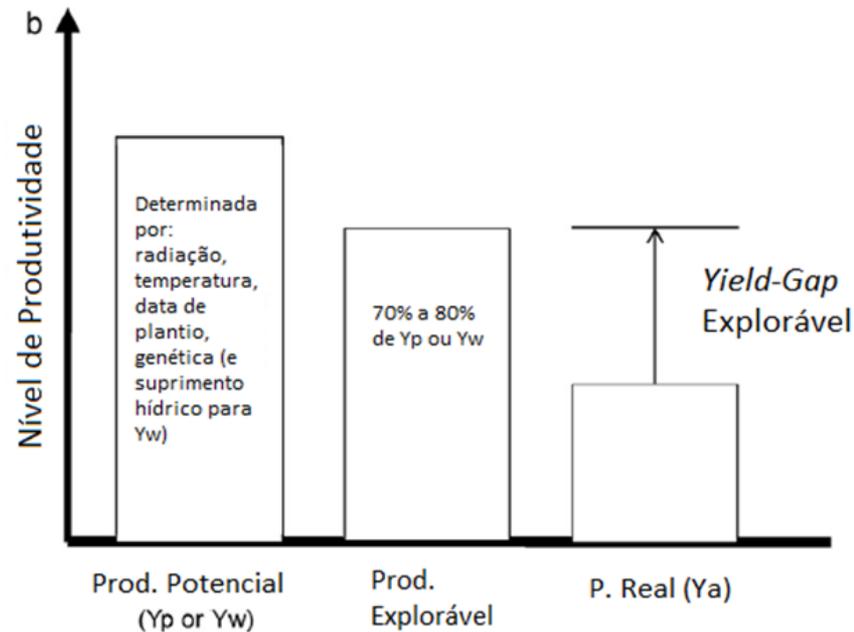
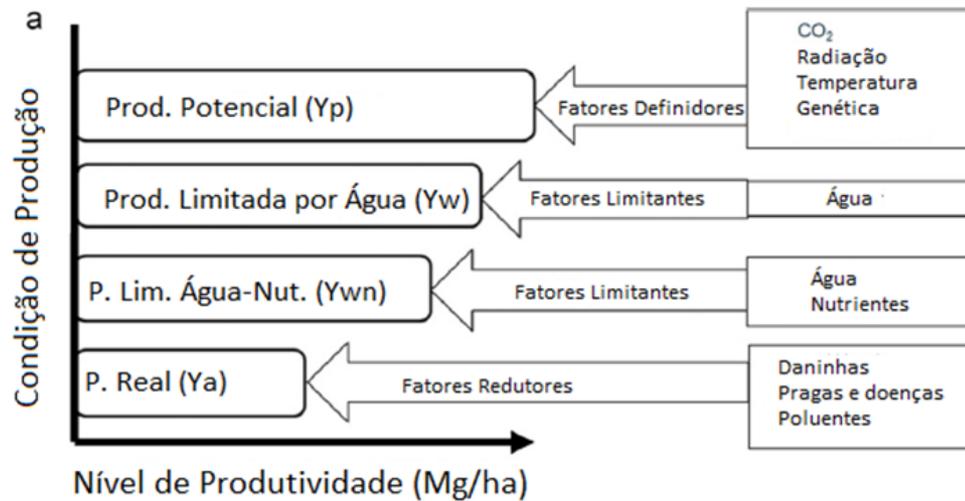
Variação entre espécies e variedades

$$\left(1 - \frac{Pr}{PP}\right) = ky \cdot \left(1 - \frac{ETR}{ETc}\right)$$



$$Pr = \left[1 - ky \left(1 - \frac{ETR}{ETc}\right)\right] \cdot Pp$$

# Níveis de produção e seus respectivos fatores determinantes/limitantes

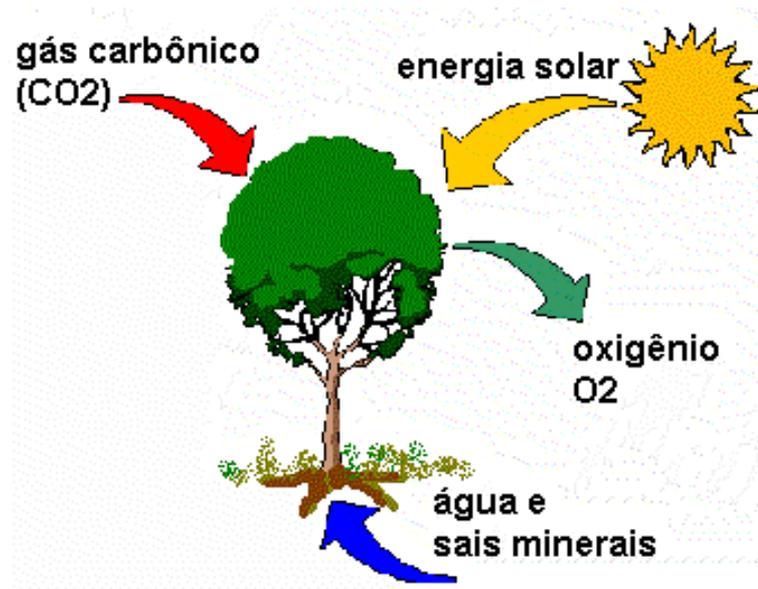


# Produtividade do Ecossistema

*A produção da matéria orgânica pelo ecossistema está intimamente ligada ao fluxo de energia, ao balanço hídrico e à reciclagem dos elementos minerais*

## ✓ PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA BRUTA (PPB):

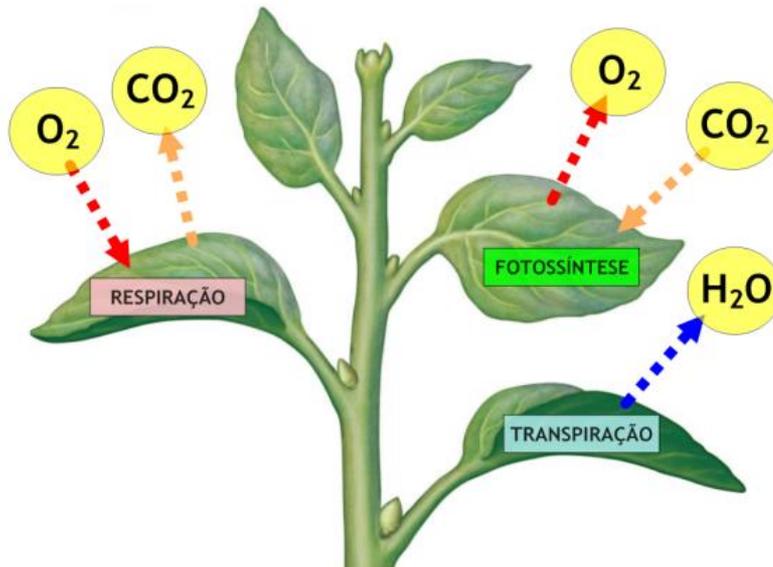
Representa a taxa global de fotossíntese, incluindo a matéria orgânica usada na respiração durante o período de medição, também denominada **Fotossíntese Total** ou **Assimilação Total**.



# Produtividade do Ecossistema

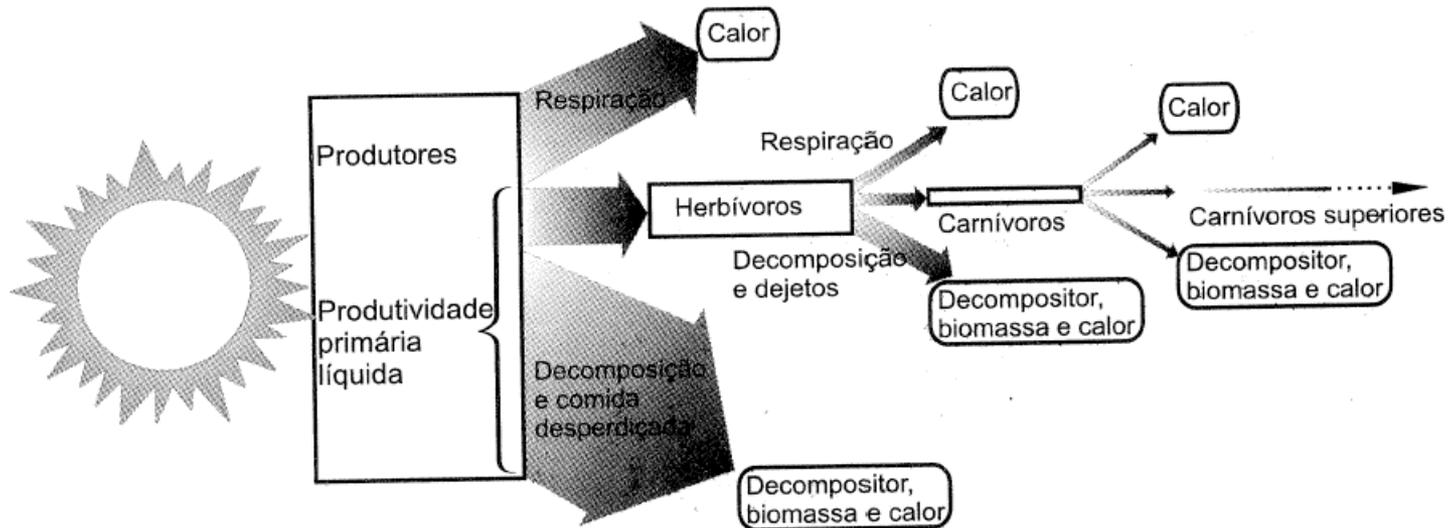
## ✓ PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA LÍQUIDA (PPL):

Taxa de armazenamento de matéria orgânica nos tecidos vegetais, desconsiderando a respiração pelas plantas durante o período de medição, denominada também de **Fotossíntese Aparente** ou **Assimilação Líquida**. Durante a respiração, parte da matéria orgânica, resultante da produção primária bruta, é convertida novamente em dióxido de carbono e água, perdendo parte do peso seco.



Em condições adversas dos fatores ecológicos, vegetais de mecanismo fotossintético  $C_3$  apresentam FOTORRESPIRAÇÃO - perda de  $CO_2$ .

- ✓ Cada indivíduo de um ecossistema está constantemente usando energia para abastecer seus processos fisiológicos, e suas fontes de energias devem ser reabastecidas regularmente.
- ✓ Tal como numa casa, a energia flui constantemente de fontes externas para o seu interior, abastecendo seu funcionamento básico.



# A ciclagem de nutrientes

**Matéria:** tem início com as plantas ou bactérias, pelos processos básicos de fotossíntese e quimiossíntese, que vão ser consumidos por outros componentes da cadeia alimentar, onde todos são decompostos, voltando para o solo transformando-se em componente abiótico. Logo, a matéria possui um começo e um fim.

Esse conhecimento é importante para tratar dos conceitos de *dinâmica, eficiência, produtividade e desenvolvimento de ecossistemas*, especialmente de **agroecossistemas**.

A ciclagem de nutrientes está diretamente relacionada ao fluxo de energia: a biomassa em níveis tróficos contém tanto energia em ligações químicas quanto matéria servindo como nutrientes.

- **A energia** flui apenas numa direção, através dos ecossistemas - do Sol para os produtores, daí para os consumidores e deles para o ambiente.
- **Os nutrientes**, por outro lado, movem-se em ciclos - através dos componentes bióticos de um ecossistema para os componentes abióticos e, novamente, para os bióticos.

Uma vez que tanto componentes bióticos quanto abióticos dos ecossistemas estão envolvidos nesses ciclos, eles são referidos como *ciclos biogeoquímicos*.

Muitos nutrientes são ciclados através de ecossistemas.

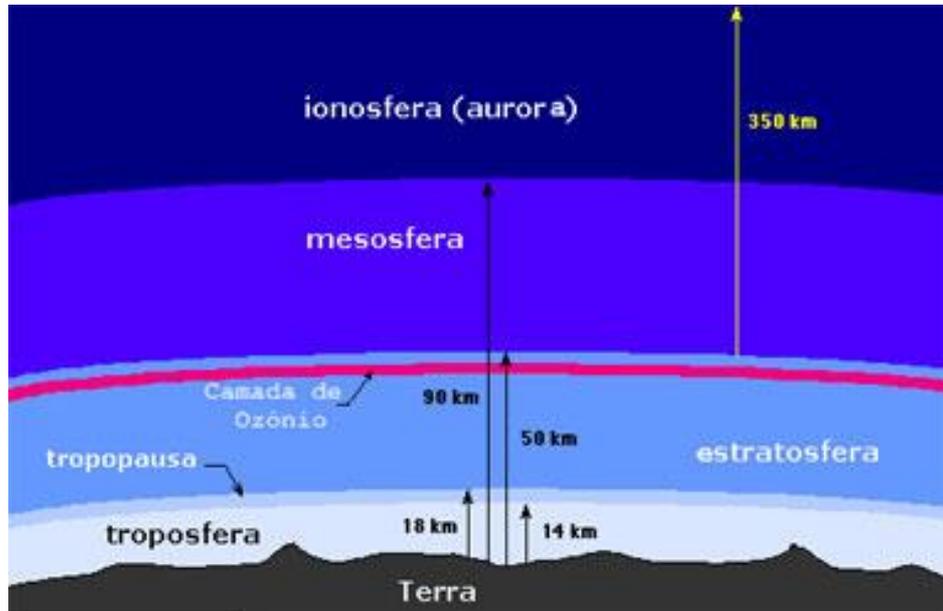
Os mais importantes são **Carbono (C)**, **Água (H<sub>2</sub>O)**, **Nitrogênio (N)**, **Oxigênio (O)**, **Fósforo (P)**, **Enxofre (S)** e **Água**.



Figura 3. Diagrama de fluxo de matéria entre os seres vivos.

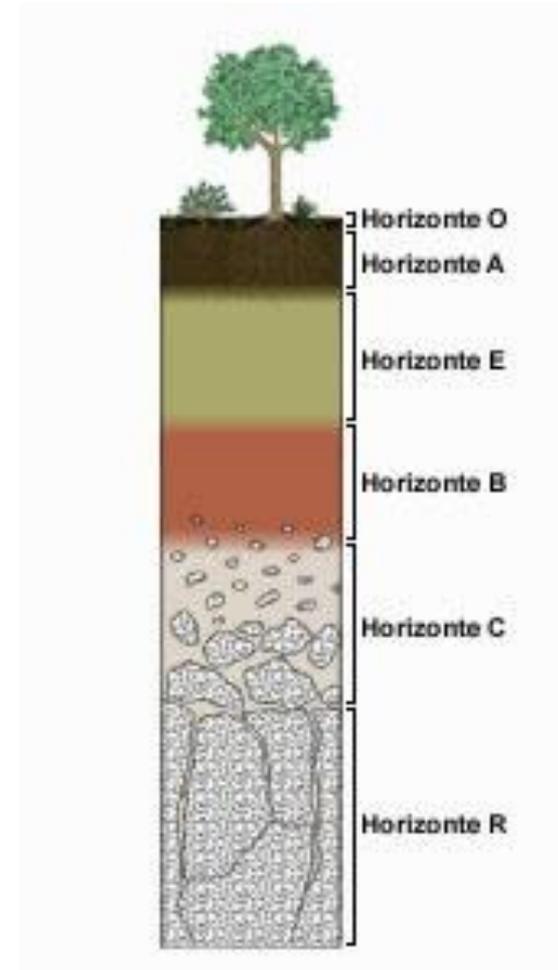
# Caráter Global

"Carbono, Oxigênio, Nitrogênio, H<sub>2</sub>O"



# Caráter Local

"Fósforo, Enxofre, Potássio, Cálcio, e a maior parte dos micronutrientes"

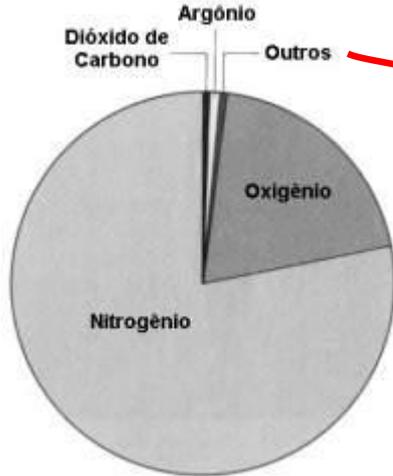


# A Atmosfera Terrestre

Se comparada com o diâmetro da Terra, a espessura da atmosfera não representa mais que 1,6% de seu raio e, se considerarmos que sob o ponto de vista meteorológico a camada mais importante da atmosfera está restrita a 20 km de altitude, teremos que essa espessura é menos de 0,4% do raio terrestre.



# Composição Atmosférica



<b>Gás</b>	<b>Porcentagem</b>	<b>Partes por Milhão</b>
Nitrogênio	78,08	780.000,0
Oxigênio	20,95	209.460,0
Argônio	0,93	9.340,0
Dióxido de carbono	0,035	350,0
Neônio	0,0018	18,0
Hélio	0,00052	5,2
Metano	0,00014	1,4
Kriptônio	0,0001	1,0
Óxido nitroso	0,00005	0,5
Hidrogênio	0,00005	0,5
Ozônio	0,000007	0,1
Xenônio	0,000009	0,1

# Características Físico-Químicas dos Principais Constituintes

- ✓ Nitrogênio - gás em maior concentração, porém com pequena interferência na vida terrena. Inerte.
- ✓ Oxigênio - manutenção da vida pelo processo de respiração. Dá origem ao ozônio na alta atmosfera - estratopausa - 50km



# Características Físico-Químicas dos Principais Constituintes

- ✓ Vapor d'água - essencial à vida e a formação dos ecossistemas
  - variação entre 0 e 4% entre os ambientes mais secos ou frios e mais úmidos do globo;
  - Transporte de energia, regulador térmico e do balanço de radiação da Terra.
- ✓  $\text{CO}_2$  - resultado do processo de oxidação: respiração aeróbica e combustão.

# Características Físico-Químicas dos Principais Constituintes

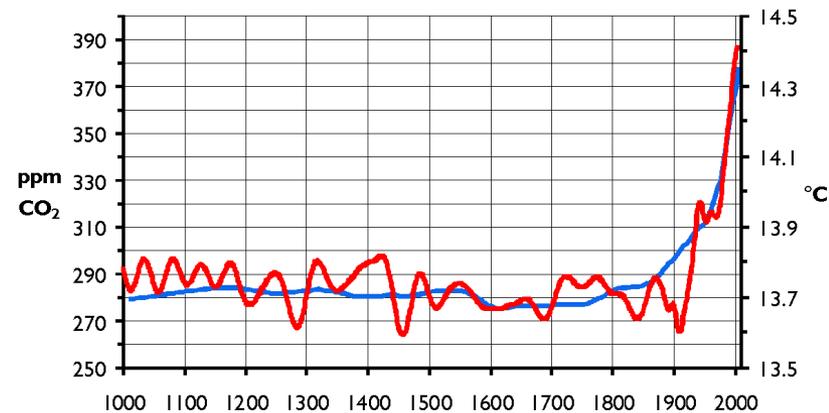
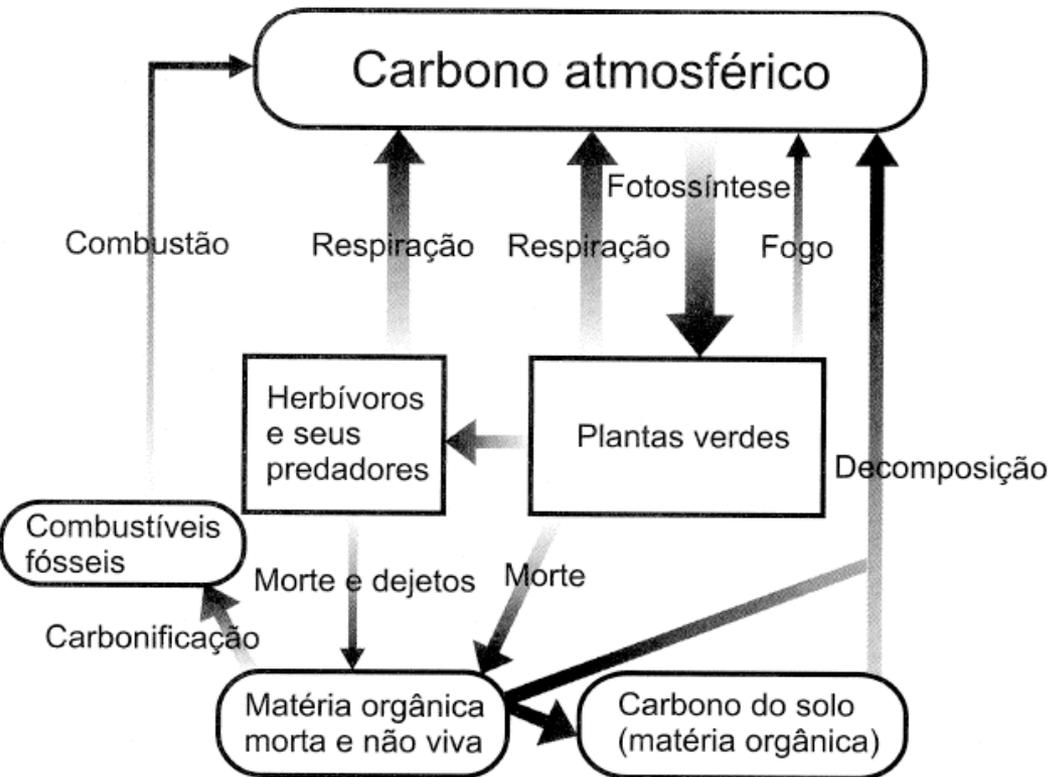
- ✓  $\text{CO}_2$  - queima de combustíveis fósseis, derrubada de florestas.
  - Principal gás de efeito estufa;
  - Petróleo é o grande problema !!
  - Processo da Fotossíntese é um meio de mitigação.

# Carbono

## Reservas de Carbono

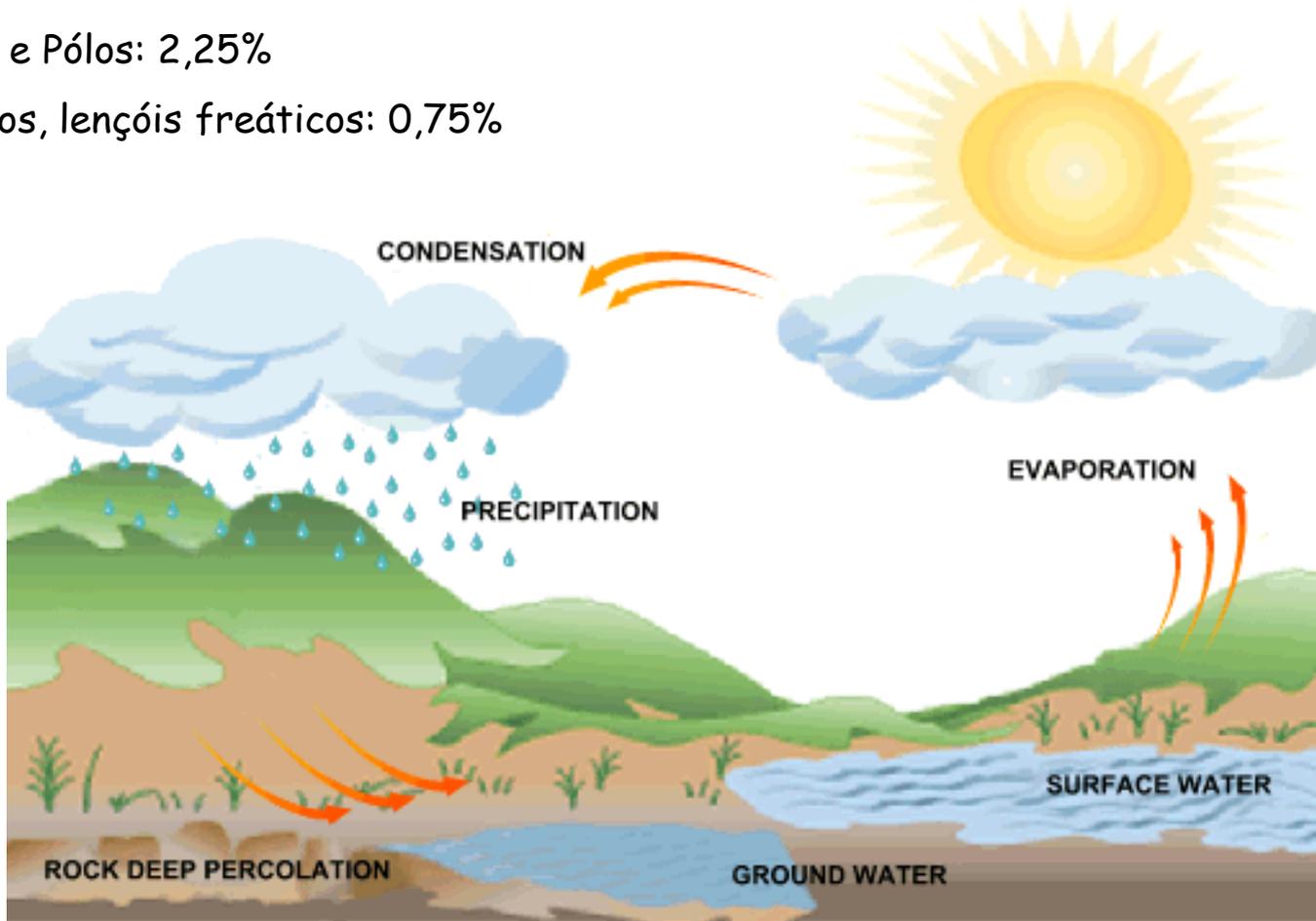
- Solo: 1.050 a 3.000 Gt
- Combust. Fósseis: 10.000Gt
- Oceanos: 35.000Gt
- Atmosfera: 750Gt
- Total de carbono no mundo:

26 quatrilhões de toneladas



# Água

- ✓ Oceanos e mares: 97%
- ✓ Geleiras e Pólos: 2,25%
- ✓ Rios, lagos, lençóis freáticos: 0,75%

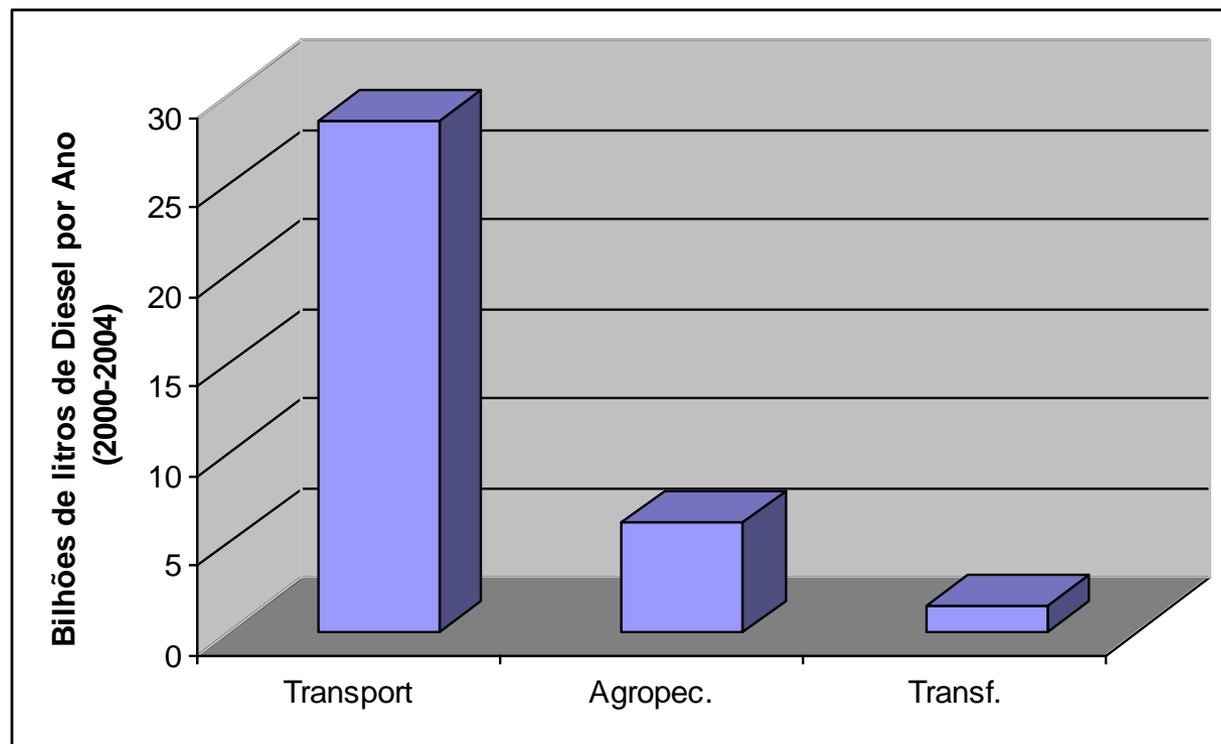


## ➤ Emissão de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>):

**O consumo do diesel no Brasil pode ser dividido em três grandes setores:**

- ✓ Transportes: representando mais de 75% do total consumido;
- ✓ Agropecuário: representado cerca de 16% do consumo;
- ✓ Transformação: utiliza o produto na geração de energia elétrica e corresponde à cerca de 4% do consumo total de diesel.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN 2004), o país consumiu em média 38,08 bilhões de litros anuais de óleo diesel entre 2000 e 2004.



# Focos de Queima

Acumulado de 2007/01/01 a 2007/12/31  
NOAA15 e NOAA12 - passagem as 21GMT

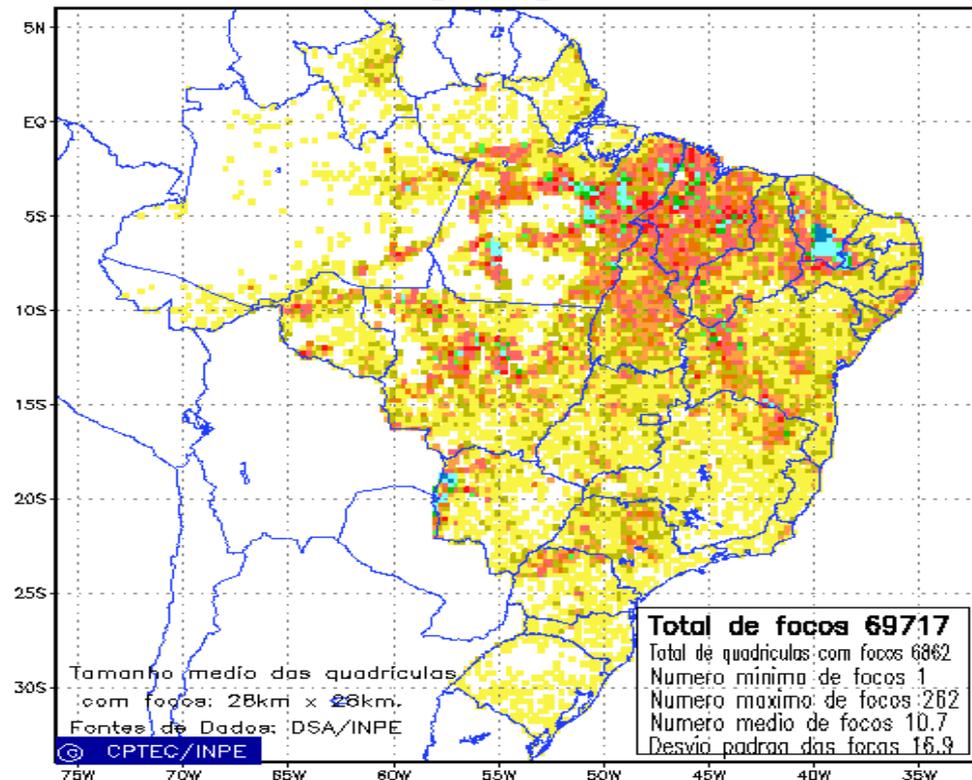
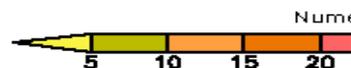
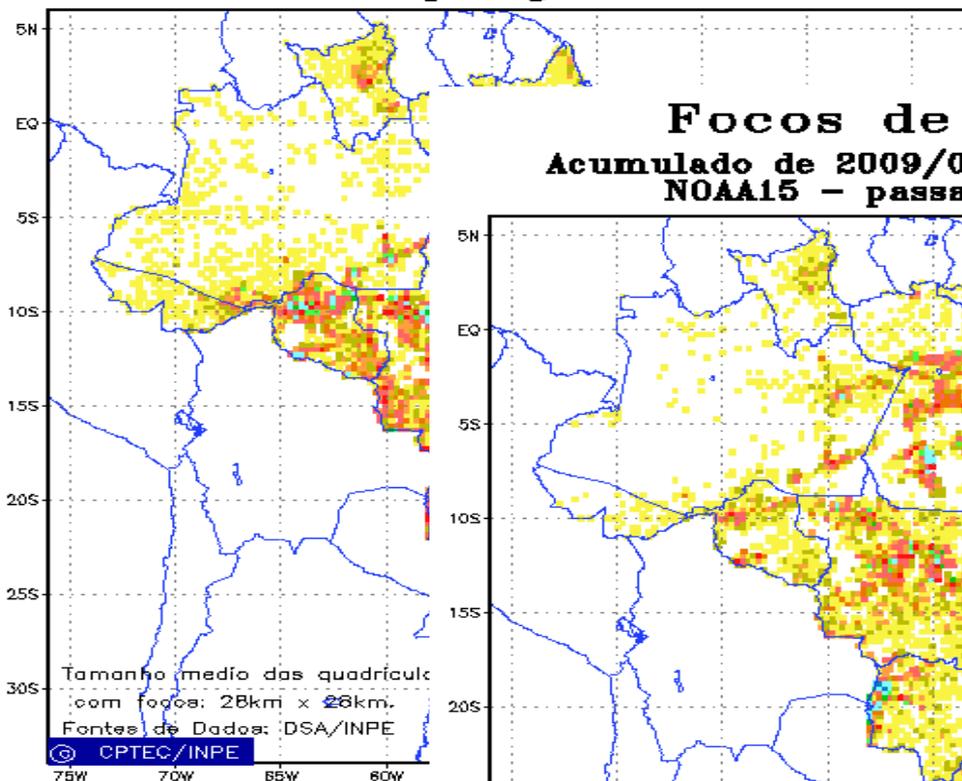
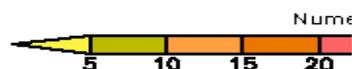
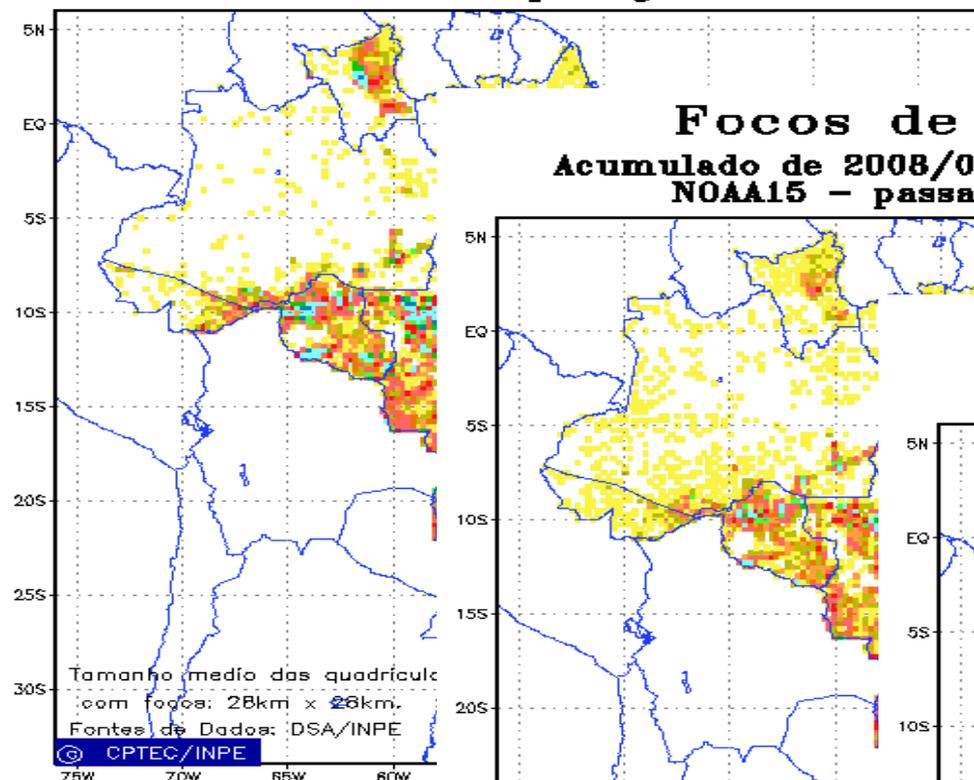
## Queimadas

# Focos de Queima

Acumulado de 2008/01/01 a 2008/12/31  
NOAA15 - passagem as 21GMT

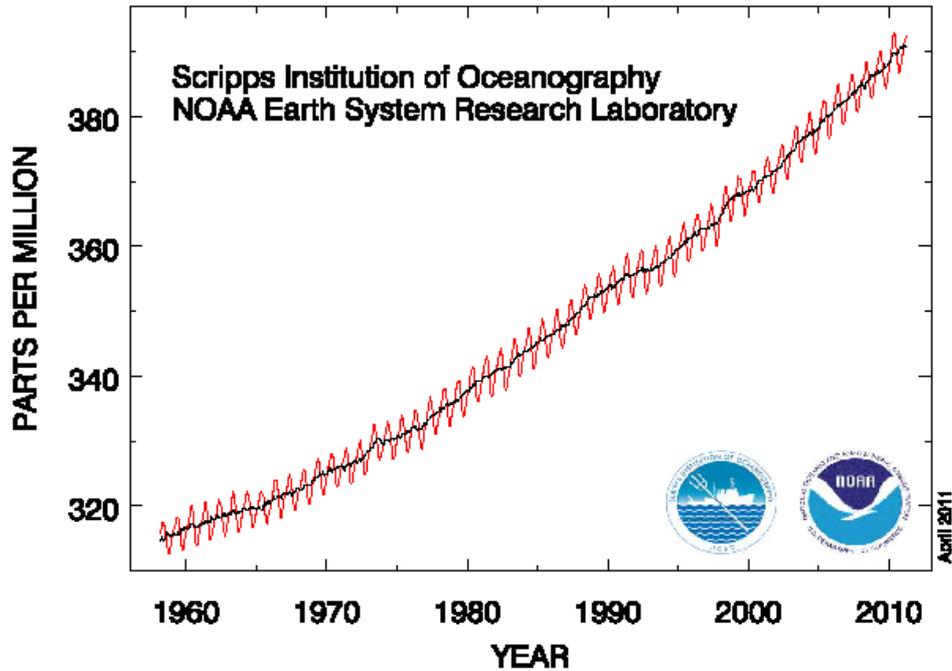
# Focos de Queima

Acumulado de 2009/01/01 a 2009/12/31  
NOAA15 - passagem as 21GMT



# Atmospheric CO<sub>2</sub> at Mauna Loa Observatory

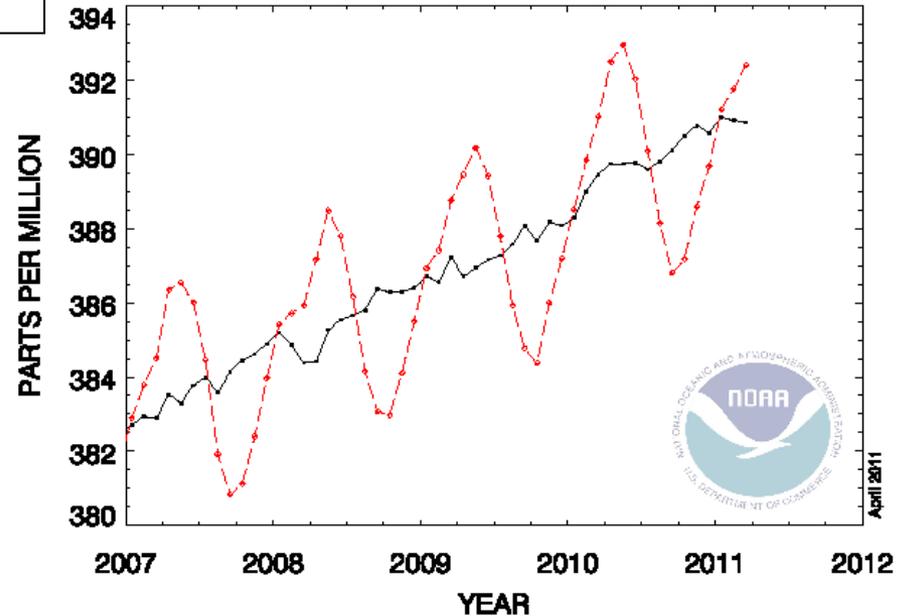
Scripps Institution of Oceanography  
NOAA Earth System Research Laboratory



## Combustível fóssil e Queimadas: poluição na atmosfera

*Gases de Efeito Estufa: CO<sub>2</sub>*

### RECENT MONTHLY MEAN CO<sub>2</sub> AT MAUNA LOA



- **Emissão de Metano ( $\text{CH}_4$ )** ocorre naturalmente em solos inundados e áreas agrícolas com tal característica, a exemplo de lavouras de arroz irrigado (inundação). Responsáveis: *bactérias metanogênicas*.

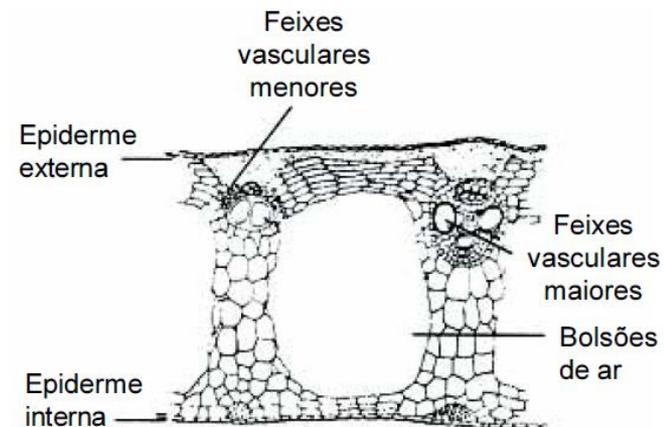


Figura 9. Seção transversal da bainha foliar (HOSHIKAWA, 1975).

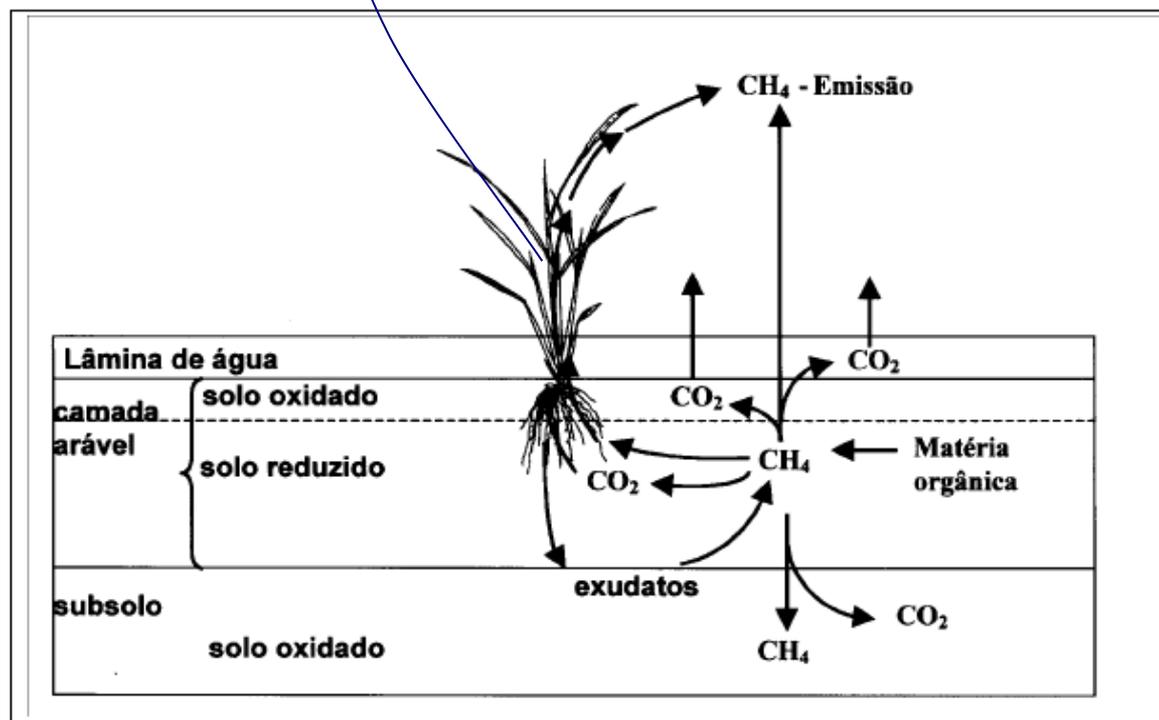
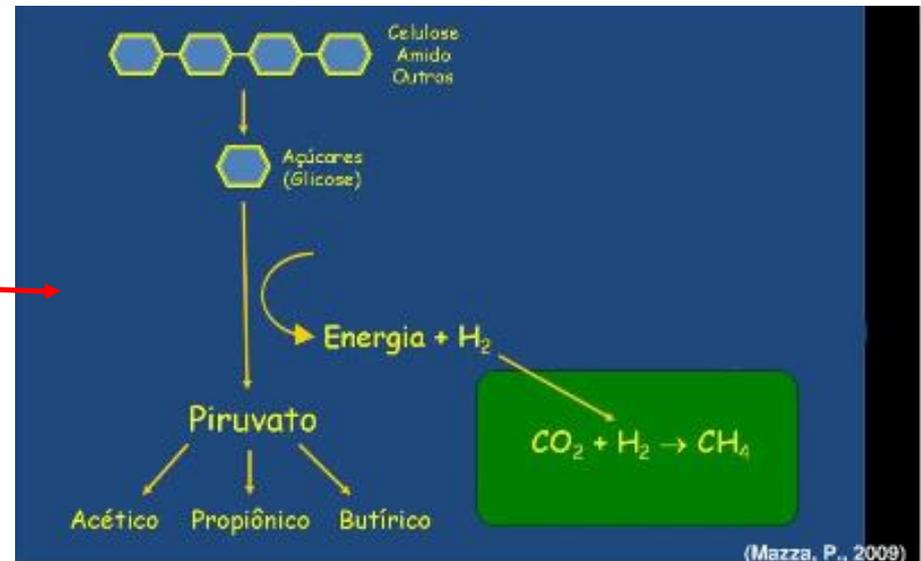


Figura 1 – Fluxograma representativo da produção e emissão de metano em lavouras de arroz. Adaptado de KIMURA & MINAMI (1995)



- **Pecuária e emissão de gases:** contribui com 22% das emissões globais de metano ( $\text{CH}_4$ ), um dos principais gases do aquecimento global, pois sua capacidade de reter calor na atmosfera é 23 vezes maior se comparado ao gás carbônico. (FAO). Com um rebanho estimado em cerca de 200 milhões de cabeças, a contribuição brasileira para as emissões de metano é bastante significativa.

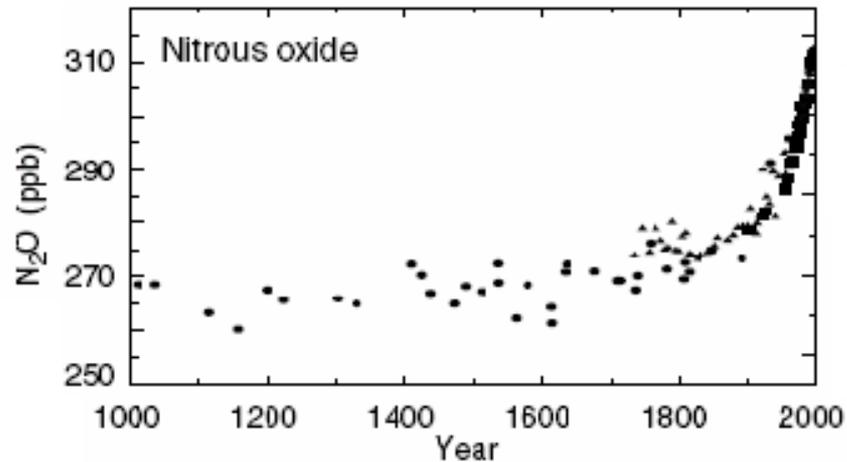
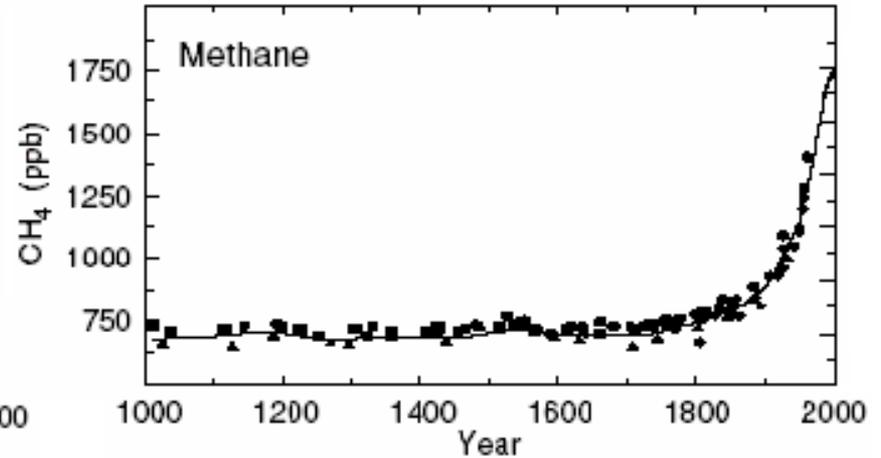
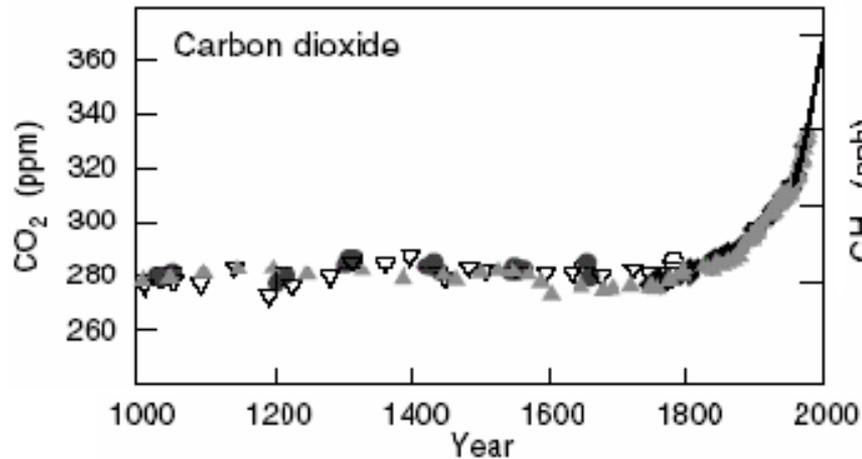


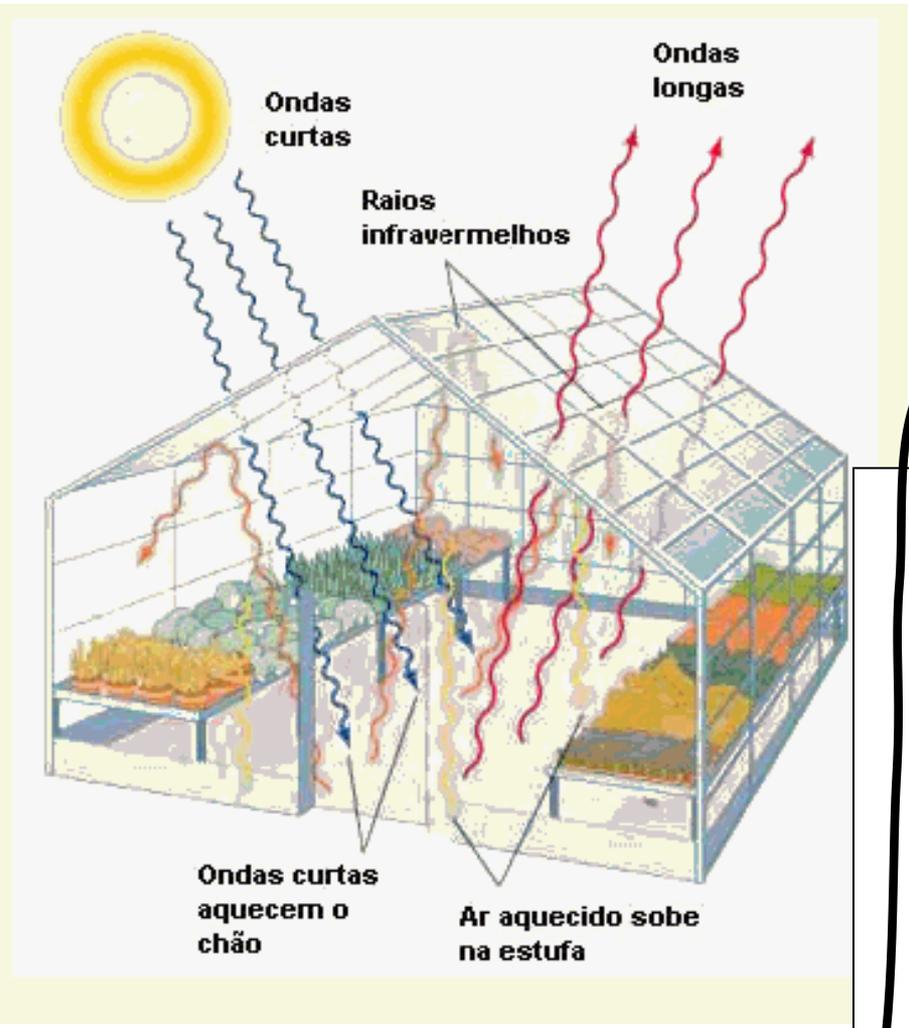
- **Emissão de Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)**: O aumento das adições de fertilizantes nitrogenados sintéticos aos solos agrícolas tem sido indicado como principal responsável pelas crescentes emissões de N<sub>2</sub>O na atmosfera.



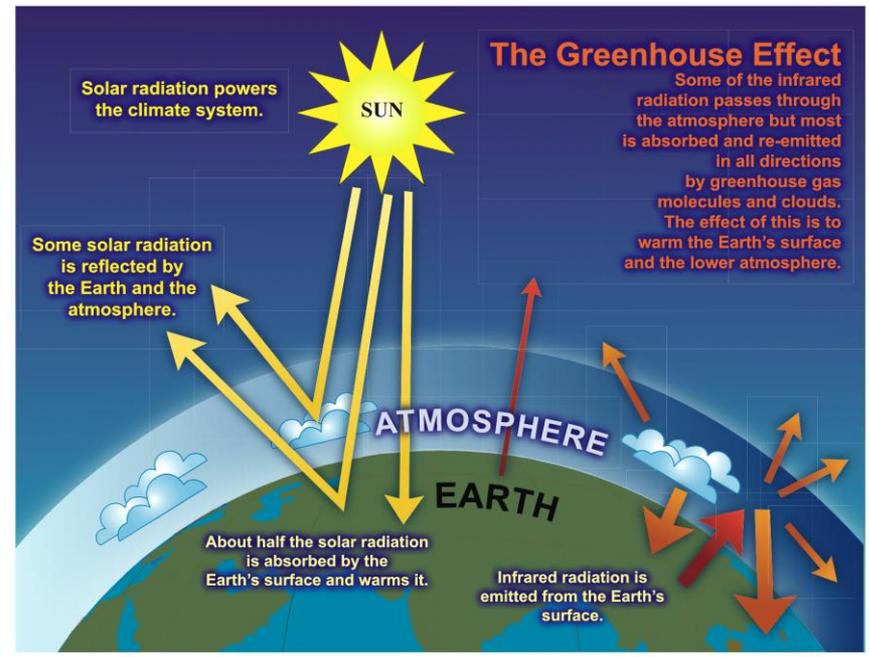
Processo de desnitrificação do nitrogênio mineral consiste na redução microbiana do nitrato (NO<sub>3</sub>) à formas intermediárias de N e então às formas gasosas (NO, N<sub>2</sub>O e N<sub>2</sub>) que são comumente perdidas para a atmosfera.

# Alteração na Composição

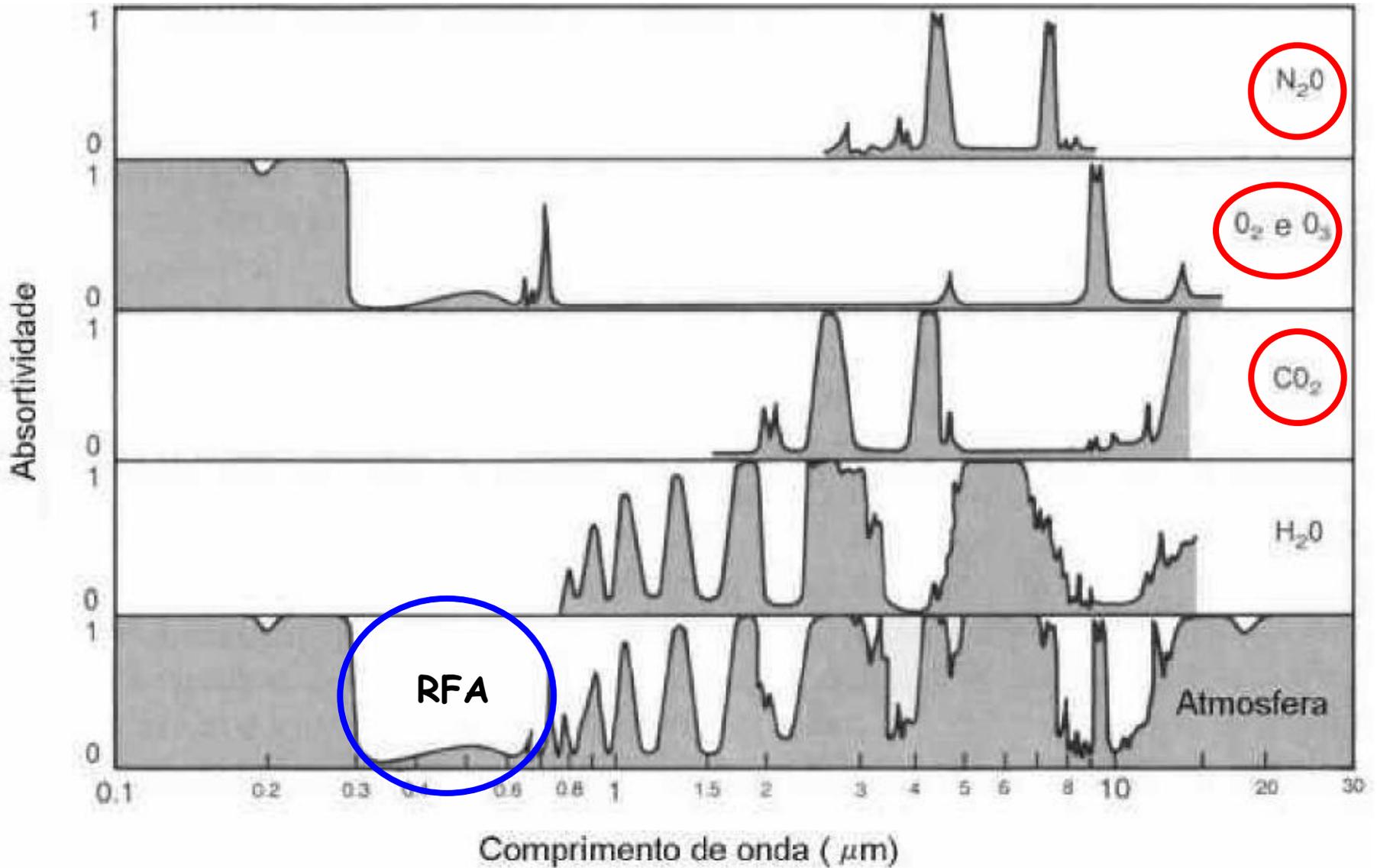




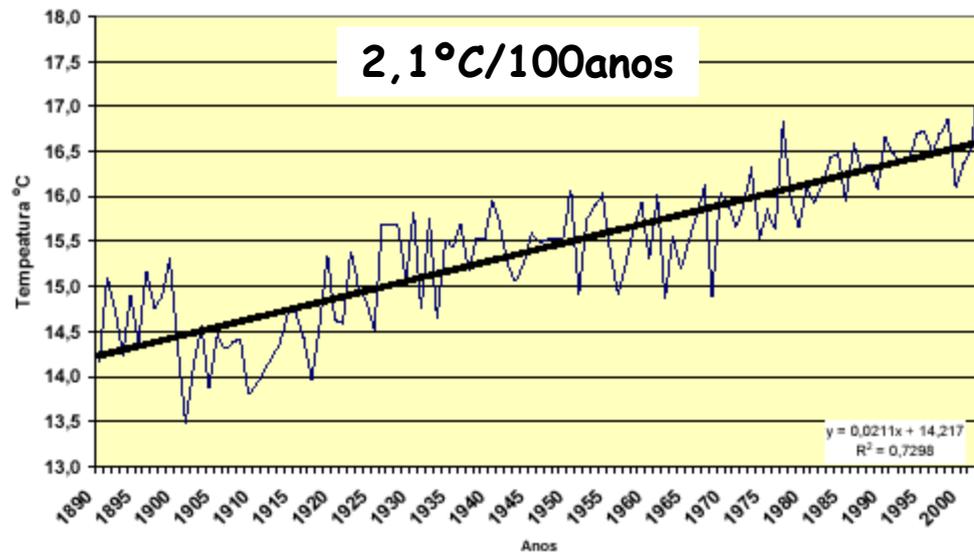
# Amplificação do Efeito Estufa



Aumento das concentrações atmosféricas de:  
 $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ , etc.



Absortividade de alguns gases da atmosfera e da atmosfera como um todo.

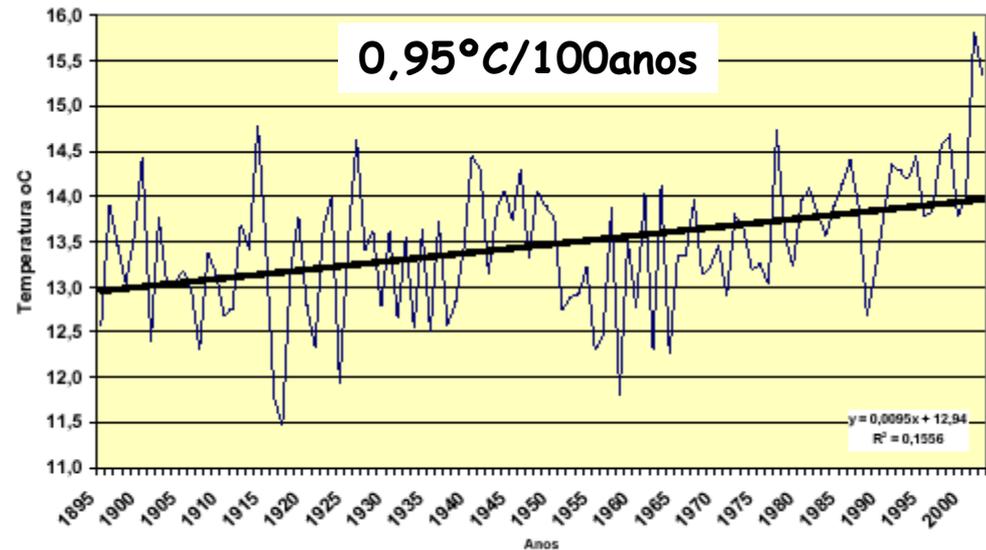


**Aumento da  
temperatura do ar:  
dados medidos**

**Figura 3.** Variação das Temperaturas Médias Mínimas em Campinas – SP. Fonte: IAC/Apta/SAA.

*Campinas - SP*

*Pelotas - RS*



**Figura 4.** Variação das Temperaturas Médias Mínimas Anuais em Pelotas - RS. Fonte: Embrapa/UFPEL.

# BRASIL

Temperatura média do ar



Precipitação anual

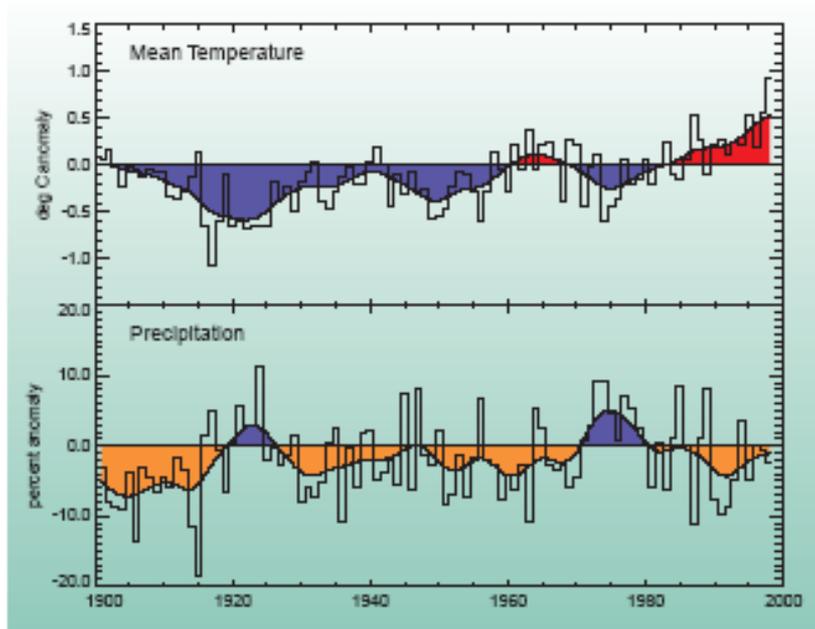


Figura 1: Variação da temperatura média anual, 1901-1998 (em cima), e da precipitação anual, 1901-1998 (em baixo), no Brasil. A variação é relativa às médias do período 1961-90 (com valores de 25,0°C e 1780 mm, respectivamente).

## Projeções:

1980s	1990s		CO <sub>2</sub>	2020s		CO <sub>2</sub>	2050s		CO <sub>2</sub>	2080s	
Temp °C	Temp °C		ppmv	Temp °C	Nível do mar cm	ppmv	Temp °C	Nível do mar cm	ppmv	Temp °C	Nível do mar cm
0.13	0.28	B1-baixa	421	0.6	7	479	0.9	13	532	1.2	19
0.13	0.28	B2-média	429	0.9	20	492	1.5	36	561	2.0	53
0.13	0.28	A1-média	448	1.0	21	555	1.8	39	646	2.3	58
0.13	0.28	A2-alta	440	1.4	38	559	2.6	68	721	3.9	104

Tabela 1: Resumo das alterações no ambiente global, nas décadas de 2020, 2050 e 2080, para os quatro cenários. As alterações são calculadas relativamente às médias de 1961-90. Os efeitos dos sulfatos no clima não foram considerados. As variações na temperatura global para as décadas de 1980 e 1990 são as efetivamente observadas. (ppmv = partes por milhão por volume)

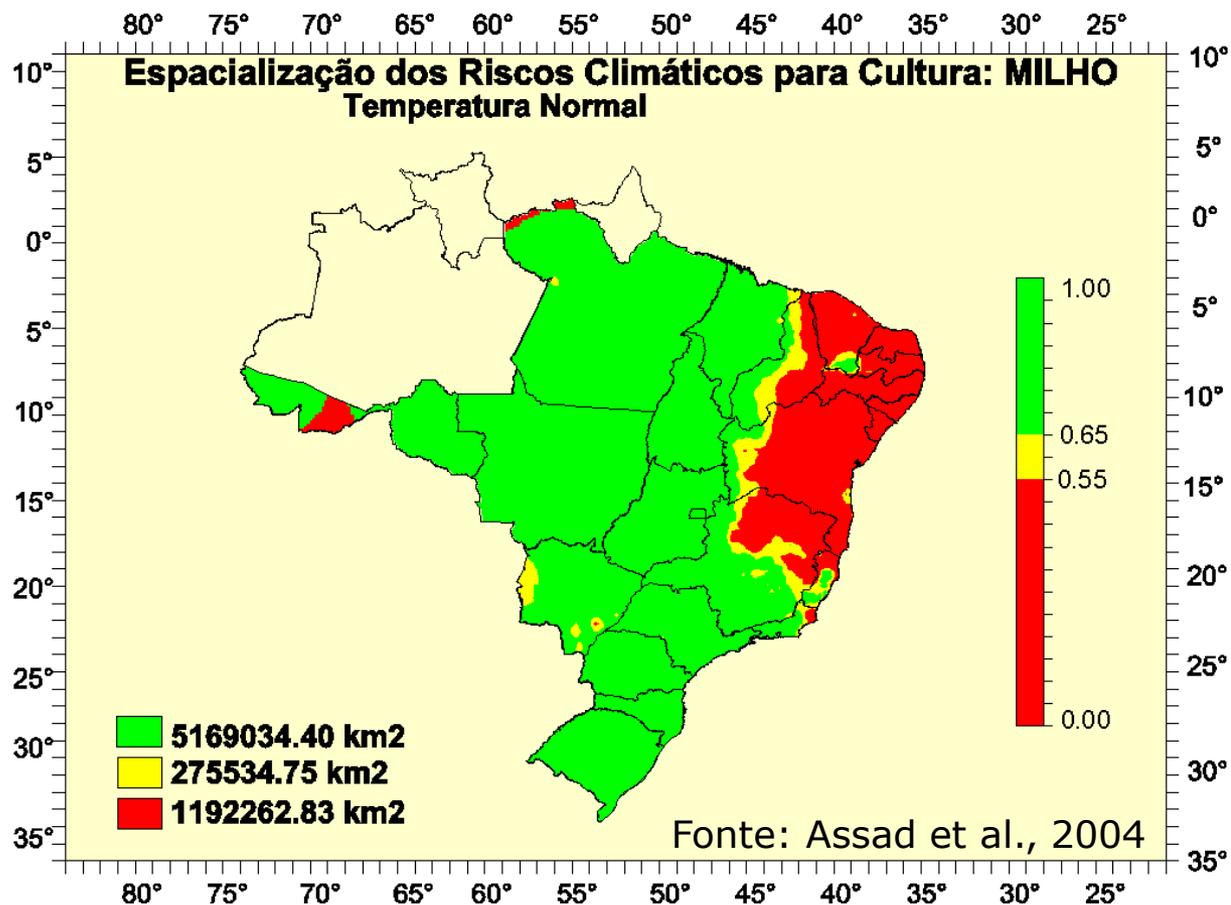
# Mudança climática e Possíveis Impactos na Agricultura Brasileira

- Uma forma de análise é a quantificação das áreas de baixo risco para a produção agrícola (zoneamento agrícola de risco). Mudanças da temperatura do ar e da precipitação pluvial são os elementos considerados.
- Aqui o objetivo não é analisar a variação do potencial produtivo frente ao aumento da  $[CO_2]$

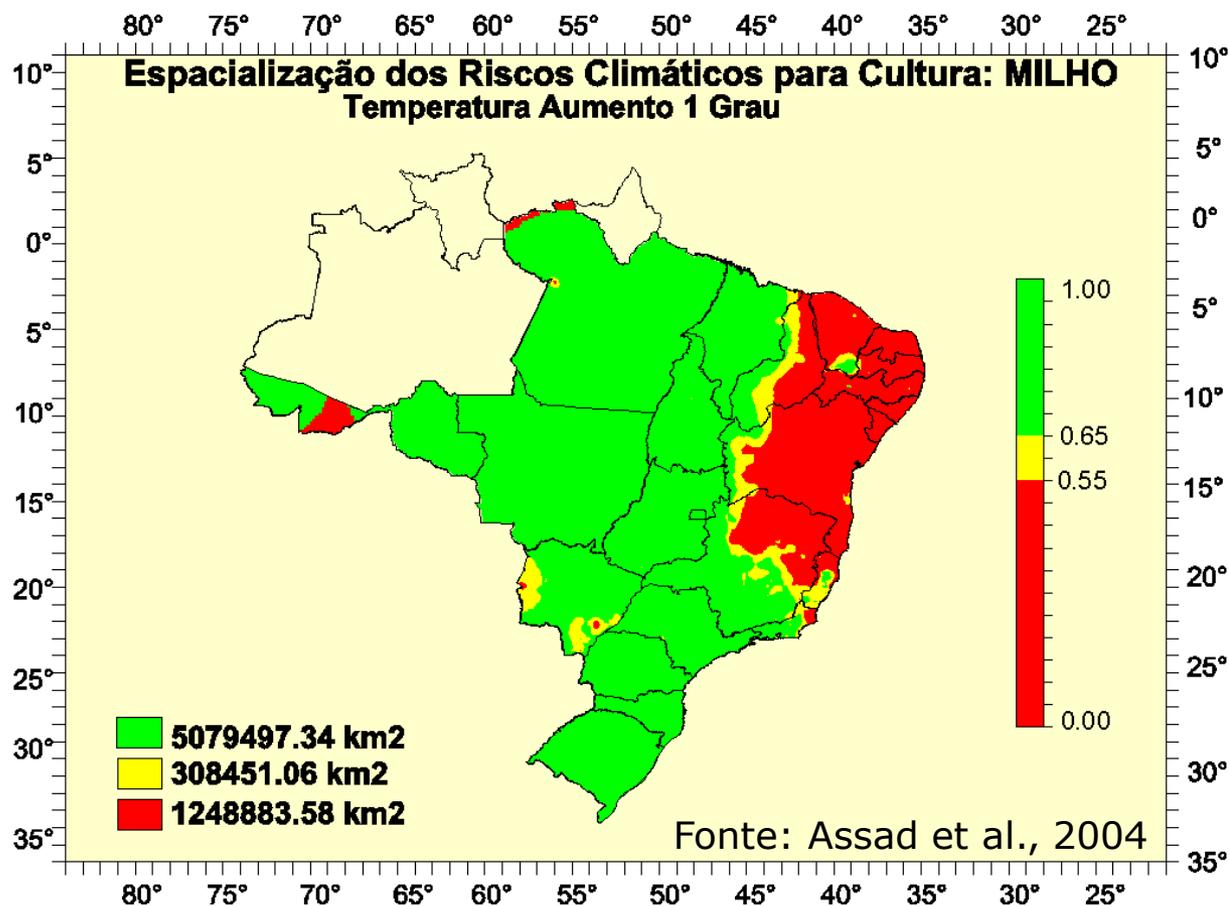


Milho

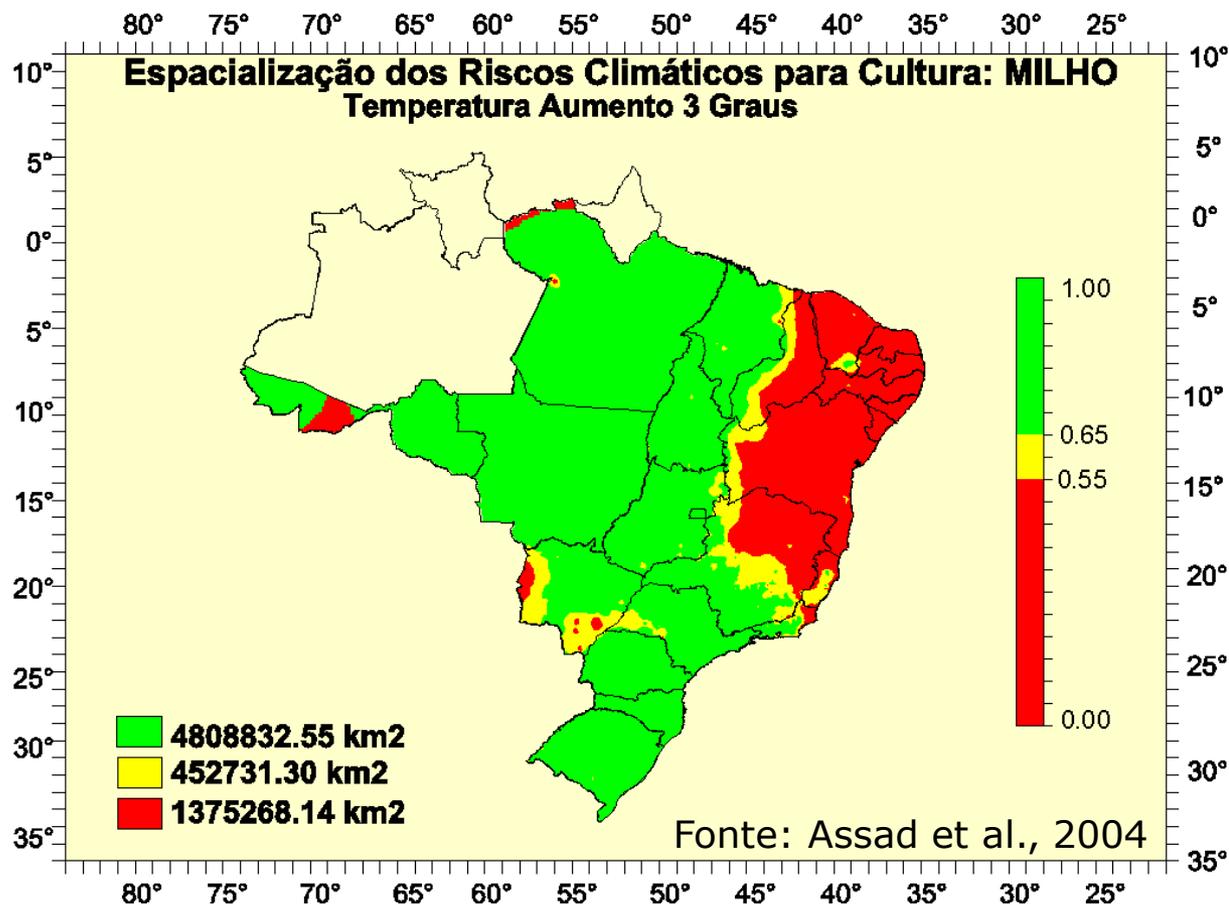
## Solo 50mm – 1 a 10 de Novembro



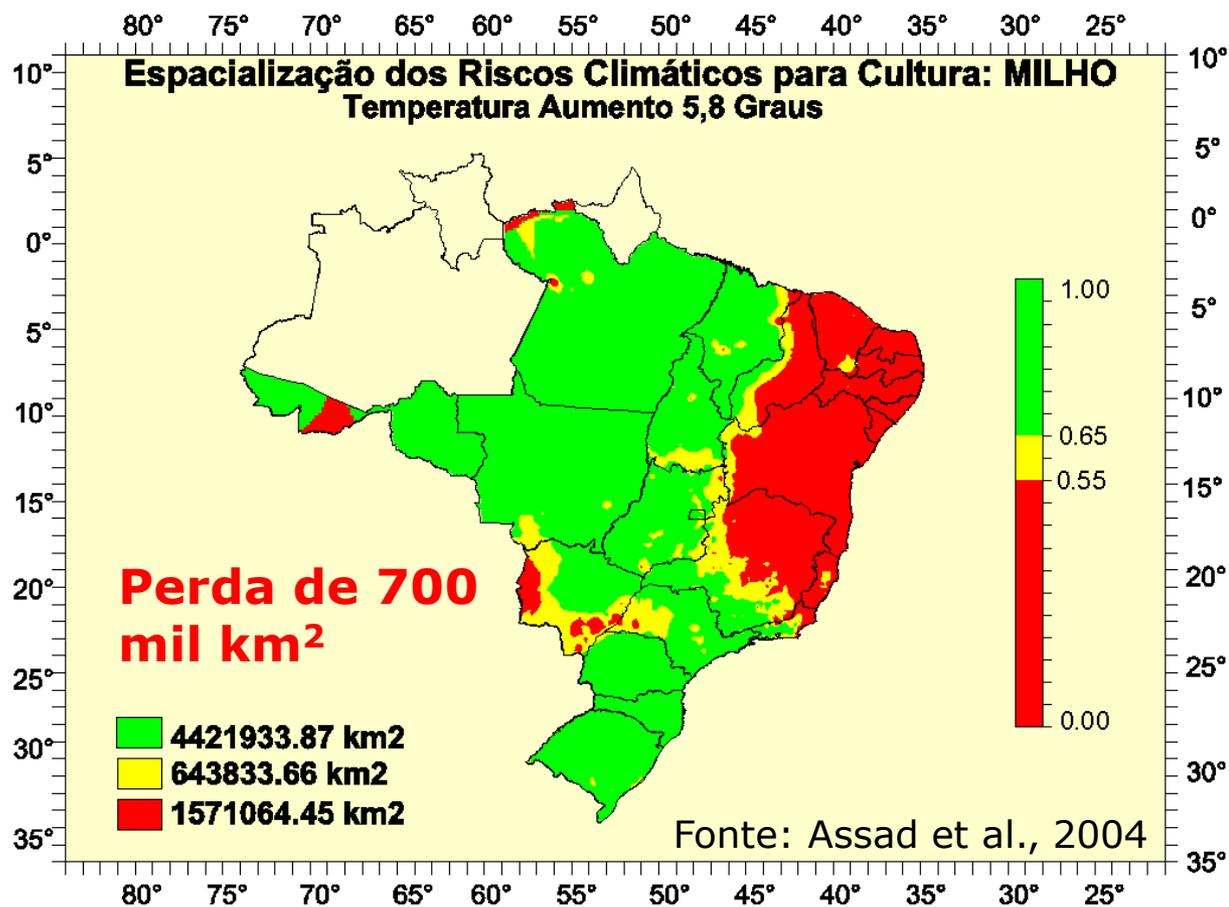
## Solo 50mm – 1 a 10 de Novembro



## Solo 50mm – 1 a 10 de Novembro

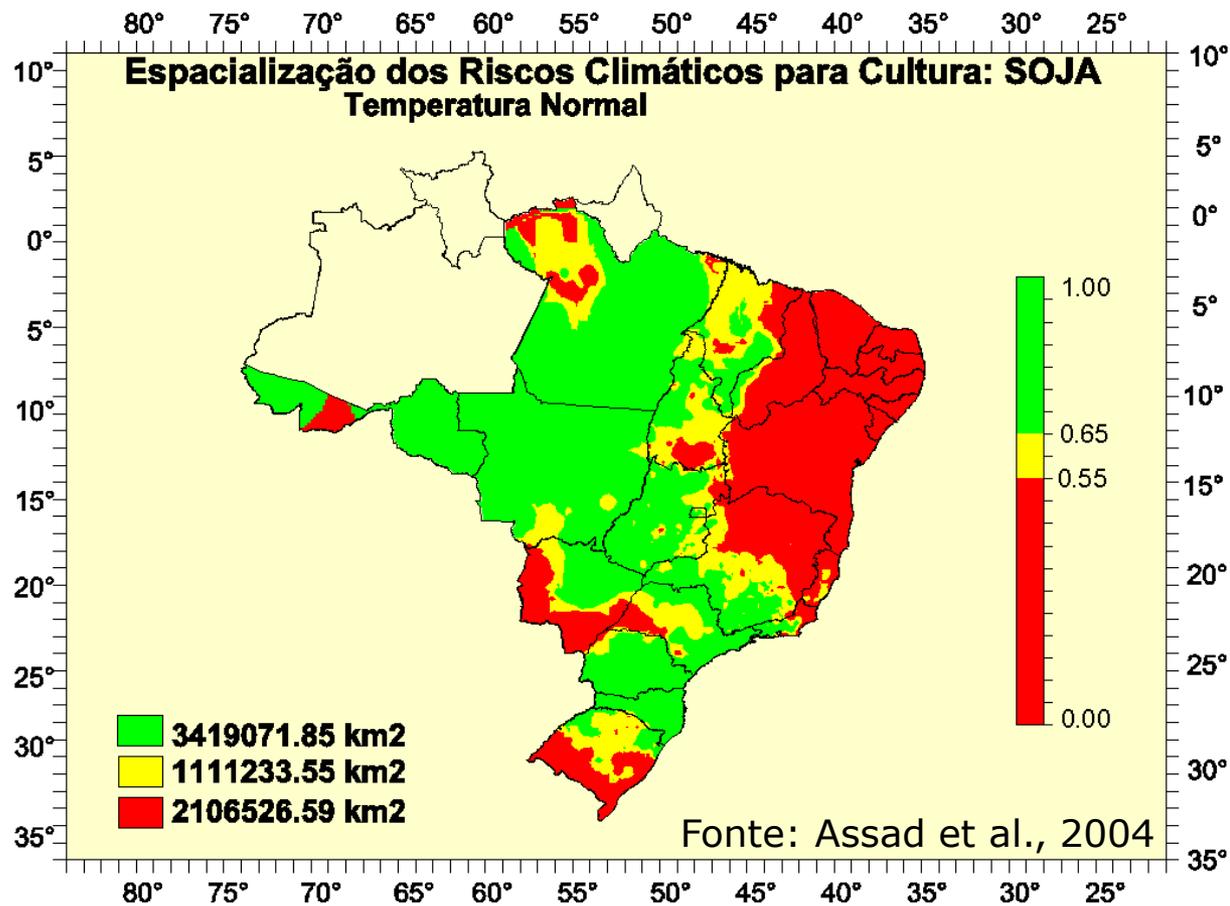


## Solo 50mm – 1 a 10 de Novembro

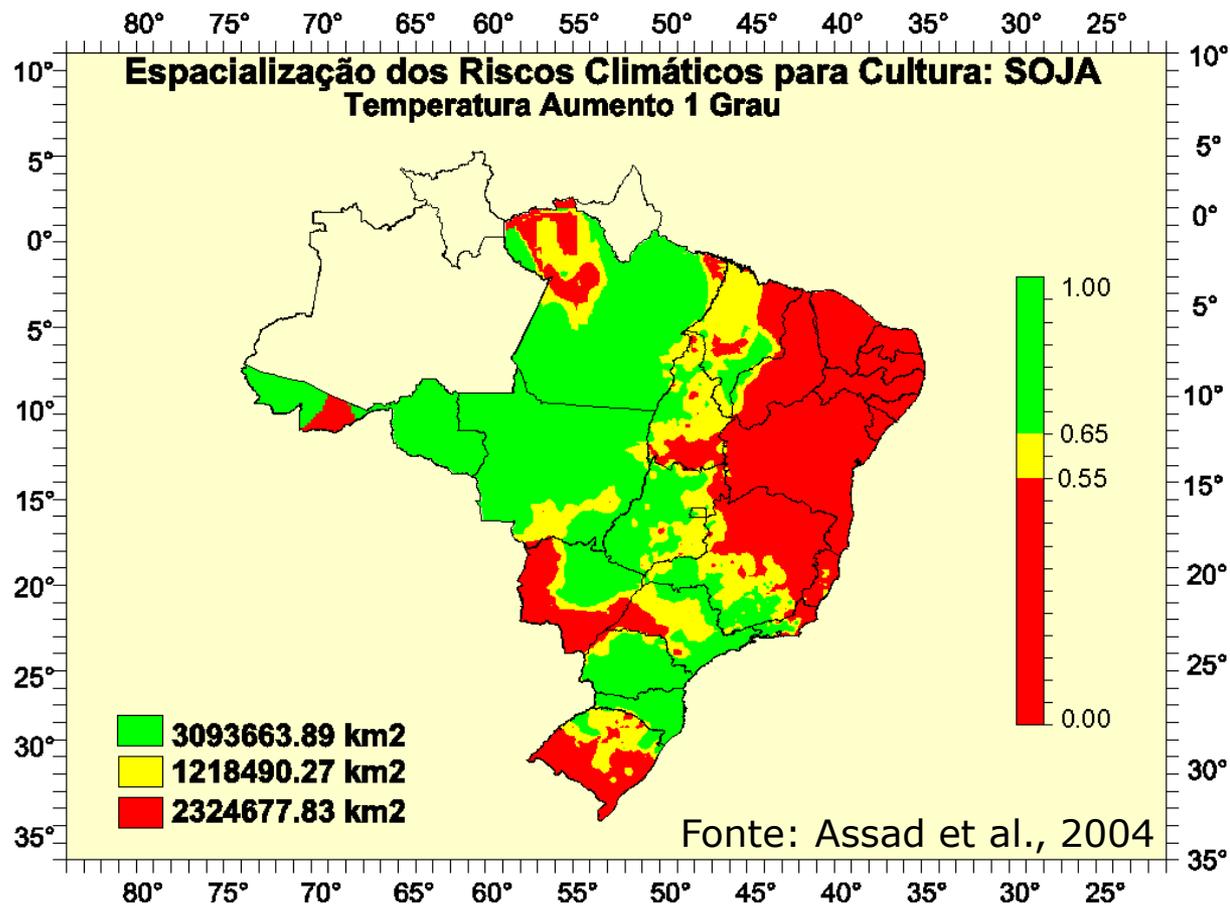




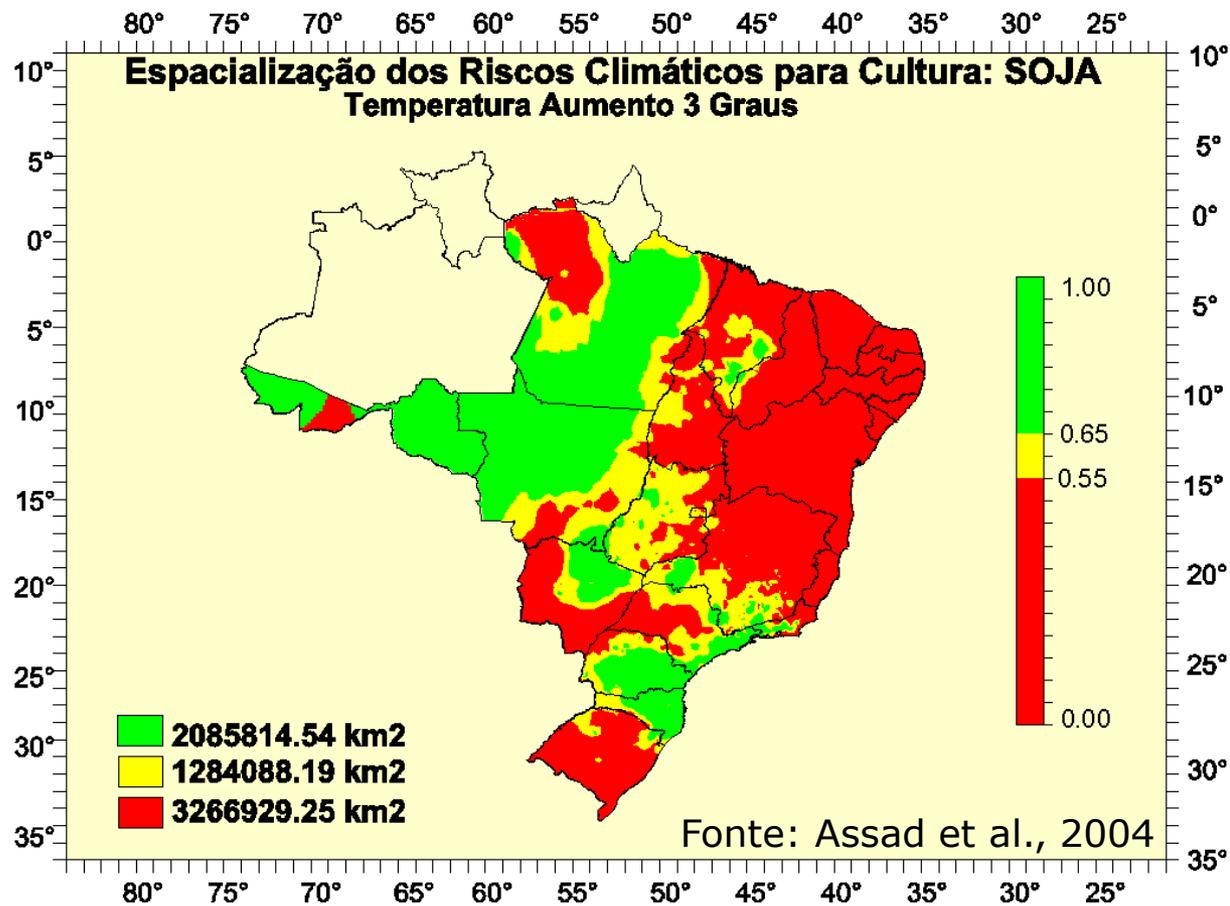
## Solo 50mm - 1 a 10 de Novembro



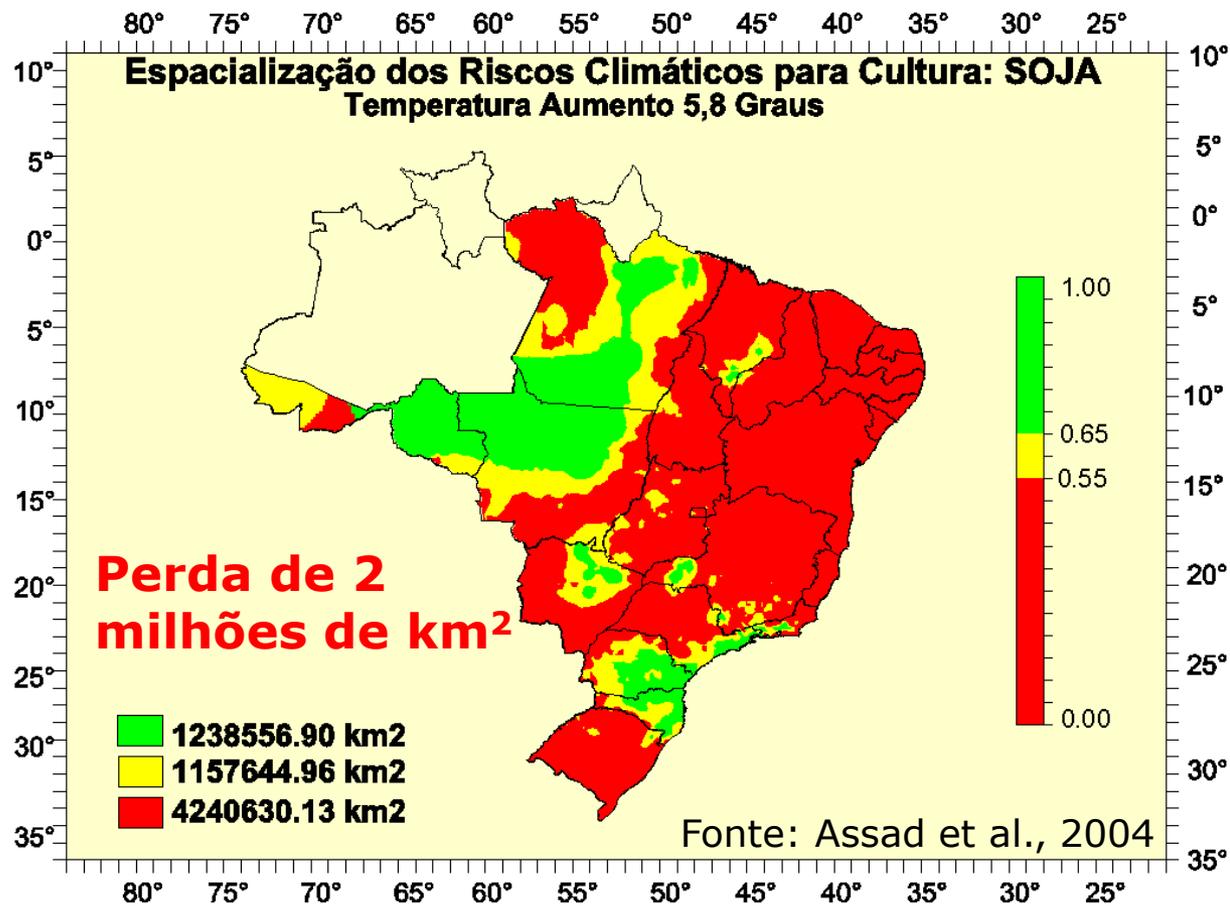
## Solo 50mm - 1 a 10 de Novembro



## Solo 50mm - 1 a 10 de Novembro



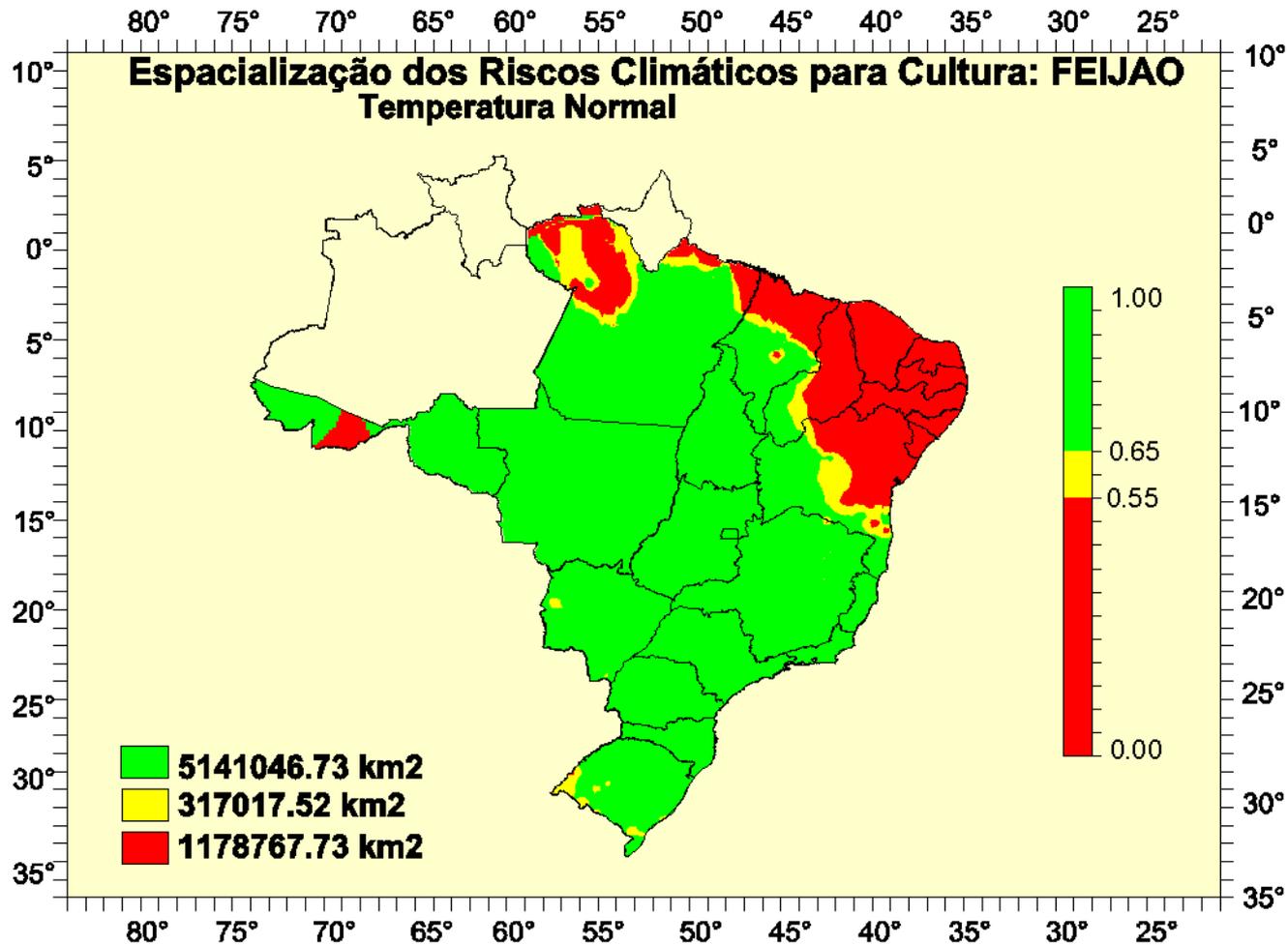
## Solo 50mm - 1 a 10 de Novembro



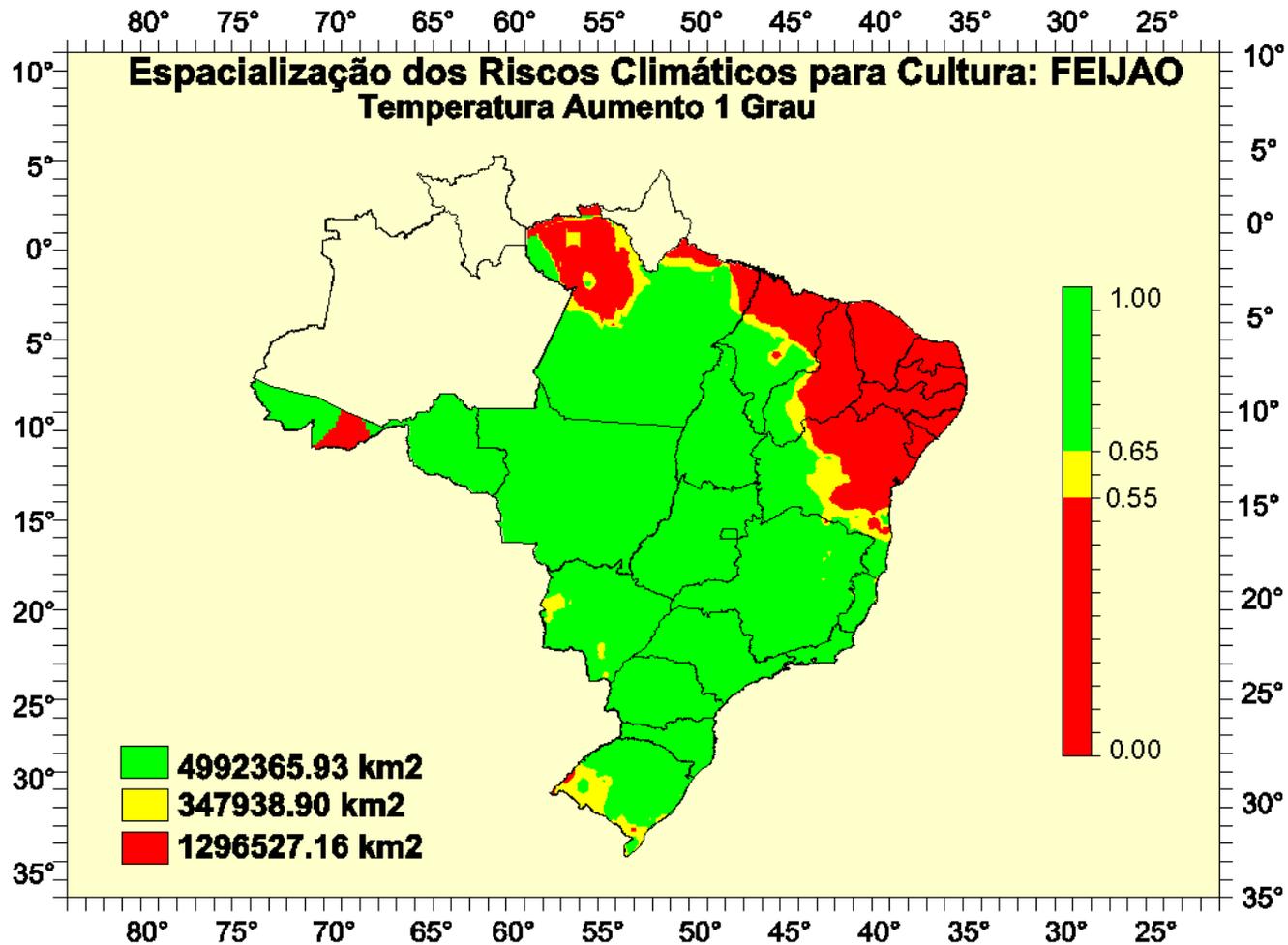
A photograph of a pile of mixed beans on a white background. The pile consists of three main colors: white beans, black beans, and red beans. The white beans are on the left, black beans are at the top, and red beans are on the right. The word "Feijão" is written in large white letters with a drop shadow across the center of the pile.

Feijão

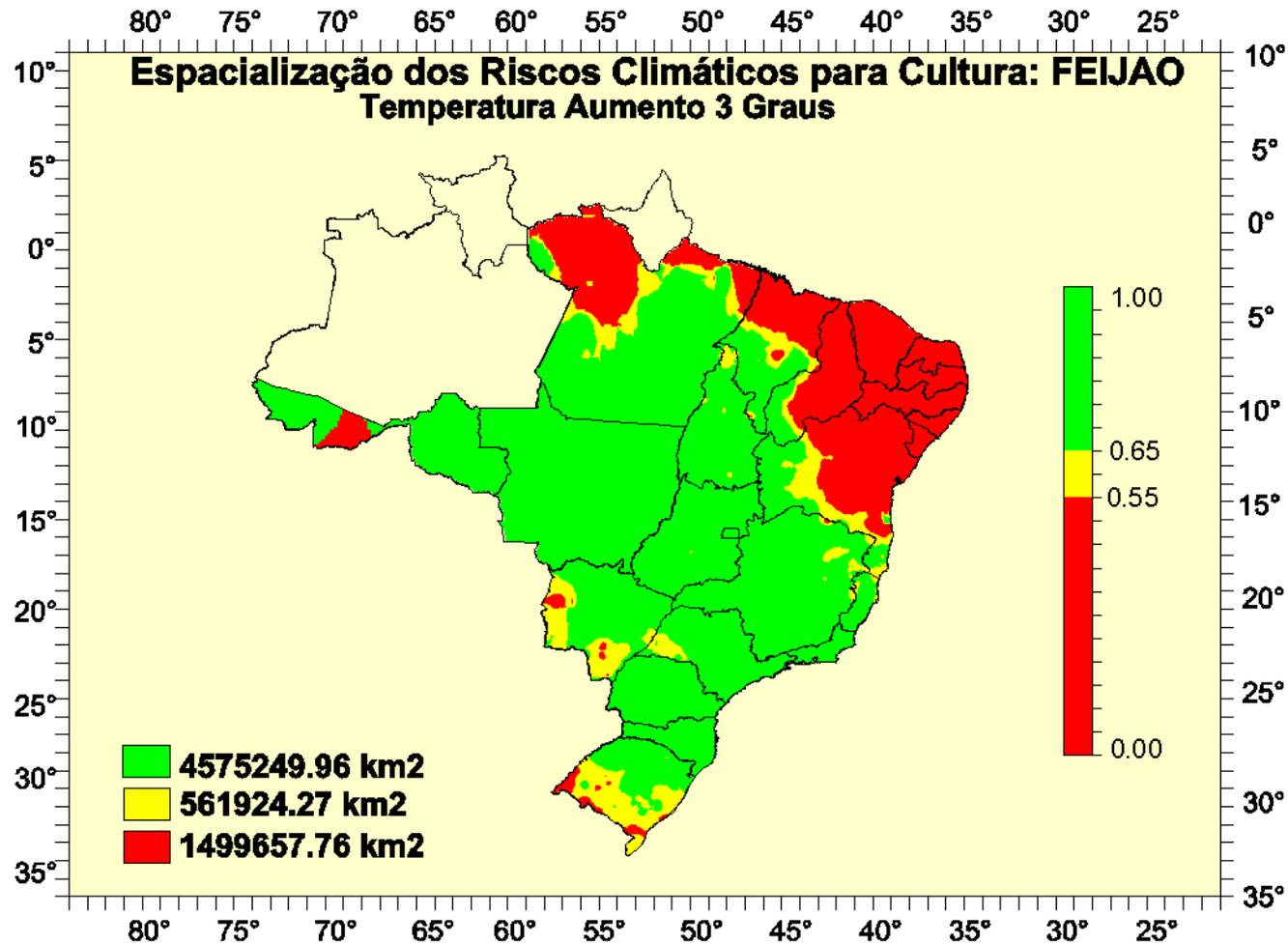
## Solo 50mm - 1 a 10 de Novembro



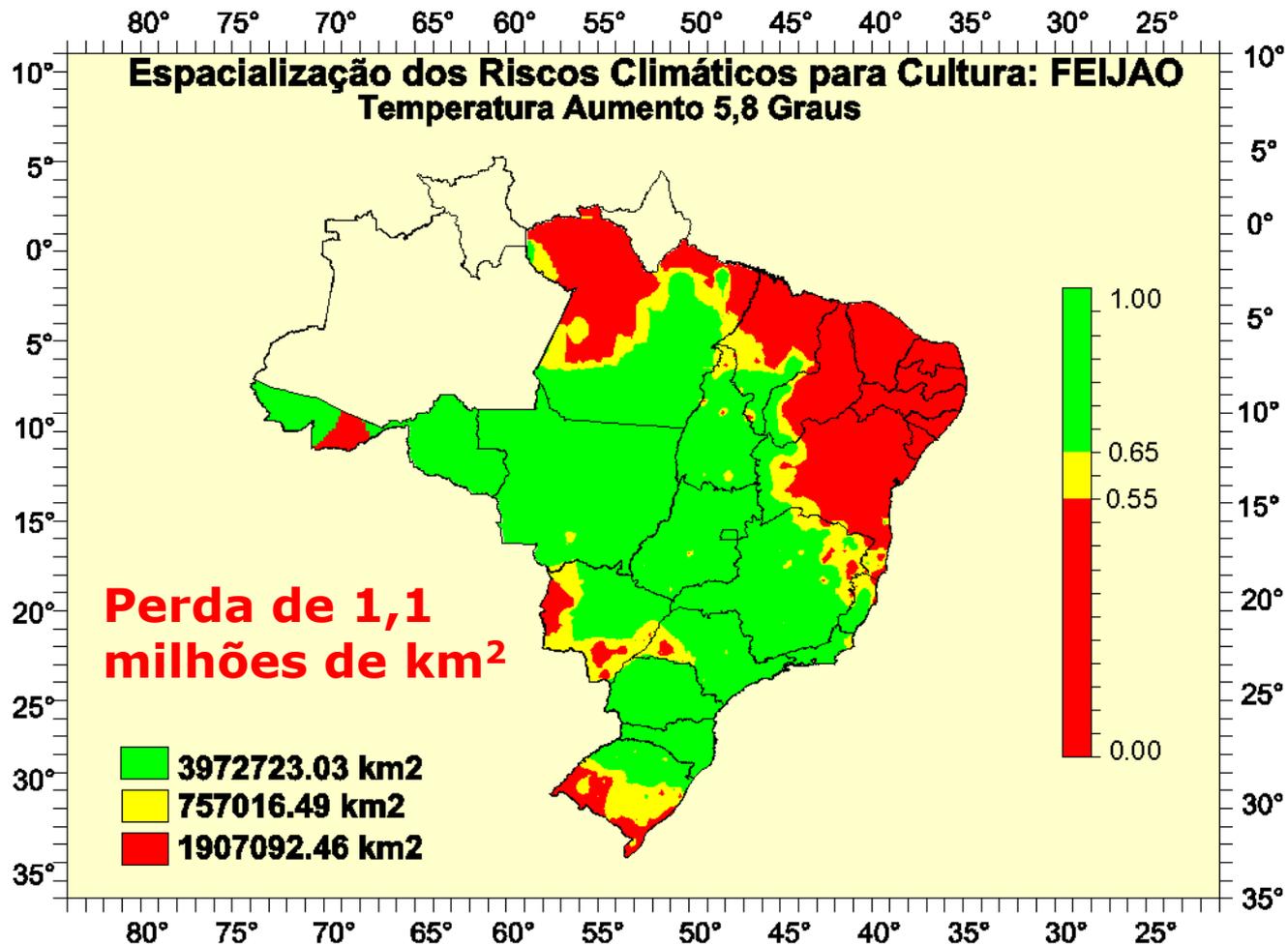
## Solo 50mm - 1 a 10 de Novembro



## Solo 50mm - 1 a 10 de Novembro



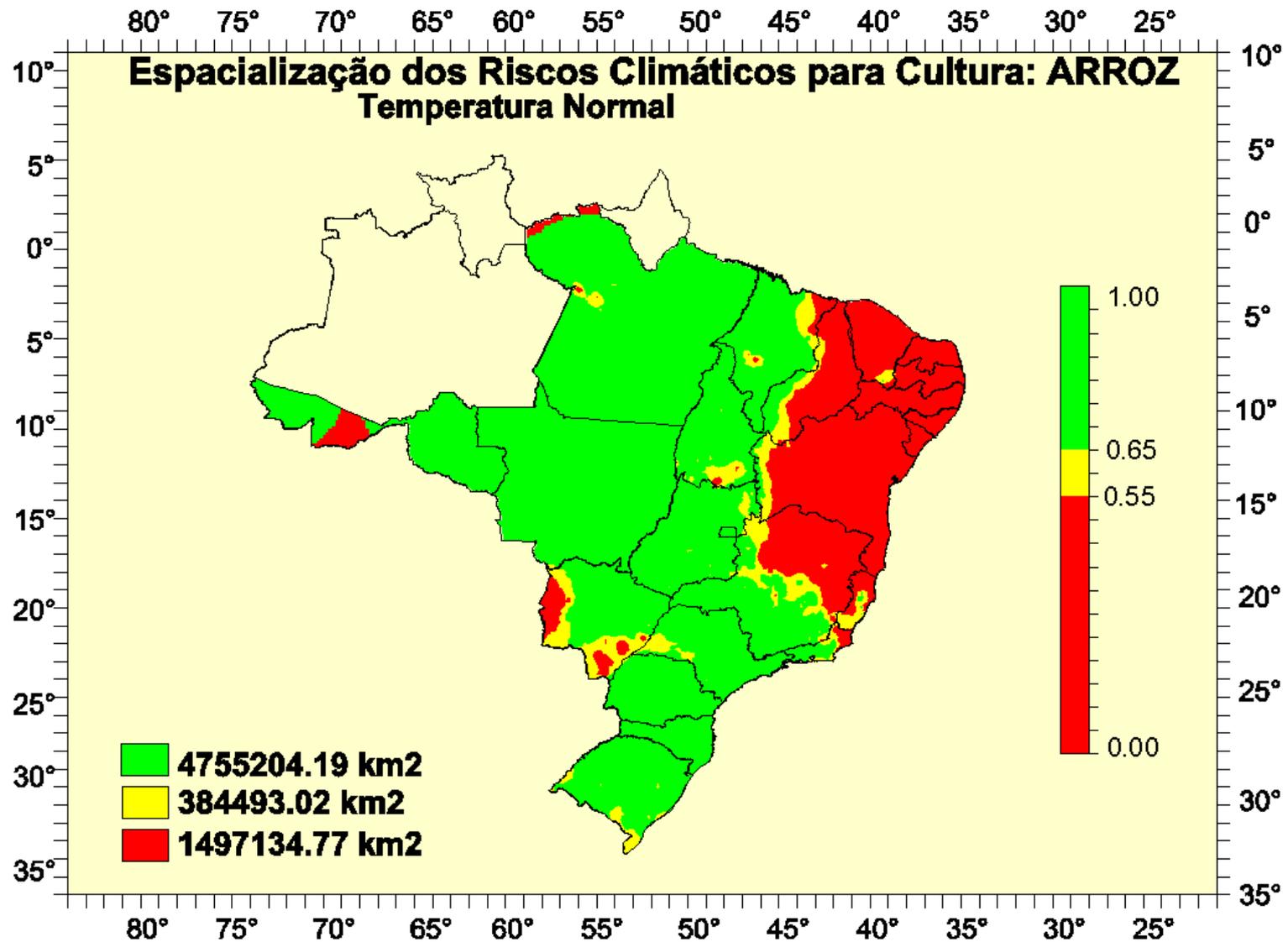
## Solo 50mm - 1 a 10 de Novembro



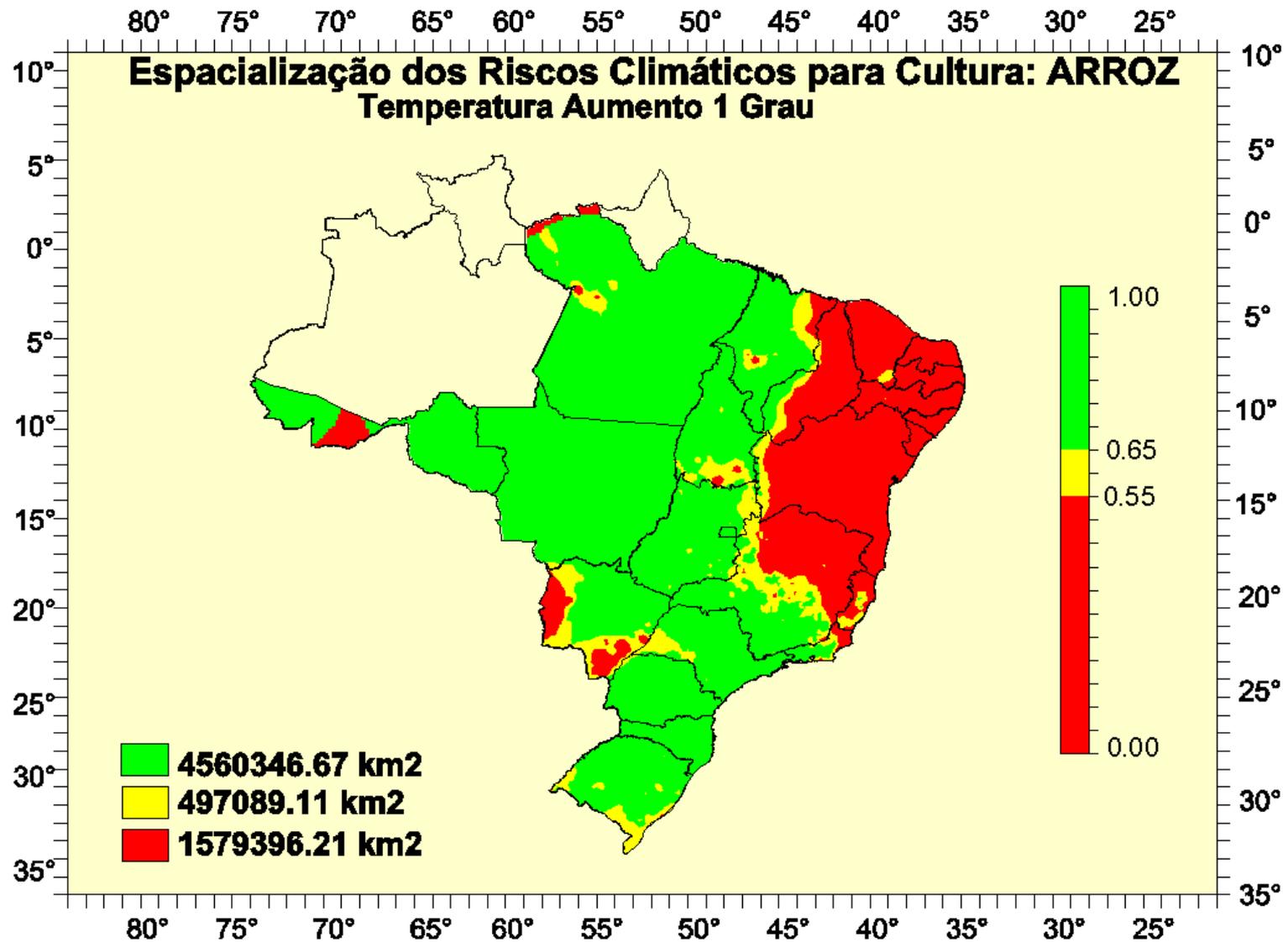


**Arroz**

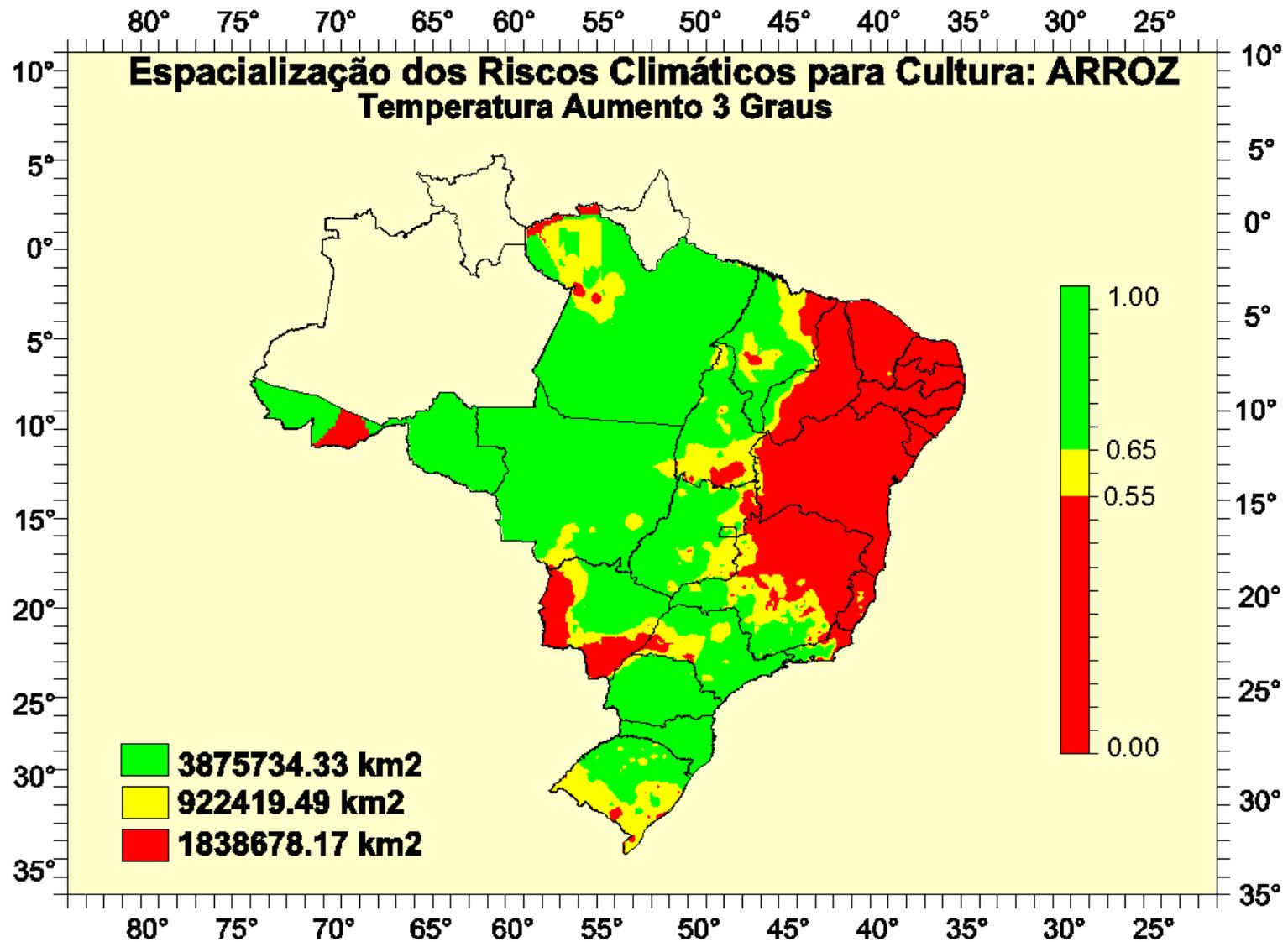
## Solo 50mm - 1 a 10 de Novembro



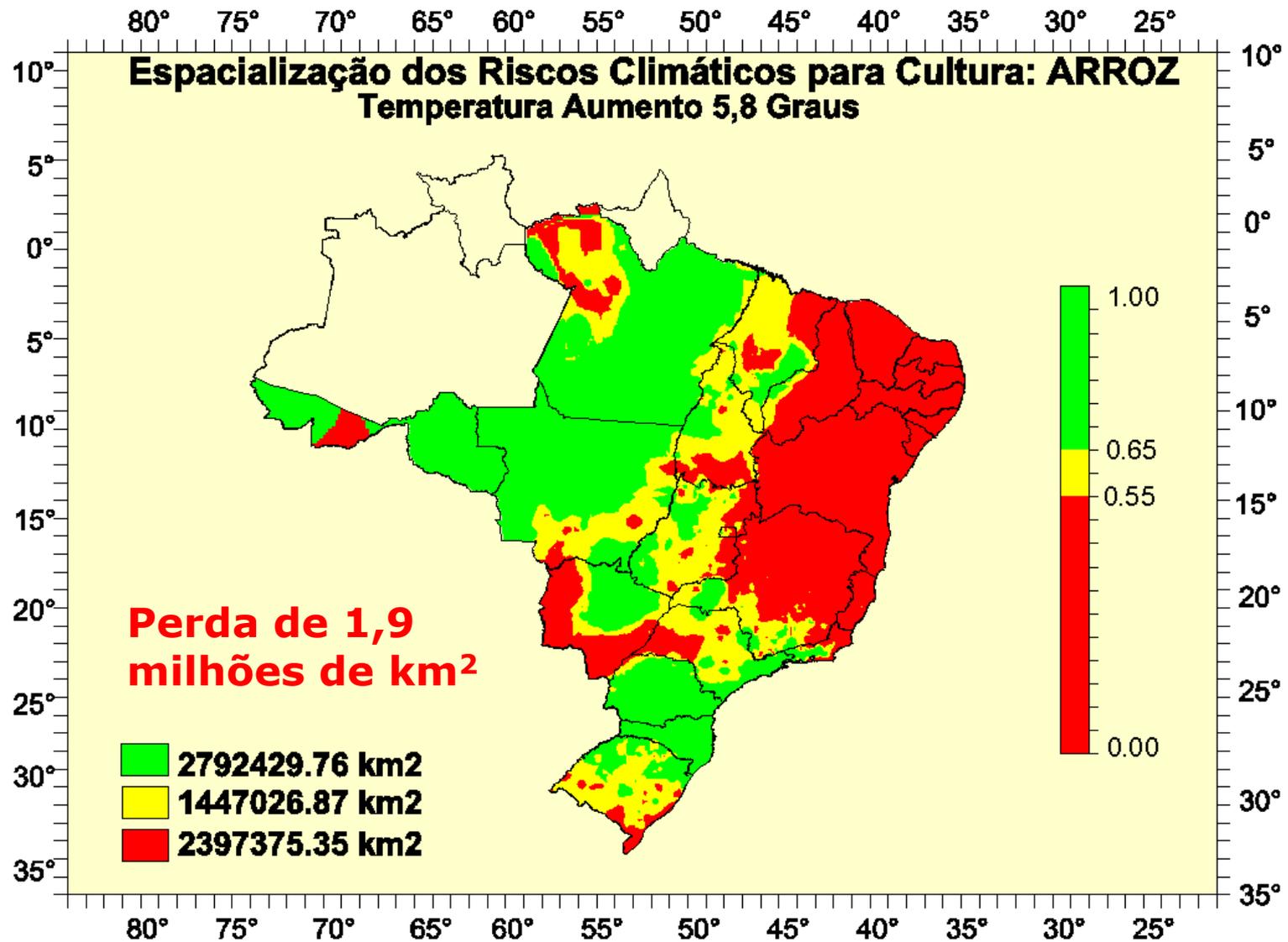
## Solo 50mm - 1 a 10 de Novembro



## Solo 50mm - 1 a 10 de Novembro



## Solo 50mm - 1 a 10 de Novembro



# Impactos na Agricultura Brasileira...

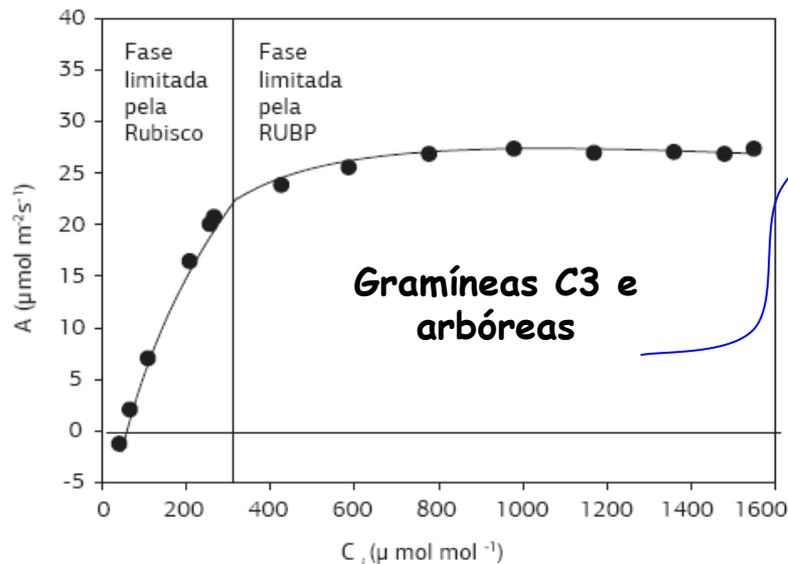
Quais são os efeitos da aumento da concentração de  $CO_2$  e  $O_3$  atmosférico e aumento da temperatura do ar sobre a produção agrícola?

- ✓ Fotossíntese x aumento da concentração de  $CO_2$
- ✓ Fotossíntese x aumento da concentração de  $O_3$  na troposfera
- ✓ Aumento da temperatura x disponibilidade de água

## **Artigos:**

Carlos Pimentel. Metabolismo de carbono de plantas cultivadas e o aumento de  $CO_2$  e de  $O_3$  atmosférico: situação e previsões. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 1, p.1-12, 2011

- ✓ Concentração atual de  $\text{CO}_2$ :  $384 \mu\text{mol mol}^{-1}$  (ppm)
- ✓ Aumento anual: em torno de  $5 \mu\text{mol mol}^{-1}$  (ppm)
- ✓ Previsão para 2050:  $550 \mu\text{mol mol}^{-1}$  (ppm)
- ✓ Final desse século:  $> 700 \mu\text{mol mol}^{-1}$  (ppm)



**Figura 1.** Curva  $A/C_i$  (relação entre a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ , A, e a concentração de  $\text{CO}_2$  intercelular,  $C_i$ ) para a soja, no início do enchimento das vagens (segundo os modelos propostos por Bernacchi et al., 2001).

Entretanto: aumento da temperatura devido ao aumento da  $[\text{CO}_2]$  aumentam a respiração mitocondrial e a velocidade de oxigenação da rubisco (fotorrespiração).

Plantas  $\text{C}_4$ : (PEPCase), com maior afinidade pelo substrato  $\text{CO}_2$ , está saturada nas concentrações atuais de  $\text{CO}_2$  (384 ppm)

Aumento de  $\text{O}_3$  deverá reduzir ou anular o efeito benéfico do  $\text{CO}_2$ . Secas mais frequentes e altas temperaturas, em conjunto, deverão reduzir a produtividade de 10% a 30% nas regiões tropicais

## OUTROS BENÉFÍCIOS PARA OS VEGETAIS

- ✓ **Eficiência no Uso de Água (EUA):** o aumento da EUA é devido ao aumento da disponibilidade do substrato  $CO_2$  e da atividade  $V_c$  (velocidade de carboxilação da enzima), causando diminuição (de 22% em média) da abertura e condutância estomática ( $g_s$ ), que por sua vez vai causar redução na transpiração.
- ✓ **Eficiência no Uso do Nitrogênio (EUN):** para a EUN, com o aumento da  $V_c$  da Rubisco, menos nitrogênio assimilado é alocado para a biossíntese desta enzima, podendo haver redução de até 40% no conteúdo de Rubisco e os teores de N nas folhas poderão decrescer em 5%.
- ✓ **Fixação biológica de  $N_2$ :** resultado importante para a agricultura brasileira, em especial para a produção de soja, é o estímulo, causado pelo aumento do  $CO_2$  na atmosfera, no processo de fixação biológica do  $N_2$  (FBN). Problemas, entretanto, com a inibição pelo aumento de  $O_3$ .

✓ Provavelmente, o principal efeito do  $O_3$  ocorre nas membranas celulares, diminuindo sua seletividade e atividade, pela peroxidação de lipídeos e oxidação do triptofano e da cisteína nas proteínas membranares, acelerando a senescência foliar, podendo levar à morte do tecido foliar.

✓ Resultado: redução da atividade dos fotossistemas devido ao aumento da produção de EAOs (Espécie Ativa de Oxigênio).

✓ Contudo, as altas concentrações de  $CO_2$  diminuem o efeito nocivo do  $O_3$ , pois induzem o fechamento estomático, diminuindo a entrada e o efeito do  $O_3$  no mesófilo foliar.

✓ Exemplos de espécies vegetais quanto a sensibilidade ao  $O_3$ :

Alta sensibilidade: soja, algodão, trigo, tomate, melão

Média sensibilidade: arroz, sorgo, milho, tabaco e batata

Baixa sensibilidade: cevada, ameixa e framboesa

✓ Segundo Ainsworth e Rogers (2007), até 2050 deverá haver redução de 20% na produtividade da soja devido ao aumento de  $O_3$  acima de  $60 \text{ nmol.mol}^{-1}$  (ppb).