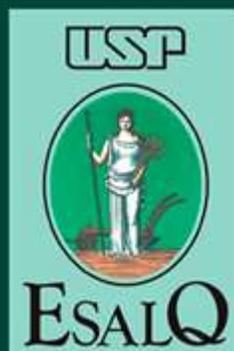


Aula 3 - Impacto das mudanças climáticas nos principais processos fisiológicos – Parte 1

Prof. Fábio Marin

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
Departamento de Engenharia de Biosistemas
LEB 410 – Mudanças Climáticas e Agricultura



Balanço hídrico e a produtividade

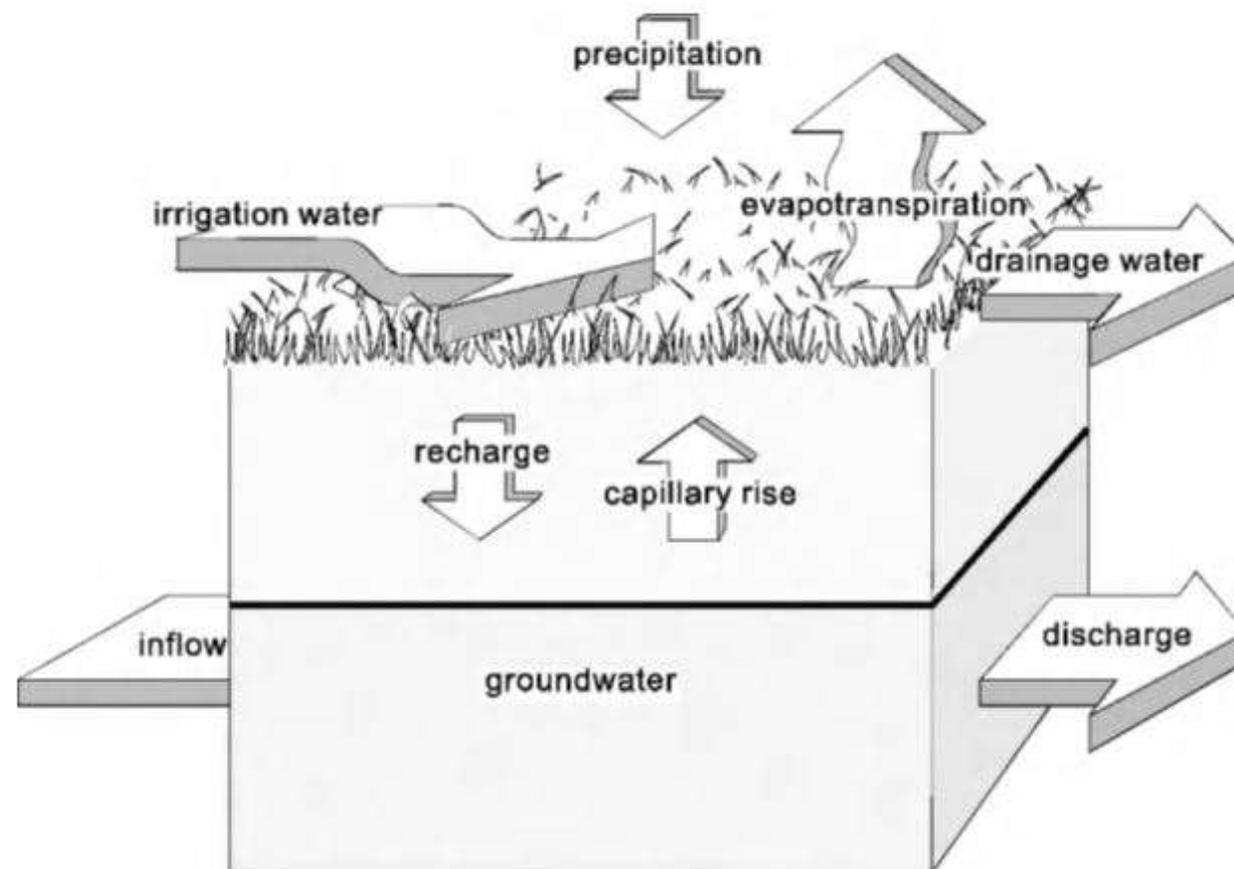
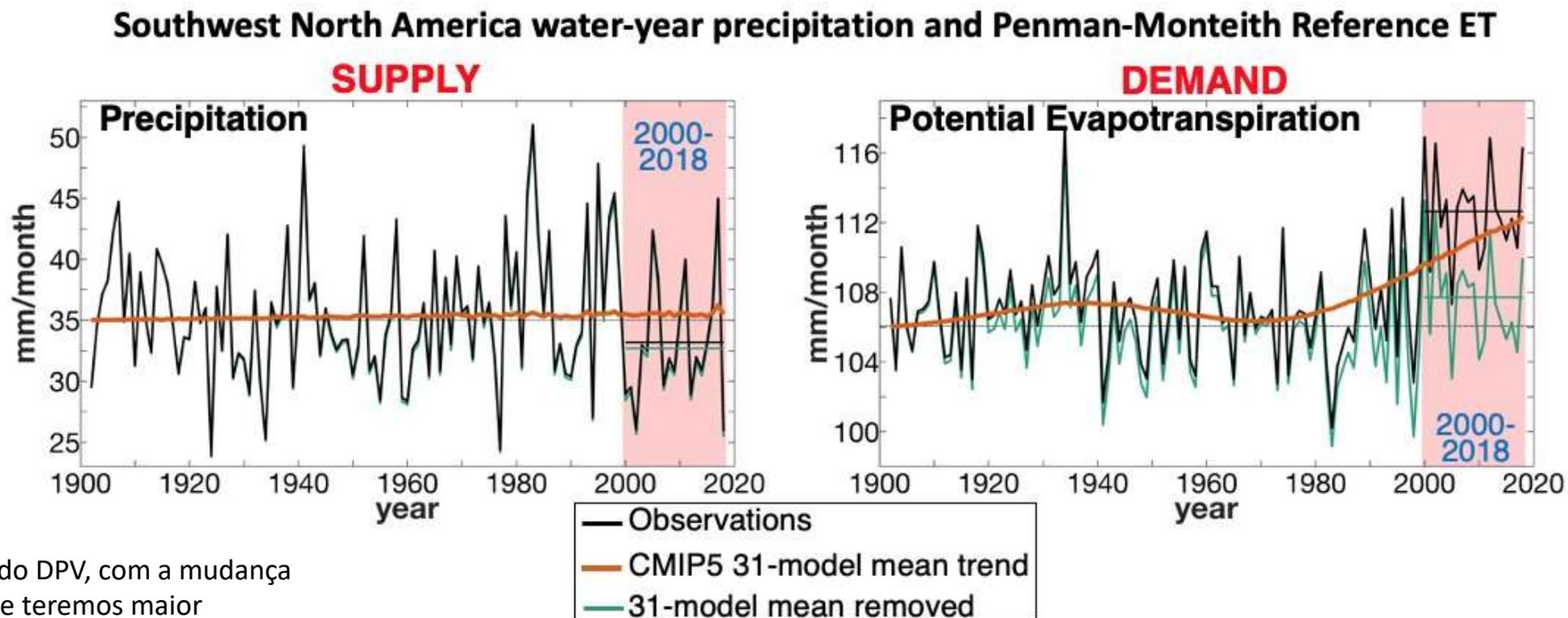


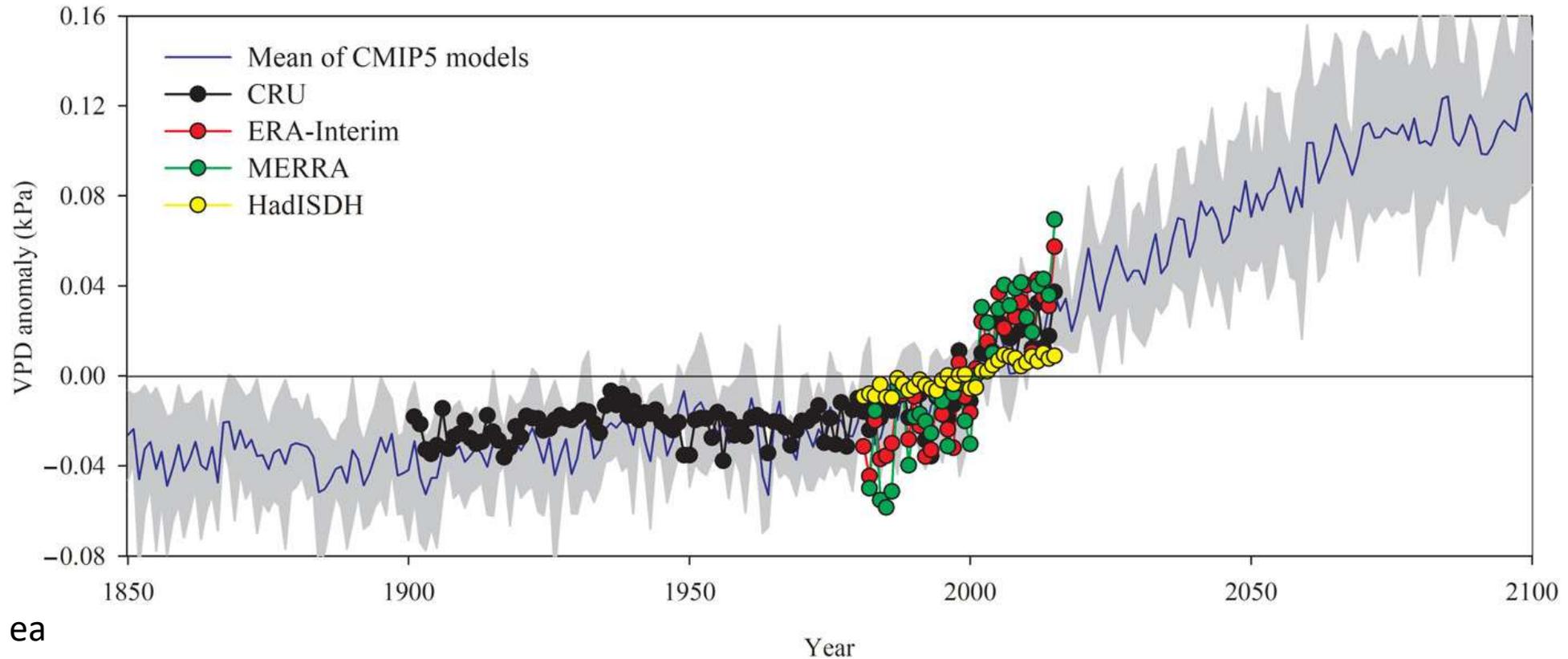
Figure 1: The water balance of an irrigated field (Bos et al. 2008)

Cenários futuros para Evapotranspiração



O aumento da ET
Depende de energia e do DPV, com a mudança
do clima provavelmente teremos maior
temperatura, teremos tanto maior DPV como
mais energia na atmosfera

Cenários futuros para Déficit de Pressão de Vapor



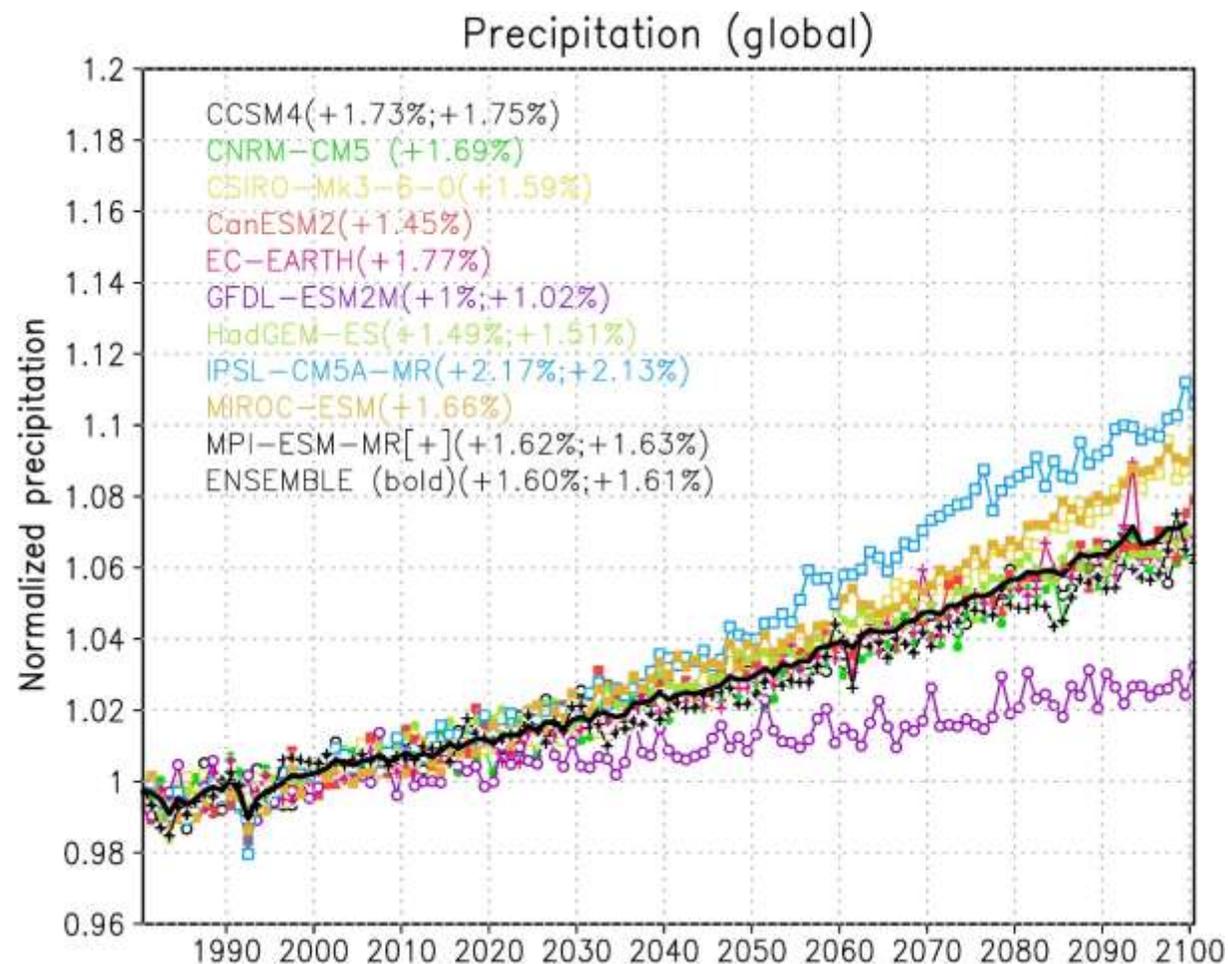
$$DPV = es - ea$$

$$es \rightarrow f(Tar)$$

ea

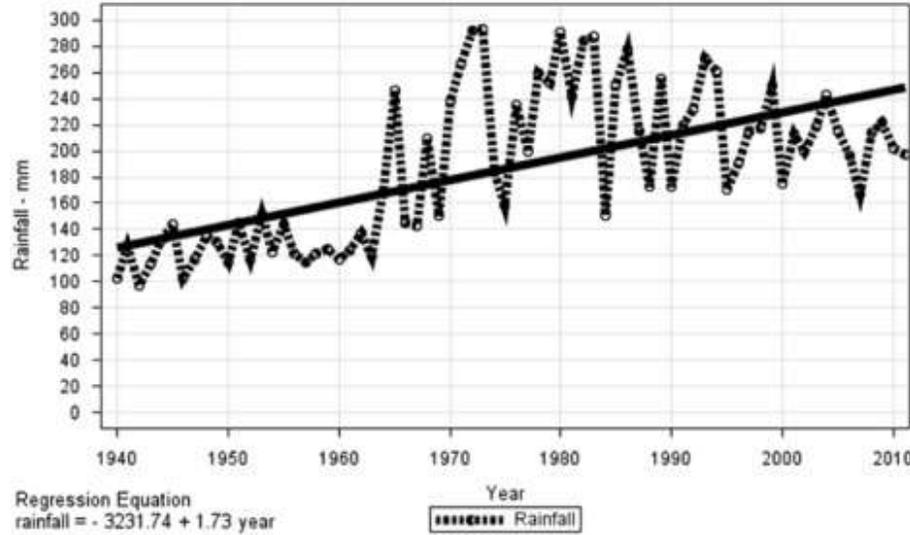
$$UR = ea/es$$

Cenários futuros para chuva

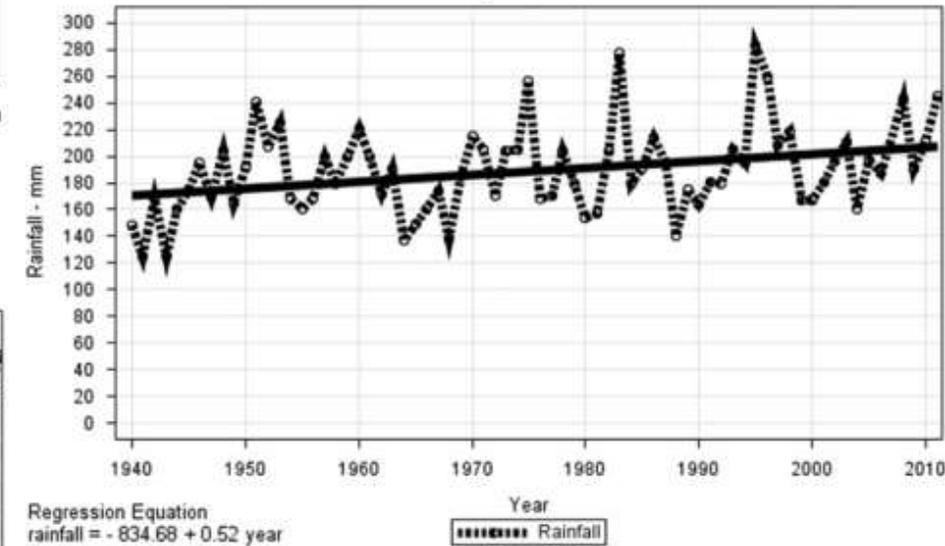


Tendência observada nos eventos extremos de chuva diária

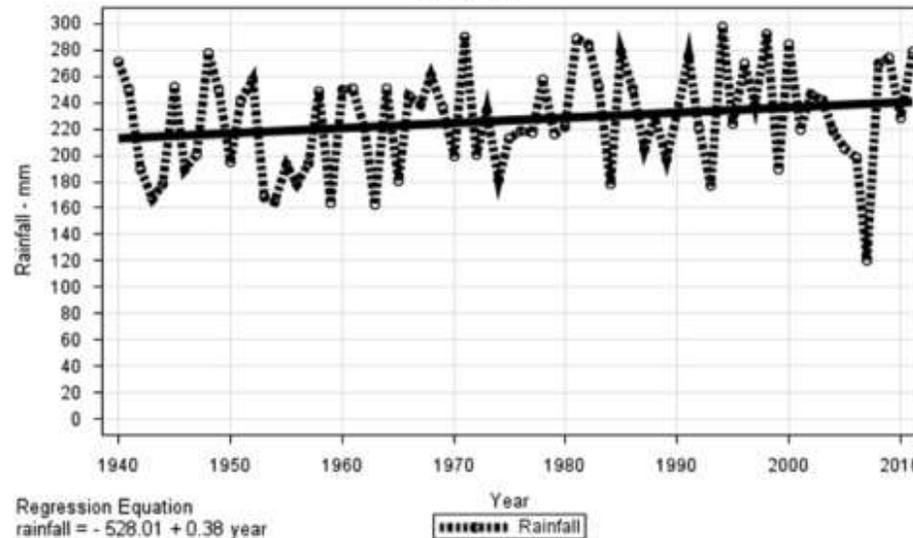
Maximum Daily Rainfall - Midwest Region



Maximum Daily Rainfall - Southern Region

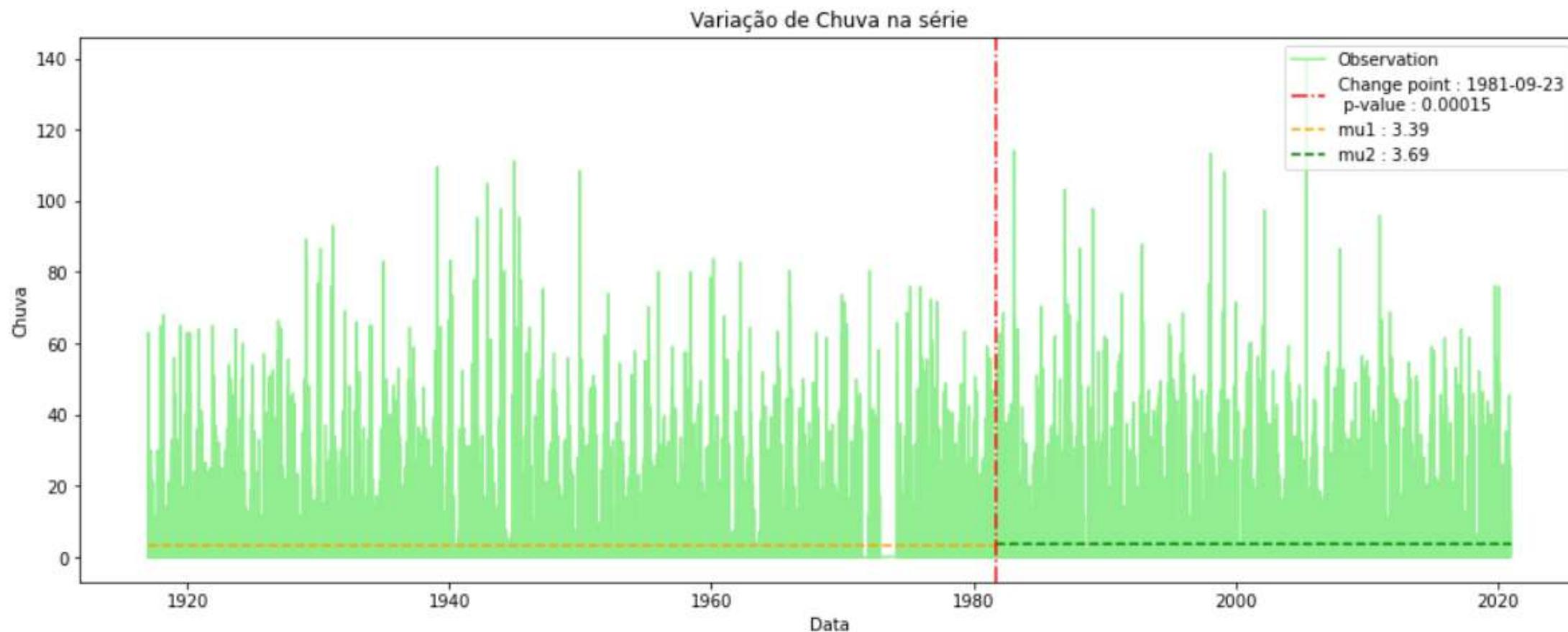


Maximum Daily Rainfall - Southeast Region



Carvalho et al., 2014

Análise de Chuva para Piracicaba



Fonte: Manoela Mattos, 2022
(IC Fapesp)

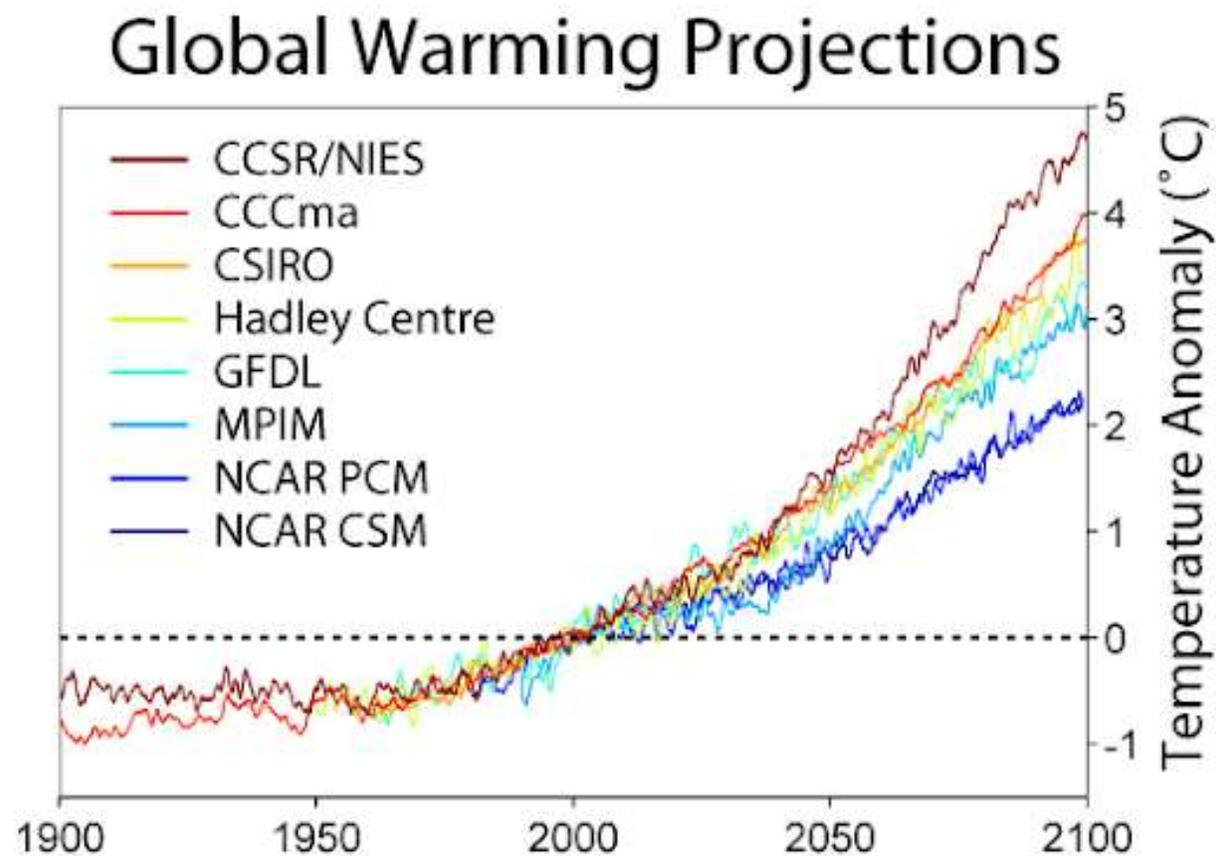
LEB 410 – Mudanças Climáticas e Agricultura – Prof. Fabio Marin



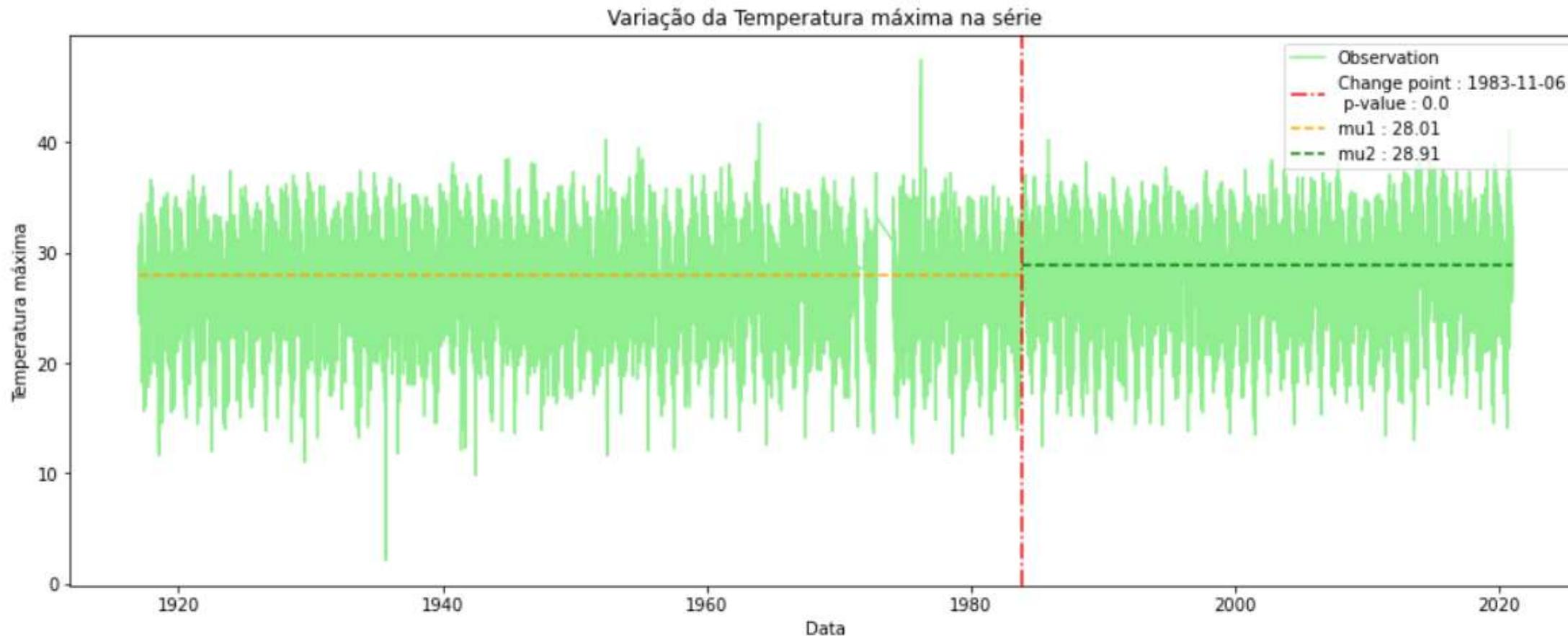
Resumo: Efeito das variações da chuva e ET

- Possibilidade de eventos mais frequentes de chuvas intensas
- Possibilidade de eventos mais frequentes de veranicos
- Aumento da demanda hídrica é esperado
- Aprofundamento do sistema radicular e manejo adequado do solo (cobertura)

Tendências futuras de temperatura



Tendências passadas de temperatura - Piracicaba

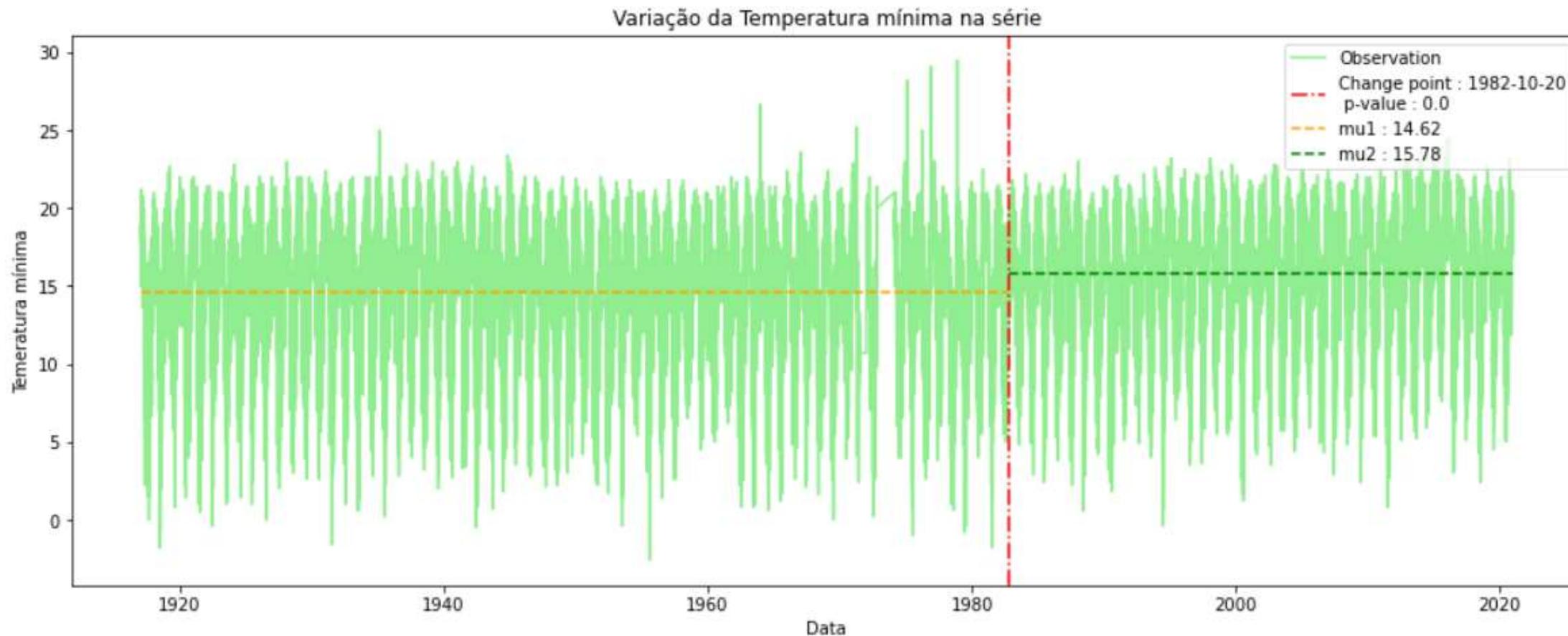


Fonte: Manoela Mattos, 2022
(IC Fapesp)

LEB 410 – Mudanças Climáticas e Agricultura – Prof. Fabio Marin



Tendências passadas de temperatura - Piracicaba

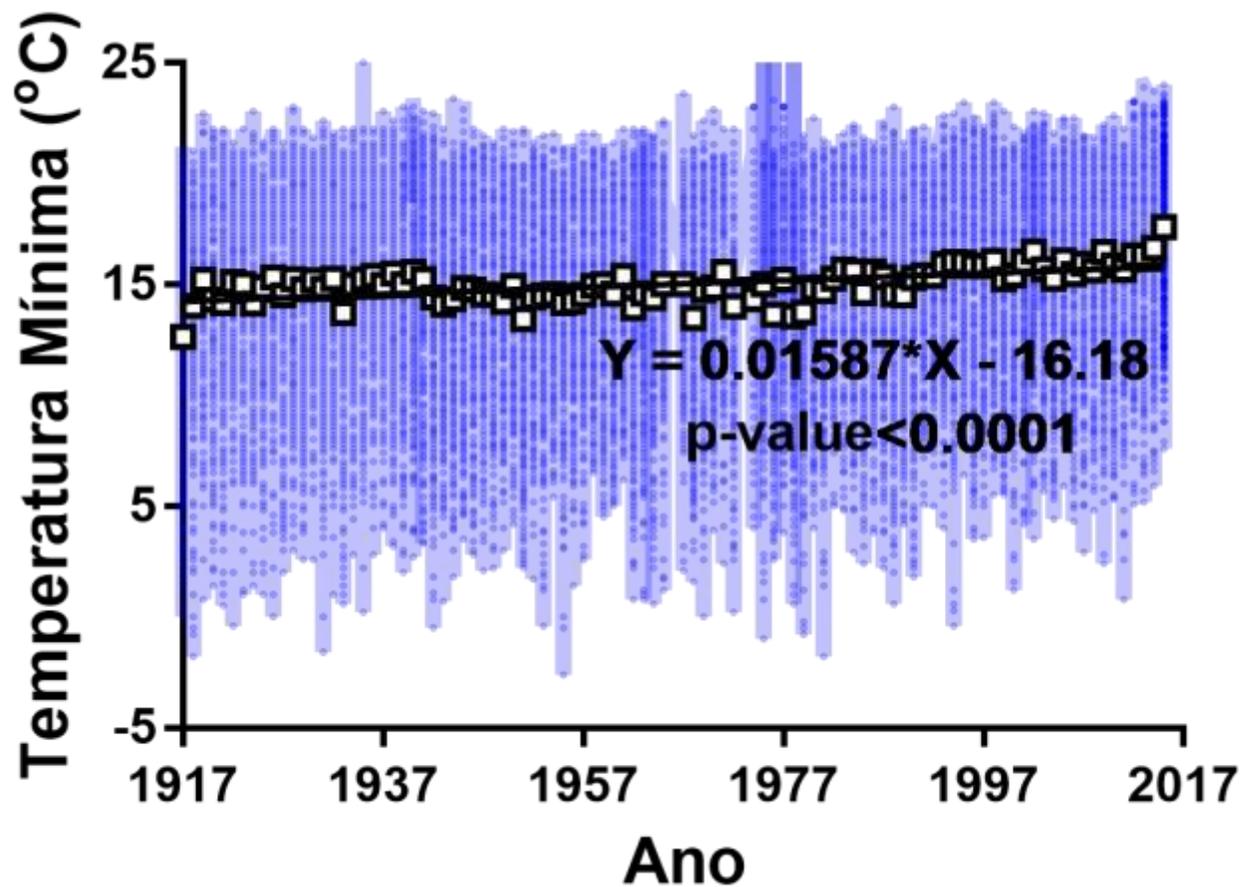


Fonte: Manoela Mattos, 2022
(IC Fapesp)

LEB 410 – Mudanças Climáticas e Agricultura – Prof. Fabio Marin



O CLIMA EM PIRACICABA

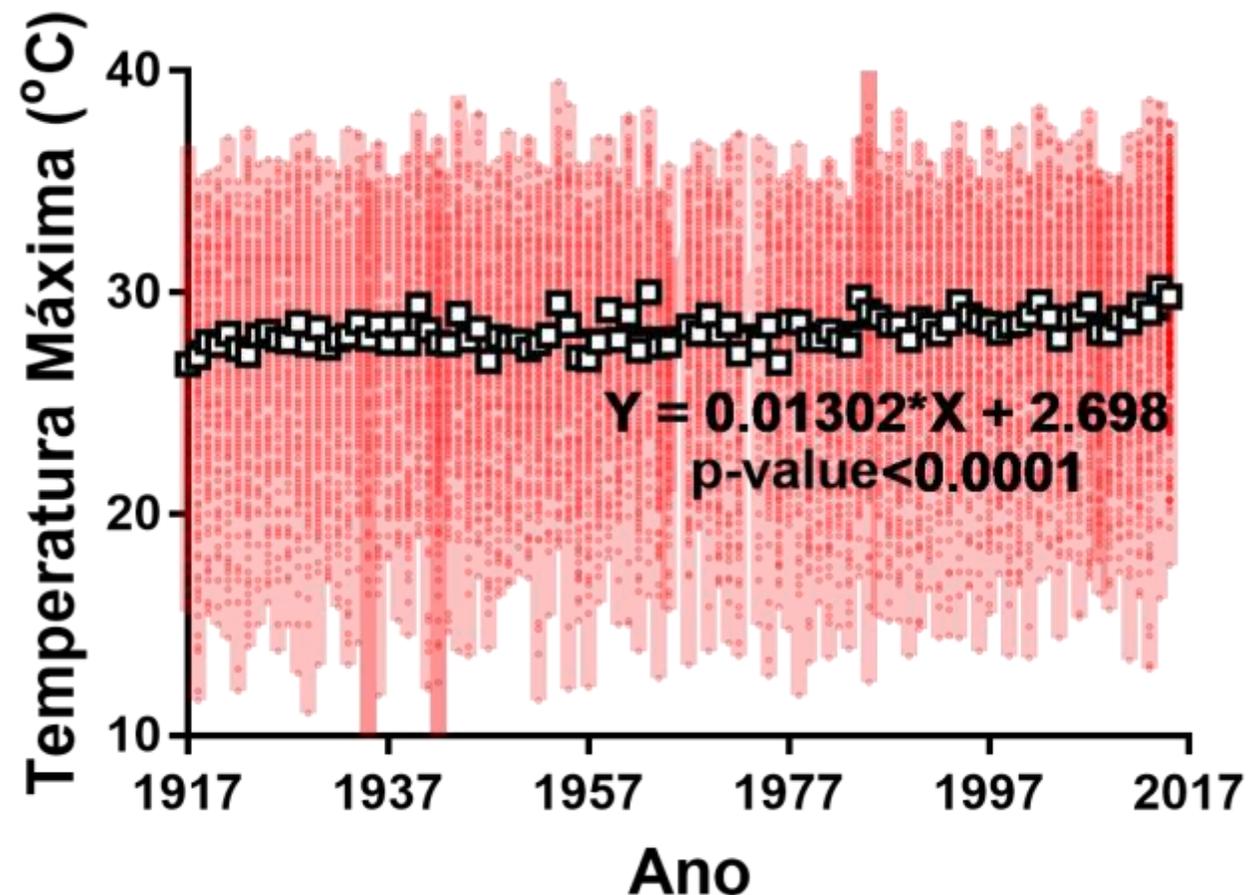


<http://www.leb.esalq.usp.br/posto/>

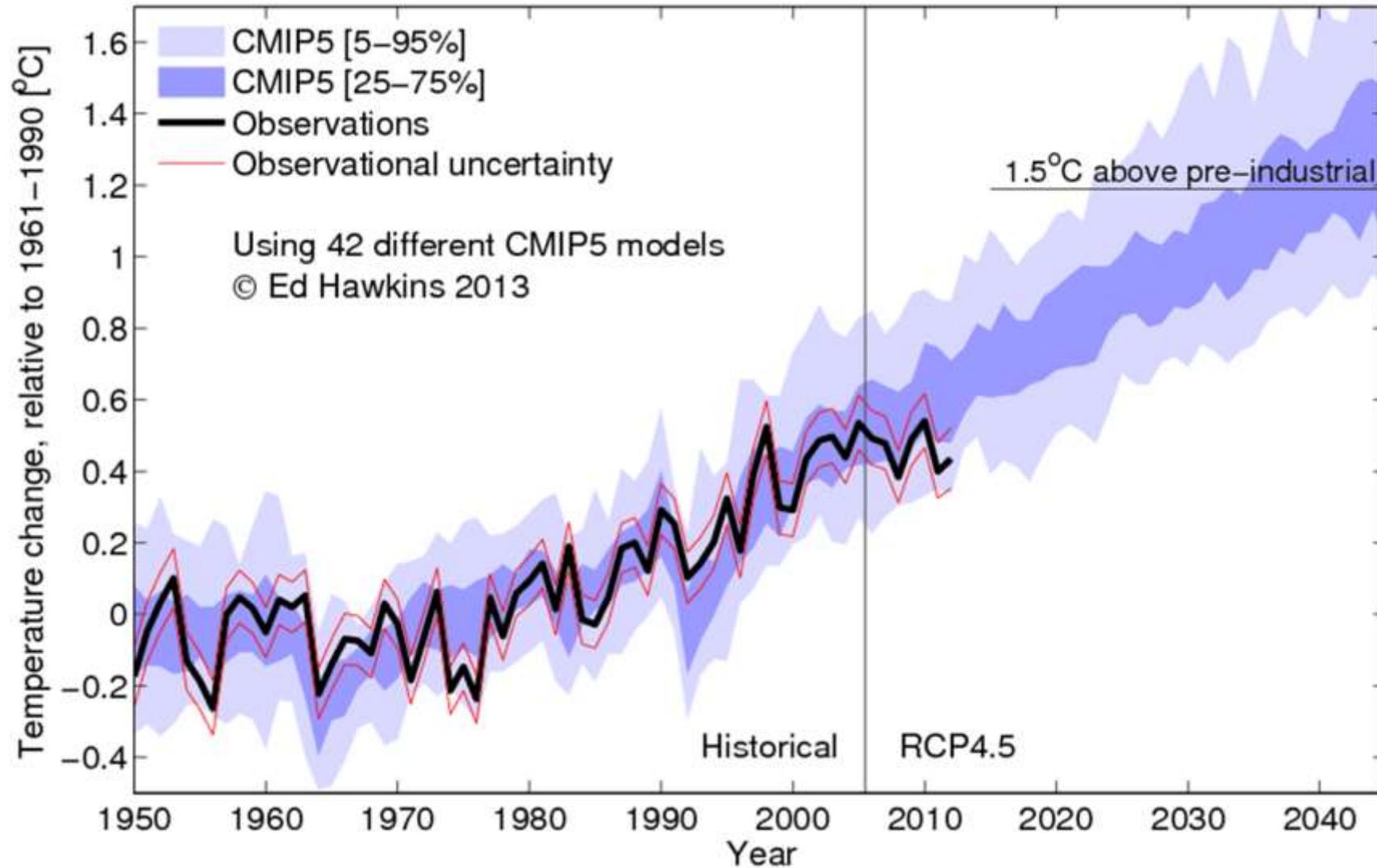
O CLIMA EM PIRACICABA

Elevação de 1,30°C na temperatura máxima e 1,58°C na mínima

<http://www.leb.esalq.usp.br/posto/>



GLOBAL TEMPERATURES: comparing CMIP5 & HadCRUT4



Número de dias com temperatura acima de 34 °C

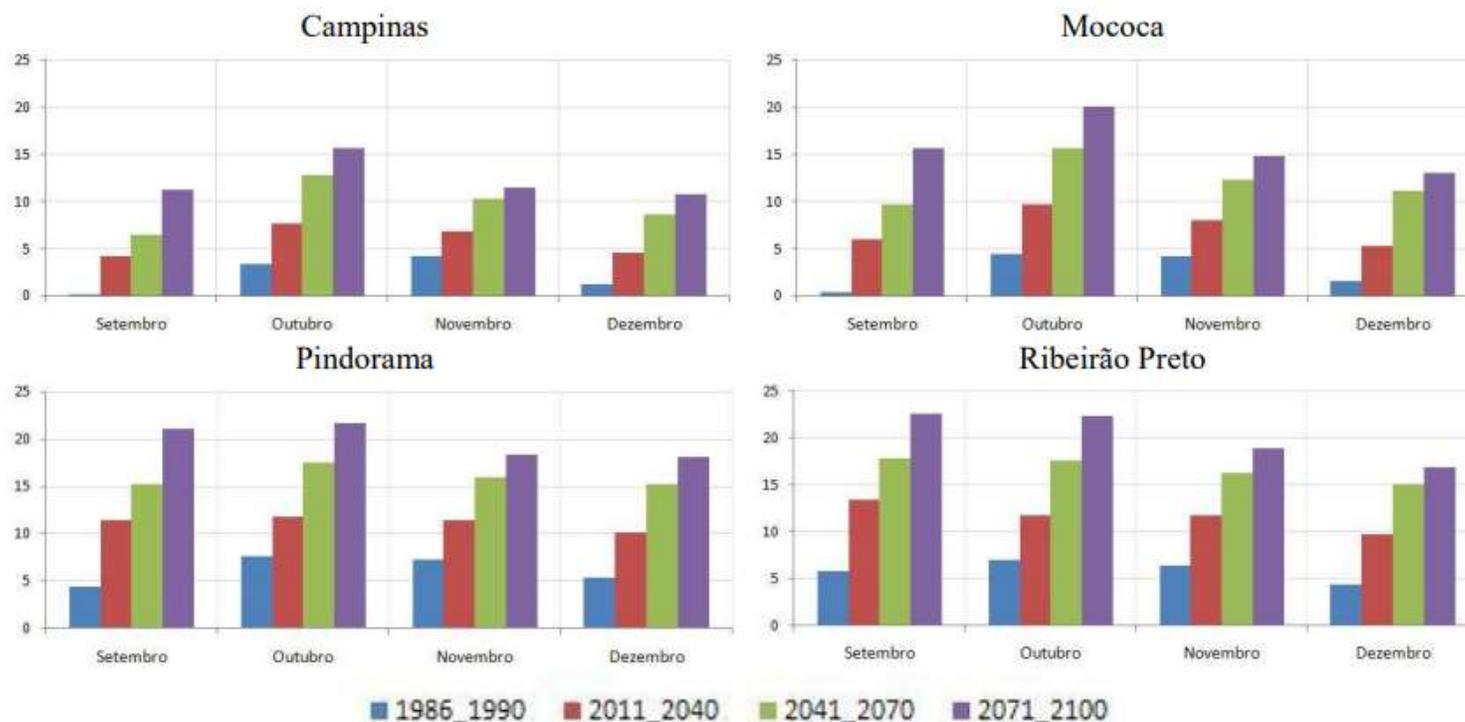
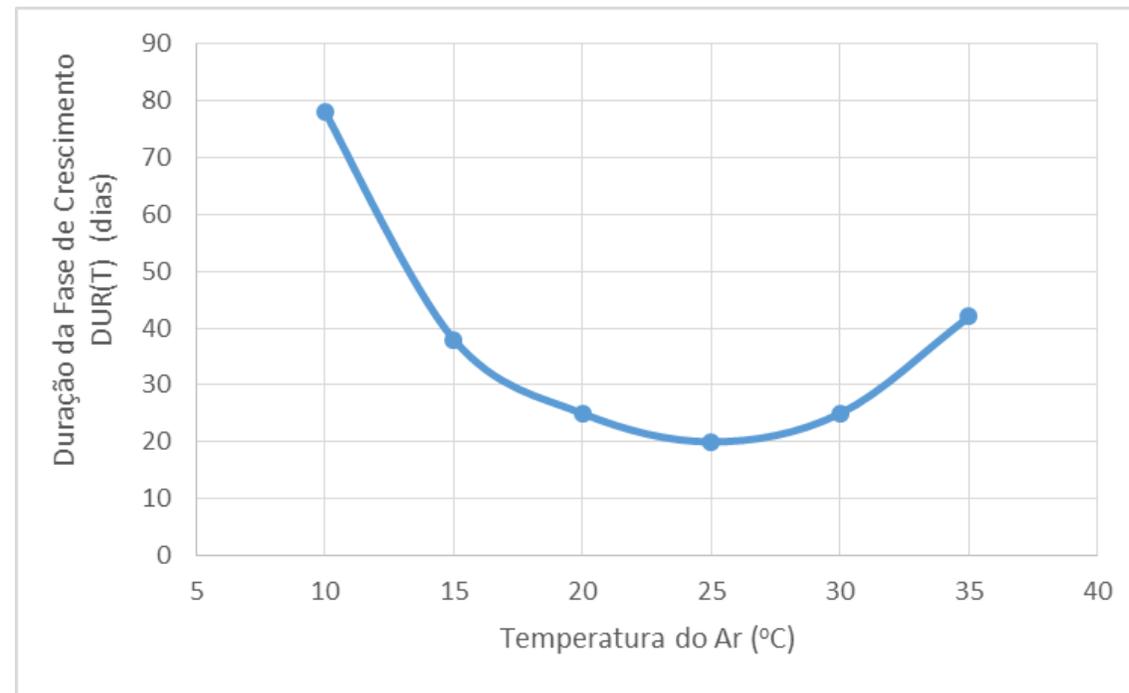


Figura 3 - Número de dias com temperaturas máximas acima de 34°C simuladas pelo modelo regional Eta/CPTEC durante os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro para Campinas, Mococa, Pindorama e Ribeirão Preto – SP.

Rodrigues et al., 2011

Conceito de Graus-Dia - Recordando

Imagine um experimento em que uma cultivar foi cultivada sob diferentes temperaturas. A duração da fase entre a semeadura e o florescimento foi registrado, obtendo-se a Figura ao lado.



Conceito de Graus-Dia

- Invertendo-se a duração da fase ($DUR(T)$) obtém-se a taxa de desenvolvimento ($R(T)$) em função da temperatura. A Figura abaixo ilustra uma relação típica de $R(T)$ em função da temperatura, calculada a partir dos dados da Figura ao lado.

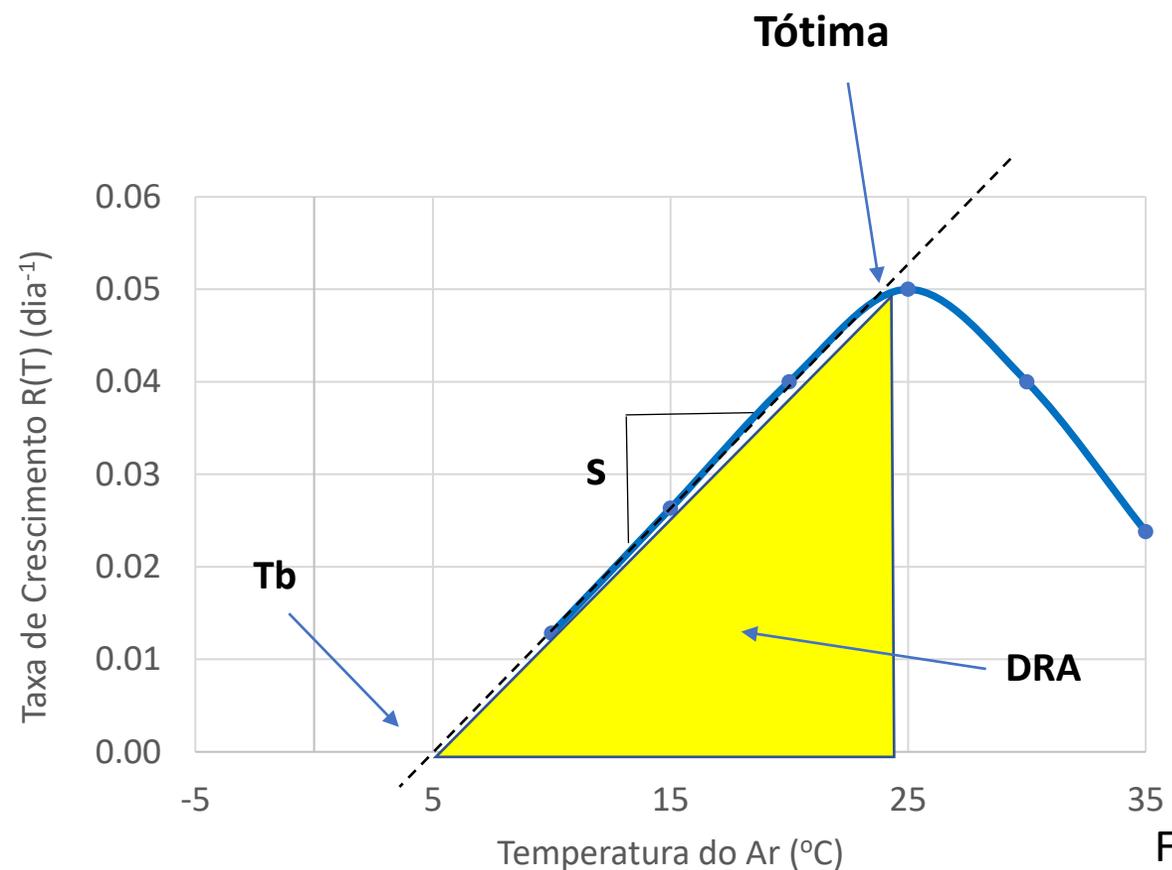


Fig 2

Conceito de Graus-Dia

Integrando $R(T)$ ao longo do tempo, pode-se obter o desenvolvimento acumulado de um organismo e, quando o desenvolvimento acumulado é igual a 1 o desenvolvimento está completo. Assumindo-se $R(T)$ é linear com a temperatura, pode-se escrever

$$R(T) = s(T - T_b)$$

em que s é o coeficiente angular da linha pontilhada na Figura 2 e T_b é a intersecção com o eixo x. Note que a unidade de s é $\text{dia}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$. Para temperatura abaixo de T_b o desenvolvimento acumulado é zero. Lembrando que quando o desenvolvimento relativo acumulado (DRA) é igual a 1, então $\text{DRA} = \text{Constante térmica (CT)}$ e o evento biológico estará completo. É possível computar DRA em função dessa relação linear da seguinte forma:

$$\text{DRA} = \int_{t(\text{semeadura})}^{t(\text{colheita})} R(T) dT = \int_{t(\text{semeadura})}^{t(\text{colheita})} s(T - T_b) dt$$

Conceito de graus-dia

Essa equação pode ser simplificada admitindo que s é constante e DRA é igual a 1 (ou seja 100% do ciclo foi concluído):

$$\frac{1}{s} = \int_{t(\text{semeadura})}^{t(\text{colheita})} (T - T_b) dt$$

Lembrando que dT pode ser aproximado para Δt numa notação finitesimal, e que quando $\Delta t=1$ pode-se acumular $(T-T_b)$ até um somatório térmico ($1/s$). Este somatório ($=1/s$) representa o número de graus-dia necessário para a conclusão de uma dada fase ou mesmo do ciclo de crescimento, sendo também conhecida como **Constante Térmica (CT)**. Para cômputo diário (GD) do número de graus-dias acumulados, pode-se então usar a seguinte expressão:

$$GD = (T - T_b) nd$$

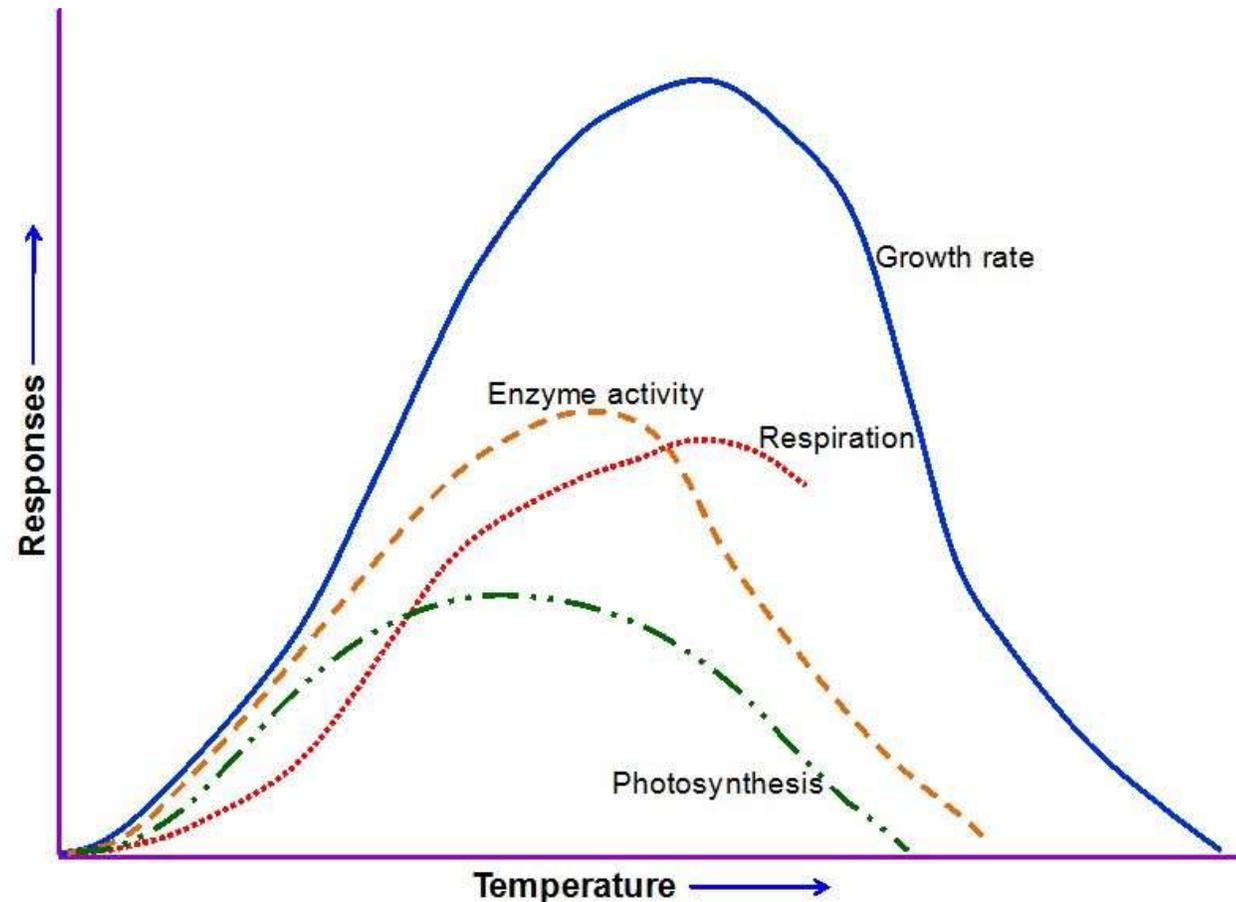
em que T (maiúsculo) é a temperatura média do período (veja no slide seguinte algumas exceções); nd representa o número de dias do período; t (minúsculo) é o tempo e T é a temperatura do ar.

Na Tabela abaixo, temos alguns valores de CT e Tb para algumas culturas.

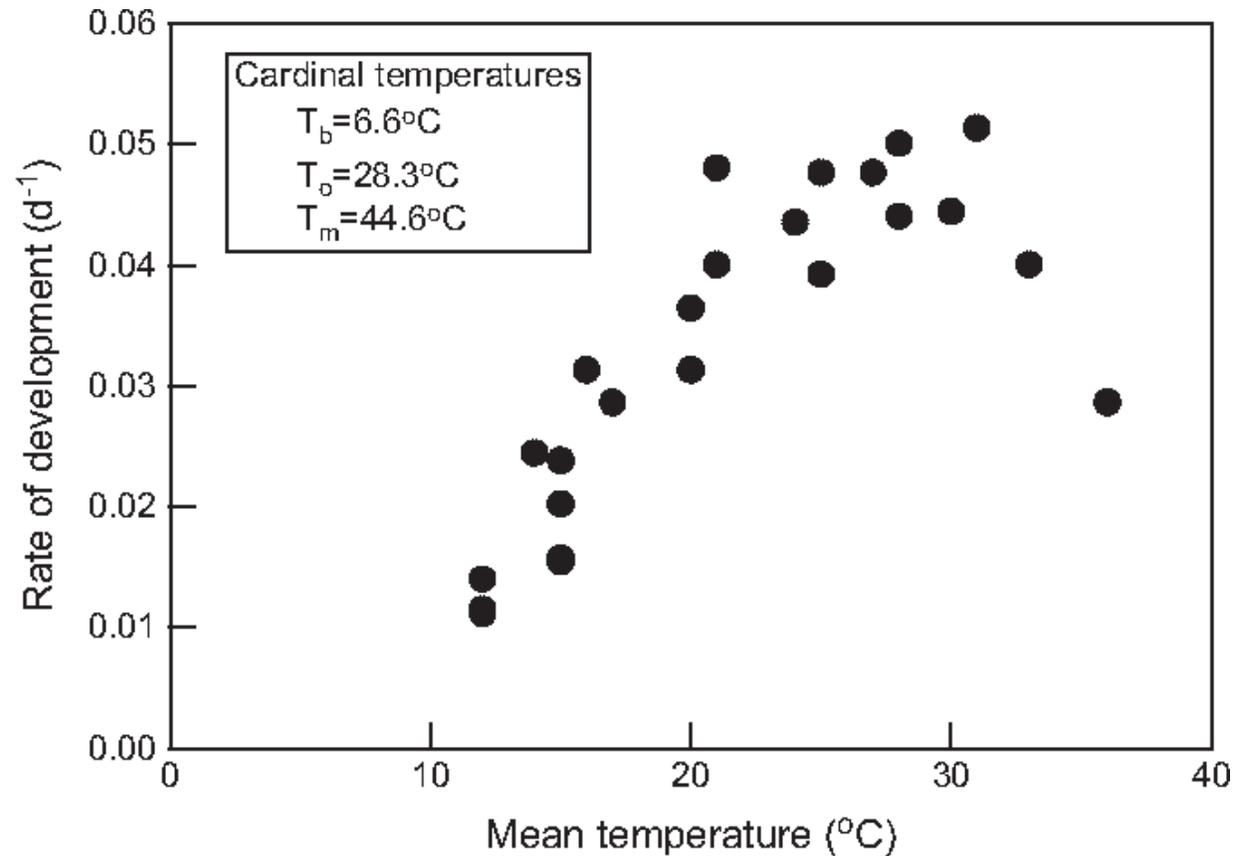


Cultura	Variedade/Cultivar	Período/Sub-período	Tb (°C)	CT (°Cd)
Arroz	IAC4440	Semeadura-Maturação	11,8	1985
		Semeadura-Emergência	18,8	70
		Emergência-Floração	12,8	1246
		Floração-Maturação	12,5	402
Abacate	Raça Antilhana	Floração-Maturação	10,0	2800
	Raça Guatemalense	Floração-Maturação	10,0	3500
	Híbridos	Floração-Maturação	10,0	4200
Feijão	Carioca 80	Emergência-Floração	3,0	813
Girassol	Contisol 621	Semeadura-Maturação	4,0	1715
	IAC-Anhady	Semeadura-Maturação	5,0	1740
Milho Irrigado	AG510	Semeadura-Flor.Masculino	10,0	800
	BR201	Semeadura-Flor.Masculino	10,0	834
	BR106	Semeadura-Flor.Masculino	10,0	851
	DINA170	Semeadura-Flor.Masculino	10,0	884
Soja	UFV-1	Semeadura-Maturação	14,0	1340
	Paraná	Semeadura-Maturação	14,0	1030
	Viçoja	Semeadura-Maturação	14,0	1230
Cafeeiro	Mundo Novo	Florescimento-Maturação	11,0	2642
Videira	Niagara Rosada	Poda-Maturação	10,0	1550
	Itáli/Rubi	Poda-Maturação	10,0	1990

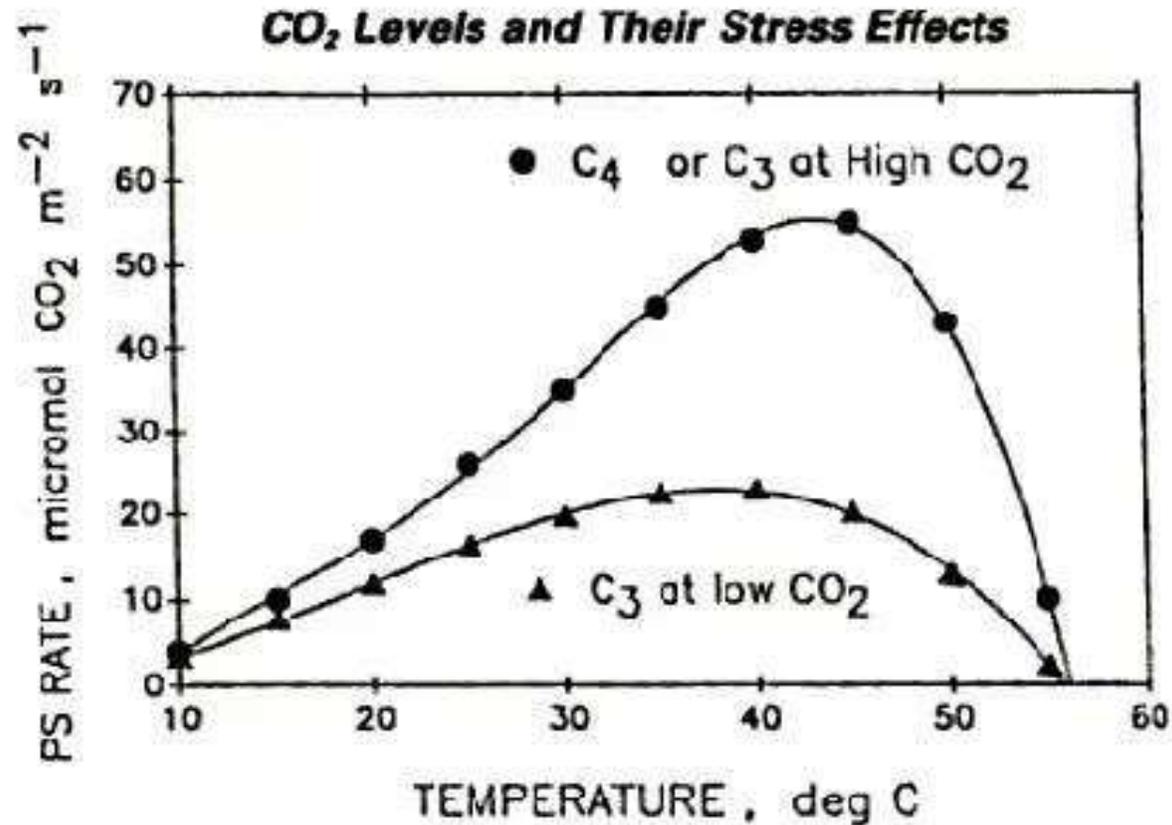
Efeito da temperatura sobre as culturas



Efeito da temperatura sobre as culturas



Produção Vegetal X Temperatura

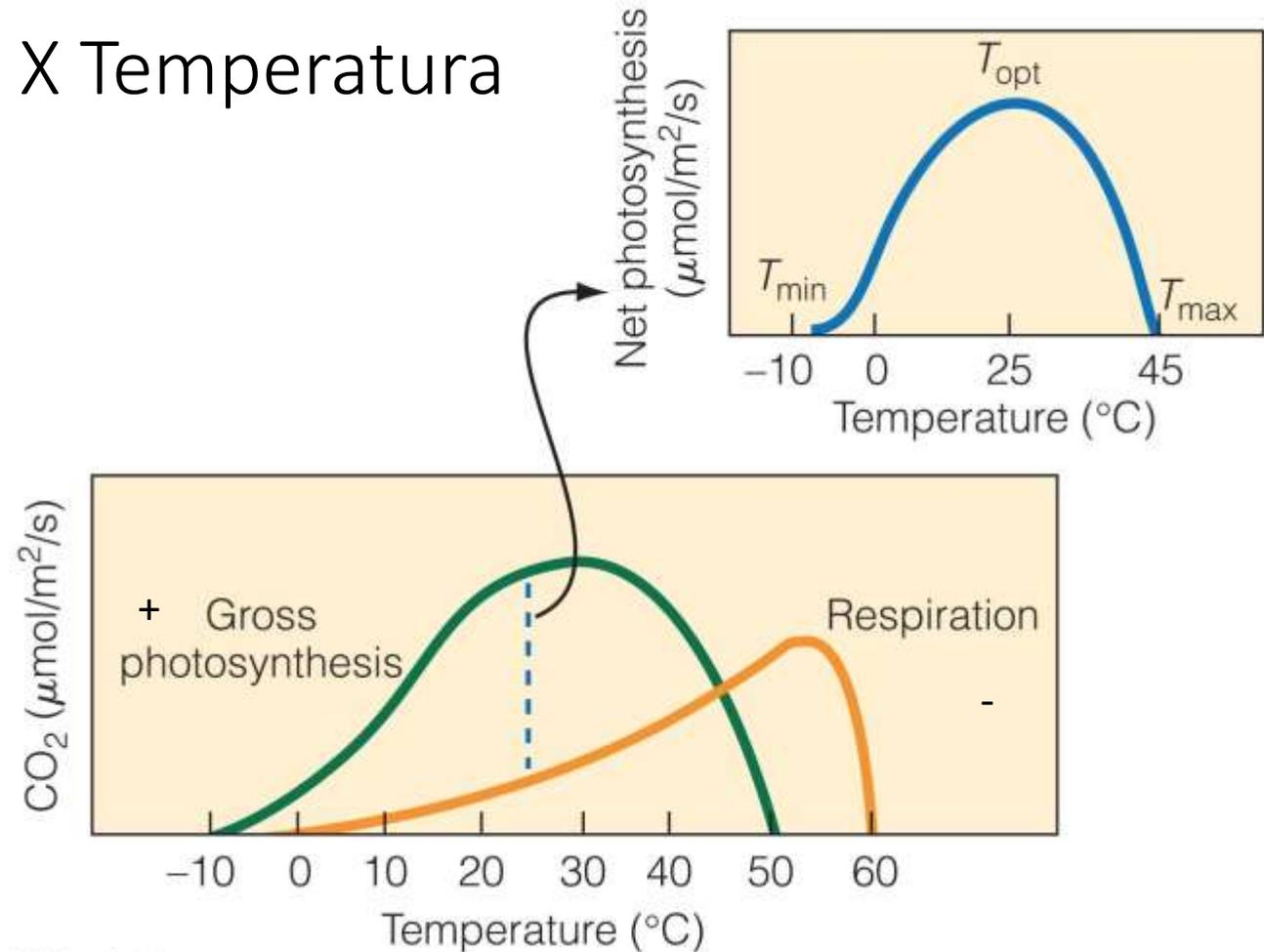


Photosynthetic rate versus temperature for C₃ and C₄ leaves.

Produção Vegetal X Temperatura

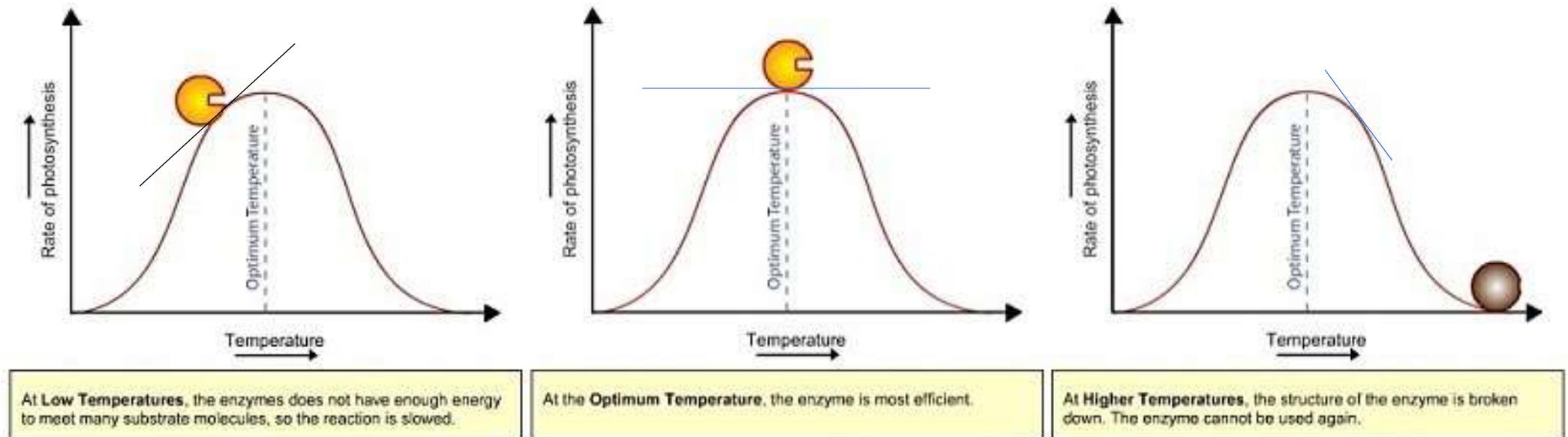
$$FL = FB - R$$

Observe que as temperaturas cardinais (T_b , T_{otima} e T_B) para a fotossíntese líquida não são necessariamente as mesmas observadas para a fotossíntese bruta.

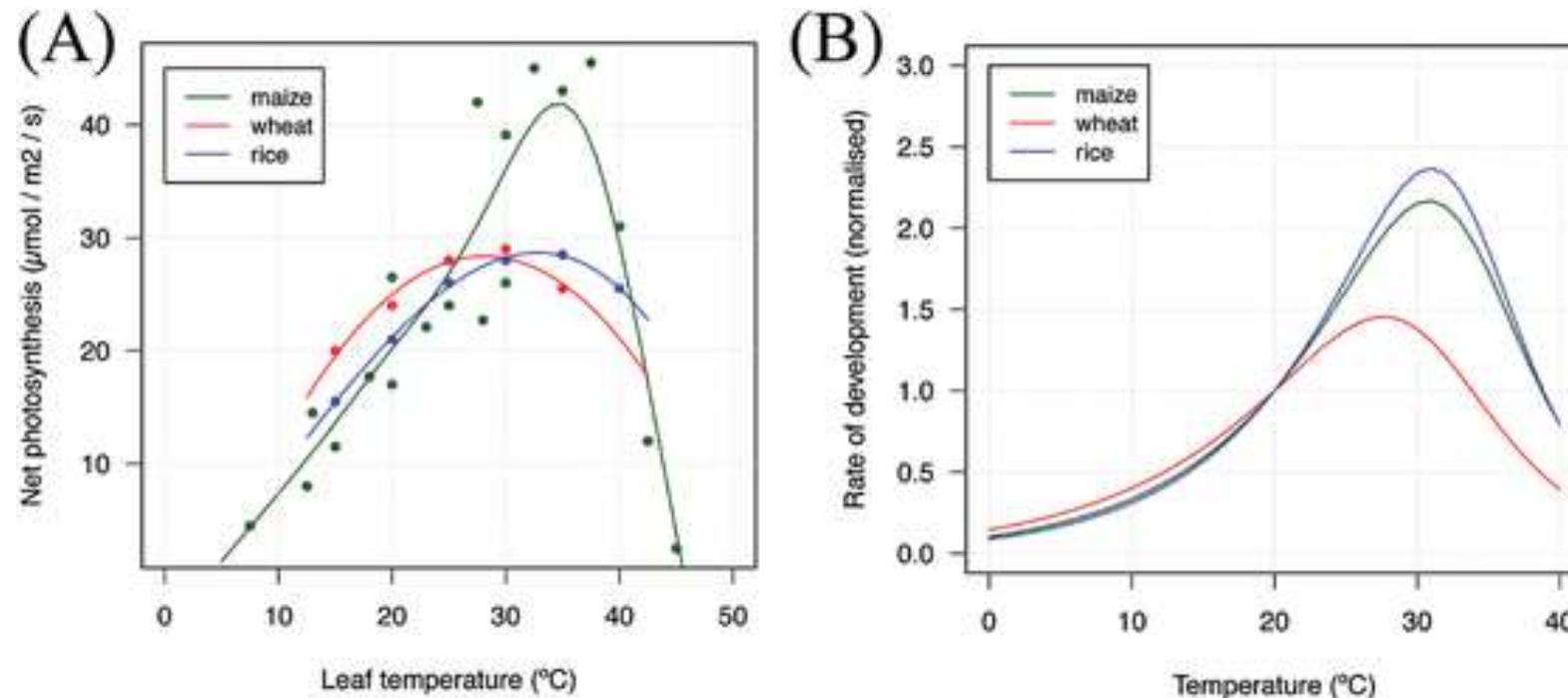


© 2012 Pearson Education, Inc.

Efeito da temperatura sobre as culturas

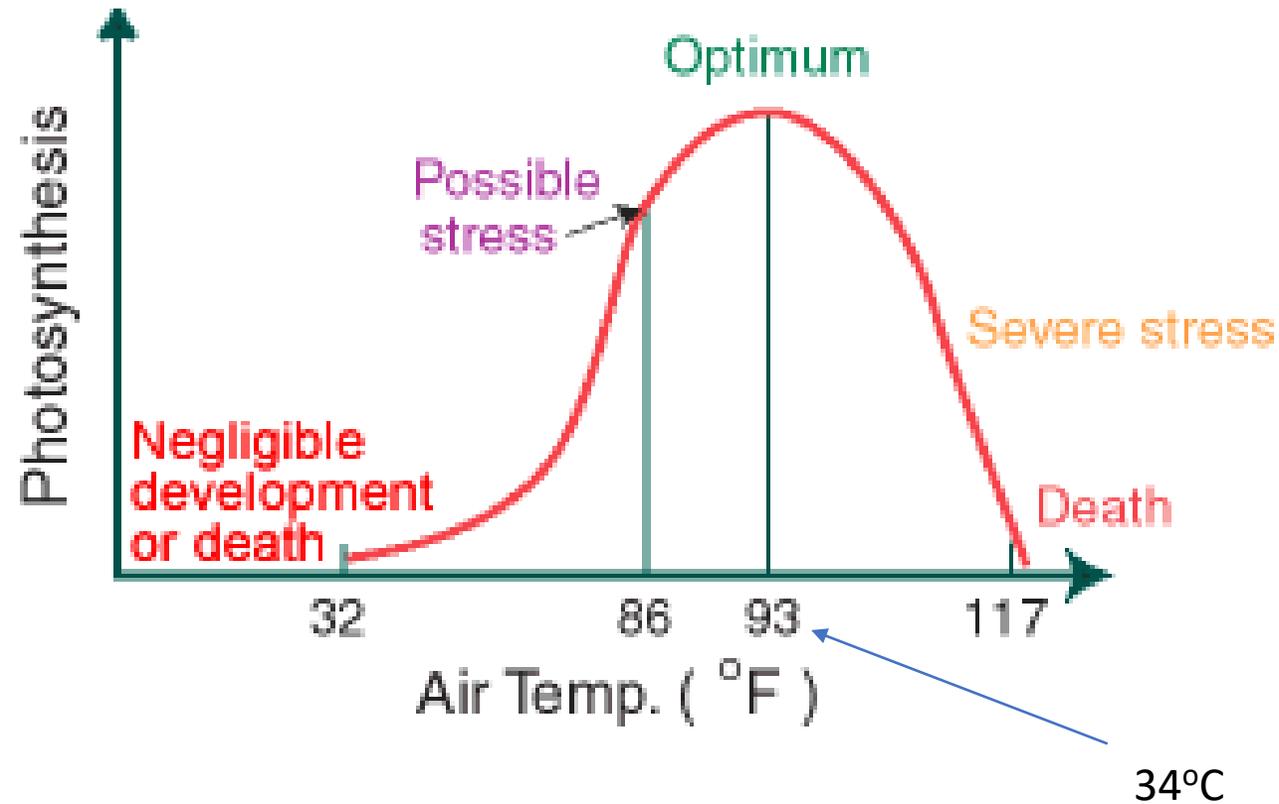


Efeito da temperatura sobre as culturas

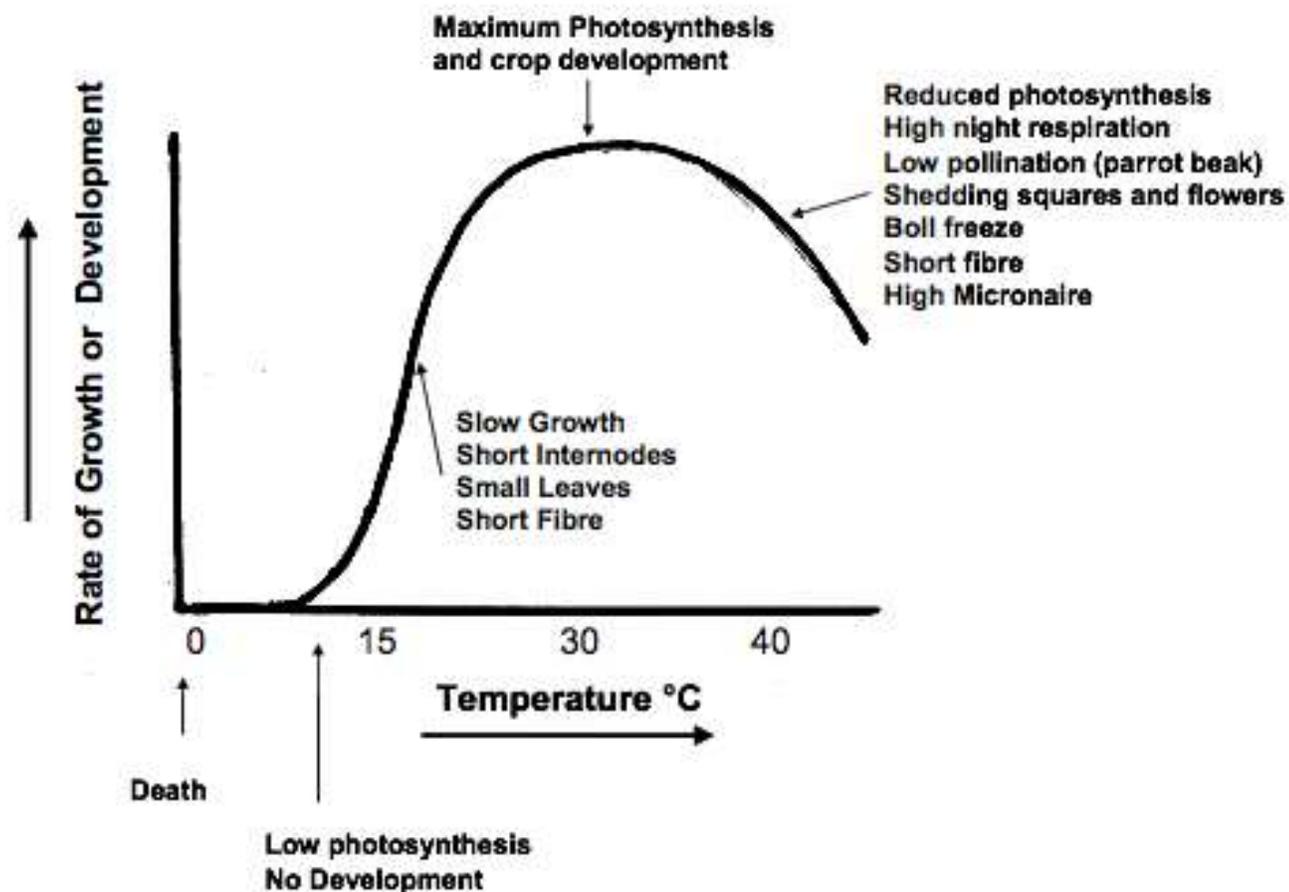


Andrew J Challinor

Efeito da temperatura sobre as culturas



Efeito da temperatura sobre as culturas



A temperatura do solo é importante para

- Germinação de sementes
- Crescimento de raízes e brotações
- Perfilhamento
- Atividade microbiana
- Absorção de água e nutrientes
- Evaporação da água
- Nitrificação no solo





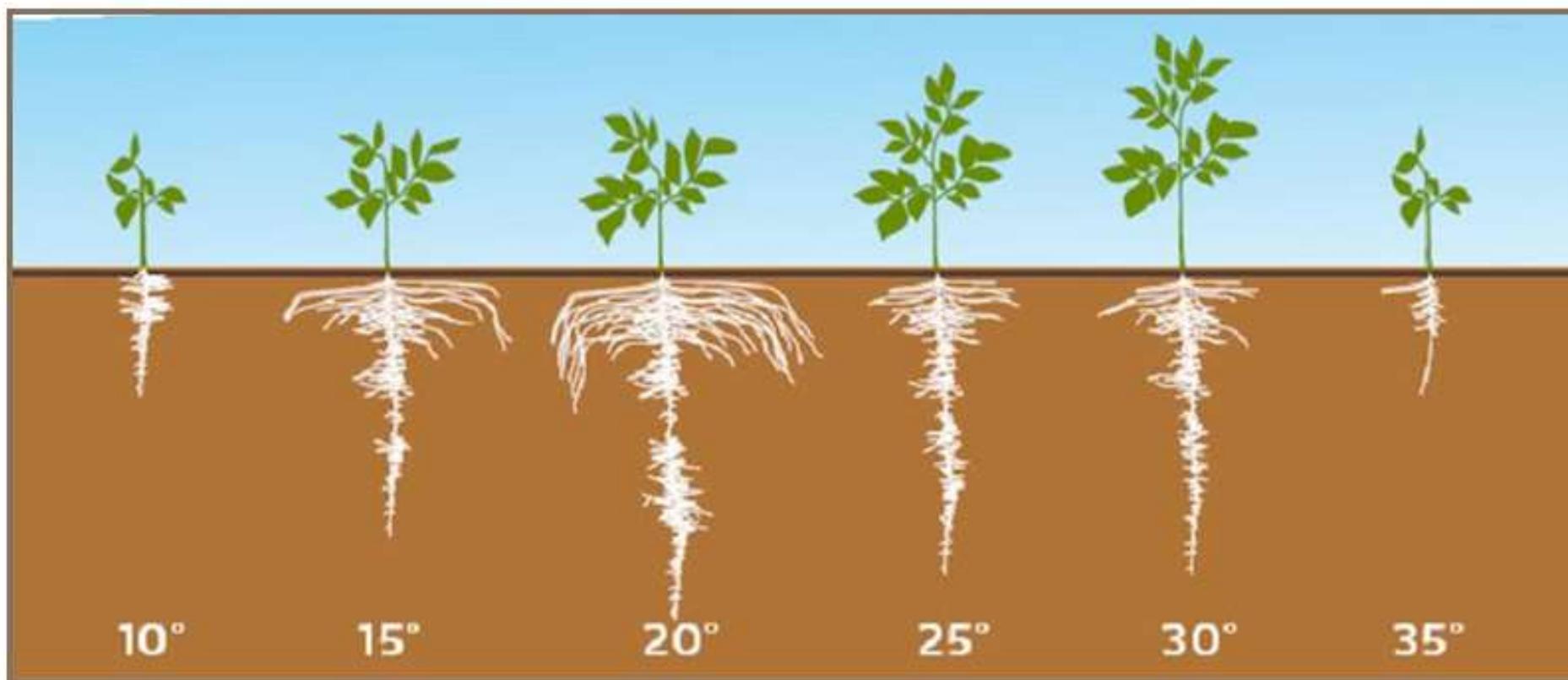
A temperatura do solo é controlada por

- Radiação solar que atinge o solo
- Umidade do solo, cor, textura
- Inclinação e exposição do terreno
- Cobertura vegetal

LEB 410 – Mudanças Climáticas e Agricultura – Prof. Fabio Marin

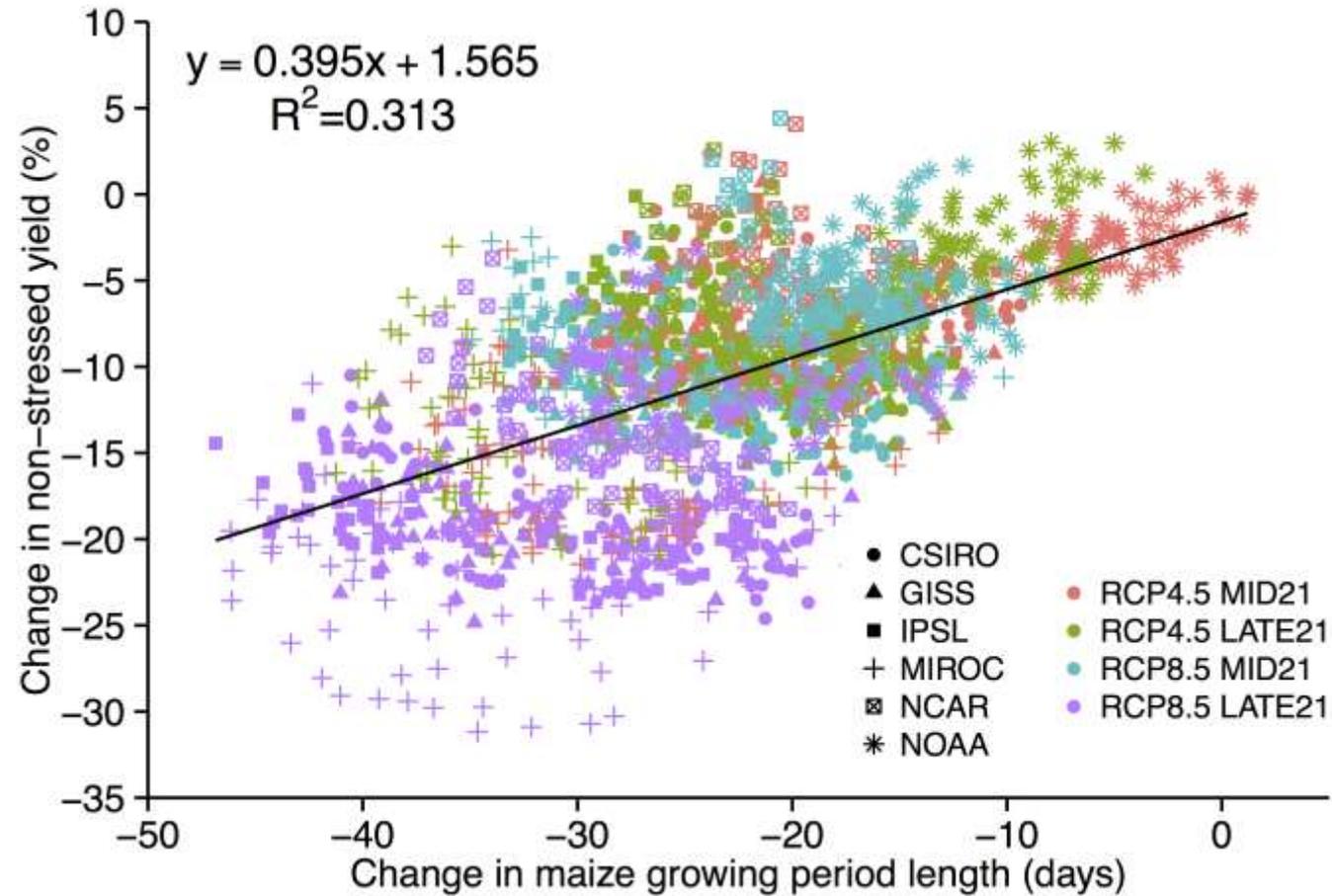


Efeito da temperatura do solo no crescimento radicular

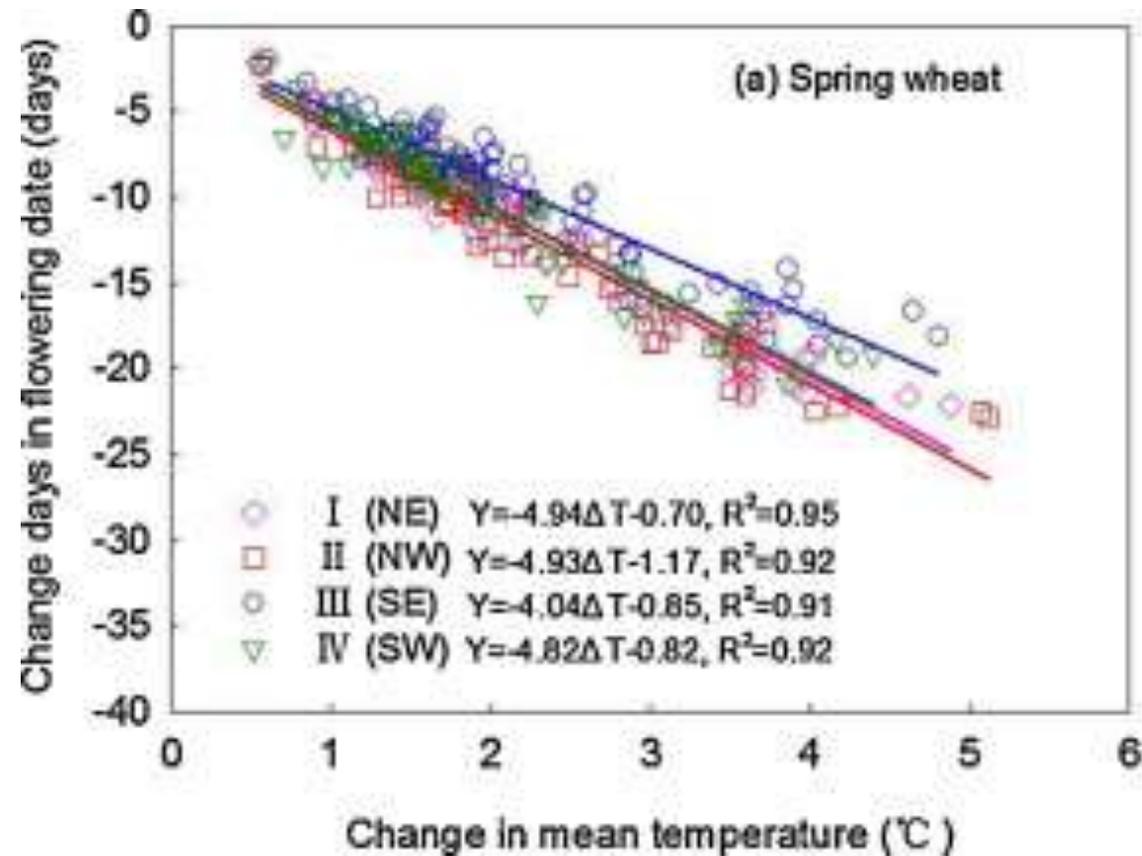


REF: Sattelmacher et al., 1990

Efeito da temperatura sobre as culturas



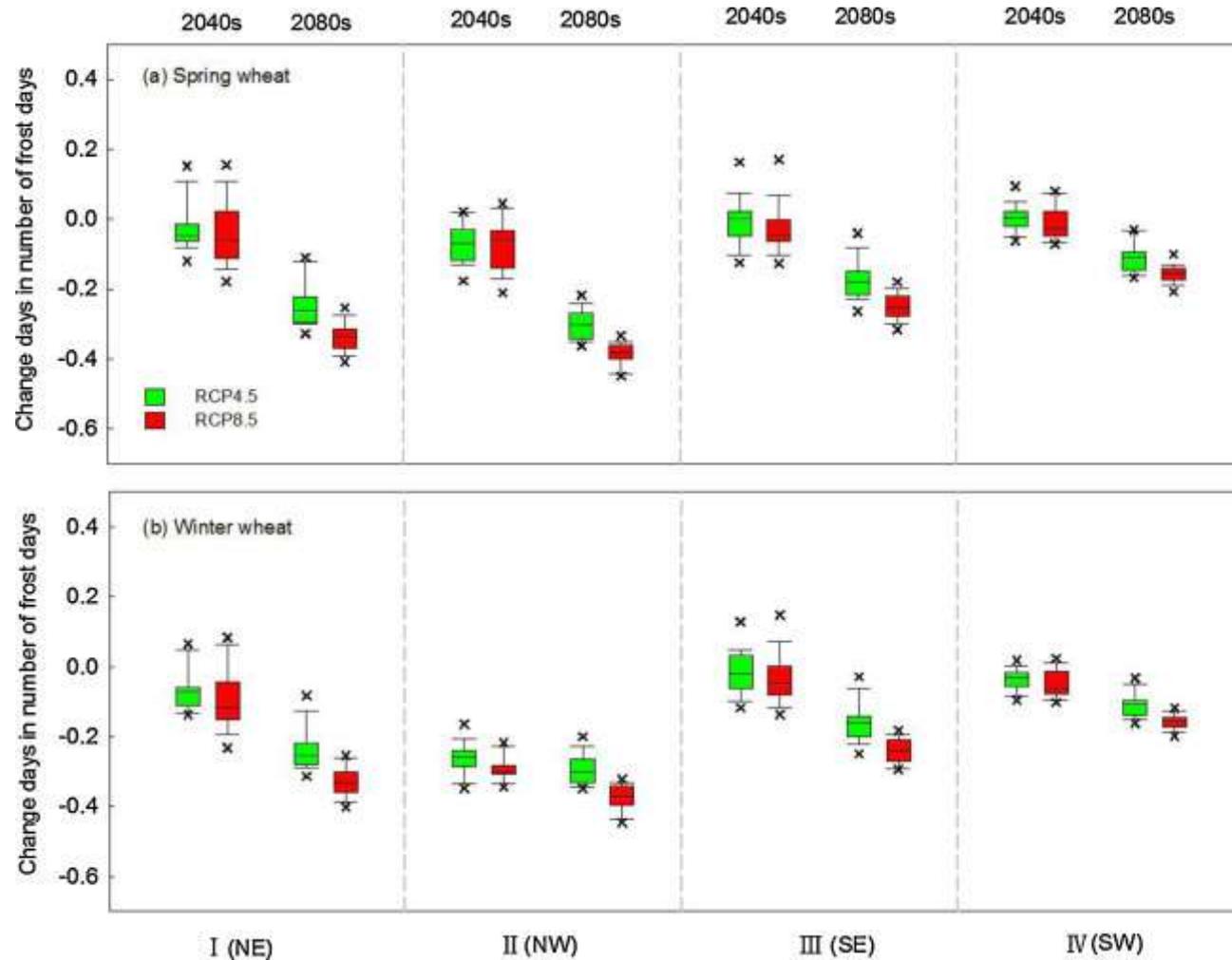
Efeito da temperatura sobre as culturas



Quanto maior a temperatura, maior a redução na data da antese do milho

Wang et al., 2015

Efeito da temperatura sobre as culturas



Wang et al., 2015

Impacto das mudanças climáticas no milho brasileiro

Table 3 Relative and absolute variation of annual average values of the future climate scenarios in relation to the baseline for the summer season crop.

Season	Variation	GCM minimum			GCM medium			GCM maximum		
		PP (mm)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	PP (mm)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	PP (mm)	Tmax (°C)	Tmin (°C)
Summer		RCP 4.5								
	Relative variation (%)	-0.6	2.9	4.9	-10.7	6.4	7.6	-16.4	10.7	11.0
	Variation (mm or °C)	-0.2	0.8	1.0	-83.3	1.8	1.6	-119.9	3.1	2.3
		RCP 8.5								
	Relative variation (%)	-2.4	4.8	8.3	-11.0	8.7	11.1	-23.9	16.0	15.8
	Variation (mm or °C)	-19.5	1.4	1.7	-86.3	2.5	2.3	-182.7	4.5	3.2
Autumn		RCP 4.5								
	Relative variation (%)	5.9	3.0	6.1	-7.9	7.7	11.7	-15.0	13.4	17.2
	Variation (mm or °C)	34.6	0.8	1.1	-55.9	1.9	2.0	-97.7	3.5	3.0
		RCP 8.5								
	Relative variation (%)	5.9	3.0	6.1	-7.9	7.7	11.7	-15.0	13.4	17.2
	Variation (mm or °C)	34.6	0.8	1.1	-55.9	1.9	2.0	-97.7	3.5	3.0

Souza et al., 2019

Weather Station

Diamantino-MT

Rondonópolis-MT

Corumbá-GO

Porangatu-GO

Guarapuava-PR

Londrina-PR

Barreiras-BA

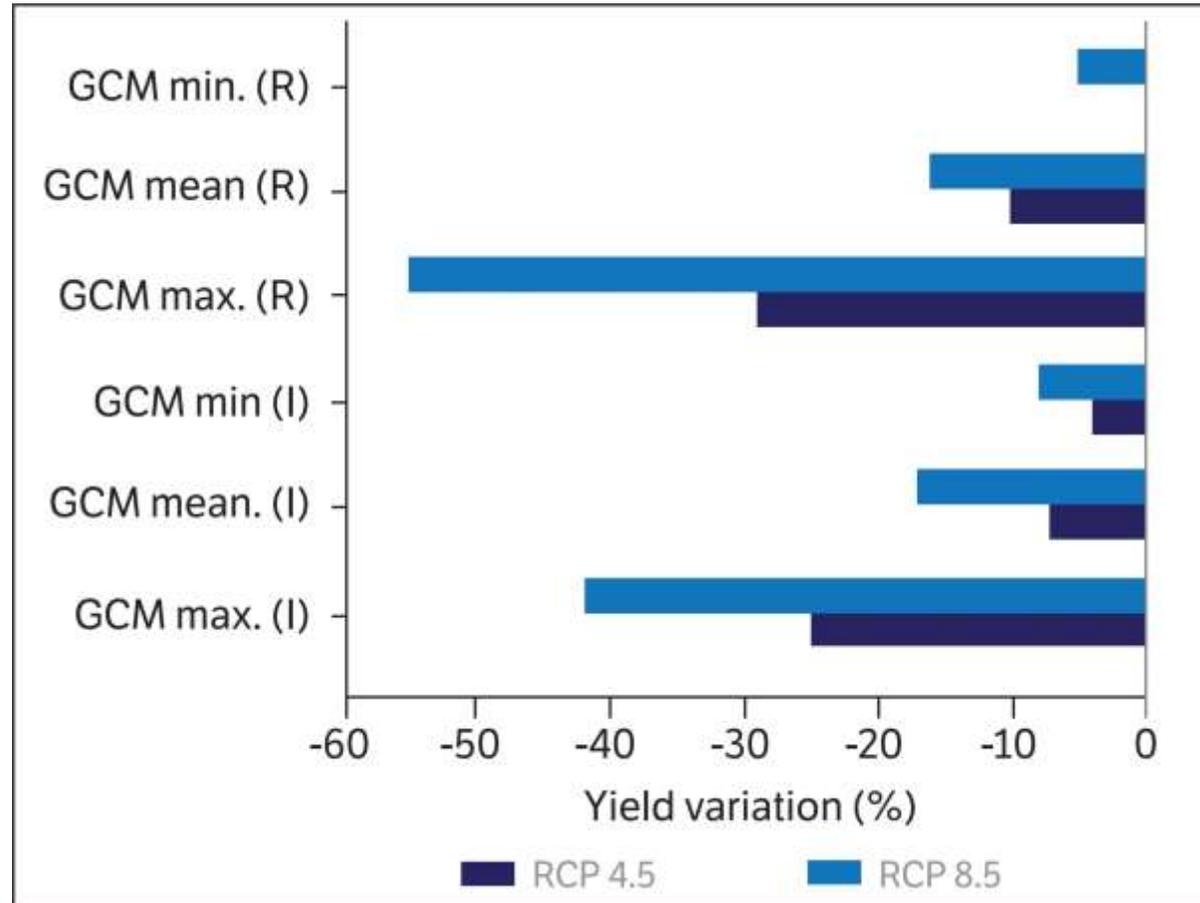
Bagé-RS

Santa Maria-RS

Antônio Carlos-SC

Impacto das mudanças climáticas no milho brasileiro

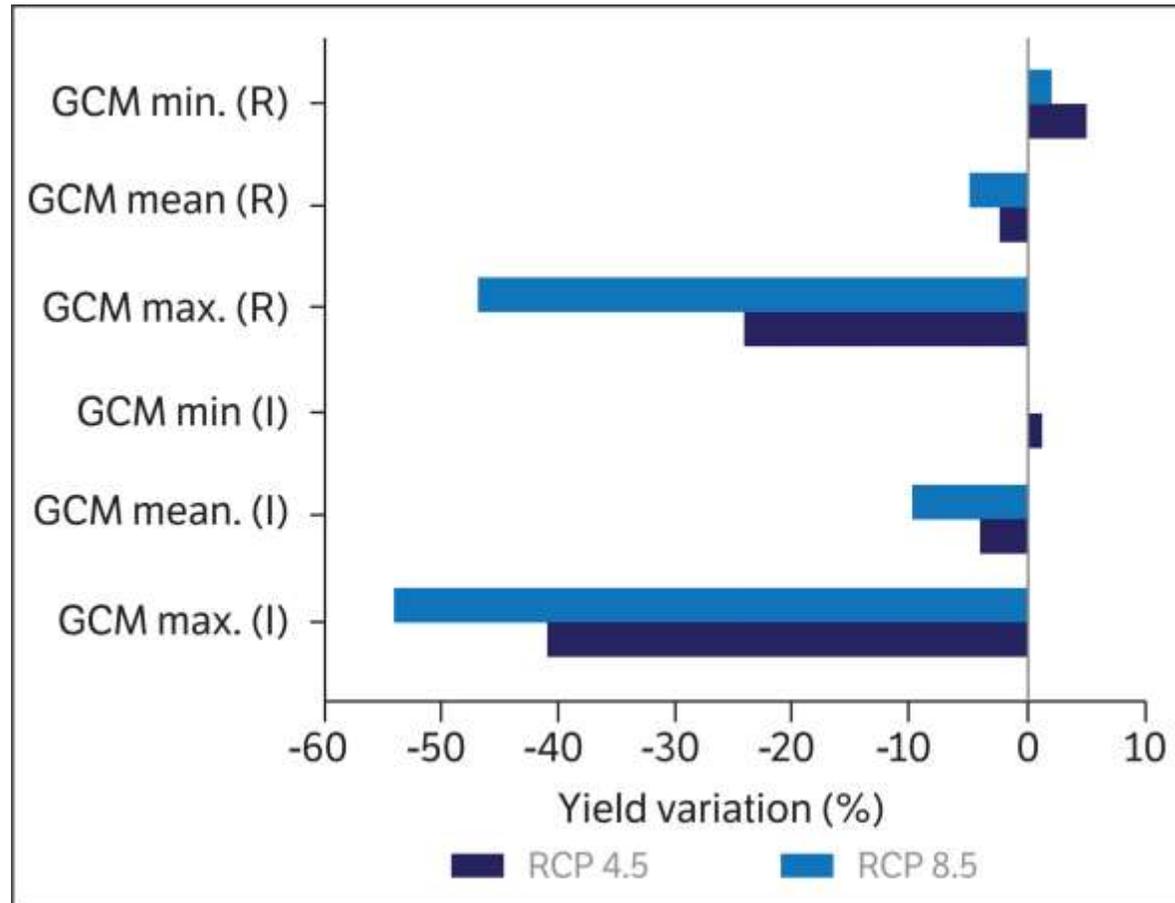
1ª. Safra



Souza et al., 2019

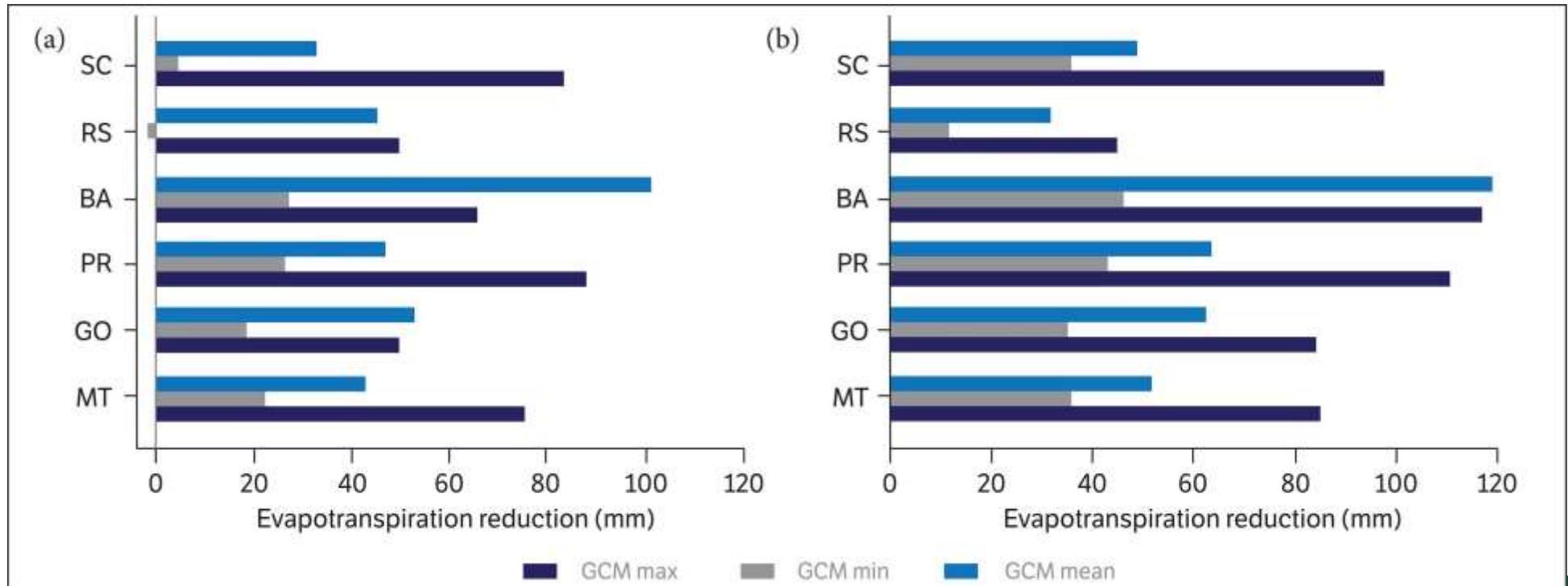
Impacto das mudanças climáticas no milho brasileiro

2ª. Safra



Souza et al., 2019

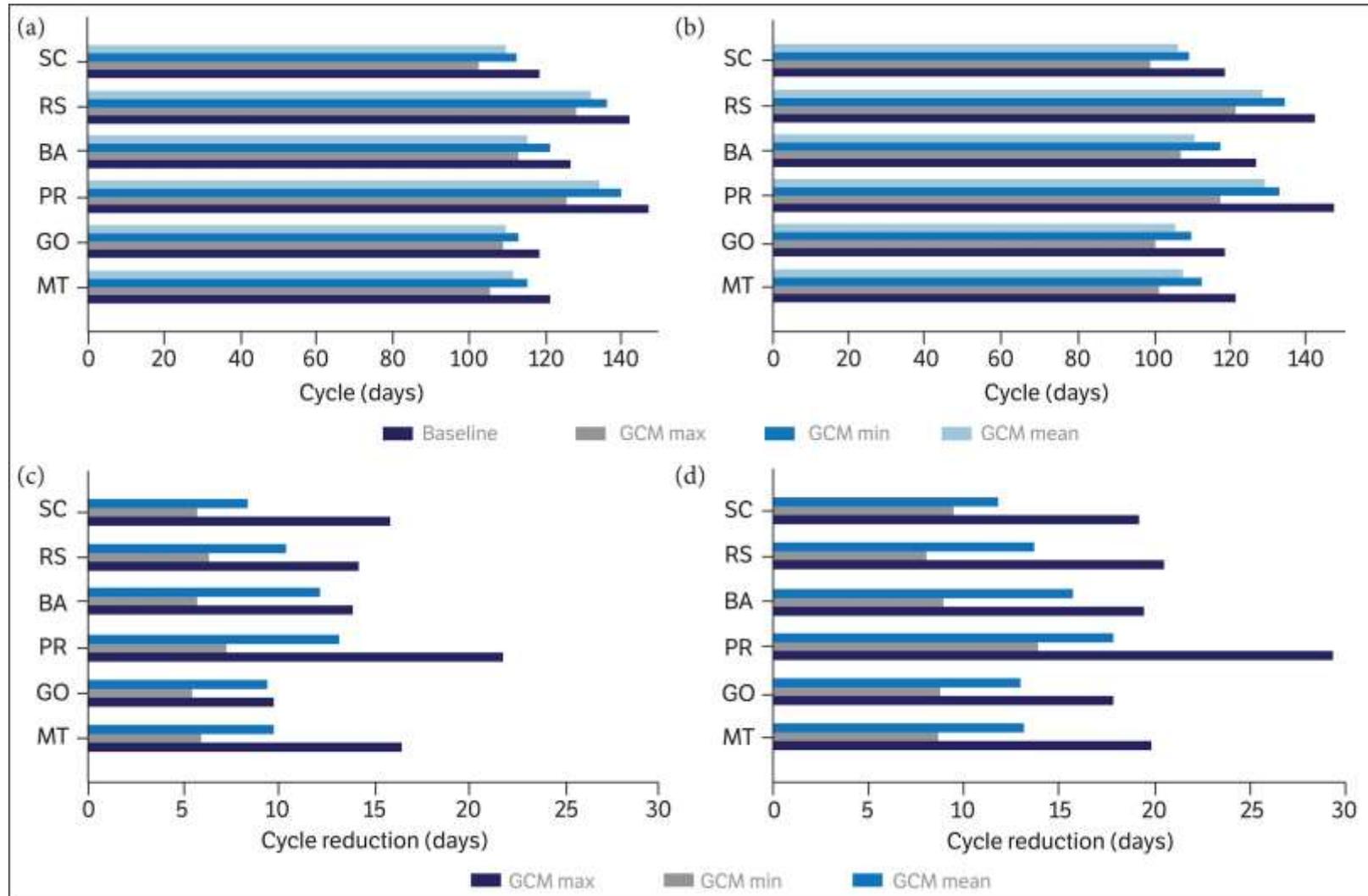
Impacto das mudanças climáticas no milho brasileiro



Souza et al., 2019

Impacto das mudanças climáticas no milho brasileiro

Linha de base
(ou *baseline*)



Souza et al., 2019



Impacto das mudanças climáticas no milho brasileiro

- Conclusão principal do artigo:
 - Cenários futuros simulados indicam uma tendência geral de queda na produção de milho e um aumento no risco climático no milho brasileiro, supondo que os atuais sistemas agrícolas permaneçam inalterados;
 - O aumento da temperatura do ar e a consequente redução do comprimento do ciclo são apontados como as principais causas do declínio da produção de milho no futuro, devido às mudanças climáticas;
 - Estratégias de manejo são ações que podem minimizar a redução de produtividade projetada, principalmente aquelas relacionadas ao uso de genótipos com longos ciclos de duração.



Souza et al., 2019

Resumo: Efeito da elevação da temperatura

- Redução do ciclo - > uso de cultivares com ciclos mais longos
- Maior gasto com respiração
- Variação quanto ao efeito na fotossíntese
- Possibilidade de eventos mais frequentes de estresse térmico (ondas de calor)