

Seminário sobre o Setor Florestal e de Celulose no Brasil

***“Pesquisa dos Fatores Determinantes
da Produtividade Florestal”***

05 de maio de 2005 / São Paulo - SP

APRESENTADO POR: José Luiz Stape

APOIOS:



Pesquisa dos Fatores Determinantes da Produtividade Florestal

José Luiz Stape
Ciências Florestais
ESALQ/USP

Seminário Perspectivas P & D - ABTCP

Maio de 2005

São Paulo - SP

Contexto Brasileiro

- 3.0 milhões ha *Eucalyptus*
- Aumento da Produtividade: 4 x
- Rotacoes Curtas e Experimentos Visando Volume
- Modelos de Produção: Índice de Sítio



Abordagem Empírica Restringe Extrapolações entre Escalas Espacial e Temporal:

- Mudanças Ambientais e de Manejo entre Rotações
- Sustentabilidade e Uso de Recursos
- Ciclos Globais: Atmosfera, Litosfera, Hidrosfera



Abordar tais Tópicos:

- Ecologia da Produção
- Modelos Processuais

Produtividade Primária Líquida

(g C m⁻² yr⁻¹)

Eucalyptus

Brasil

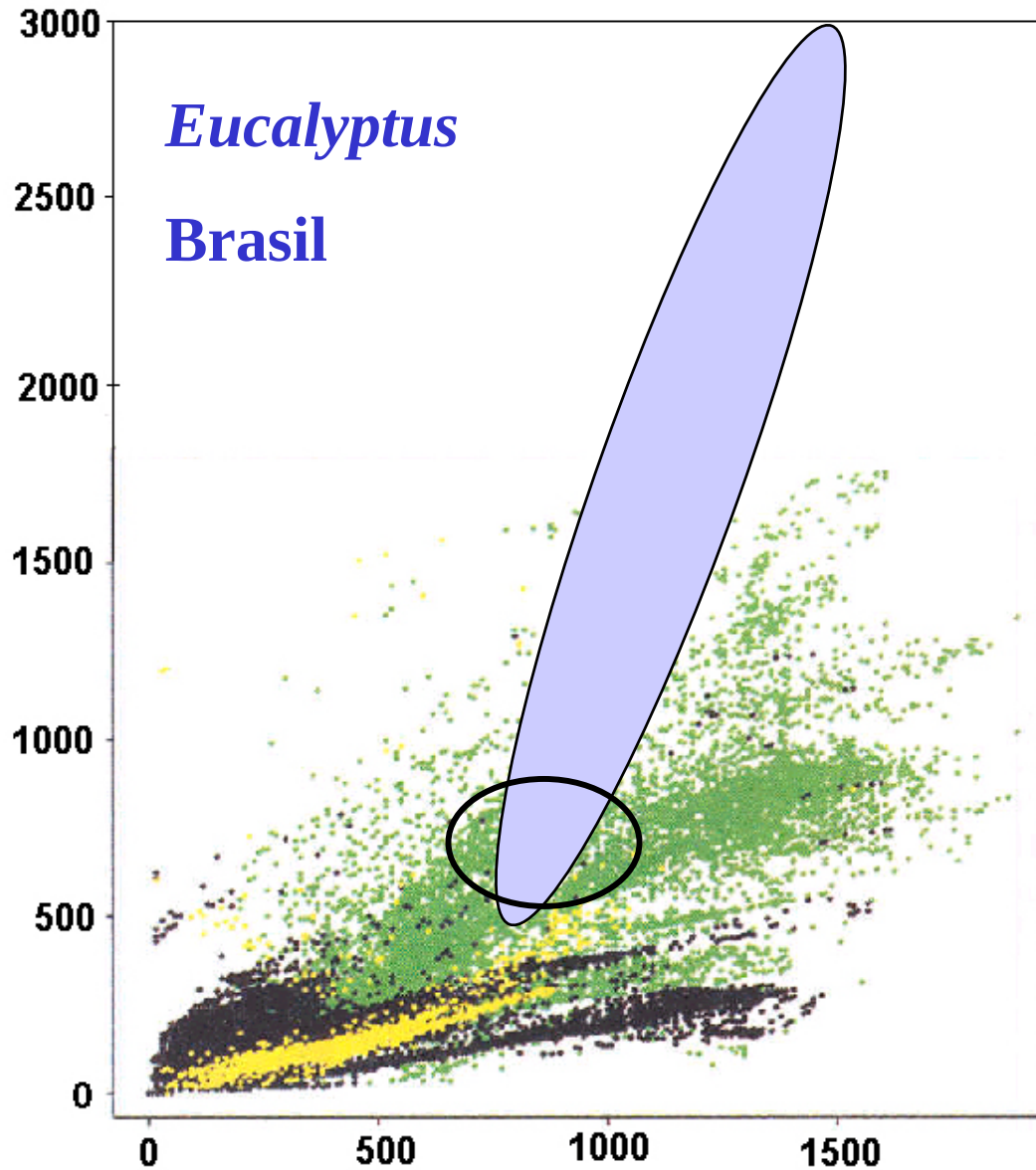
**Ecosystemas
Mundiais**

● Florestas

● Savanas

● Campos

Schimel et al. 1996



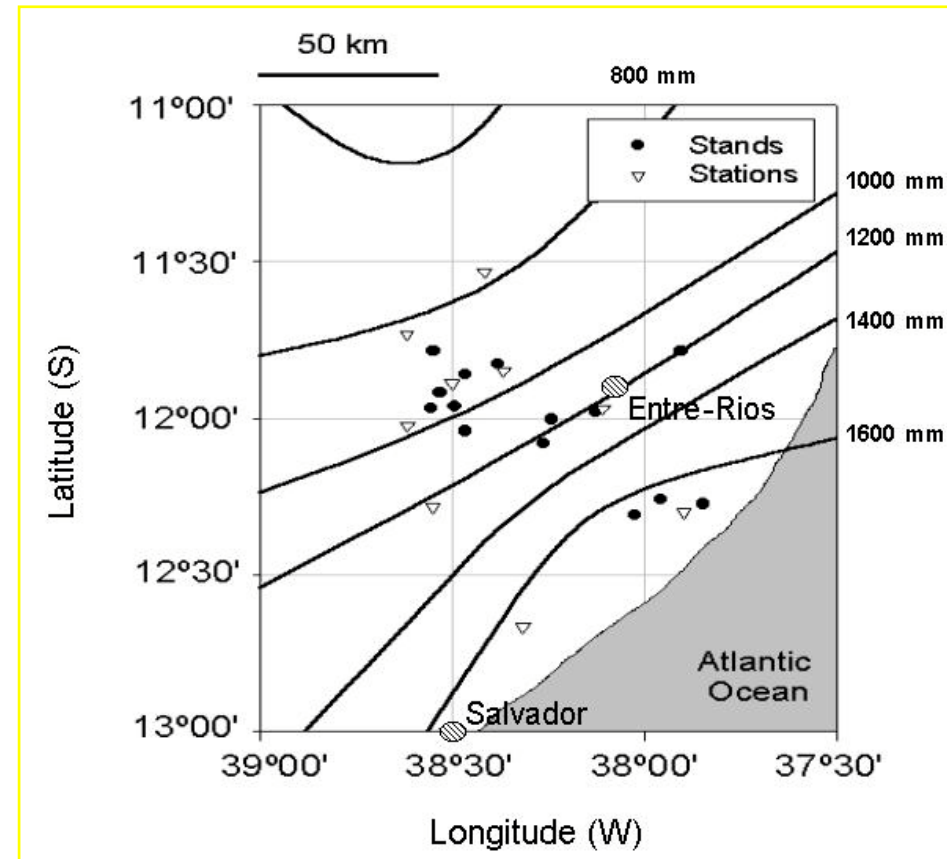
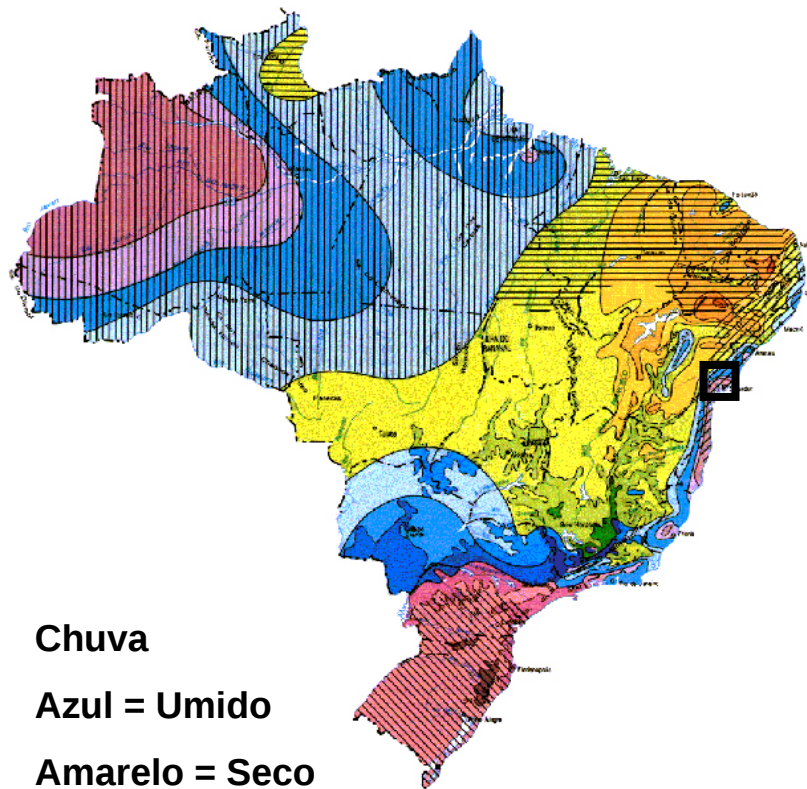
Evapotranspiracao (mm ano⁻¹)

Porquê conhecer a Produtividade Potential?

- **Saber a distância da “real” para “potential”**
- **Identificar as restrições**
- **Estabelecer estratégias para minimizá-las**
- **Otimizar o uso de recursos**
- **Aumentar a lucratividade do sistema**
- **Aumentar a sustentabilidade florestal ?**

Uso e Eficiência do Uso de Recursos Naturais em Florestas Plantadas

(CNPq – Copener)



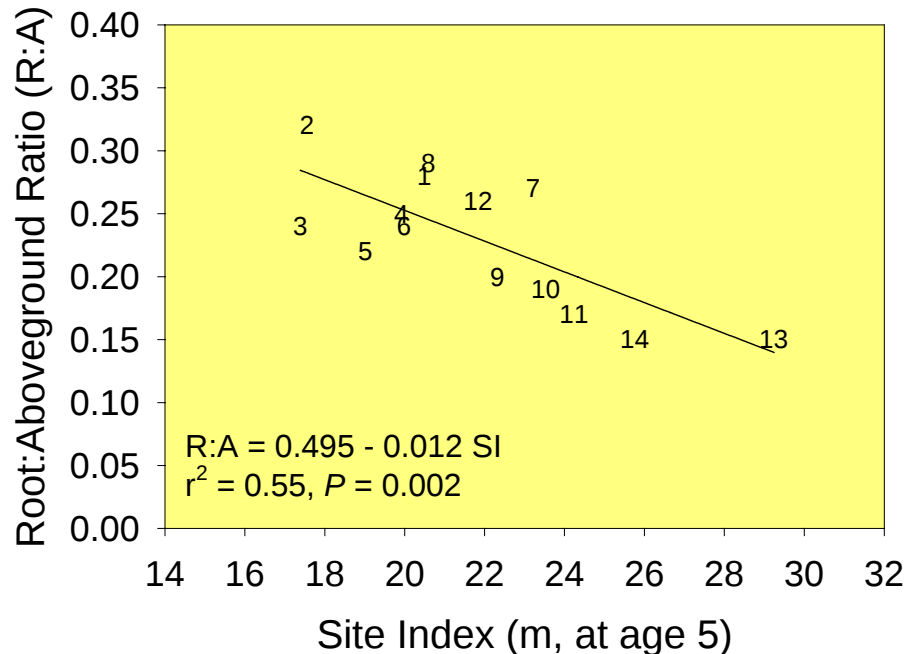
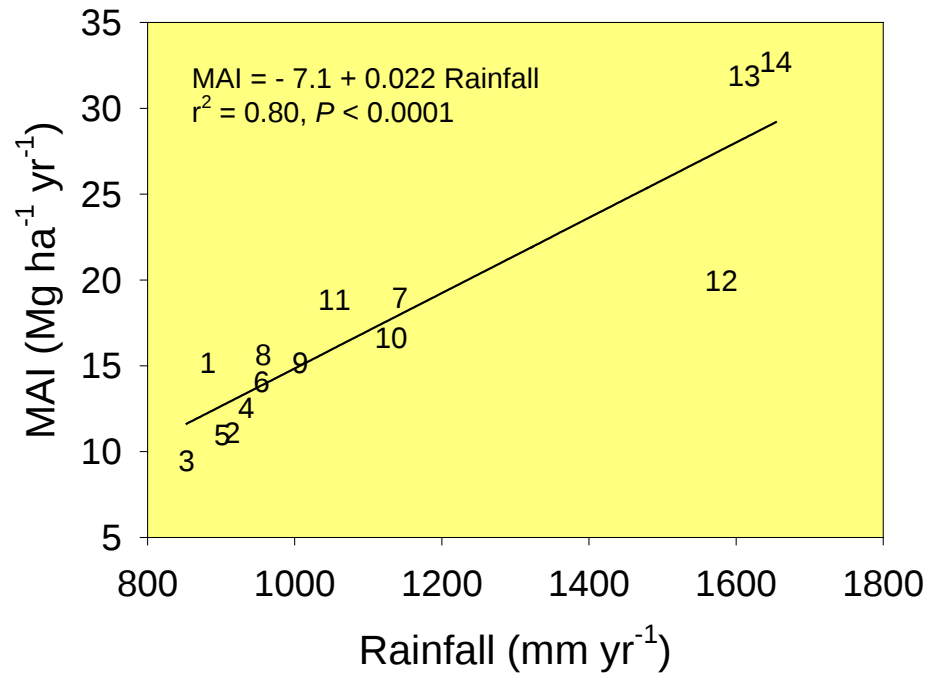
IMA e ICA:

Chuva = Fator Dominante

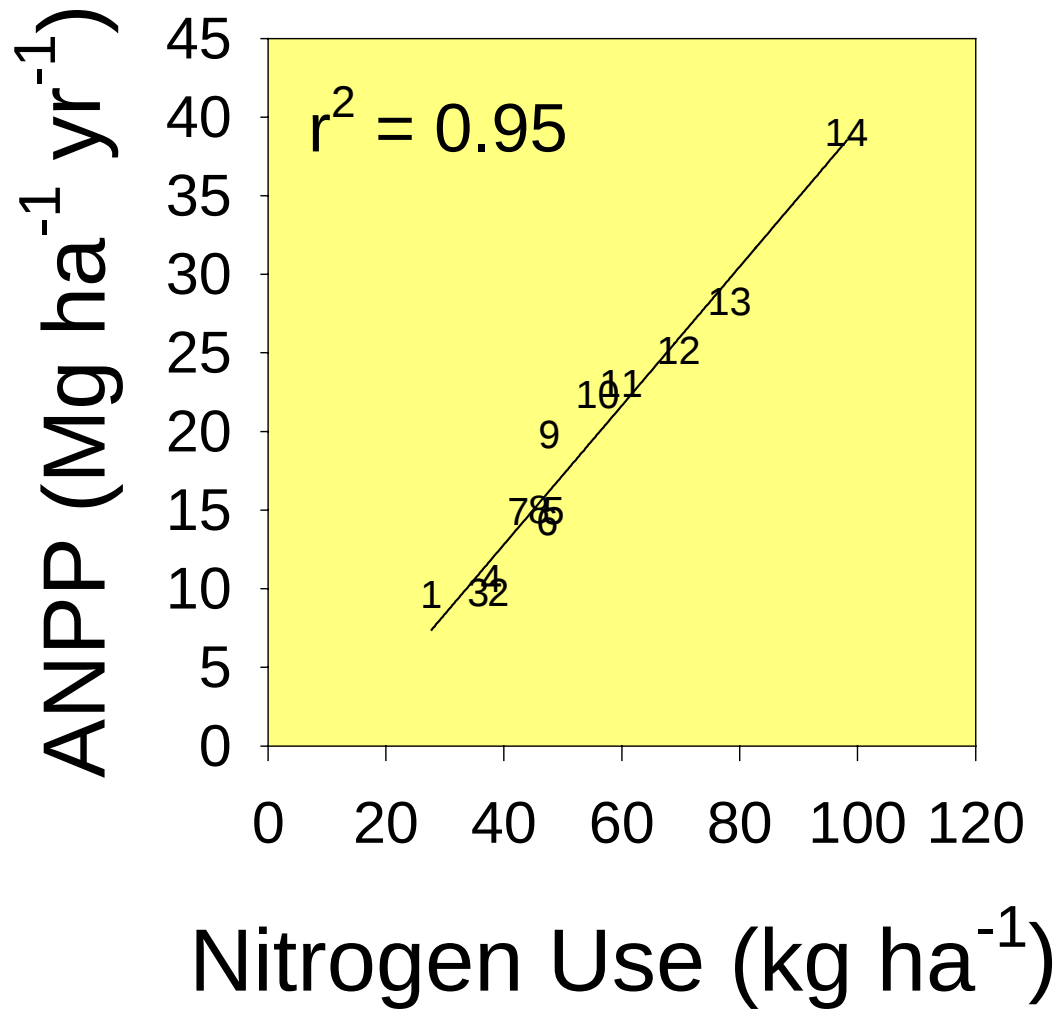
+ 5 m³ ha⁻¹ a⁻¹ para + 100 mm a⁻¹

Raiz:Aérea

Razão Decresce com Produtividade



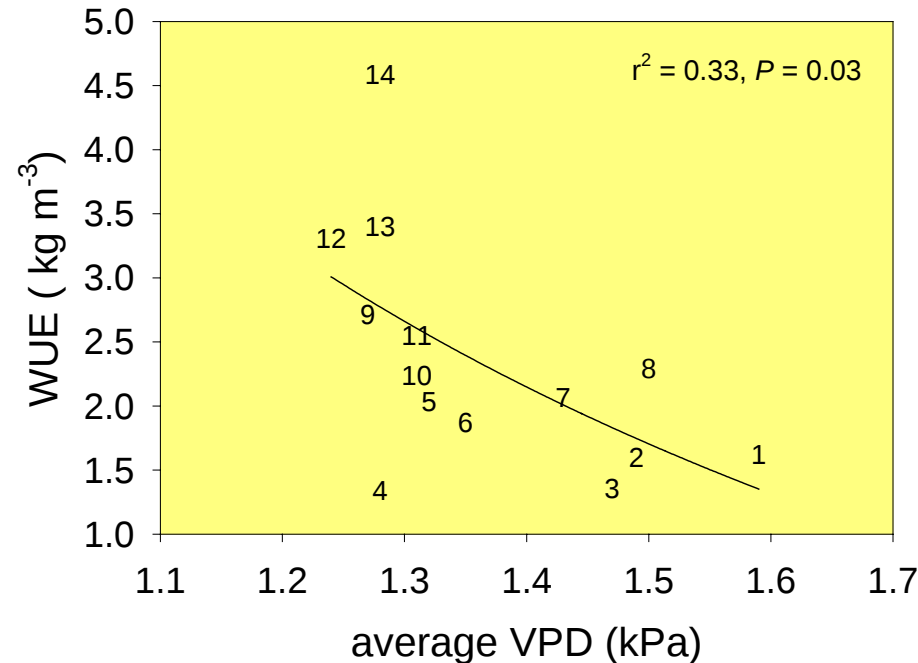
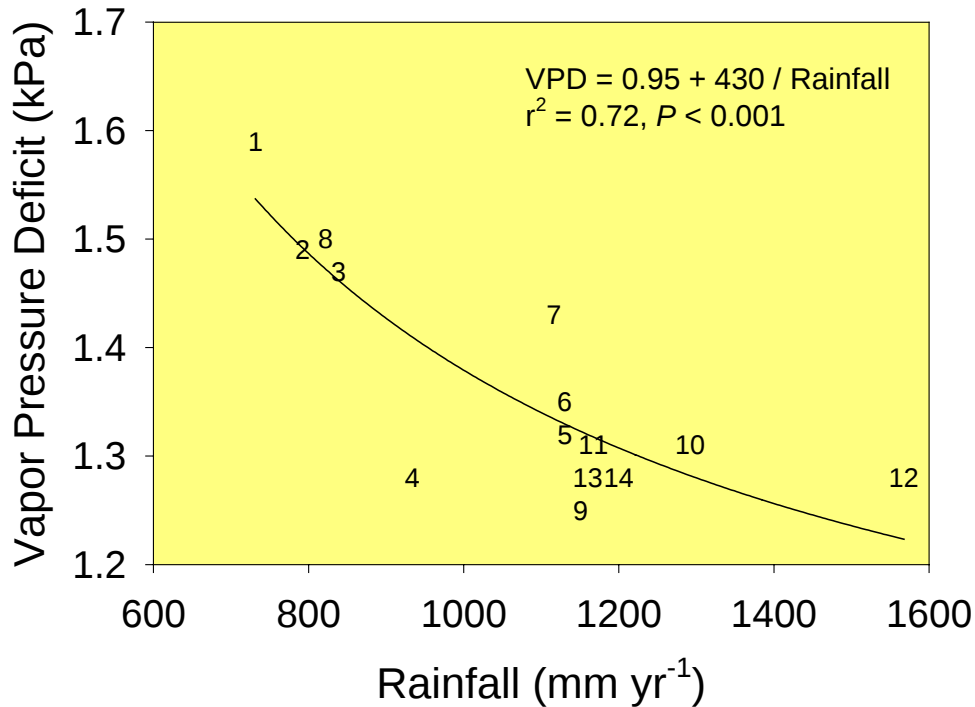
ANPP e Uso de Recursos Naturais



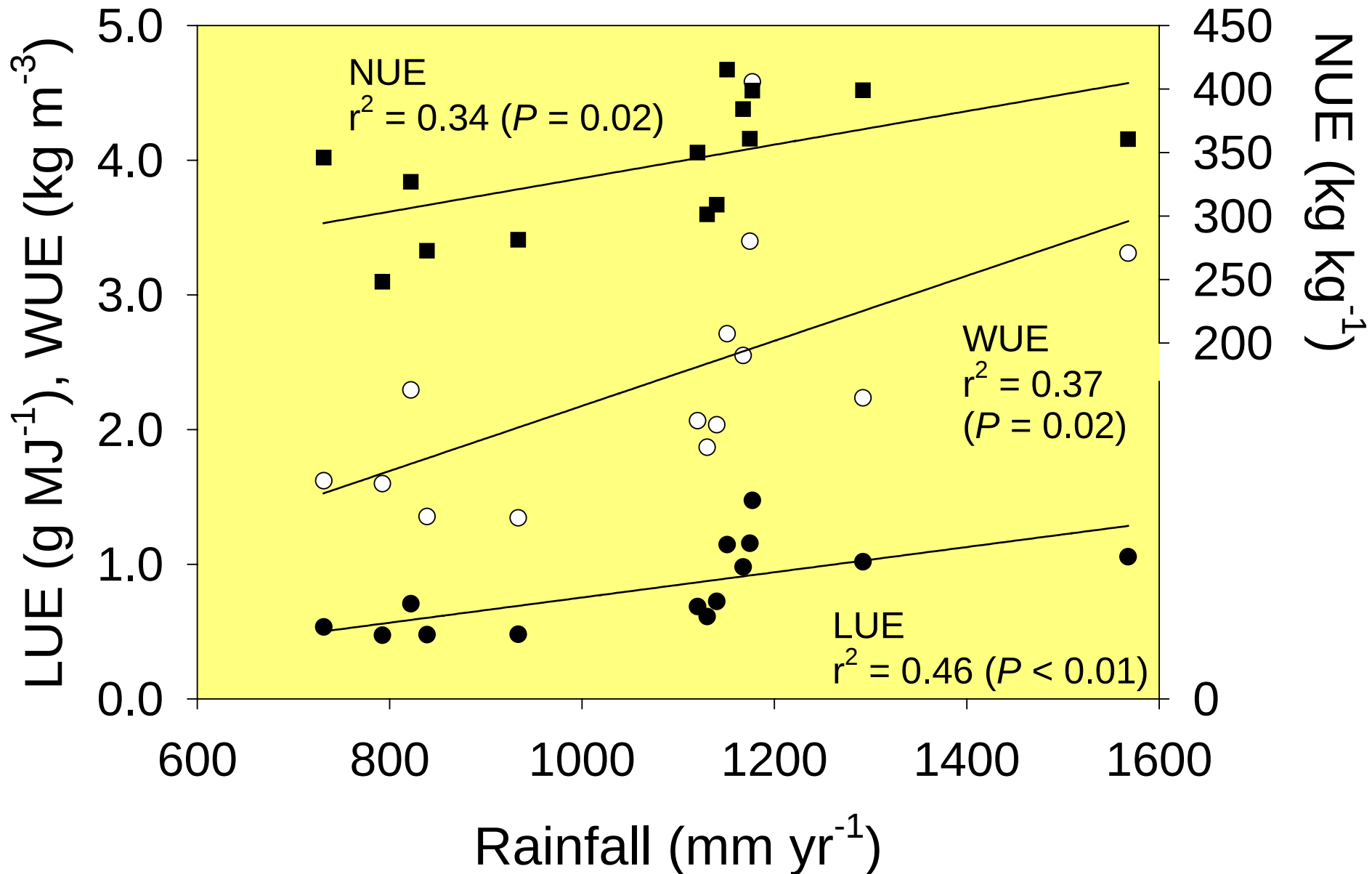
Eficiência-Uso-Recursos:

Défict de Pressao de Vapor (VPD) e Chuva Inversamente Relacionados

Eficiência do Uso da Água (WUE) = $f(1/ \text{VPD})$



Eficiência do Uso de Recursos



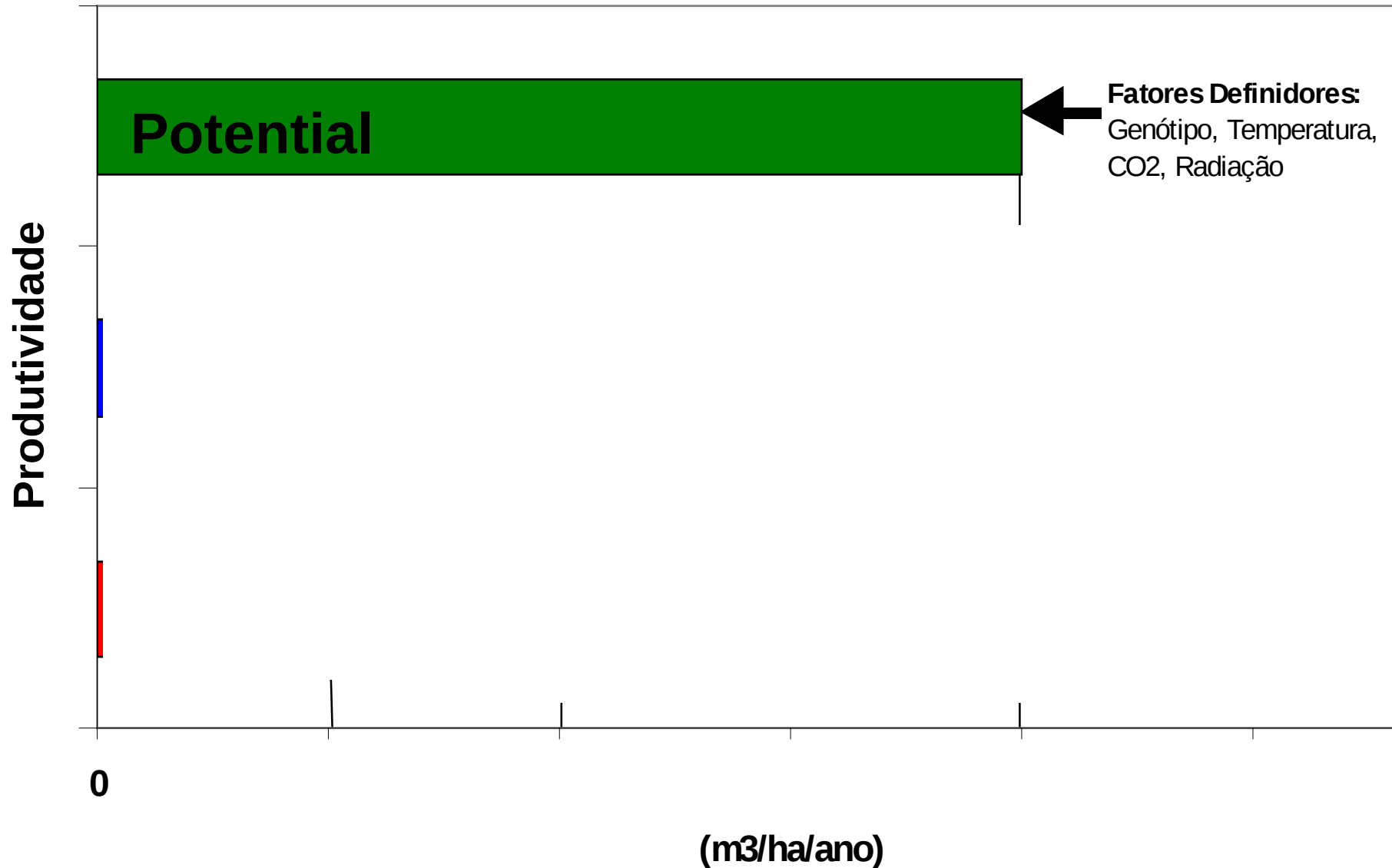
Para Produzir 2 milhões m³ Madeira (Ciclo de 6 anos)

Sítio	800 mm	1600 mm
Recurso	24 m ³ /ha/ano	48 m ³ /ha/ano
Terra	13.889 ha	6.945 ha
Água	629 milhões m³	311 milhões m³
N	2.500 t N	2.000 t N
C Raiz Grossa	18 t/ha	27 t/ha

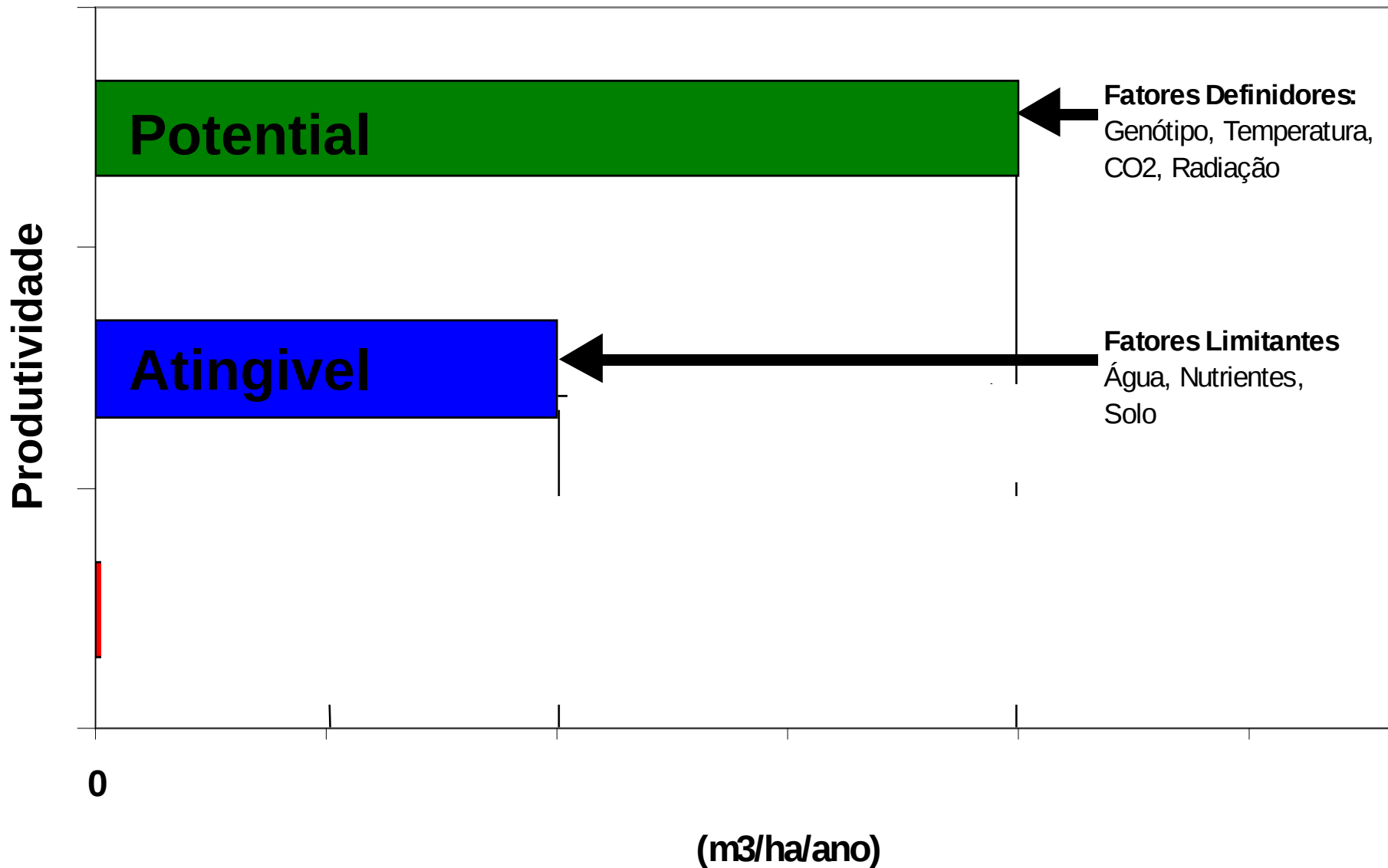
O que é Produtividade Potencial (Lenho) ?

- **A máxima taxa que um dado genótipo, num dado sitio, consegue fixar C, no lenho**

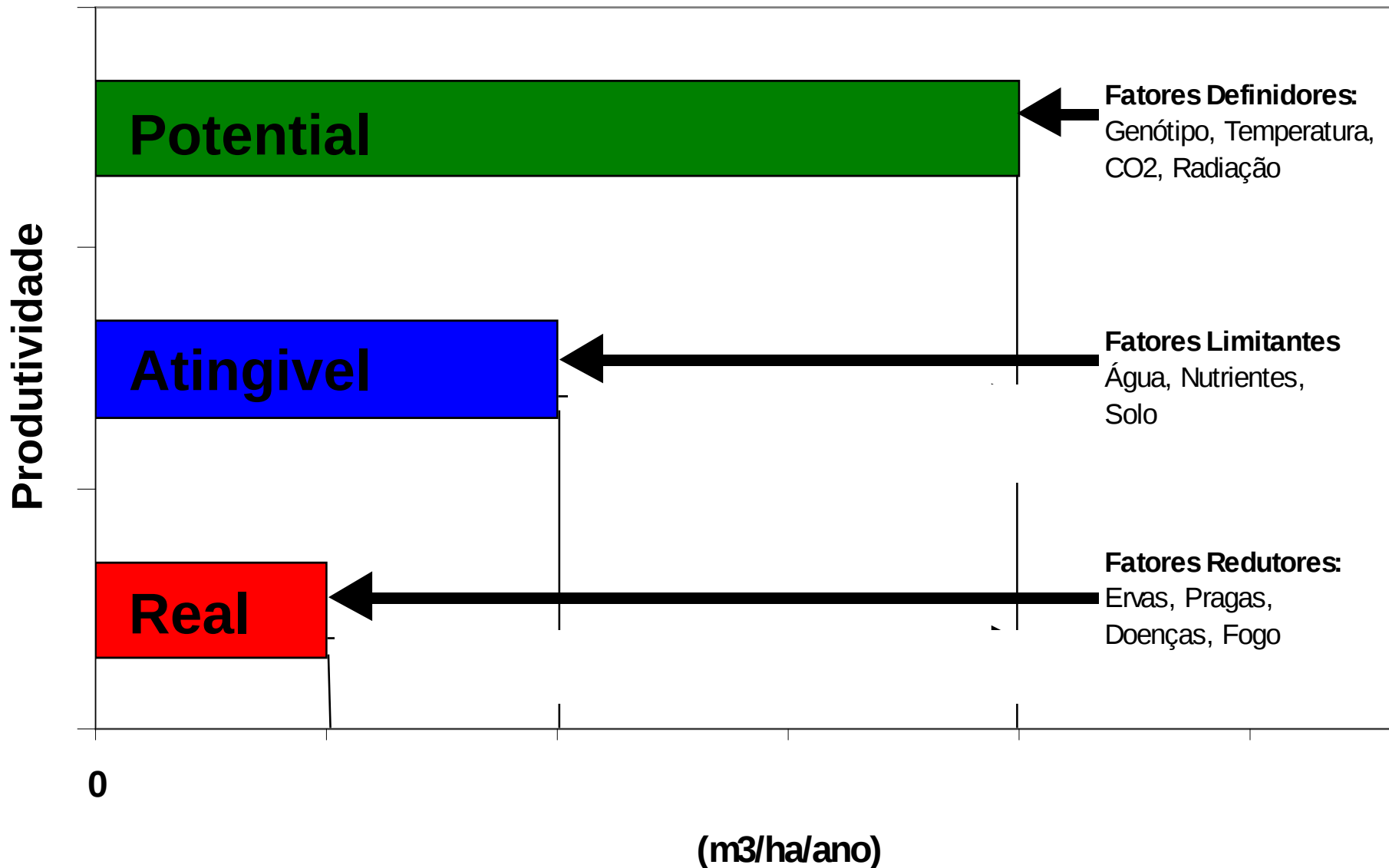
Produtividade (Madeira)



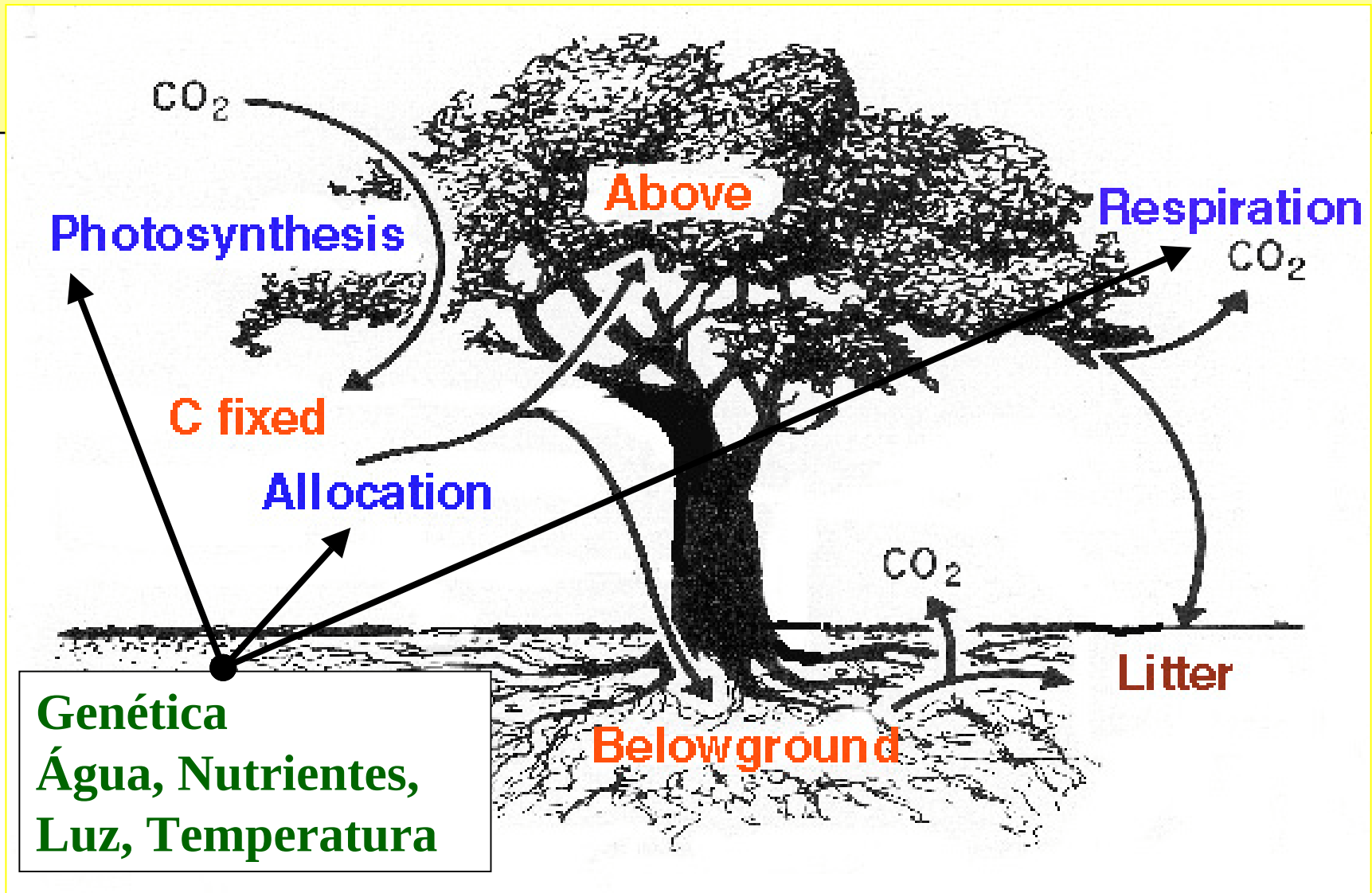
Produtividade (Madeira)



Produtividade (Madeira)



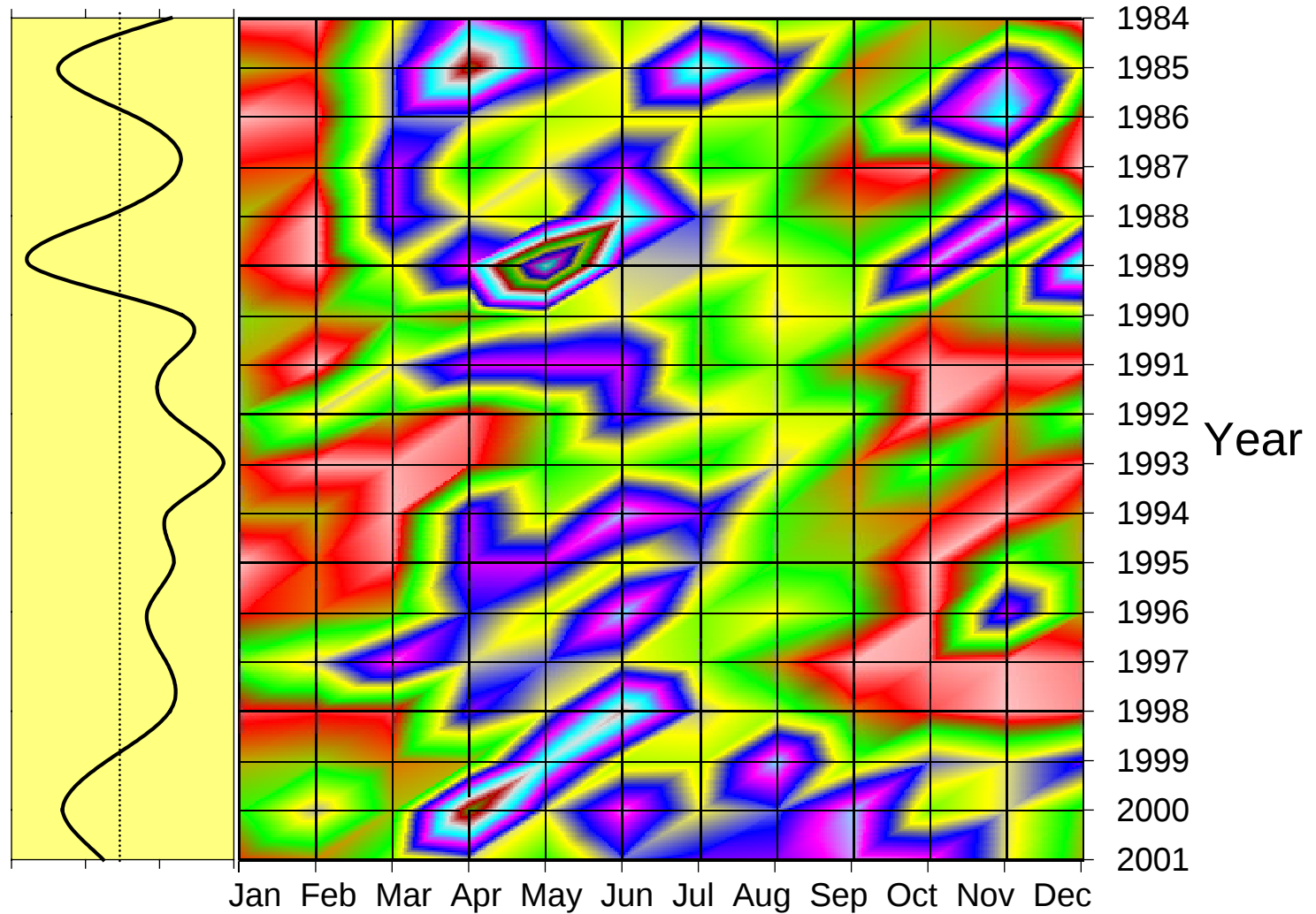
Produção num contexto Ecológico ?



Rainfall (mm yr⁻¹)

2400 1800 1200 600

Alta variabilidade climática regional



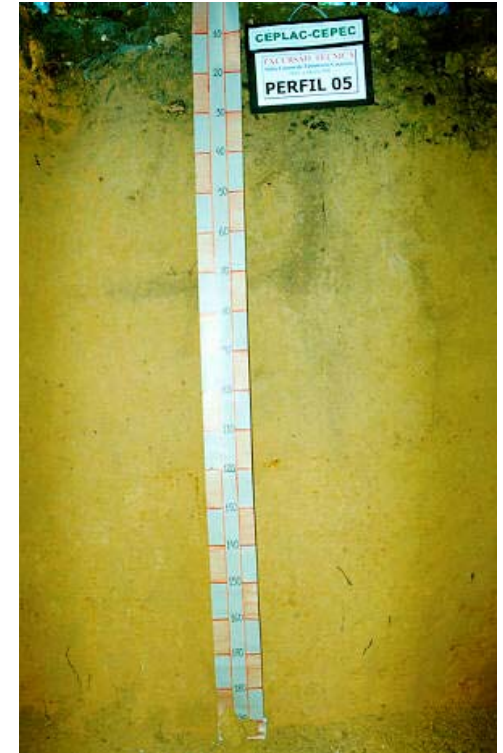
  < 100 mm month⁻¹

  100 - 200 mm month⁻¹

  > 200 mm month⁻¹

**Alta variabilidade edáfica
regional**

Oxisol



CEC = 20 to 40 mmol_c dm⁻³

K = 4 to 15 ppm

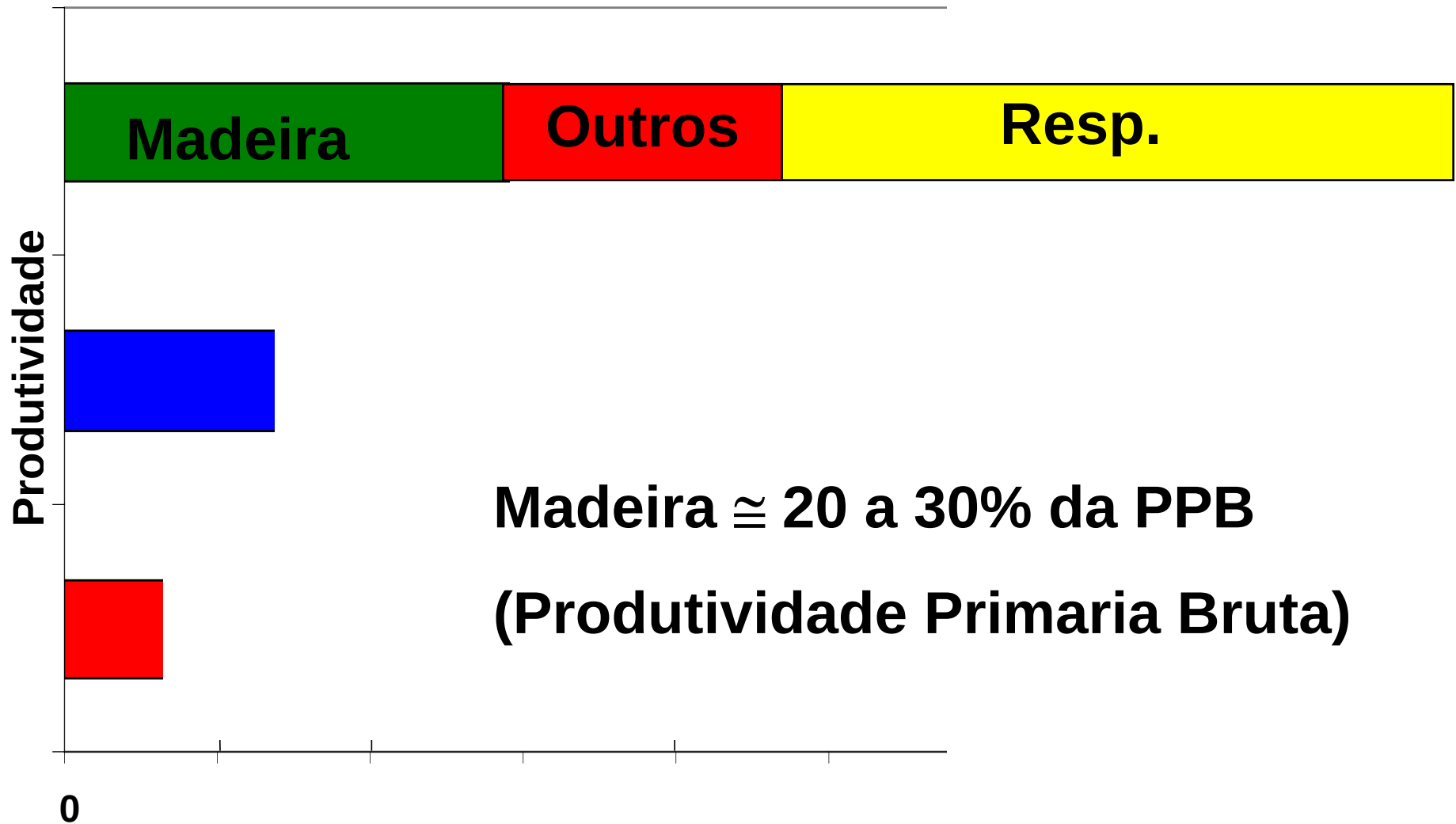
CEC = 30 to 60 mmol_c dm⁻³

K = 8 to 30 ppm

Ultisol



Madeira = Fração da PPB



Como abordar a Produtividade Potential?

- **Teórica**
 - Produção de lenho num balanço de C
 - Testar modelos ecofisiológicos
- **Operacional**
 - Identificar rapidamente a “distância”
 - Validar e usar modelos

Teórica: Os Processos Ecofisiológicos



Efeitos da Manipulação de Água e Nutrientes na Produção e Alocação de Carbono em *Eucalyptus*

Objetivos:

- Obter Balanço Completo de C por 2 Anos
- Identificar Controles Sobre Prod. Primária Bruta (GPP)
- Avaliar os Padrões de Alocação de C (Aérea e Raiz)
- Colocar Produção de Lenho num Contexto Ecológico

Sítio e Delineamento

Fatorial 2 x 2 – 4 blocos

Latossolo txt média (14% argila)

Parcelas de 900 m²

2º Ciclo Florestal (1º = 23 m³ ha⁻¹ ano⁻¹)

E. grandis x urophylla

Clone 0321

3.5 a 5.5 anos





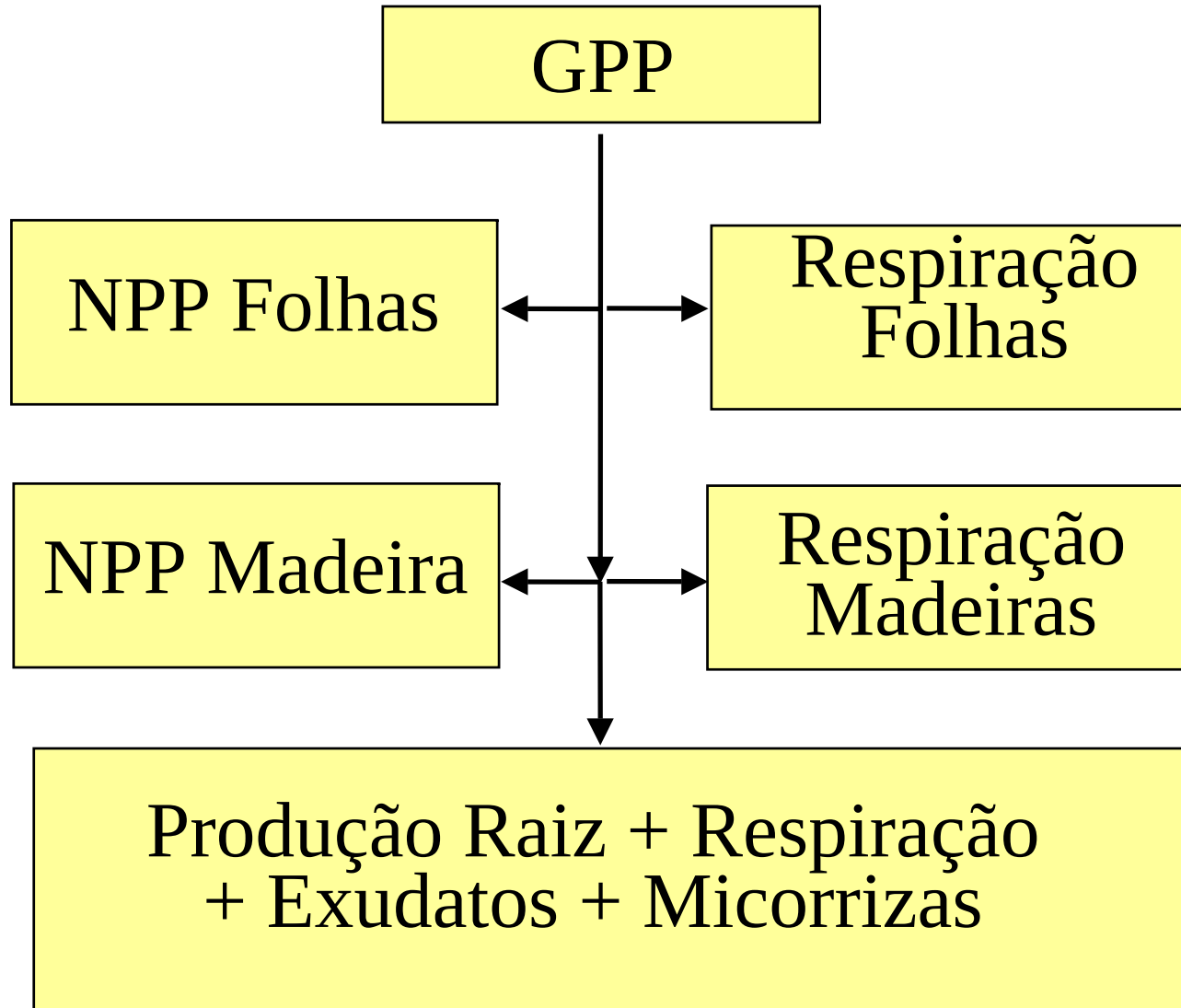
Fertilização: Controle x Alta

Água: Chuva x Irrigação



Trincheiras

GPP : Produtividade Primária Bruta



$$\text{GPP} = \text{ANPP} + R_p + \text{TBCA}$$

ANPP : Medicoes Diretas por Parcela



NPP

Madeira

NPP

Folhas

$$GPP = ANPP + R_p + TBCA$$

R_p : Equacoes de Respiracao (Giardina & Ryan 2002)



Respiração

Madeira

Respiração

Folhas

Equações Respiração (Giardina & Ryan 2002)

E. saligna - Hawaii

Construção Madeira (WCR)

$$WCR = (0.9821 - 0.1415 (AWC/1000)) \cdot WNPP$$

Manutenção Madeira (WMR)

$$WMR = (0.3215 - 0.034 \cdot (5500/1000)) \cdot (AWC/1000) \cdot 30$$

Construção Folhas (FCR)

$$FCR = 0.25 \cdot FNPP$$

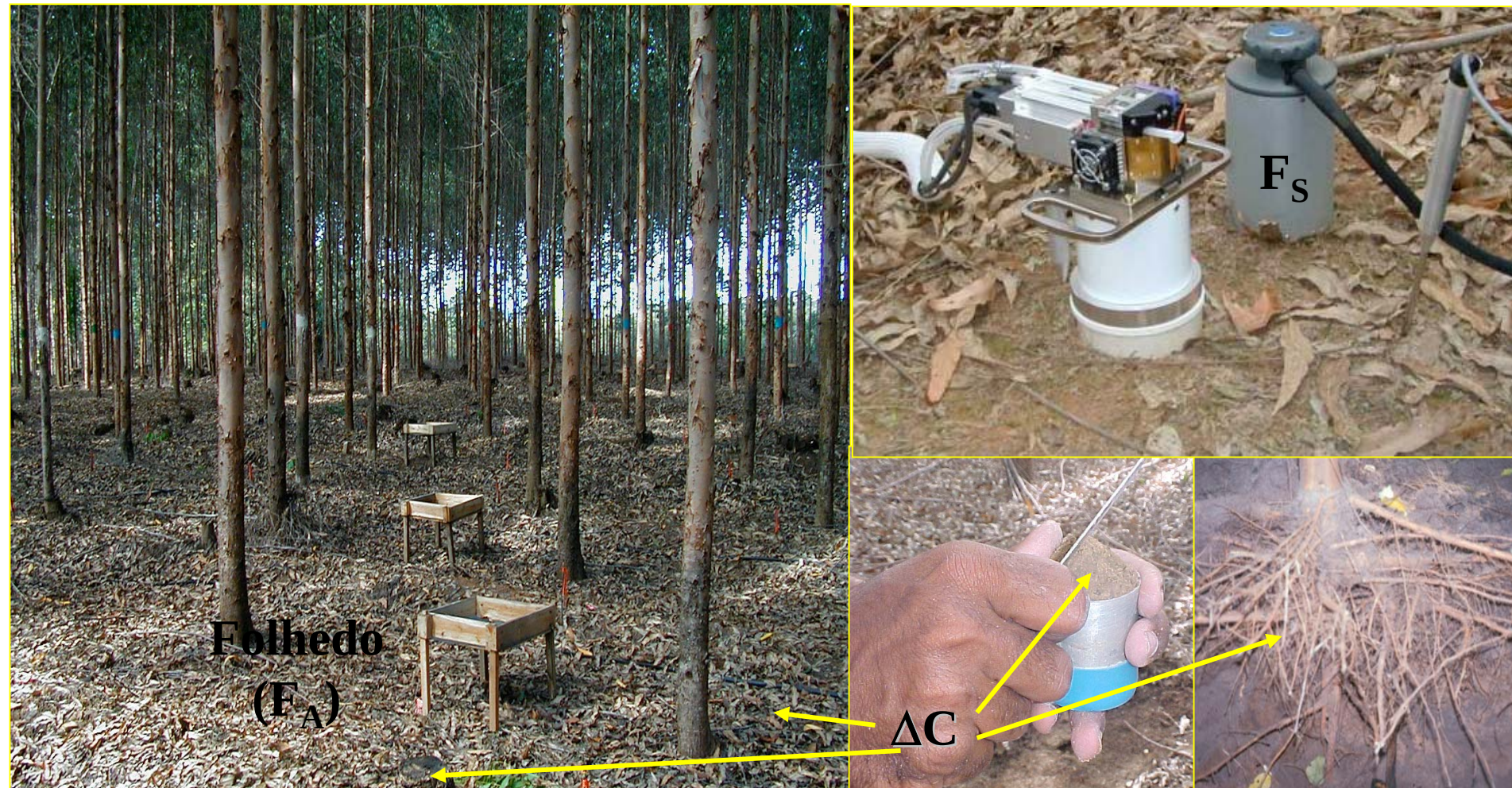
Manutenção Folhas (FMR)

$$FMR = [NCAN \cdot (1/14) \cdot 0.006278 \cdot 0.012 \cdot 86400 \cdot 15]$$



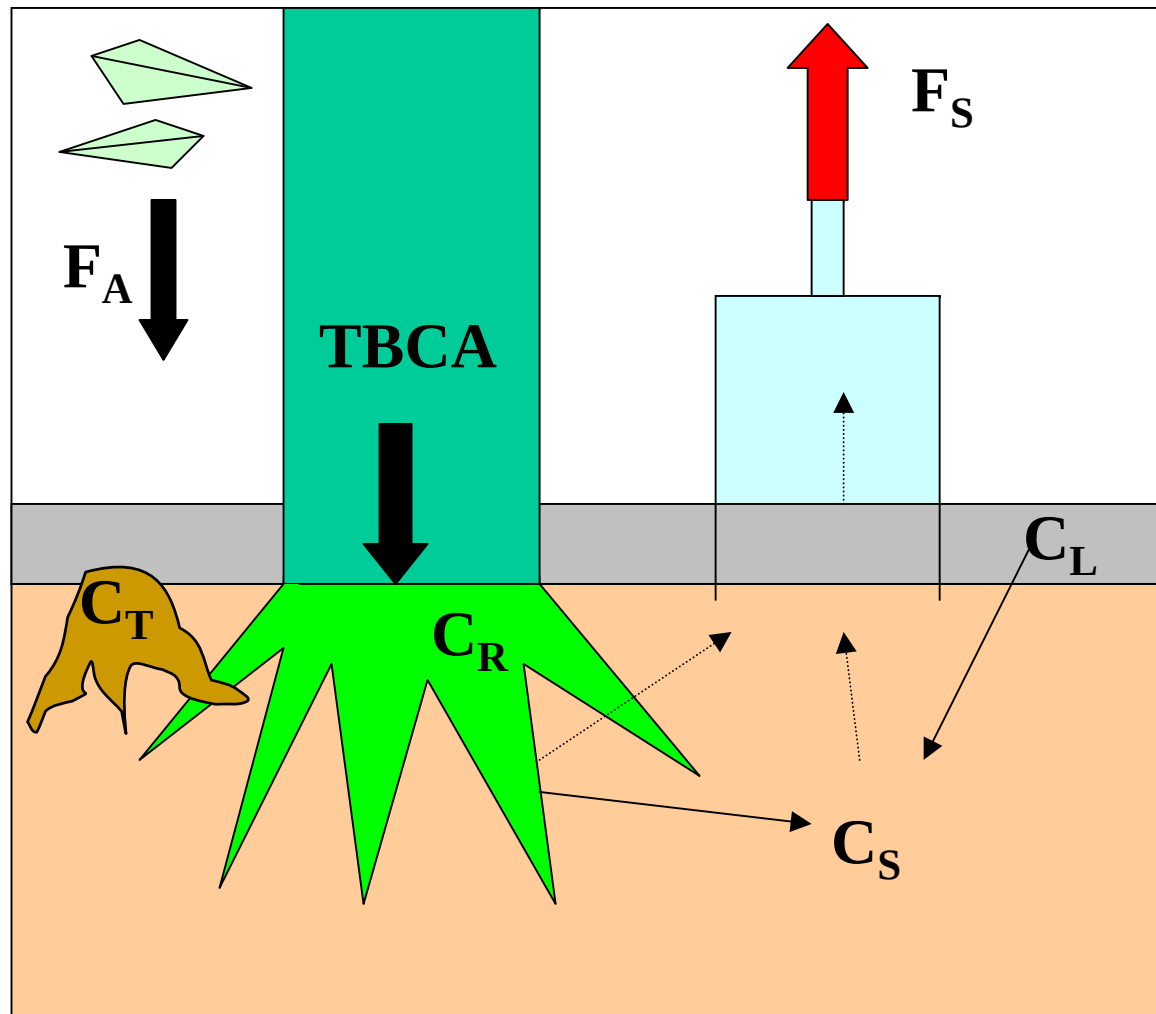
$$\text{GPP} = \text{ANPP} + R_p + \text{TBCA}$$

$$\text{TBCA} = F_s - F_A + \Delta C \text{ (Nadelhoffer and Raich 1990)}$$



Variação = In – Out

$$\rho C = TBCA + F_A - F_S$$



$$\rho C_S + \rho C_R + \rho C_L + \rho C_T = TBCA + F_A - F_S$$

$$TBCA = F_S - F_A + \rho C_S + \rho C_R + \rho C_L + \rho C_T$$

$$GPP = \underbrace{APAR}_{\text{Uso}} \cdot \underbrace{\alpha^* \cdot f_W \cdot f_N \cdot f_D}_{\text{Eficiência de Uso}}$$

APAR = Luz Fotossinteticamente Ativa Interceptada

α^* = Máxima Eficiência Quântica da Copa

f_i : Restrições à Fotossíntese:

- água no solo (f_W), fertilidade (f_N), VPD (f_D)

α aparente = $\alpha^* \cdot f_i$

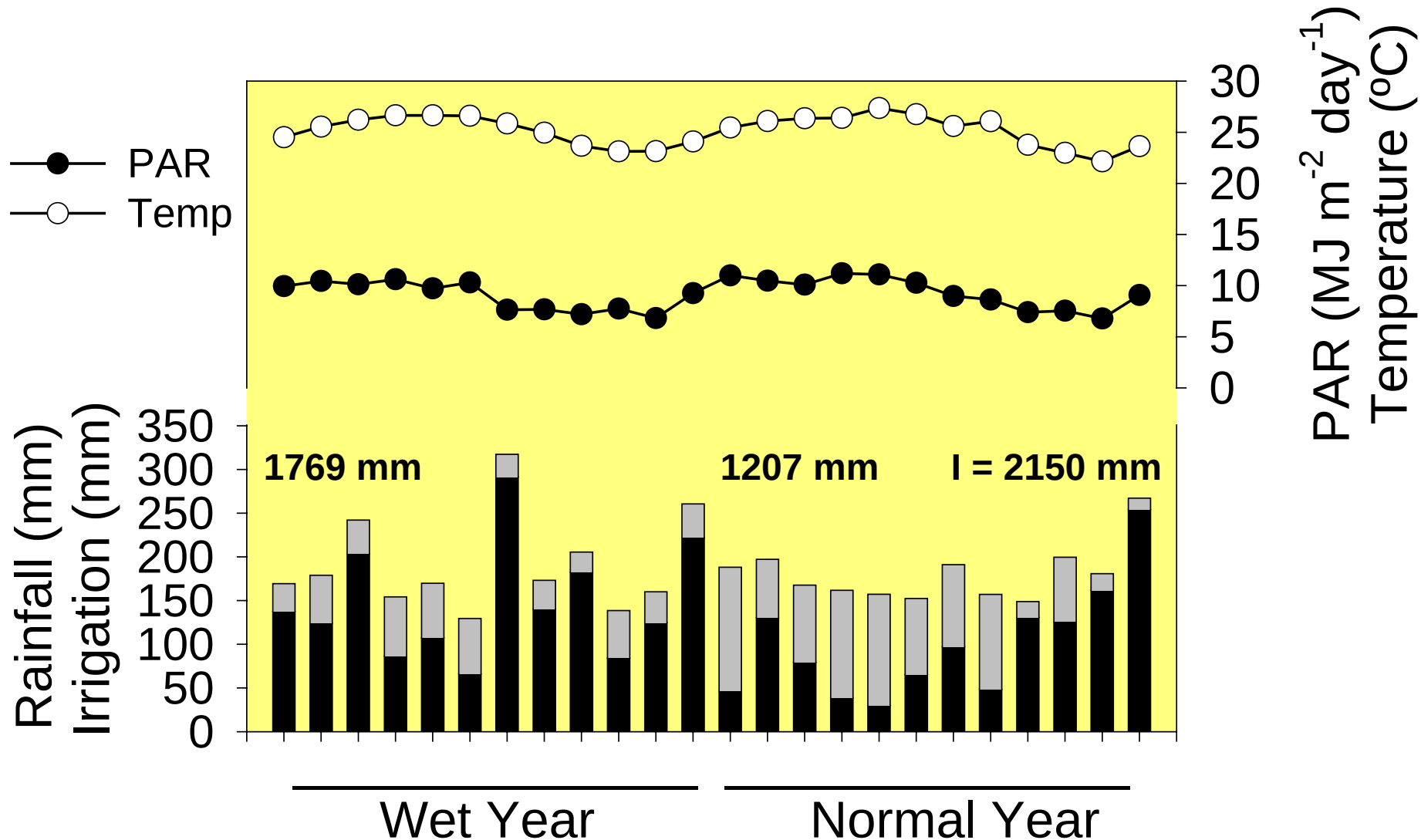
$$\mathbf{GPP} = \mathbf{APAR} \cdot \alpha^* \cdot f_W \cdot f_N \cdot f_D$$



Tratamento	Restricao
Controle	$f_D \cdot f_W \cdot f_N$
Irrigado	$f_D \cdot f_N$
Fertilizado	$f_D \cdot f_W$
Irrig e Fert.	f_D

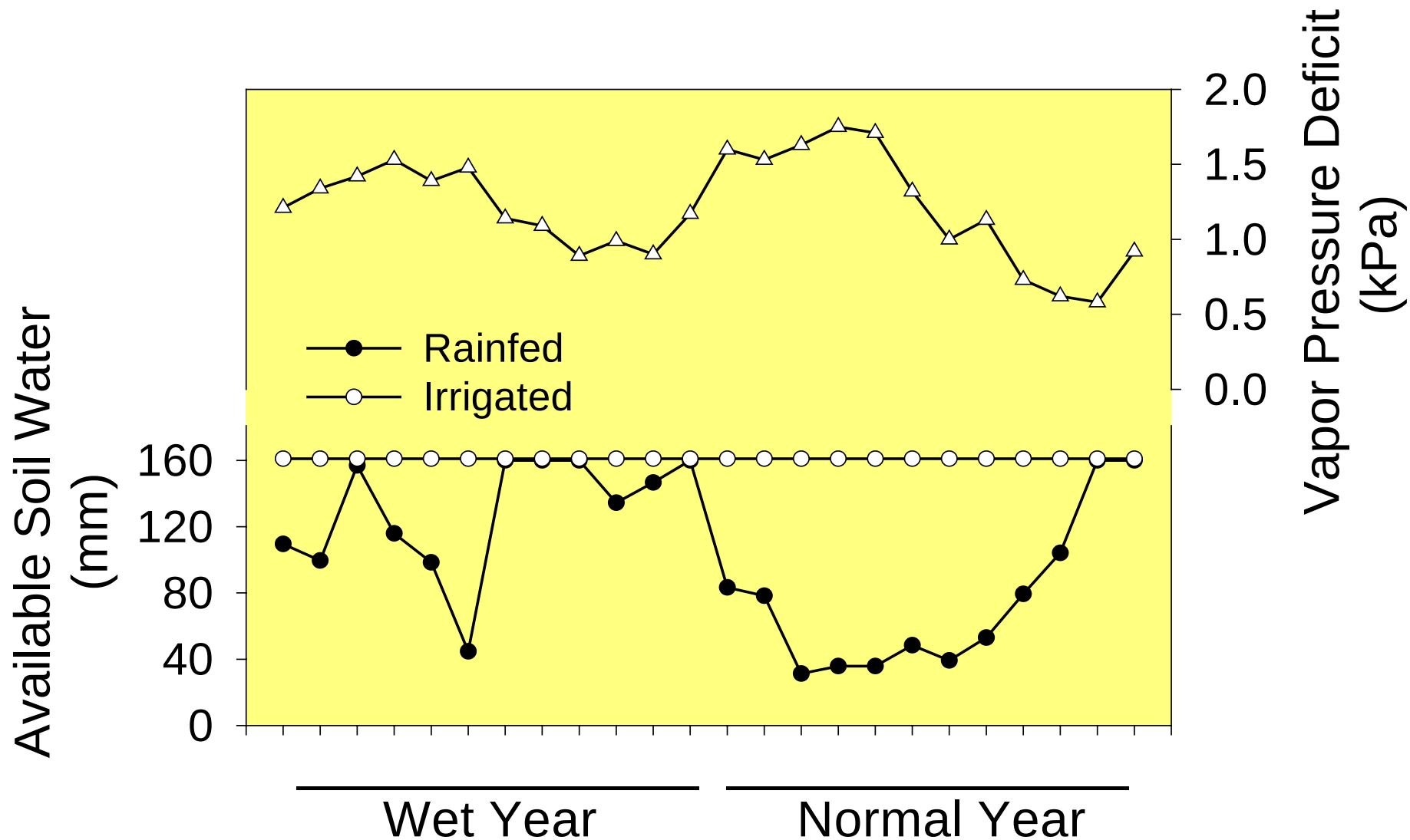
Resultados: Clima

(Ano Chuvoso e Normal)



Resultados: Clima

(Ano Chuvoso e Normal)



4 anos



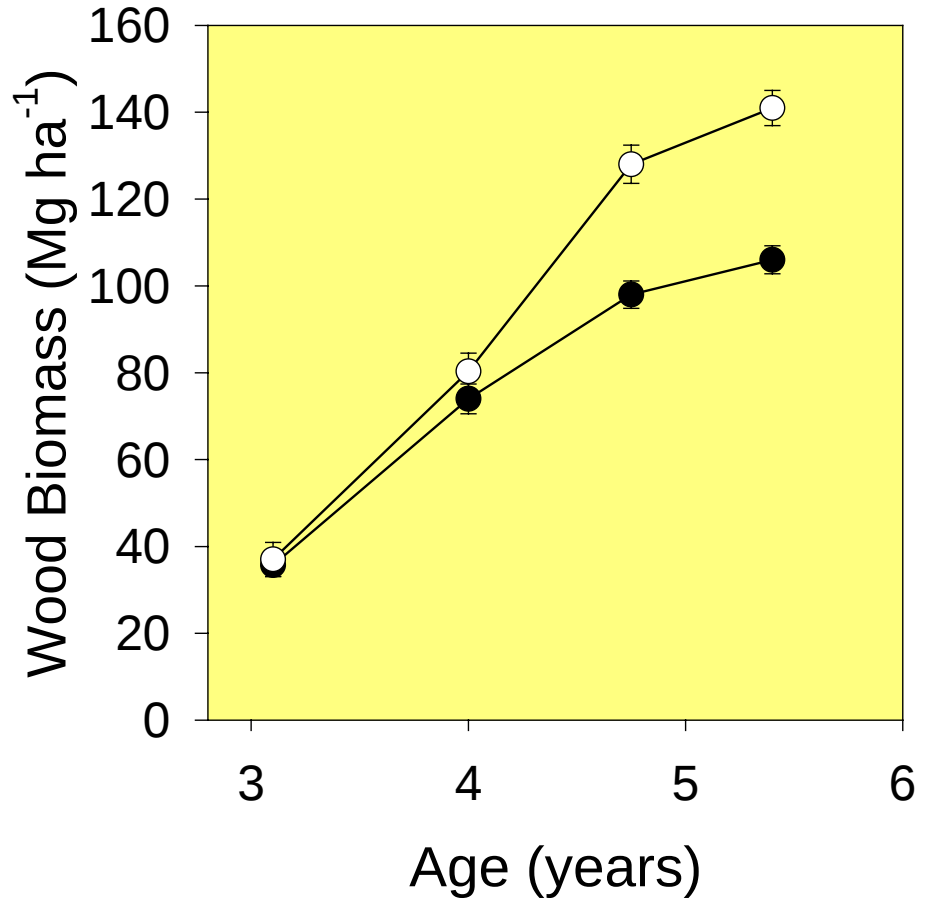
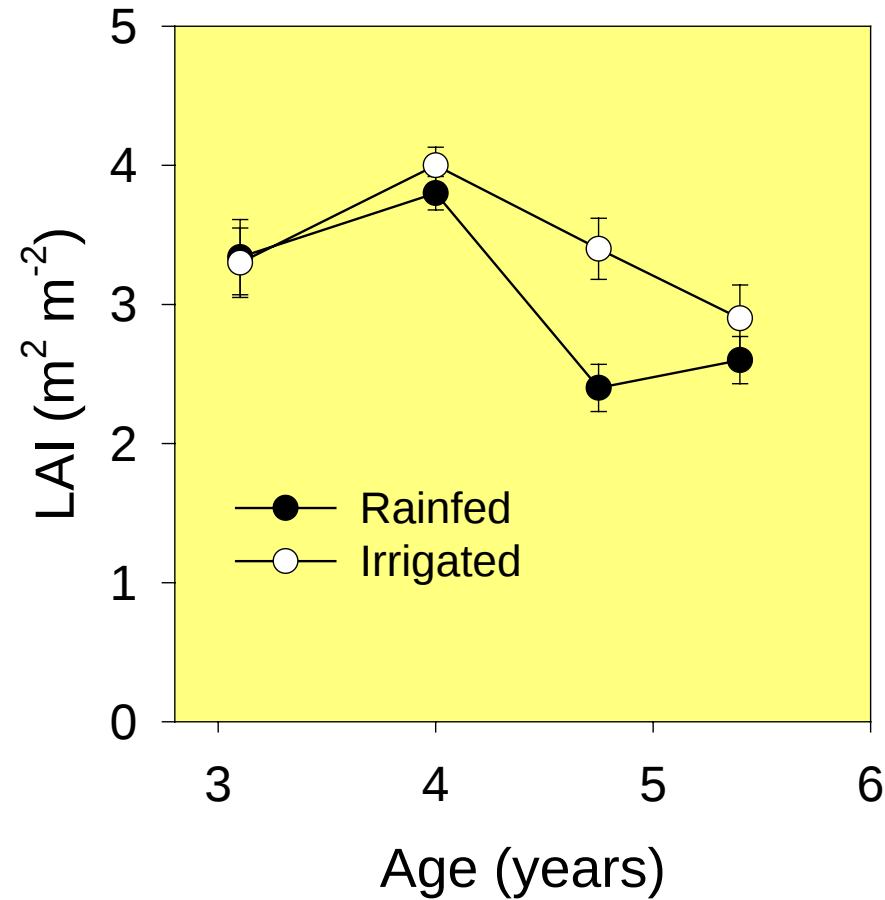
Sem Efeito de Fertilização

Fertilização de Plantio

Efeito da Irrigação

Maior Índice Área Foliar
Maior Produção Madeira

Efeito da Irrigação



Nao Irrigado



Irrigado



Em 2 anos → + 50% a Producao de Madeira

$$GPP = APAR \cdot \underbrace{\alpha^* \cdot f_D \cdot f_W \cdot f_N}_{\alpha \text{ amplitude}}$$

α amplitude = 0.027 to 0.060 mol C mol photon⁻¹

Ano Chuvoso: Efeito Umidade do Solo

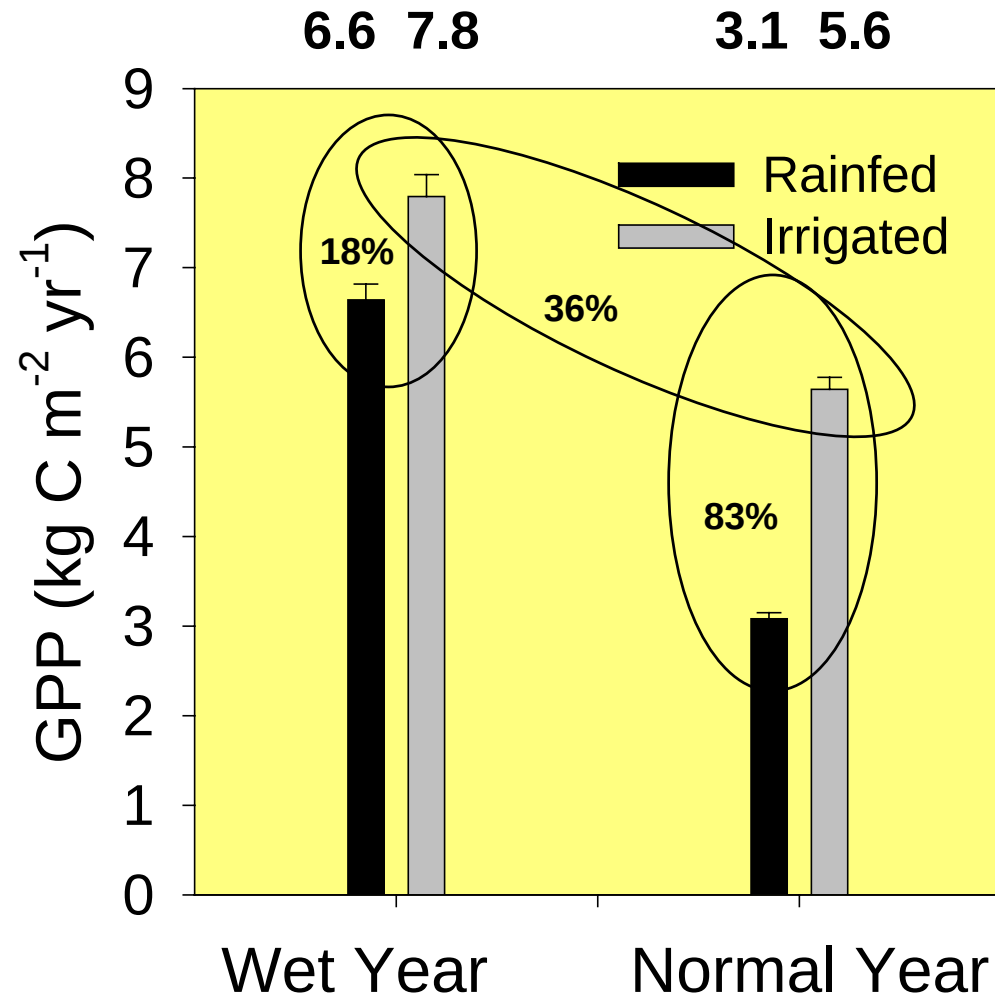
+ 18% α

Ano Normal: Efeito Umidade do Solo

+ 14% APAR + 63% α

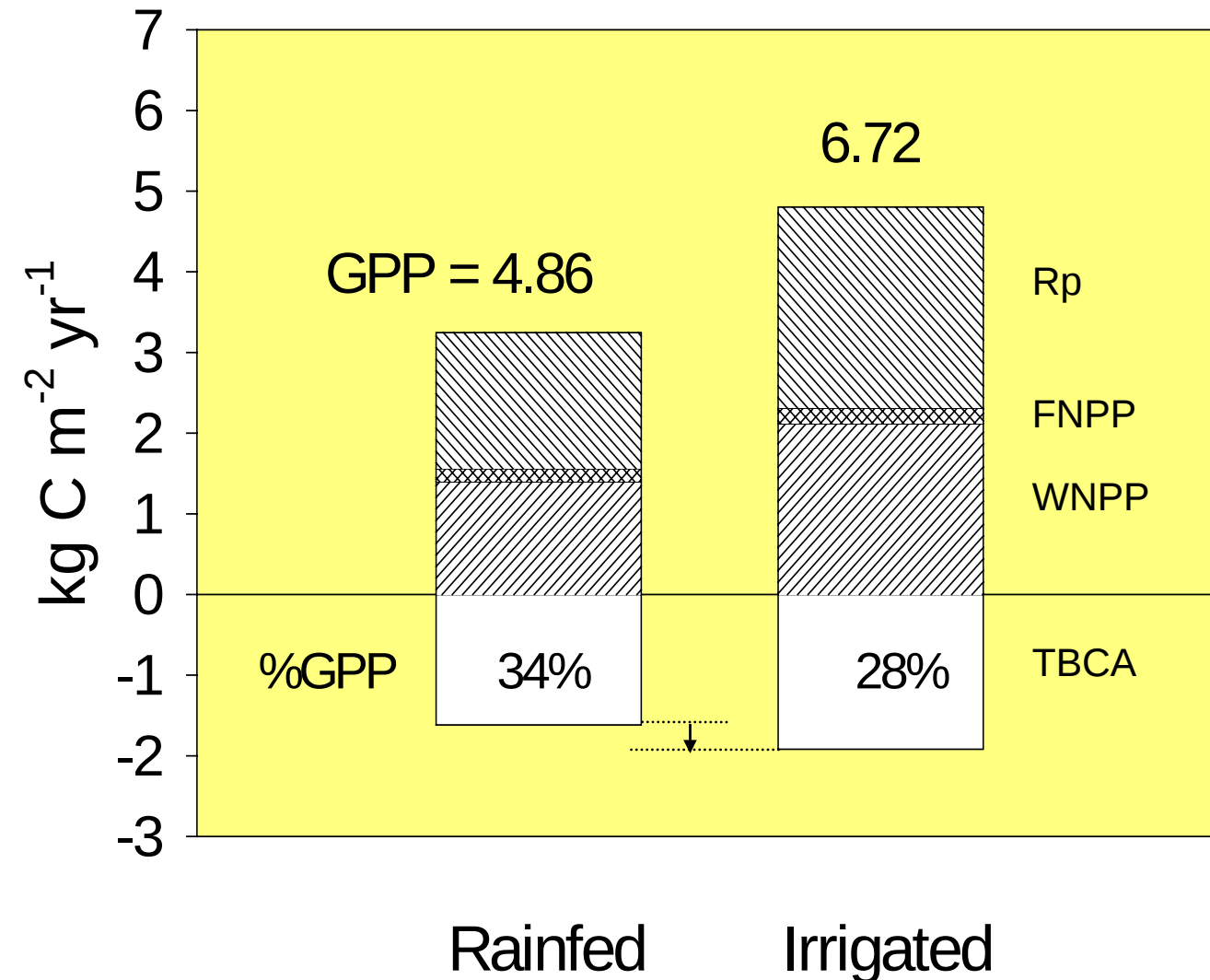
Ano Chuvoso x Normal: Efeito VPD

+ 2% APAR + 35% α



Alocação

(Média dos 2 anos)



Efeito Irrigacao:

+ 38% GPP

Aumento TBCA

**Decréscimo da
Fração do GPP
Alocada para Raiz**

+ 48% ANPP =

+ 32% α

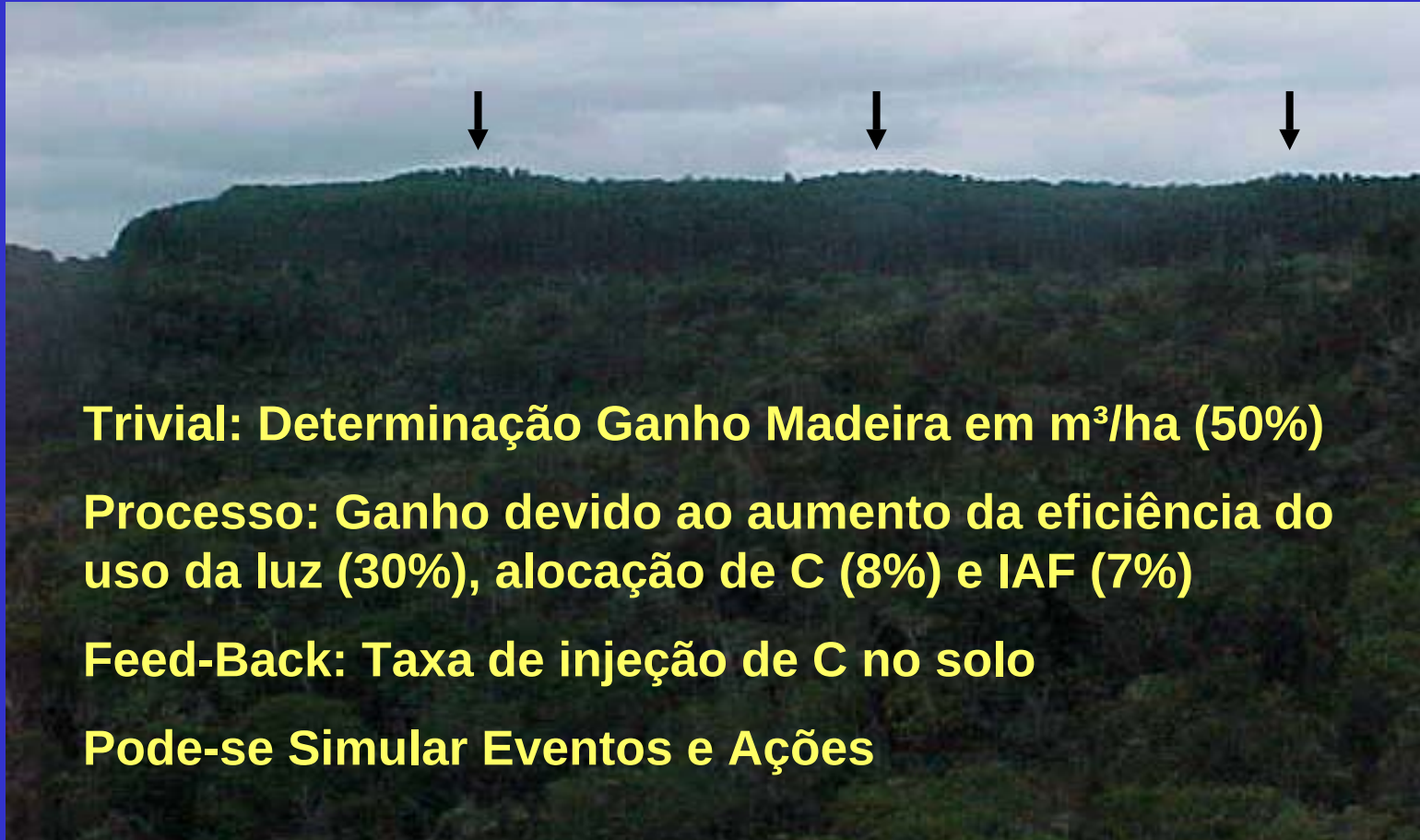
+ 8% Alocação

+ 7% APAR

1999



2002



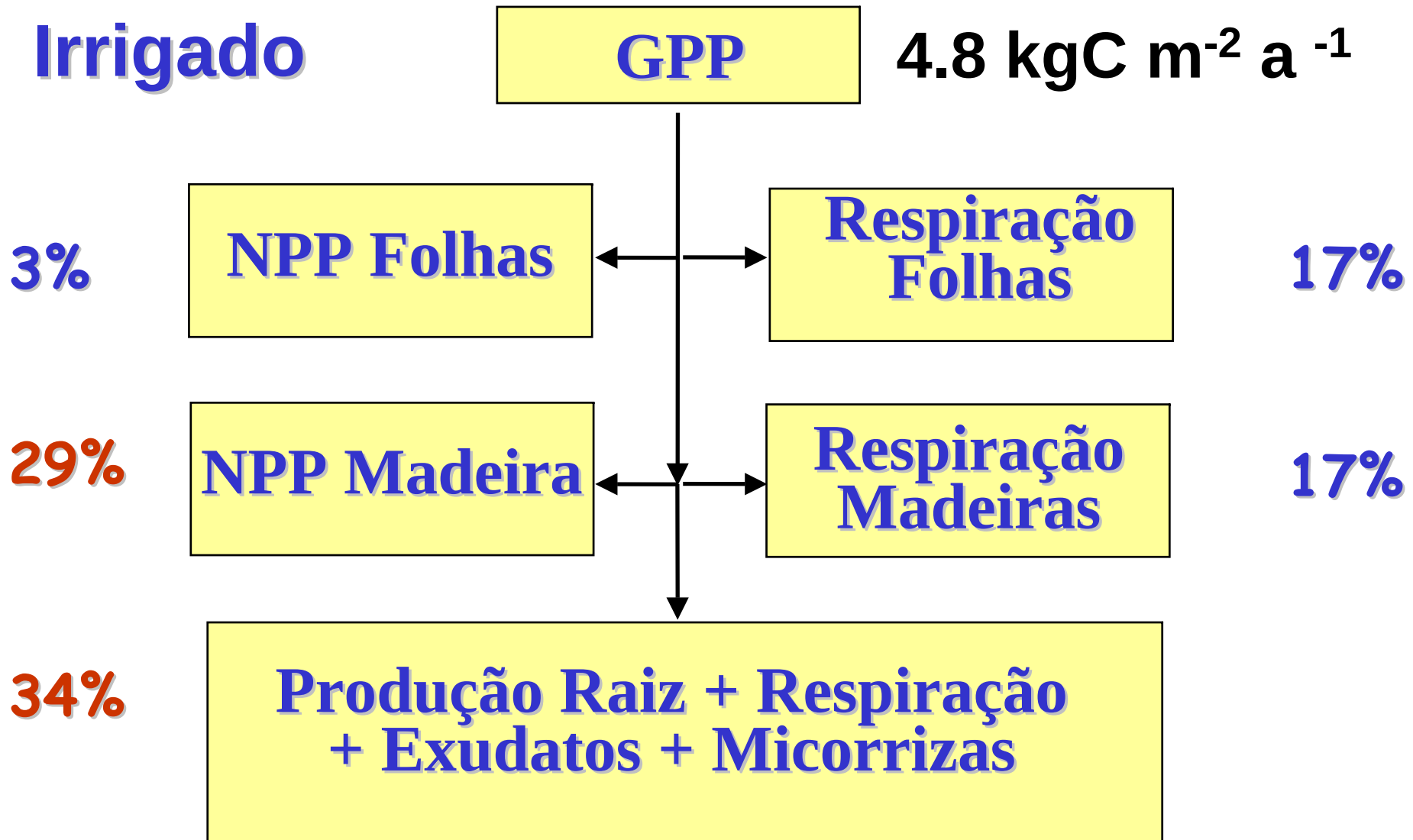
Trivial: Determinação Ganho Madeira em m³/ha (50%)

Processo: Ganho devido ao aumento da eficiência do uso da luz (30%), alocação de C (8%) e IAF (7%)

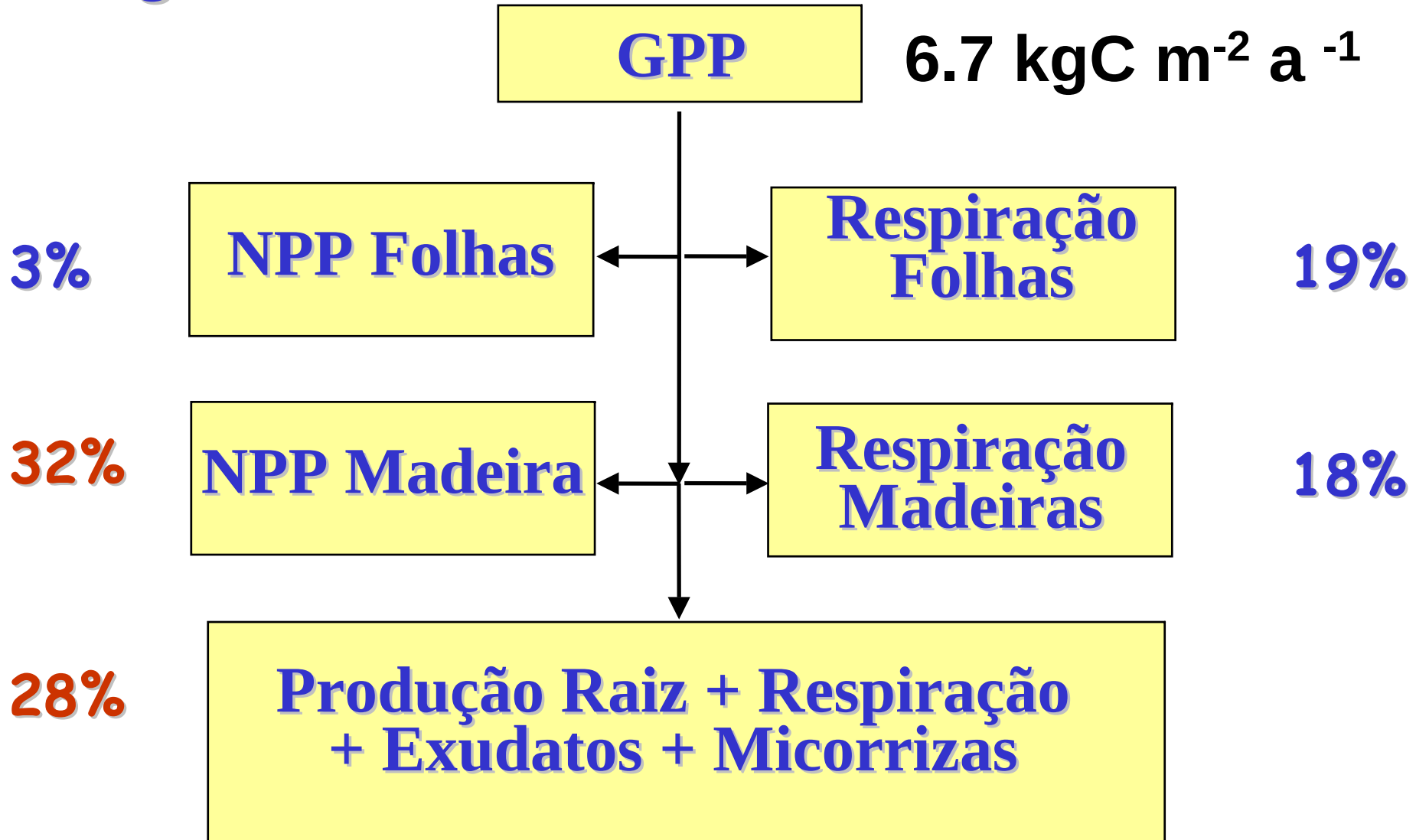
Feed-Back: Taxa de injeção de C no solo

Pode-se Simular Eventos e Ações

Não Irrigado

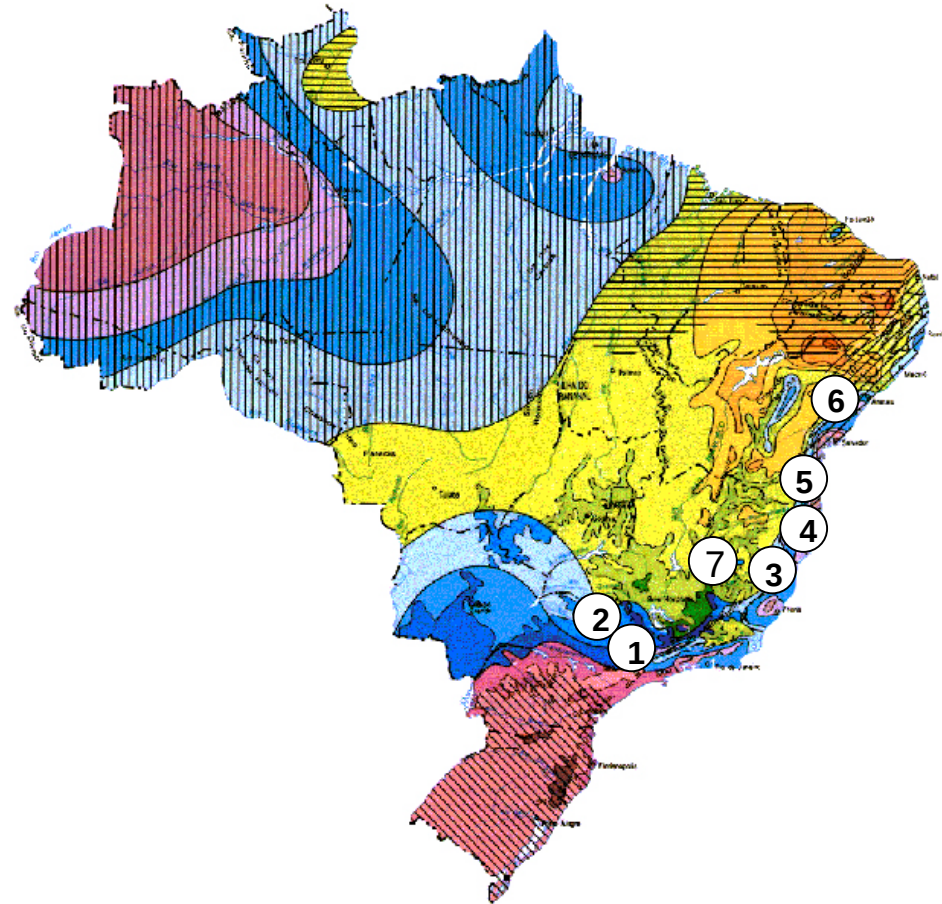


Irrigado



Rede Experimental BEPP

Brasil Eucalyptus Produtividade Potencial



www.ipef.br/bepp/



BEPP, em média:

$\Delta\text{Fert} = + 3\%$ (ns)

$\Delta\text{Agua} = + 29\%$ **

$\Delta\text{Fert/Agua} = + 38\%$ **

Adequada fertilização

Alta influência das chuvas no IMA

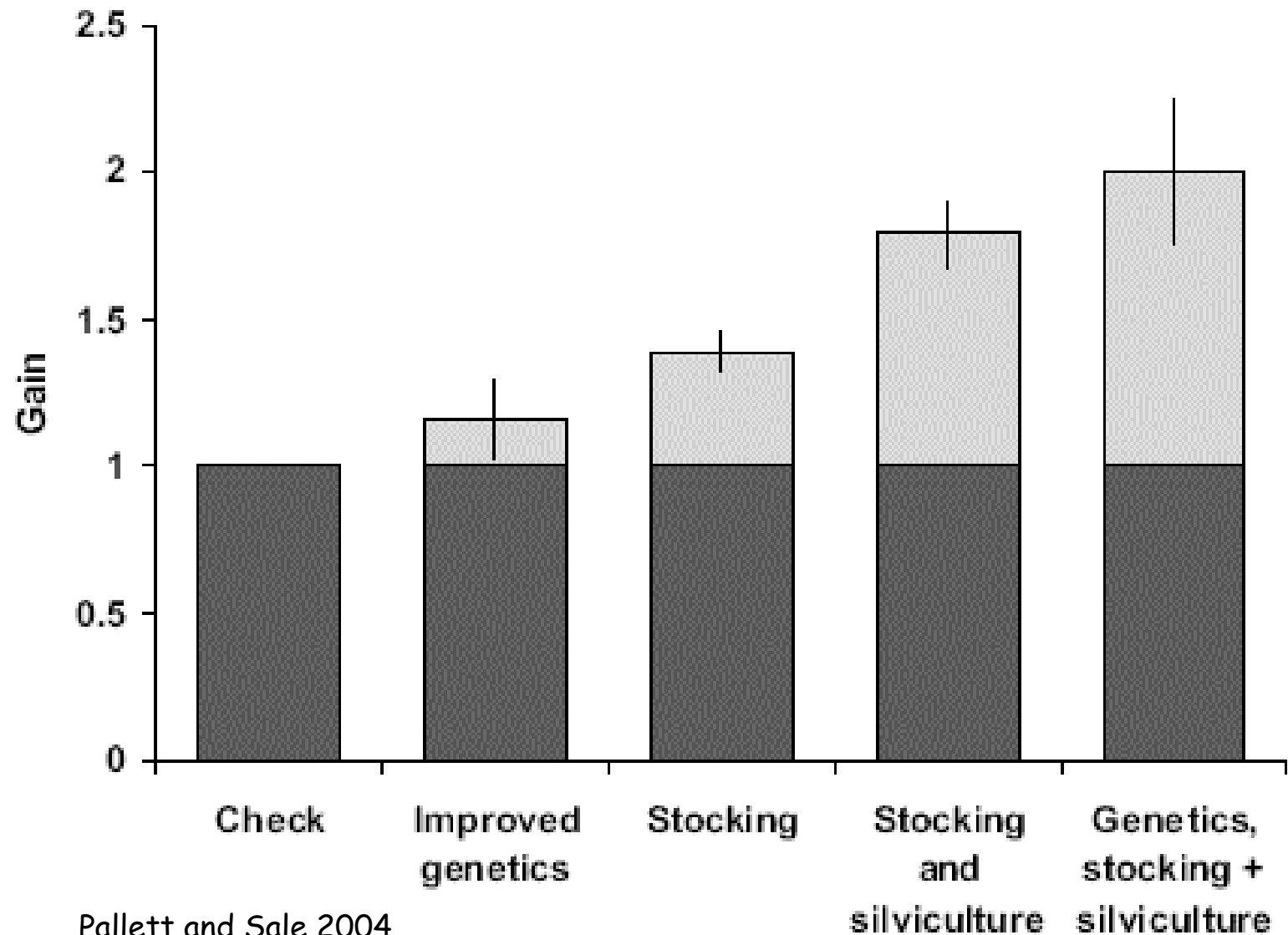
E. grandis



E. grandis Clone

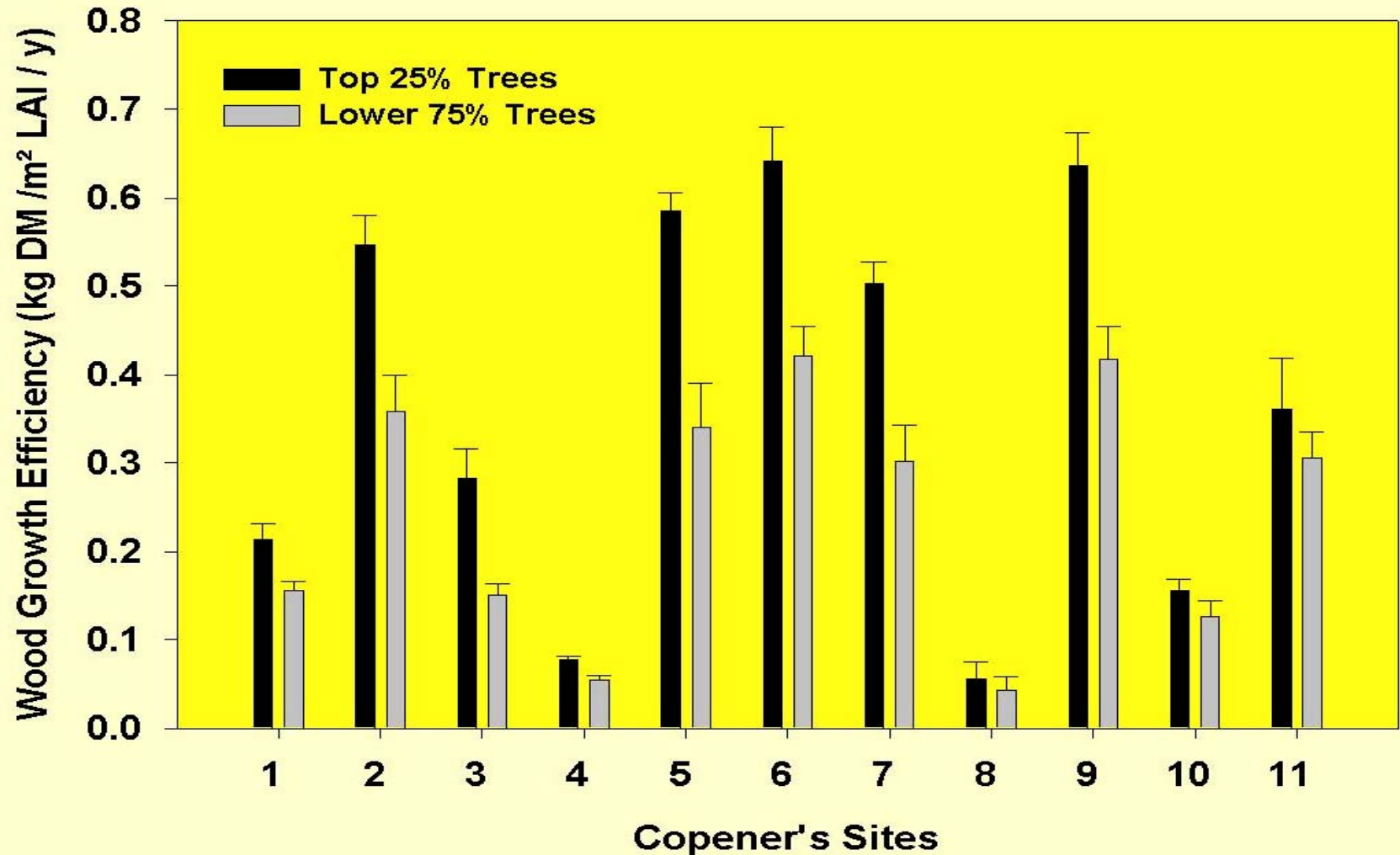


Eucalyptus S. Africa
Genetico 20%
Silvicultura 80%





Próximas Etapas: Crescimento e Eficiência / Árvore



40 days

80 days

0 days



24 months



Em média:

$$\Delta \text{TN UH} = - 12\%$$

$$\Delta \text{FI UH} = - 11\%$$

Alta influência da uniformidade de
plantio na produtividade

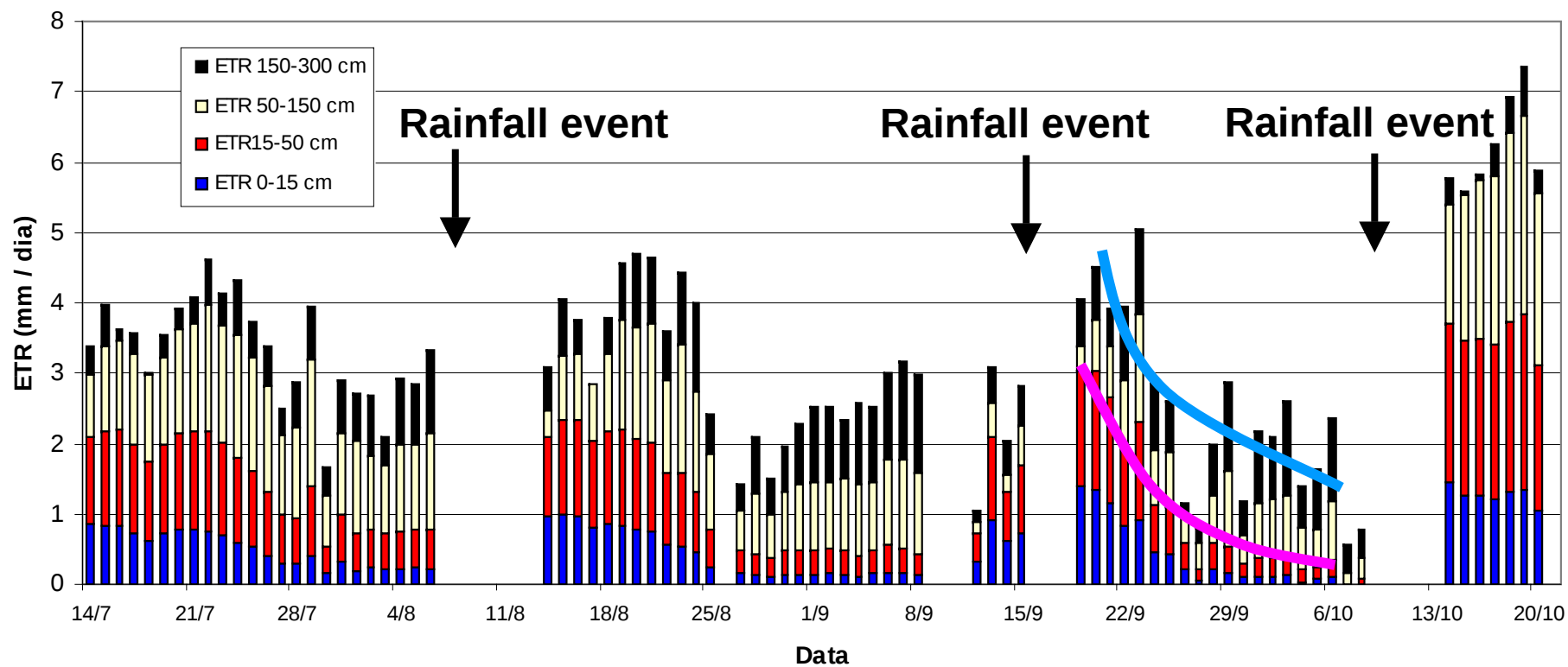








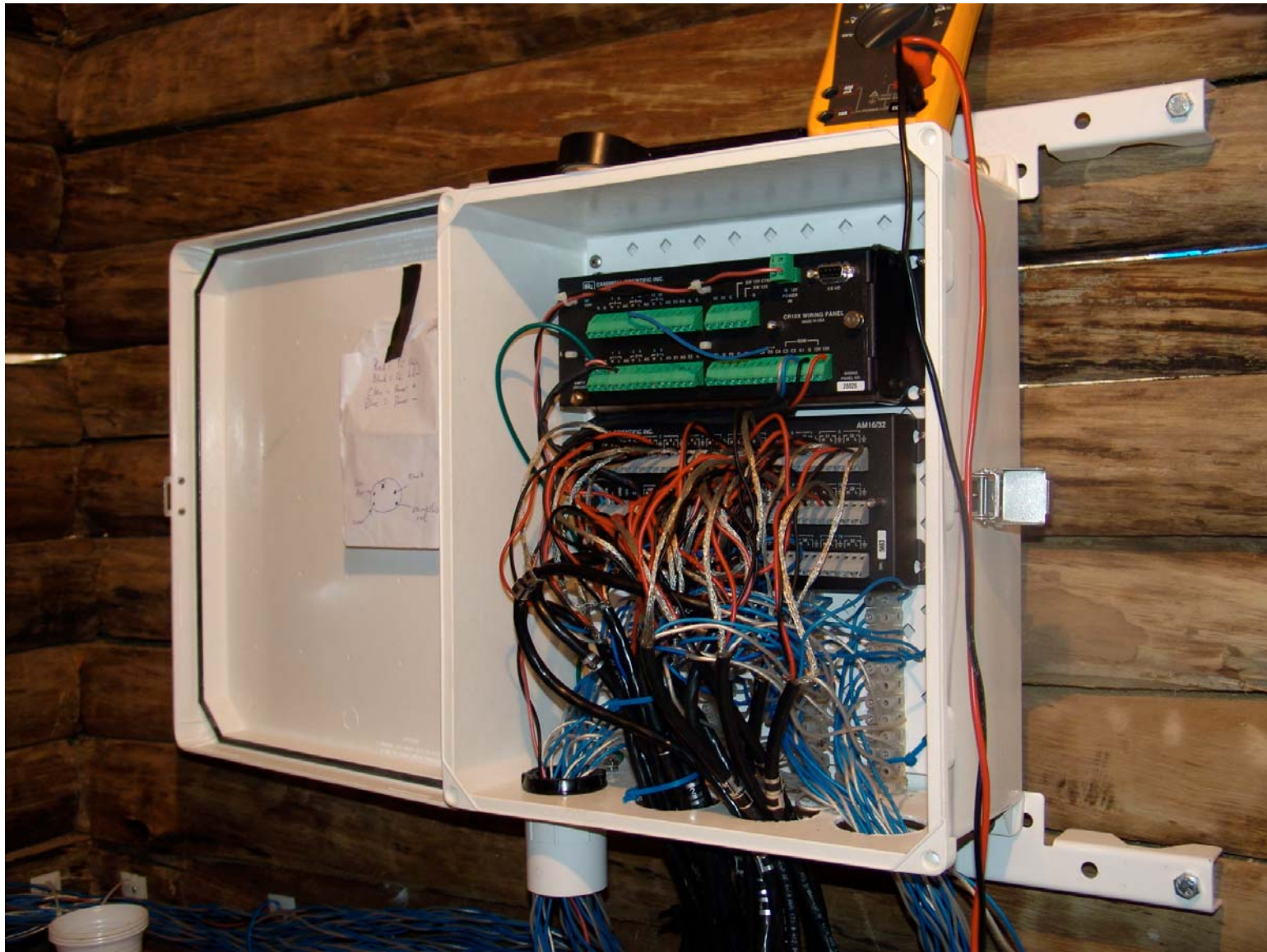
// Origem da água usada



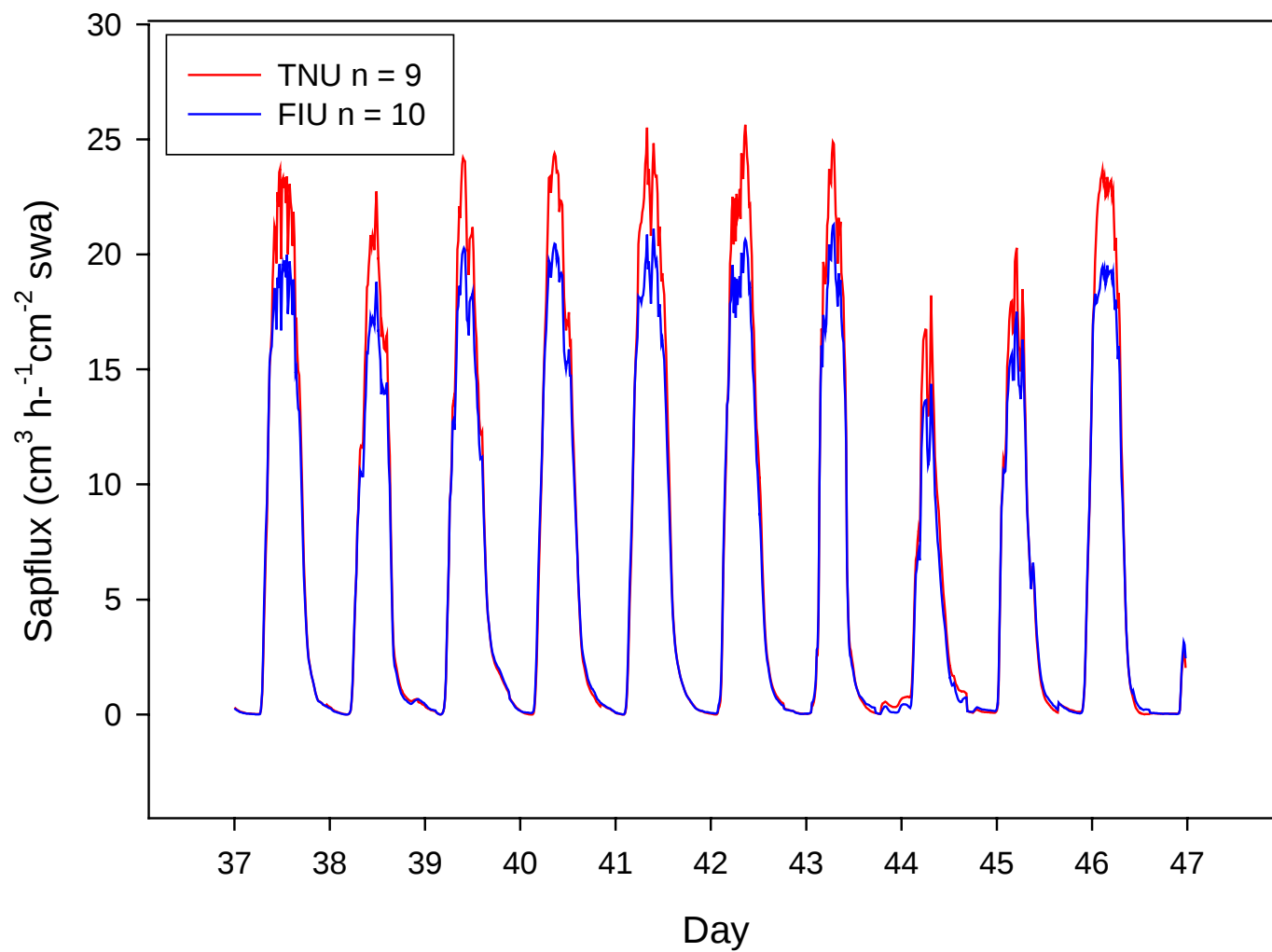








Veracell Daily Sapflow



Conclusões

- **A produtividade (madeira) é apenas uma fração (20 a 25%) do Balaço total de C de uma floresta;**
- **Balanco de C sensível ao suprimento hídrico:**
 - **Eficiência quântica da copa (α)**
 - **Uso da Luz (APAR)**
 - **Padrão de Alocação de C (TBCA:GPP)**
- **A dominância entre-plantas desempenha papel importante na produtividade**
- **O Uso a Eficiência de Uso de recursos naturais aumenta com a produtividade**

A photograph of a dense forest with many tall, slender, light-colored tree trunks. The trunks are mostly vertical and have a slightly textured bark. Some thin, bare branches are visible in the foreground. The background is a soft, out-of-focus green, suggesting foliage. The word "Obrigado" is written in large, bold, yellow letters across the upper right portion of the image.

Obrigado