



VIII SIMPÓSIO TECNOLOGIA DE  
PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

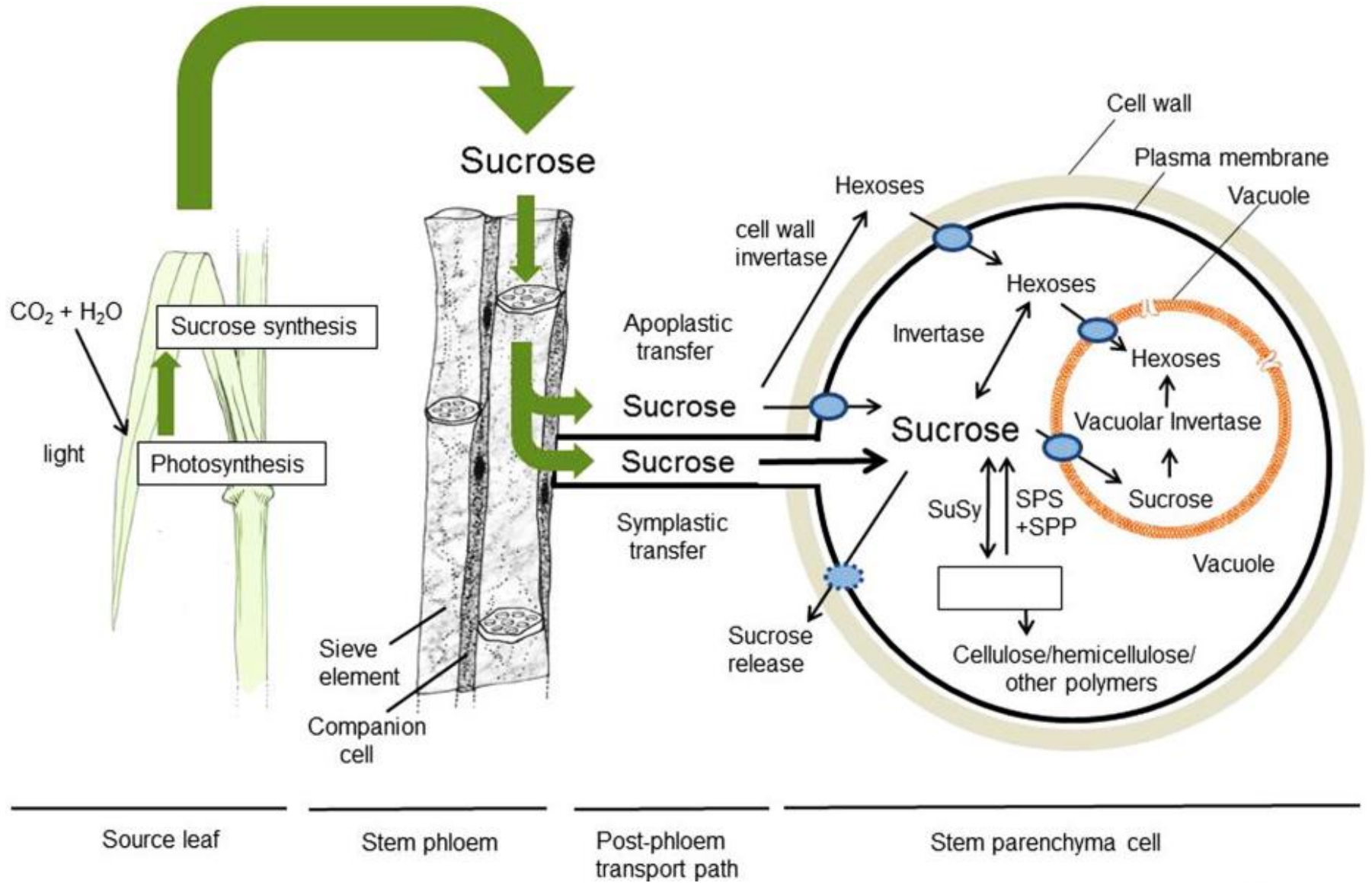
# **EFEITO DA NUTRIÇÃO NA MATURAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

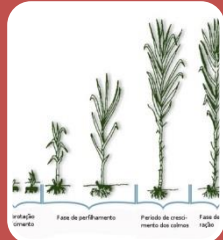
**Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol**

*FCA / UNESP / Botucatu*



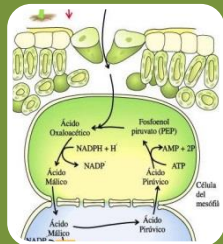
# INTRODUÇÃO





Frear a taxa de desenvolvimento vegetativo

- Umidade
- Temperatura
- **Luminosidade**



Manutenção do processo fotossintético

- Saldo de produtos fotossintetizados

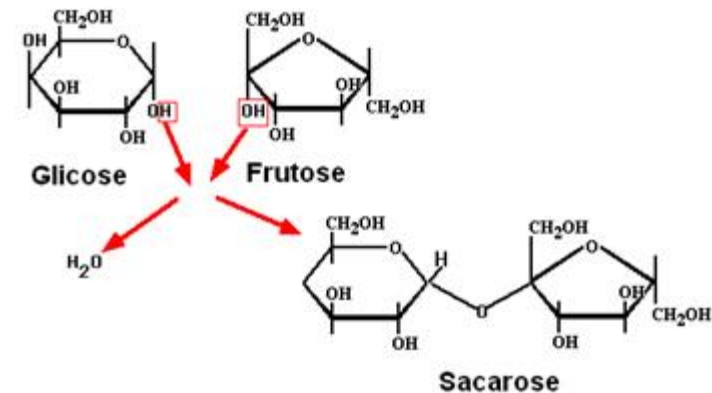


Armazenamento da sacarose nos colmos

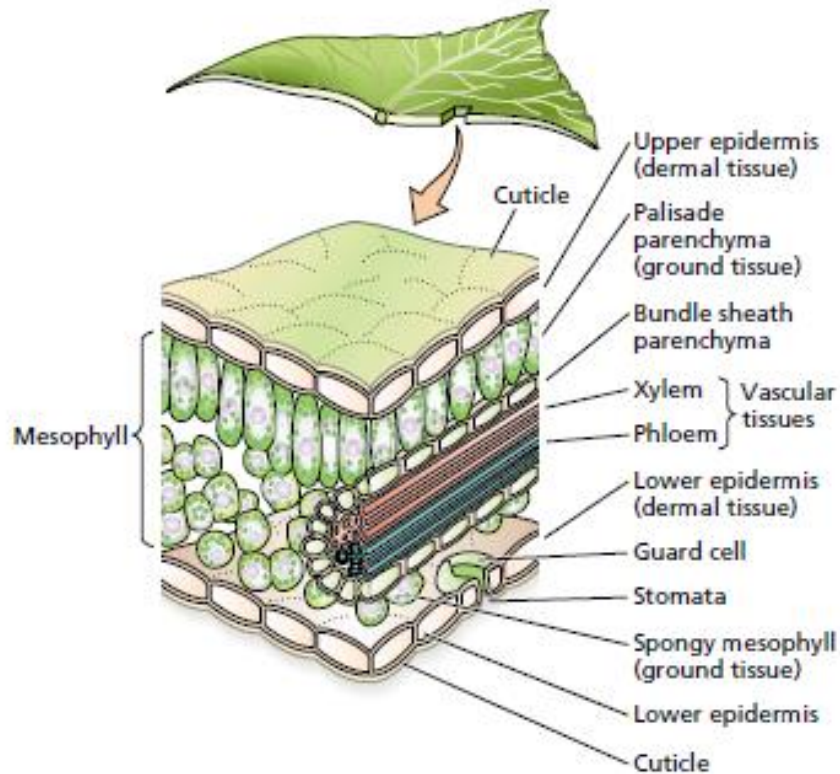
- Dependem de uma complexa rede de interações metabólicas
- SPS, Susy, SAI e NI, hormônios

**MATURADORES**

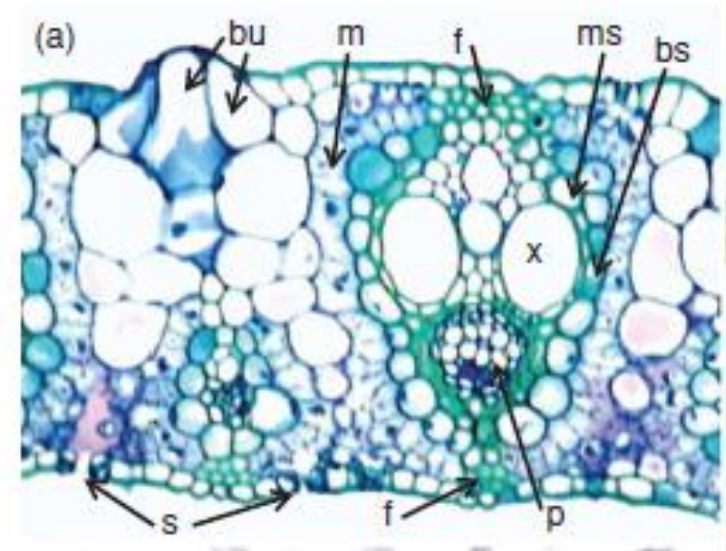
**NUTRIENTES**



# ABSORÇÃO FOLIAR



Representação esquemática de um corte de folha



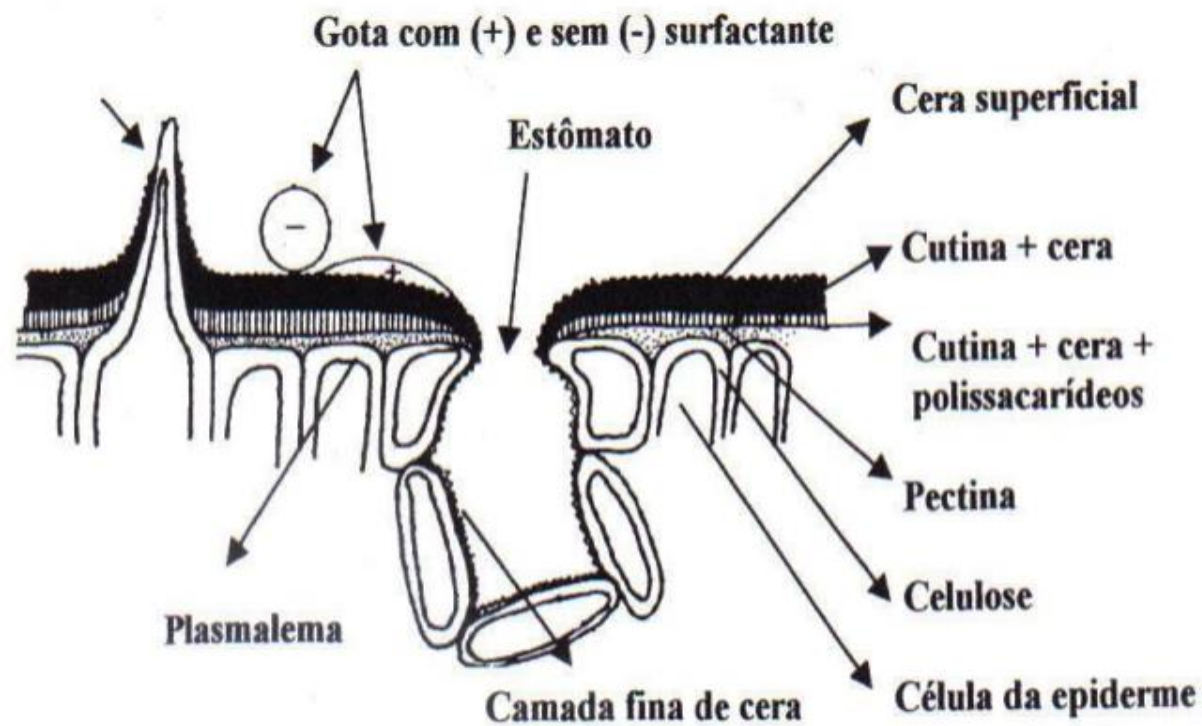
Anatomia da lâmina foliar da cana-de-açúcar mostrada na seção transversal (Moore and Botha, 2014)

## Fatores internos

- Umidade da cutícula
- Superfície da folha
- Idade da folha
- Estado iônico interno

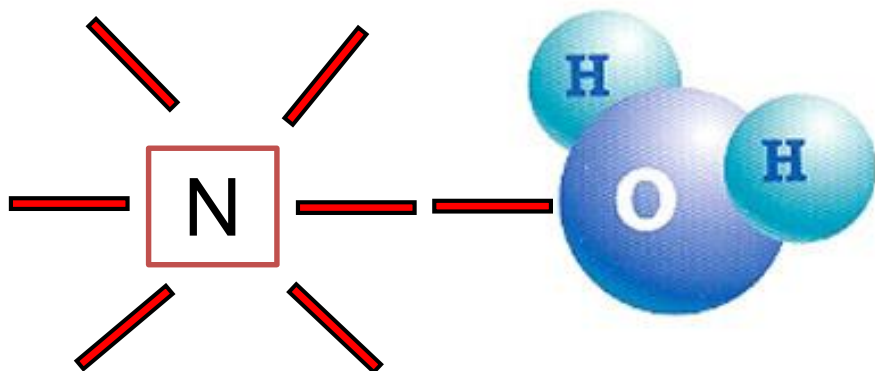
## Fatores externos

- Ângulo de contato
- Temperatura e umidade
- Concentração da solução
- Composição da solução
- pH da solução
- Luz

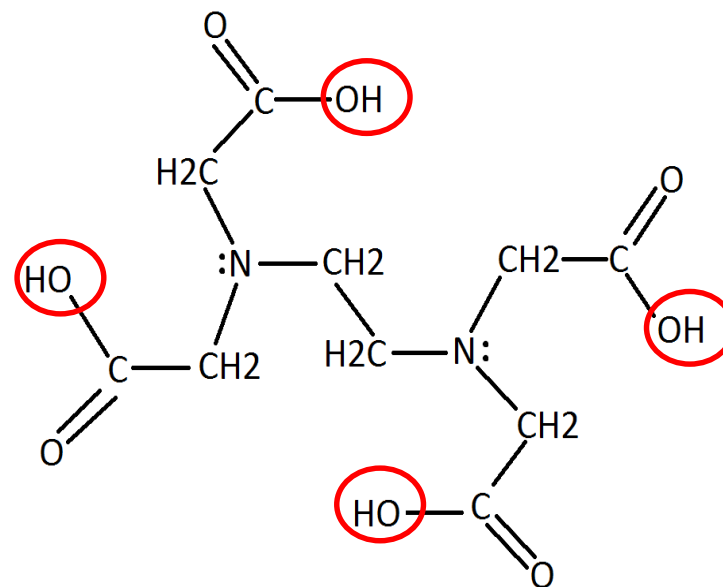


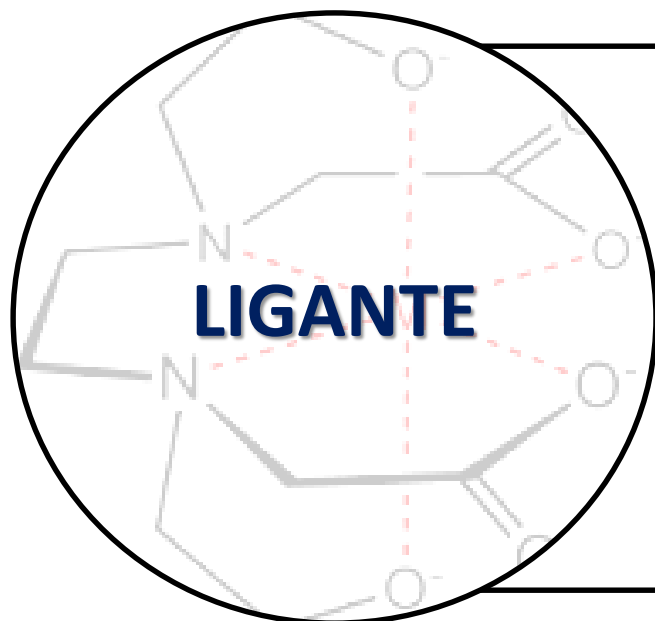
Representação esquemática da superfície foliar e posição das barreiras à penetração de solutos

## Ligante Monodentado



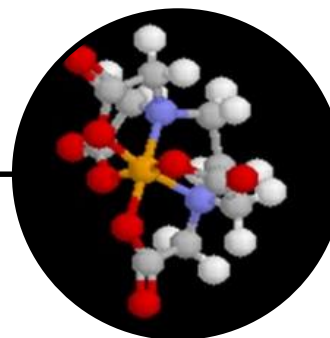
## Ligante Polidentado





## Monodentado

(Fluoreto e cianeto, cloreto, amônia, água)



## Polidentado

- Bidentados (Oxalato, glicina)
- Tridentados (Citrato, Glifosato, Lignosulfonatos)
- Hexadentados (EDTA)

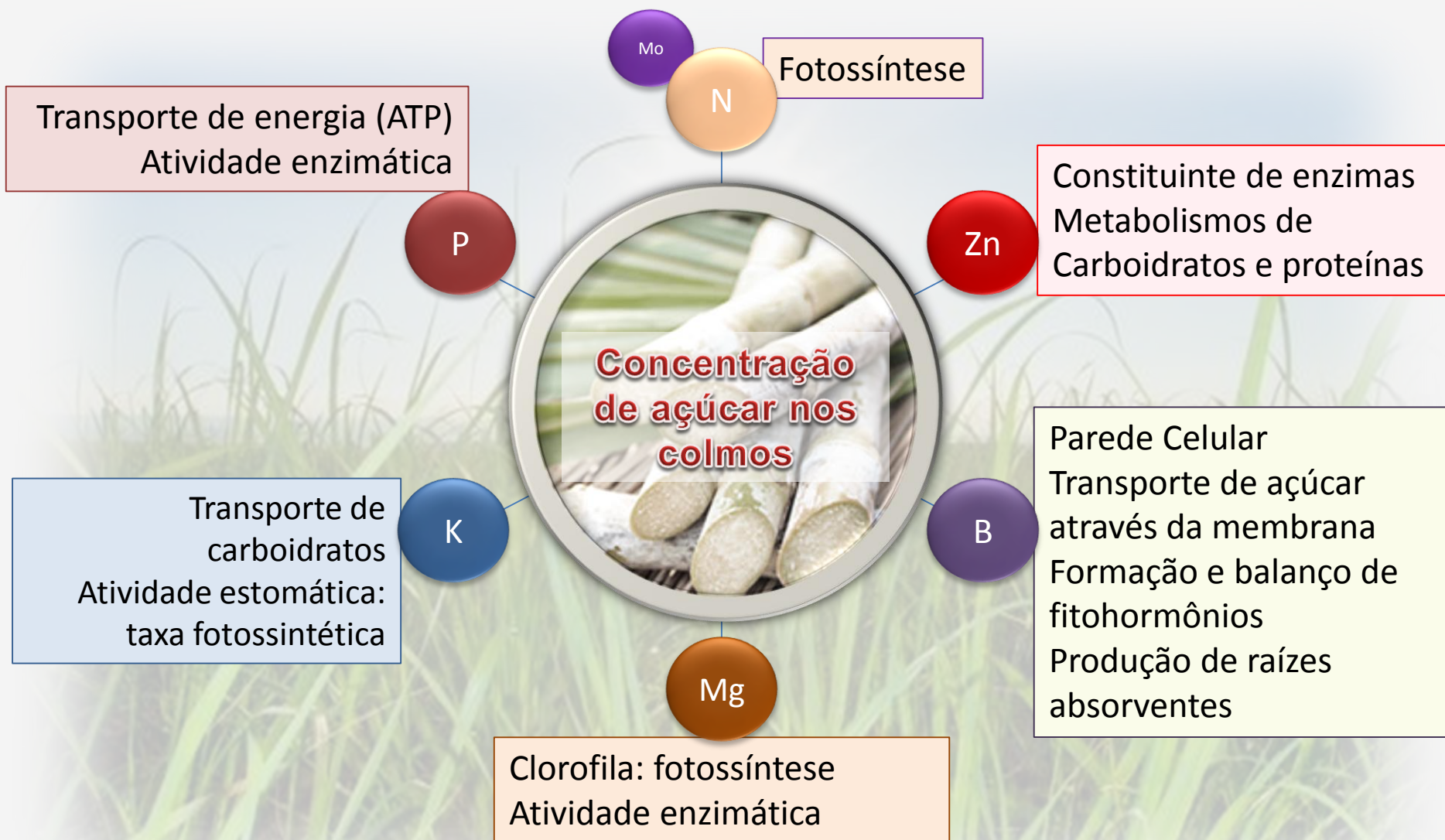
**“Quelato ideal”**: natural, eficiência em pH ácido e neutro, elevada % de quelatização, que possibilite a mistura de substâncias que aumentem a absorção





# NUTRIENTES X MATURAÇÃO

# Quais nutrientes estão associados ao acúmulo de sacarose?



Fe, Cu, Mn, Mo: Essenciais em processos enzimáticos.

## Na rizosfera

Dentro da planta

	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	B	Mo	Mn	Fe	Cl	Co	Ni	Se	Si	Na
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				S	S	S		S	S		S	S	S	A					
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			S	A				A	+/-							A			
P					A			A	A	A	S		A			A	A	+/-	
K					A	A													
Ca						A		A	A	A		A	A		A	A			
Mg									A		S								
S											A			A			A		
Cu	+/-		+/-		+/-				A		A	A	A			A			
Zn			A		+/-	+/-		A				A	A			A			
B	+/-		+/-	A	A	A													+/-
Mo	S		+/-	A			A	A	A	+/-		A	A						
Mn			+/-	A	+/-	A		+/-	A	+/-	+/-		A		A	A			A
Fe	S		+/-		A		+/-	A	A	+/-	A	A			A	+/-			A
Cl																			
Co					A							A	A						
Ni			A					+/-	+/-			PA				R			
Se							R	A	A			A							
Si										+/-	S	+/-							
Na						R													

S = Sinergismo; A = Antagonismo; R = Substituição; +/- = Sinergismo/Antagonismo; PA = Possível antagonismo

# Nitrogênio (N)

N  
(cobertura)



Prejuízos maturação

Redução pol

Incremento teor cinzas

**Efeito da época de aplicação do N (140 kg/ha) sobre a produção e qualidade da matéria-prima da cana-soca**

<b>Idade (semanas)</b>	<b>Produção de Cana t ha<sup>-1</sup></b>	<b>Pol da Cana -----%-----</b>
<b>3</b>	<b>151</b>	<b>12,3</b>
<b>9</b>	<b>161</b>	<b>12,0</b>
<b>15</b>	<b>156</b>	<b>11,5</b>
<b>21</b>	<b>141</b>	<b>11,3</b>

Adaptado de Alexander (1973)

## Efeito da adubação fosfatada sobre a produção de cana, de açúcar e concentração de açúcar nos colmos

Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Usina Maringá		
kg ha <sup>-1</sup>	Produção t ha <sup>-1</sup>	Pol %	Açúcar t ha <sup>-1</sup>
0	106	13,2	14,0
60	124	13,3	16,5
120	128	13,5	17,3
180	133	13,8	18,3

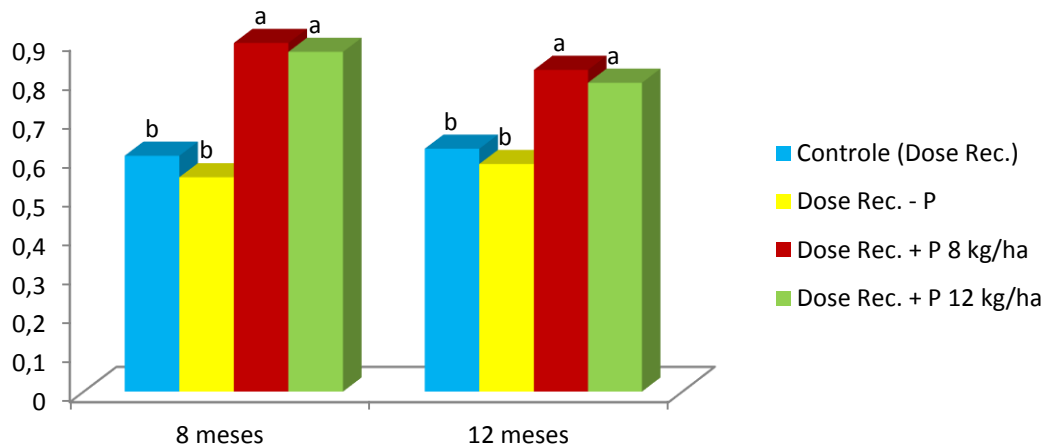
Variedade SP70-1143

Adaptado de Penatti (1989)  
Slide Korndorfer

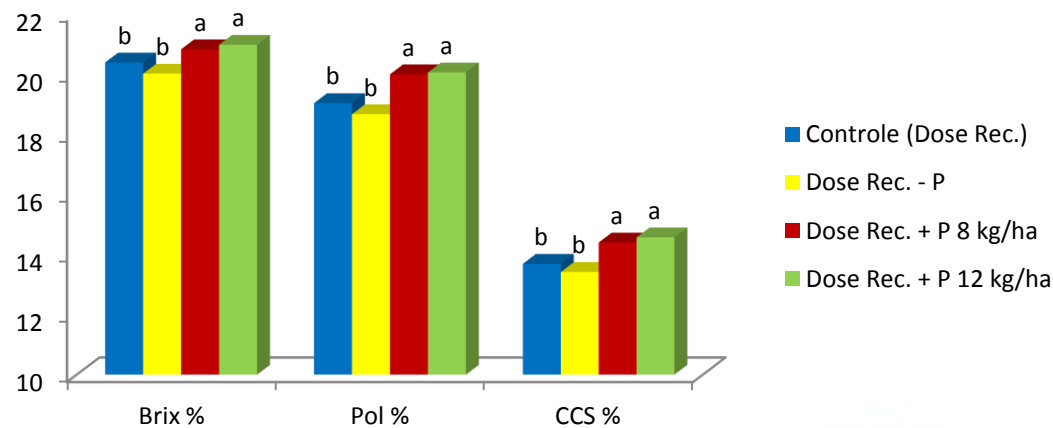
**Formação de ligações pirofosfato, as quais permitem a transferência de energia**

# Efeito da Aplicação Foliar de Fósforo na Atividade Enzimática e Qualidade do Caldo de Cana-de-açúcar

## Sacarose Sintase

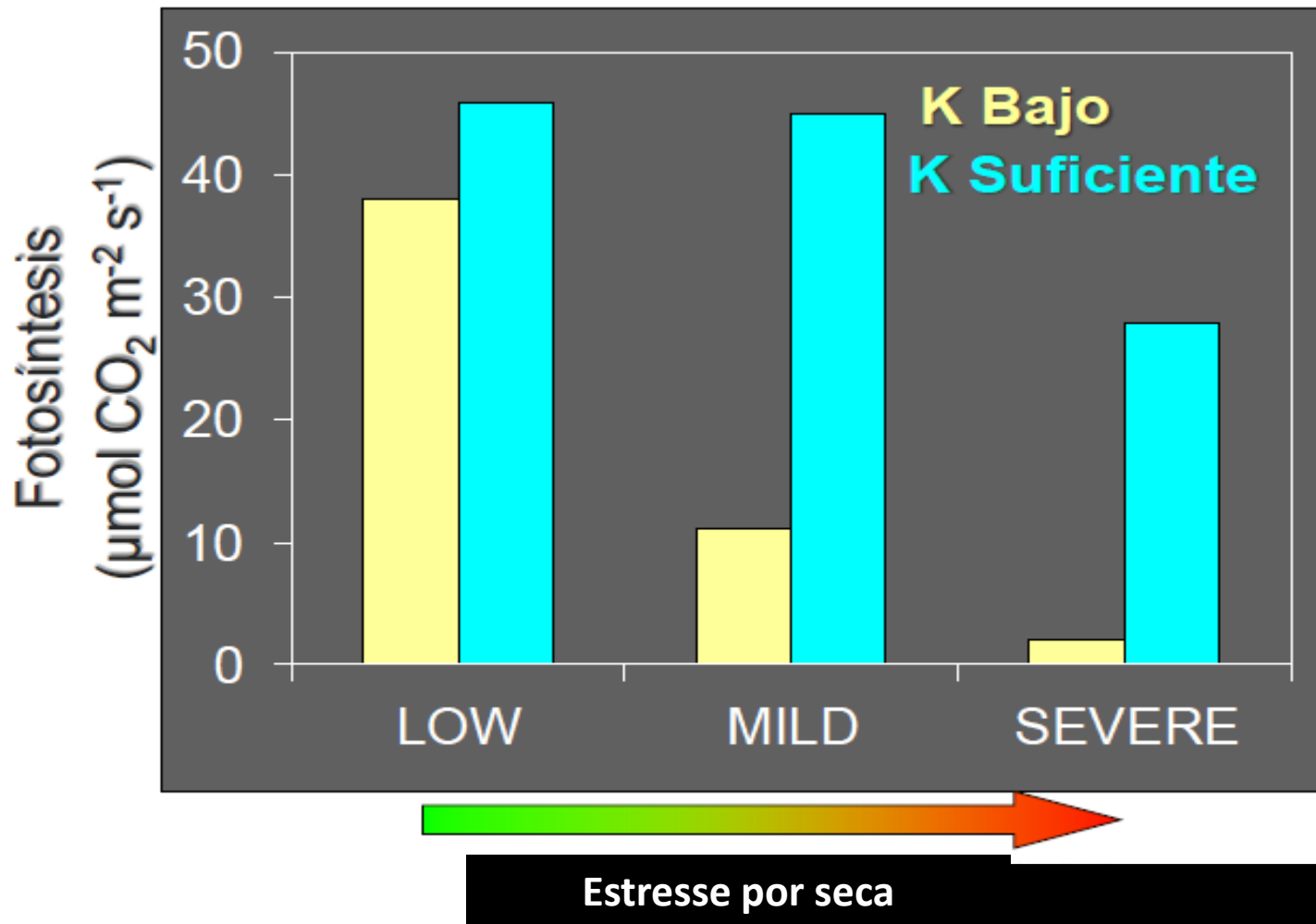


## Brix, Pol e ATR

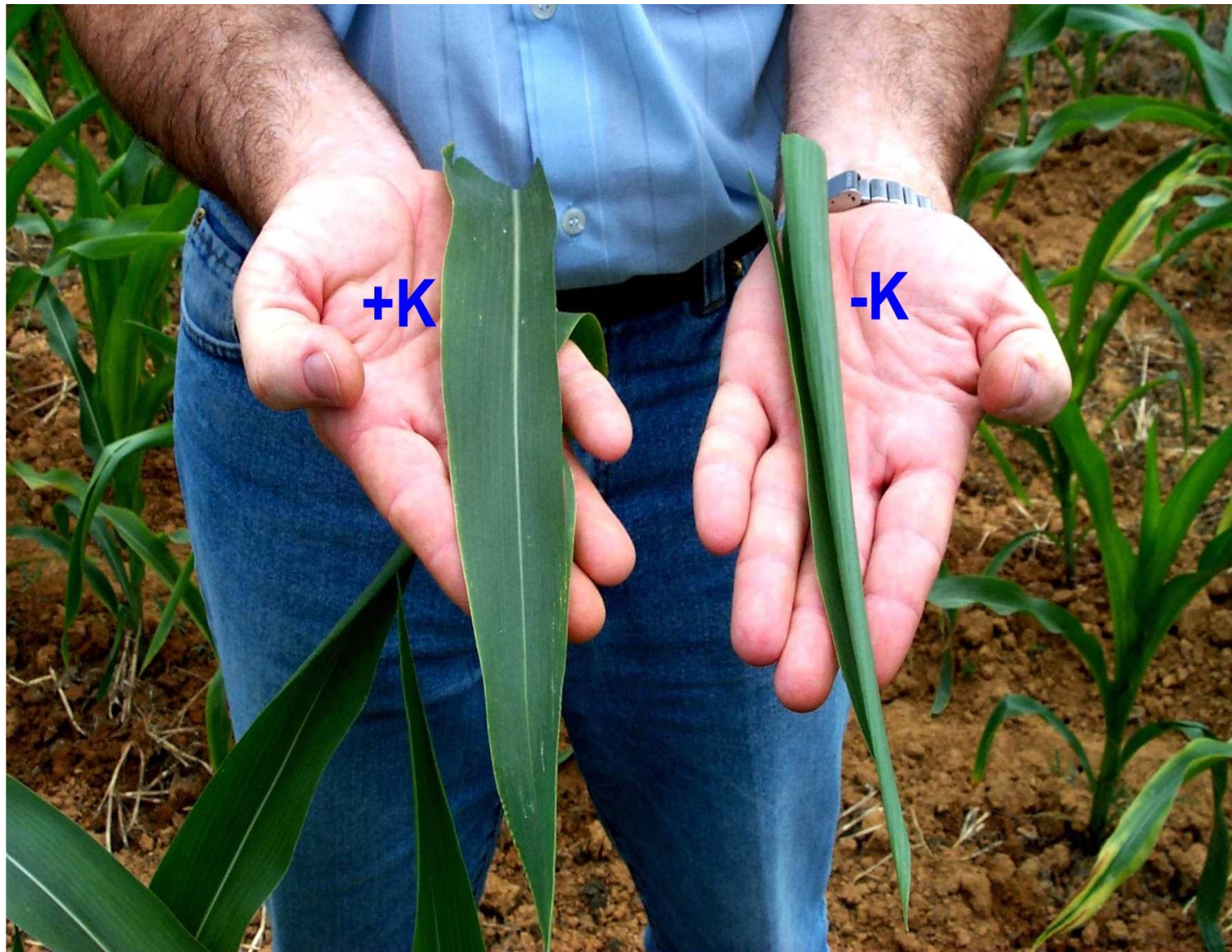


Adaptado de Pawar et al. (2003)

Para manter o processo de fotossíntese em cultivos sob estresse hídrico é necessário o fornecimento adequado K



# POTÁSSIO MANTÉM O EQUILÍBRIO HÍDRICO





# Potássio (K)

## Efeito da aplicação da vinhaça na produção de talos, pol% cana, cinzas e K

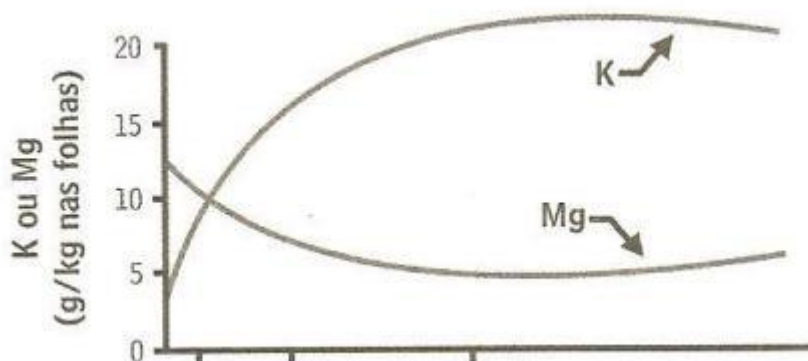
Vinhaça	Produção de cana (colmos)	Pol Cana	Cinzas Caldo	K Caldo
m <sup>3</sup> ha	t ha <sup>-1</sup>	----- % -----		ppm
0	57	14,0	0,32	468
40	71	13,8	0,40	801
80	80	13,4	0,51	1273
120	88	13,4	0,59	1593
160	87	13,2	0,61	1675
200	88	12,8	0,64	1814

## Relação K/Mg

- Excesso de K – deficiência de Mg induzida – inibição competitiva

Tratamento	Mg nas folhas (%)
Baixa dose de K	0,31
Média dose de K	0,09
Alta dose de K	0,06

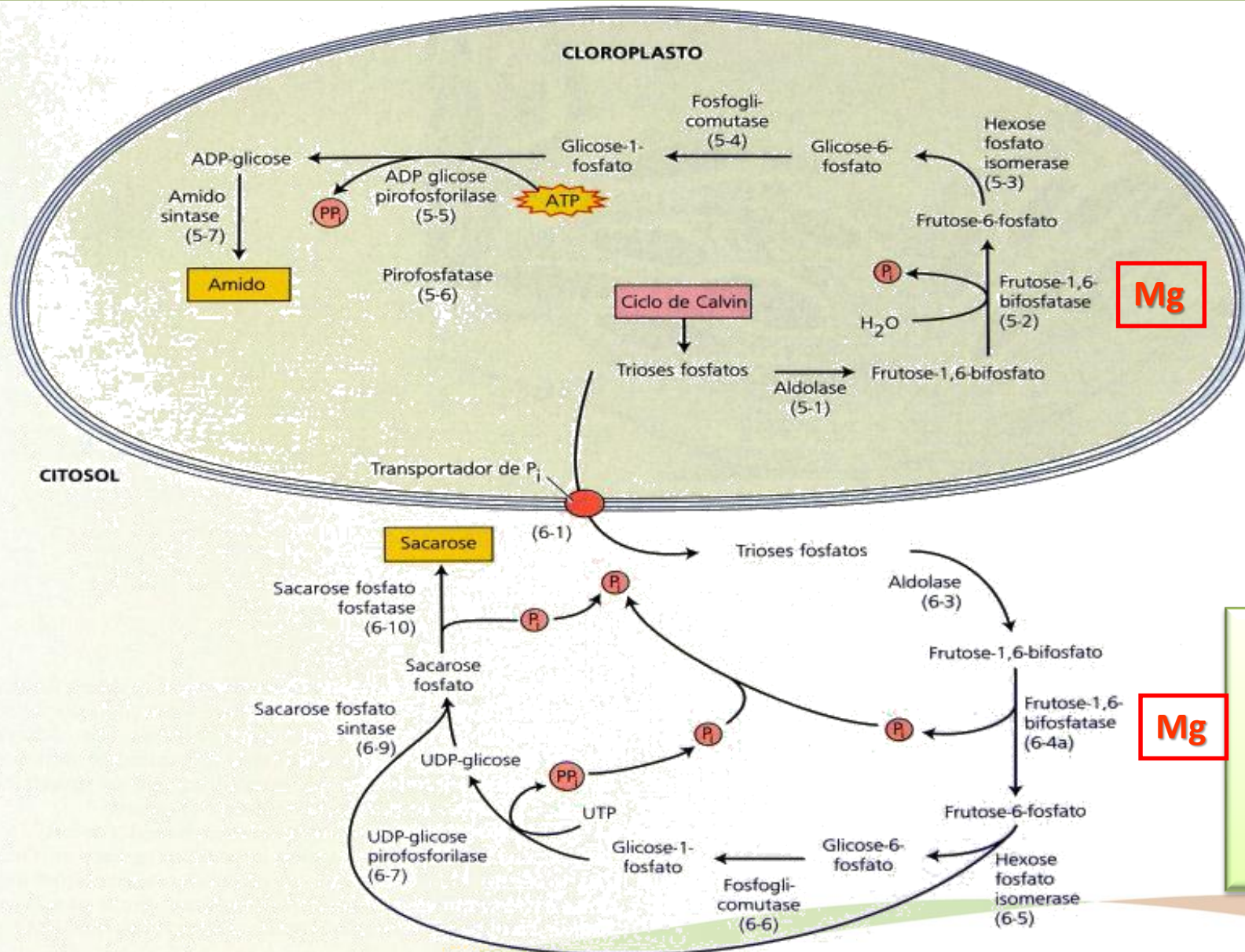
**Influência do potássio na concentração de magnésio em plantas de fumo (Bullock, 1968)**



**Efeito do potássio na composição mineral em folhas de sorgo (Malavolta, 2006)**

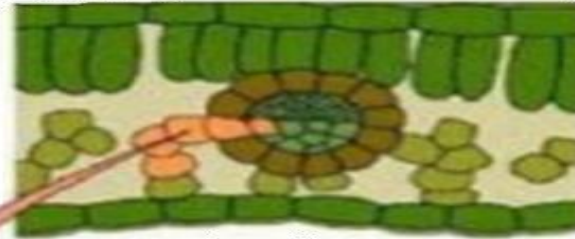
(Talbot e Zeiger, 1998)

# MAGNÉSIO



Regula a partição entre a síntese de amido e o transporte de trioses fosfatos no citosol

# MAGNÉSIO



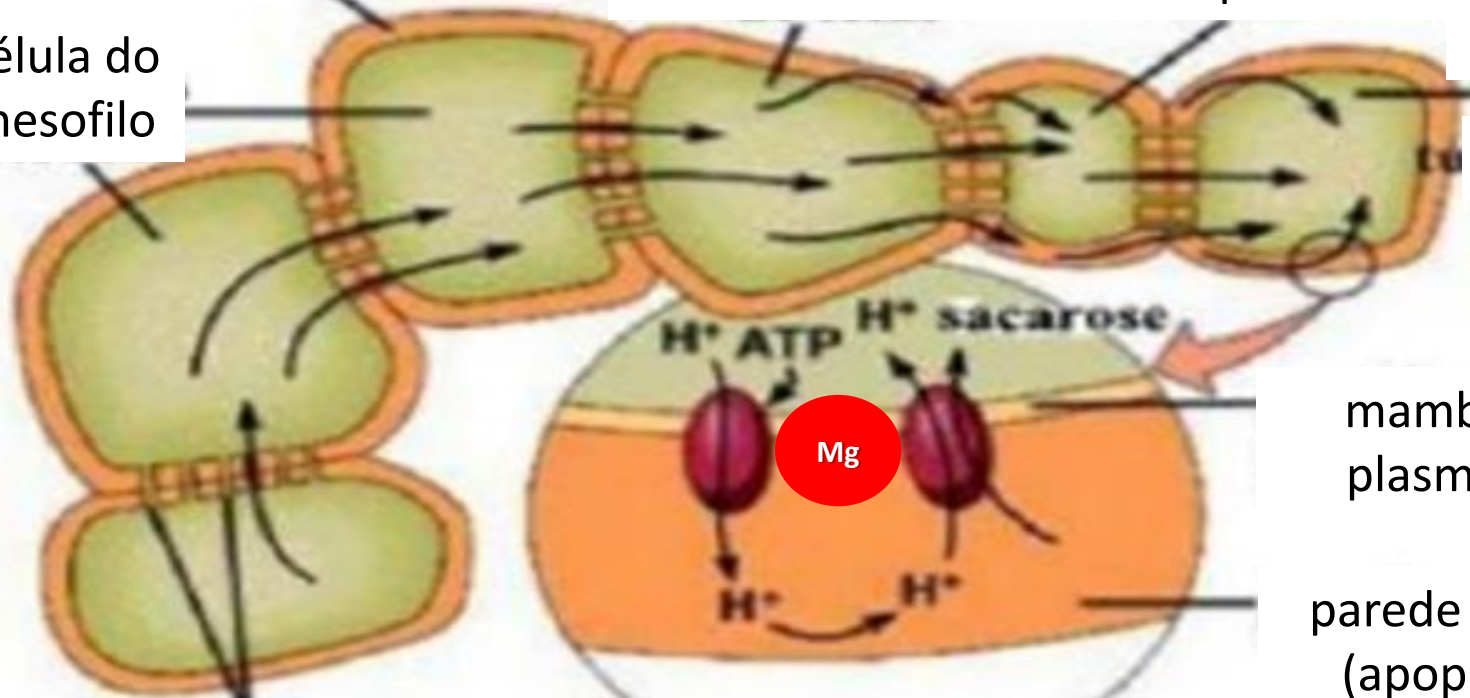
parede celular

célula da bainha  
do feixe

célula  
companheira

célula do  
mesofilo

elemento  
do  
tubo crivoso

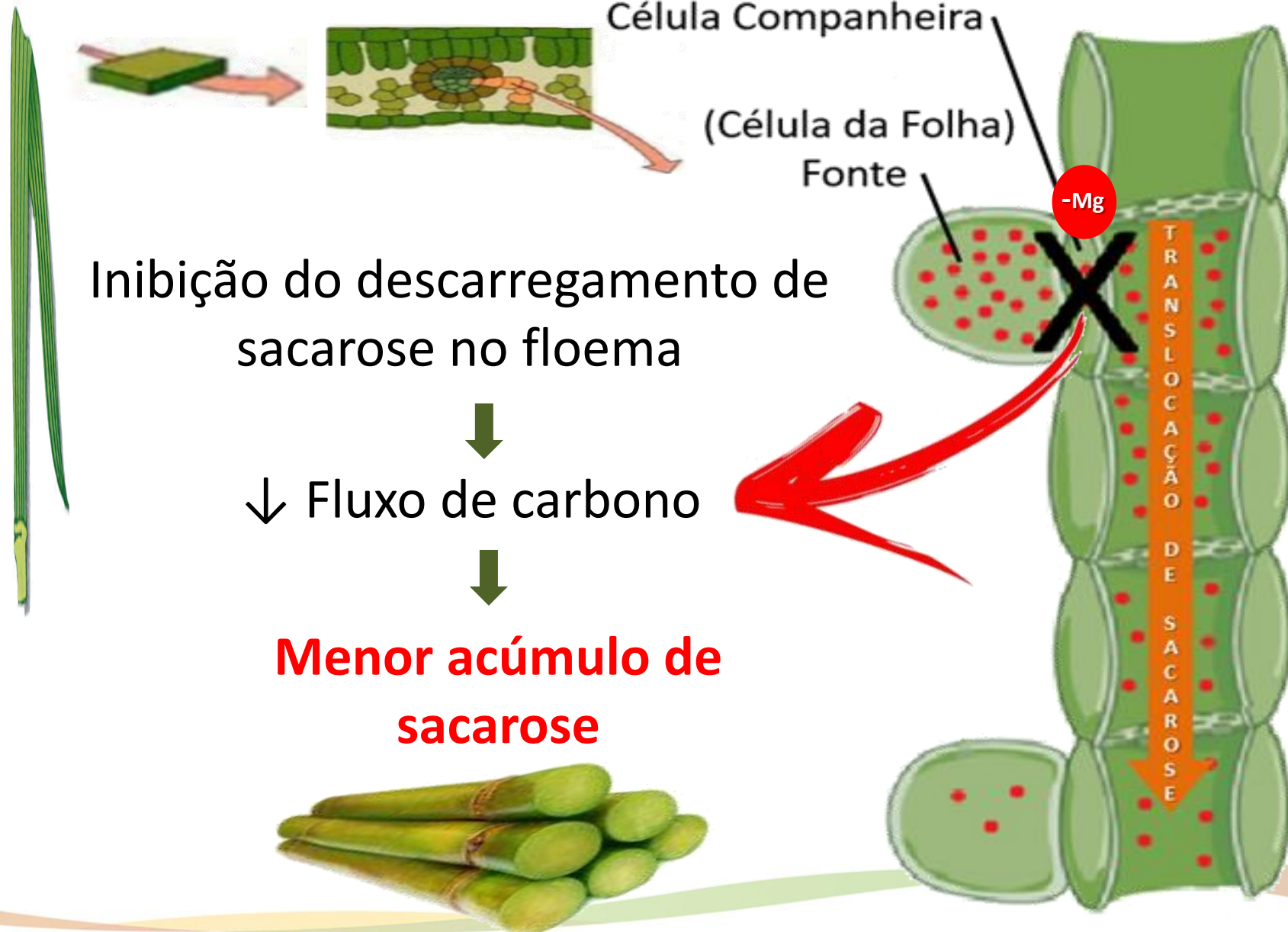


mambrana  
plasmática

parede celular  
(apoplasto)

plasmodesmos

# MAGNÉSIUM





## Impact of Exogenously Applied Enzymes Effectors on Sucrose Metabolizing Enzymes (SPS, SS and SAI) and Sucrose Content in Sugarcane

Radha Jain · A. Chandra · S. Solomon

### Impact of enzyme effectors on CCS % juice in cane stalk

Days after planting (DAP)	Treatment				
	Control CCS % juice	GA <sub>3</sub>	Mg	Mn	Ethrel
240	6.35	5.12	7.99	7.76	5.62
270	7.42	7.52	10.38	9.94	8.17
300	7.74	7.62	10.07	10.8	8.32
330	10.43	11.98	12.18	11.92	10.57
360	11.59	11.37	11.84	11.86	11.71

CD at 5 % P: Treatment, 0.371; DAP, 0.371; Treatment × DAP, 0.830

Treatment, \*\*\*, DAP, \*\*\*, Treatment × DAP, \*\*\*

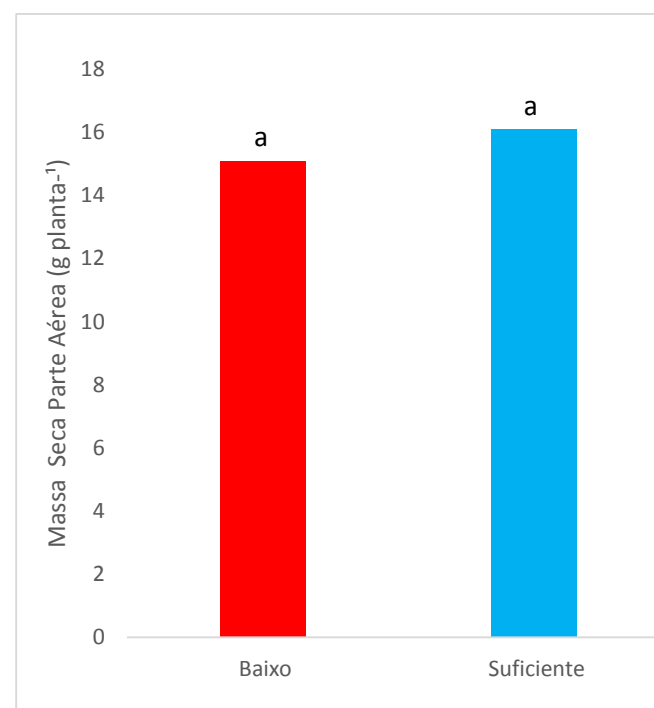
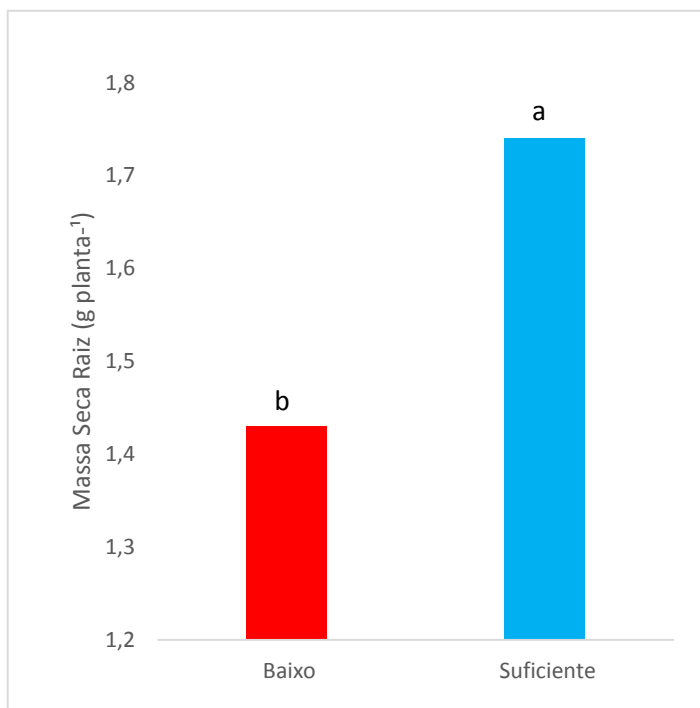
CD Critical difference at 5 %

\*\*\*; Significant at  $P = 0.001$

- A aplicação foliar dos ativadores enzimáticos ( $Mg^{2+}$  e  $Mn^{2+}$ ) foi eficiente em aumentar o teor de sacarose do caldo de cana-de-açúcar, assim como o teor de ATR (CCS).

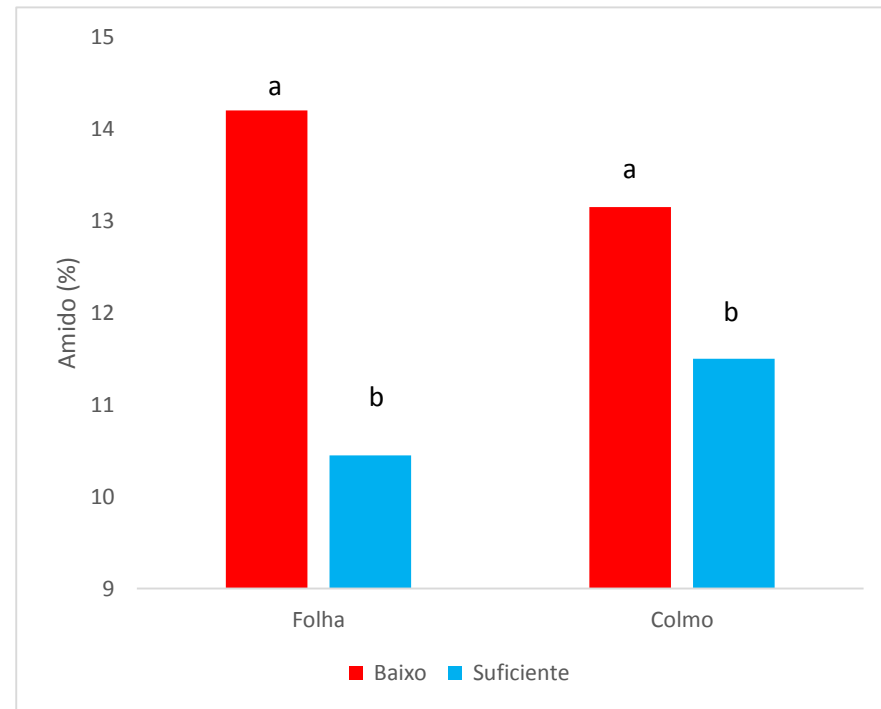
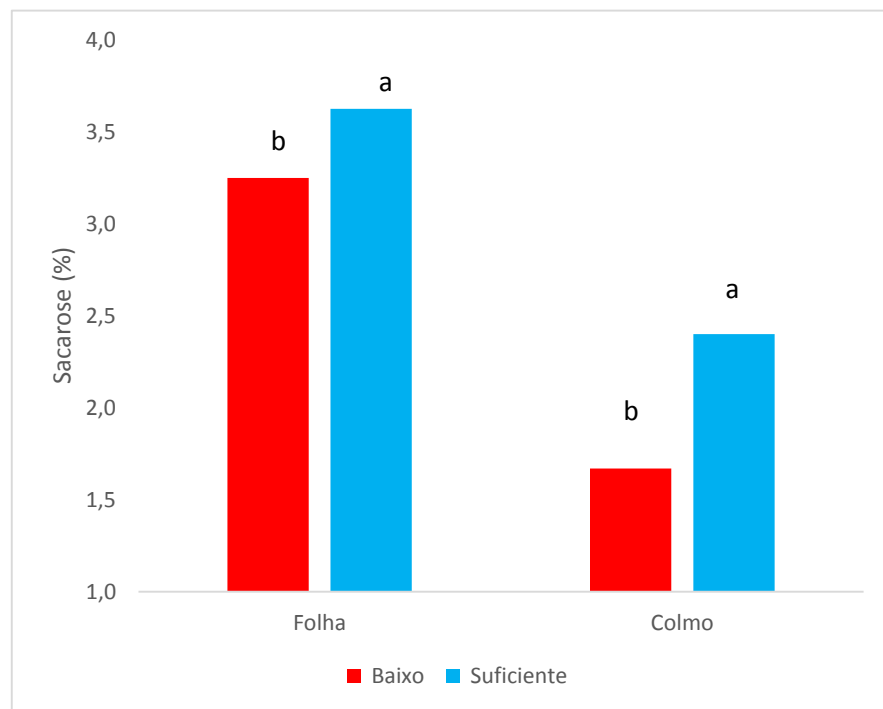
# Insuficiência x Suficiência de Mg

## Massa seca



# Insuficiência x Suficiência de Mg

## Sacarose e amido





# Concentração de sacarose em folhas deficientes em K, Mg e P



Concentração de sacarose nas folhas  
(mg Glucosa equiv. g<sup>-1</sup> DW)

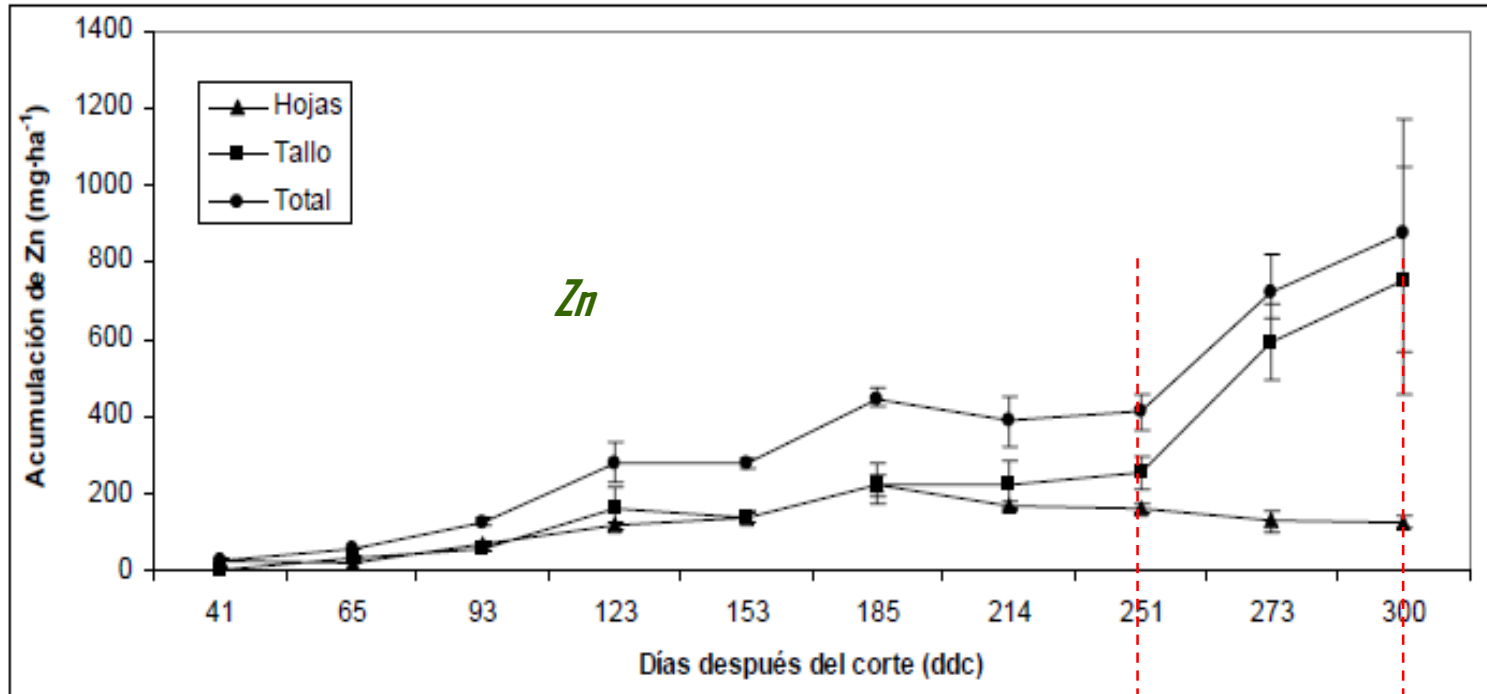


# MICRONUTRIENTES

# Zinco (Zn)

- Componente enzimático
  - Desidrogenases
  - Proteinases
  - Peptidases
  - Fosfohidrogenases
- Metabolismo de carboidratos e proteínas
- Influencia a permeabilidade das membranas

# Zinco (Zn)



## Anidrase carbônica

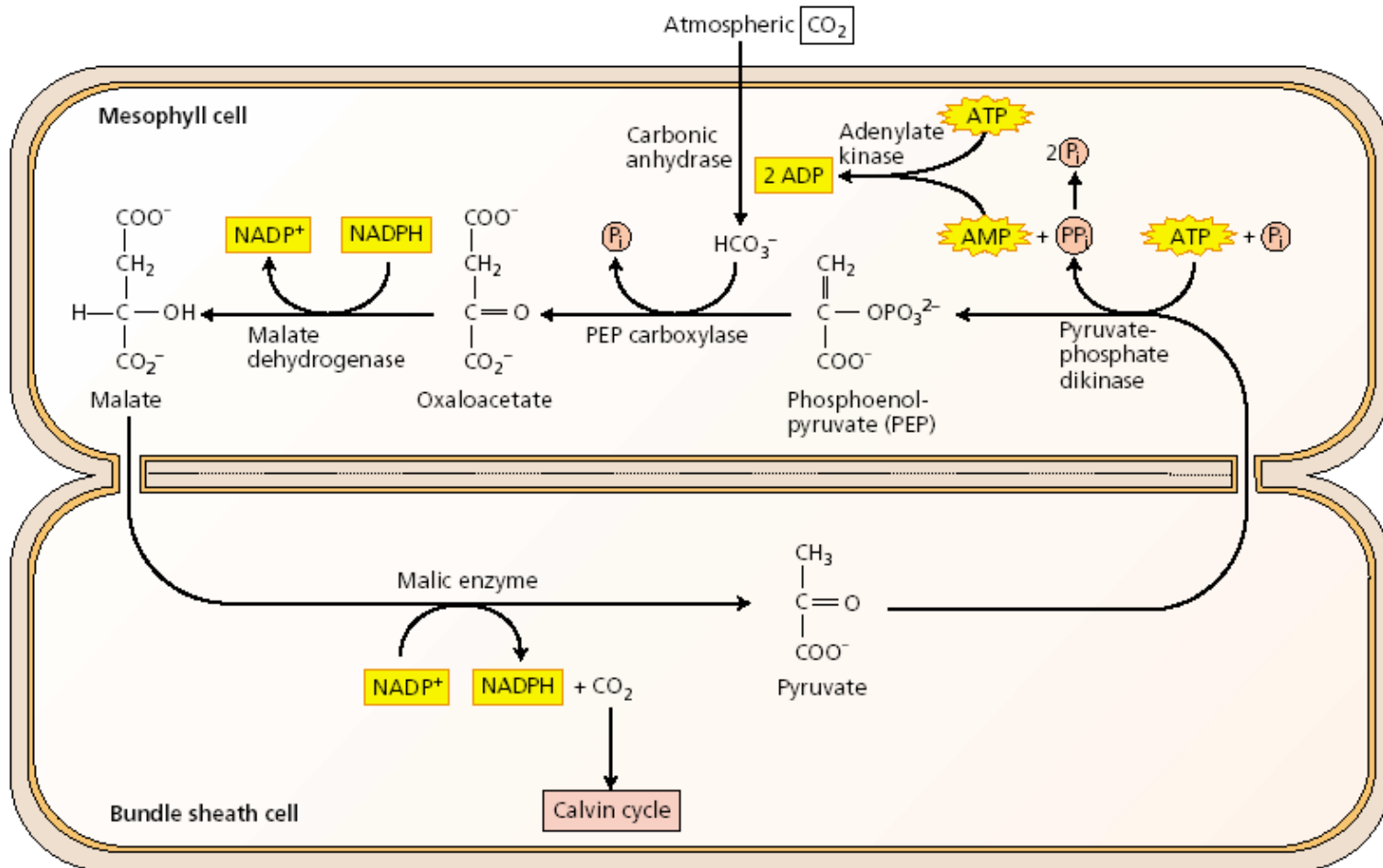
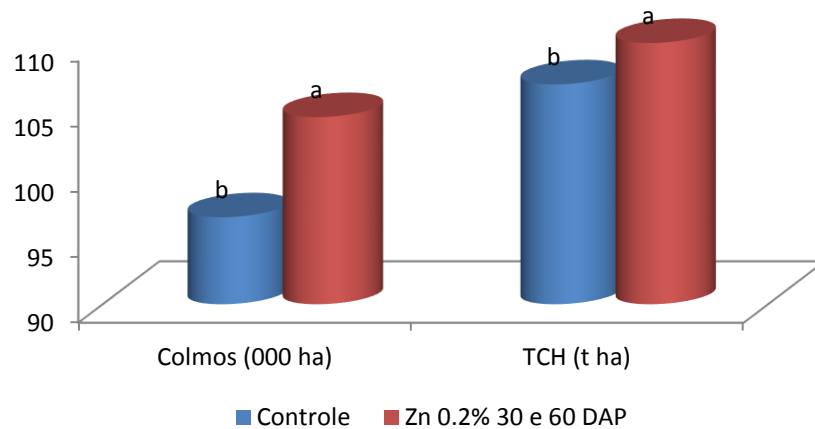


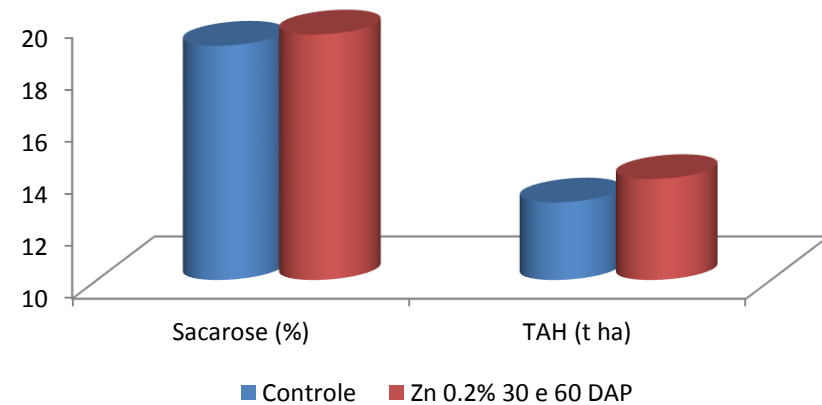
FIGURE 8.11 The C<sub>4</sub> photosynthetic pathway. The hydrolysis of two ATP drives the cycle in the direction of the arrows, thus pumping CO<sub>2</sub> from the atmosphere to the Calvin cycle of the chloroplasts from bundle sheath cells.

## Influência do Zinco na Produtividade e Qualidade da Cana-de-açúcar

### Zn Foliar na TCH

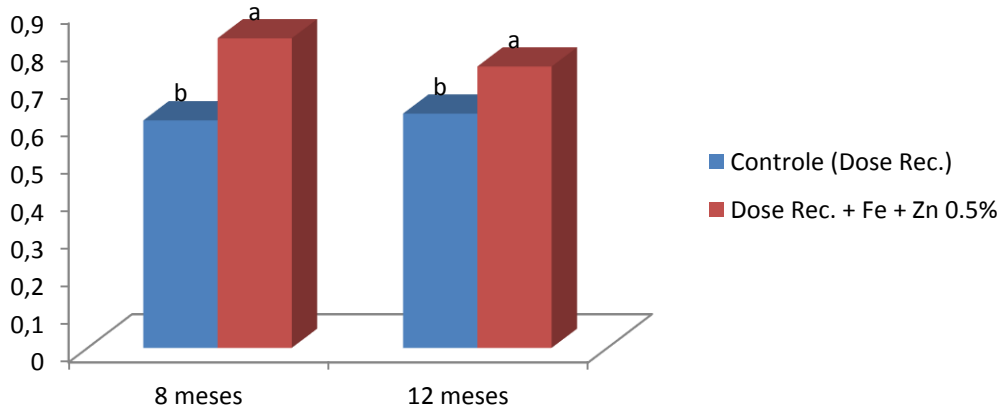


### Zn Foliar na TAH

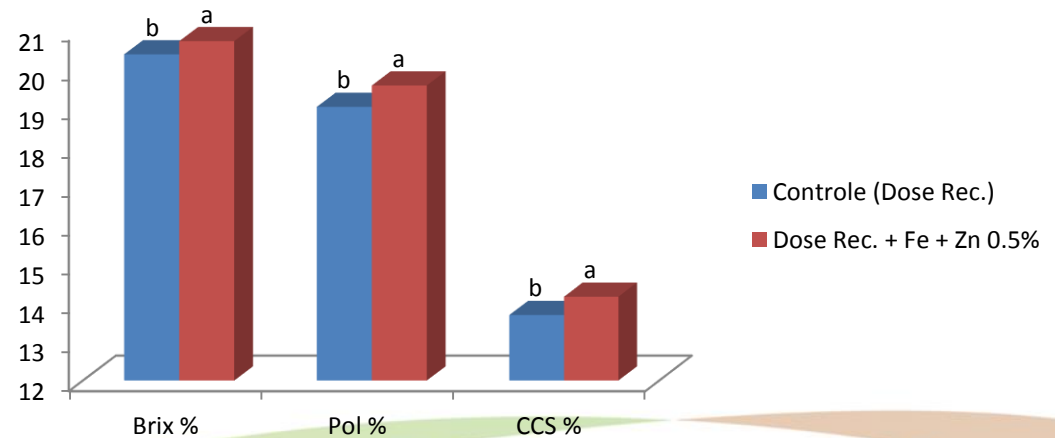


# Efeito da Aplicação Foliar de Zn na Atividade Enzimática e Qualidade do Caldo de Cana-de-açúcar

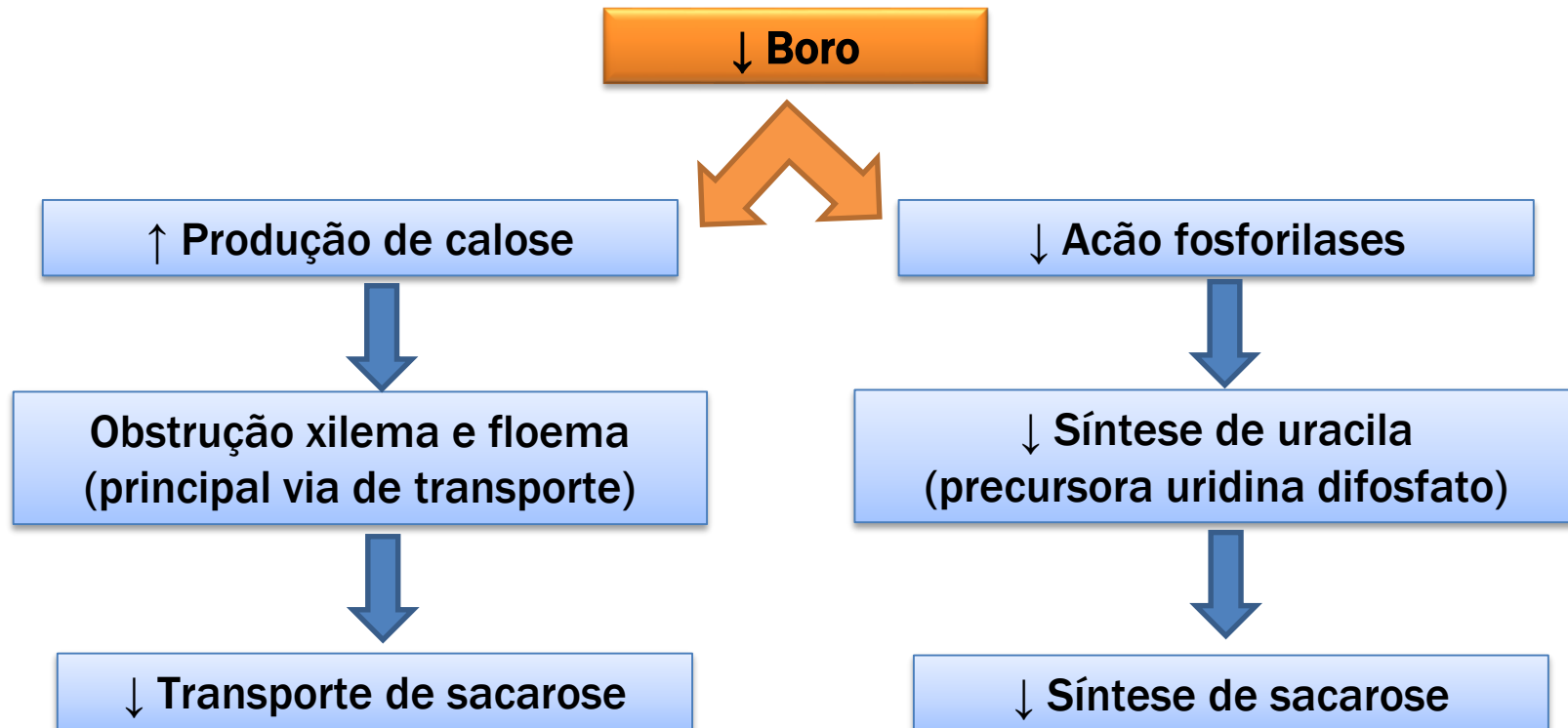
## Sacarose Sintase



## Brix, Pol e ATR



# Deficiência de boro



(Venter et al., 1977; Loué, 1993; Marschner, 1995)



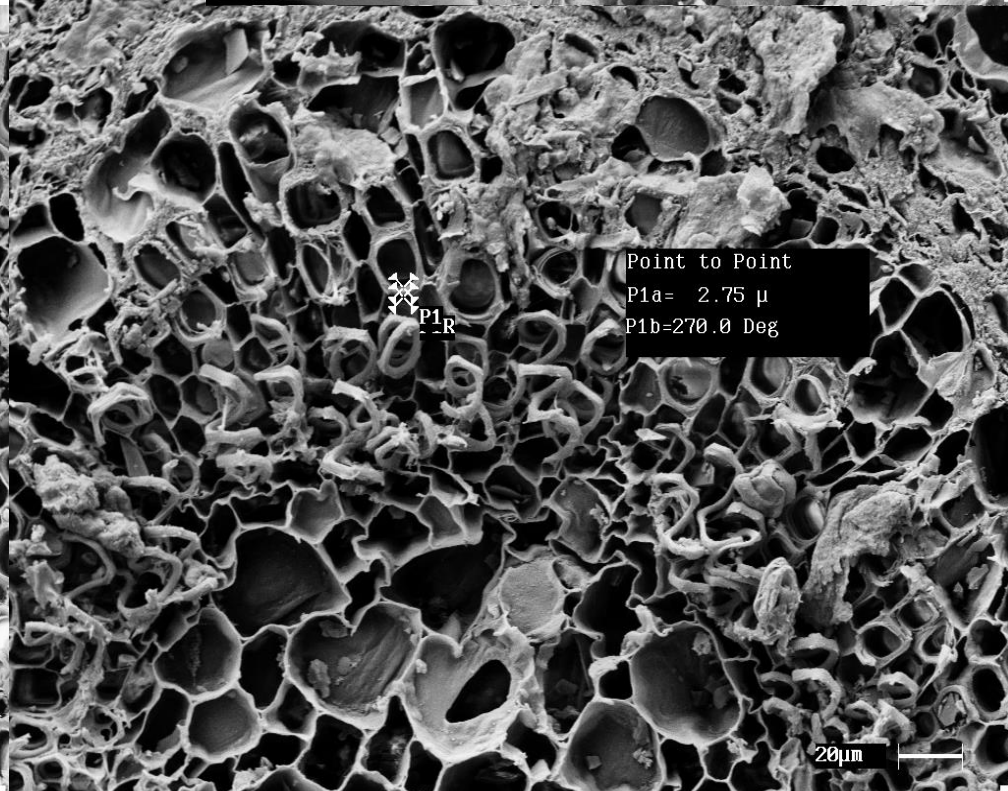
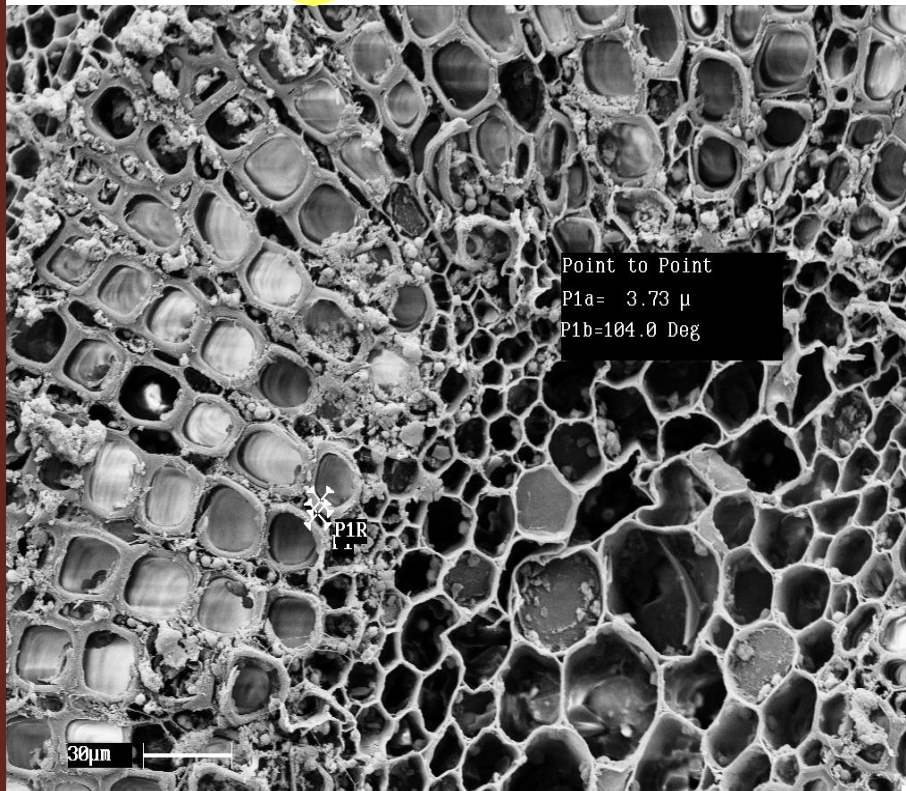
Cortesia: Ciro Antonio Rosolem

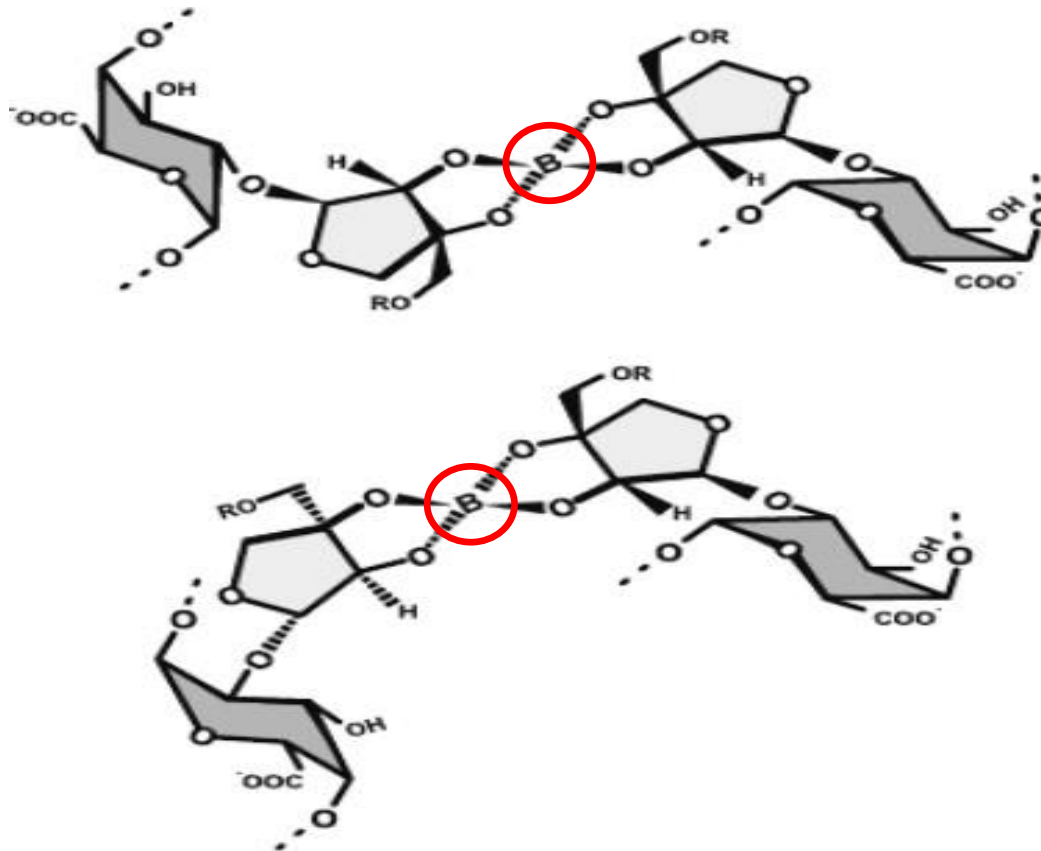
# BORO

# Café

**DEFICIENTE**

**SUFICIENTE**





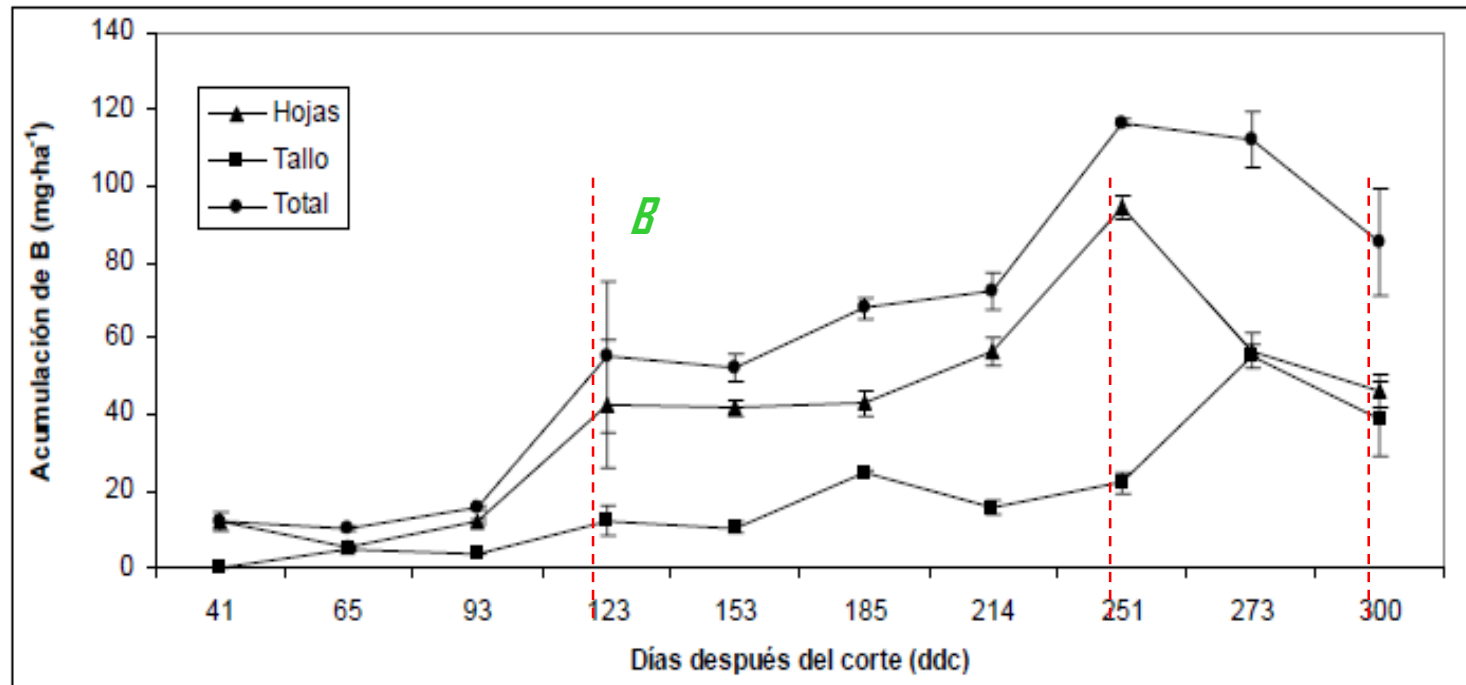
**Estrutura da ramnogalacturonano-II** – Esta pectina da parede celular é um dos açúcares estruturais mais conhecidos em qualquer polissacarídeo.

Kerry Hosmer Caffall , Debra Mohnen

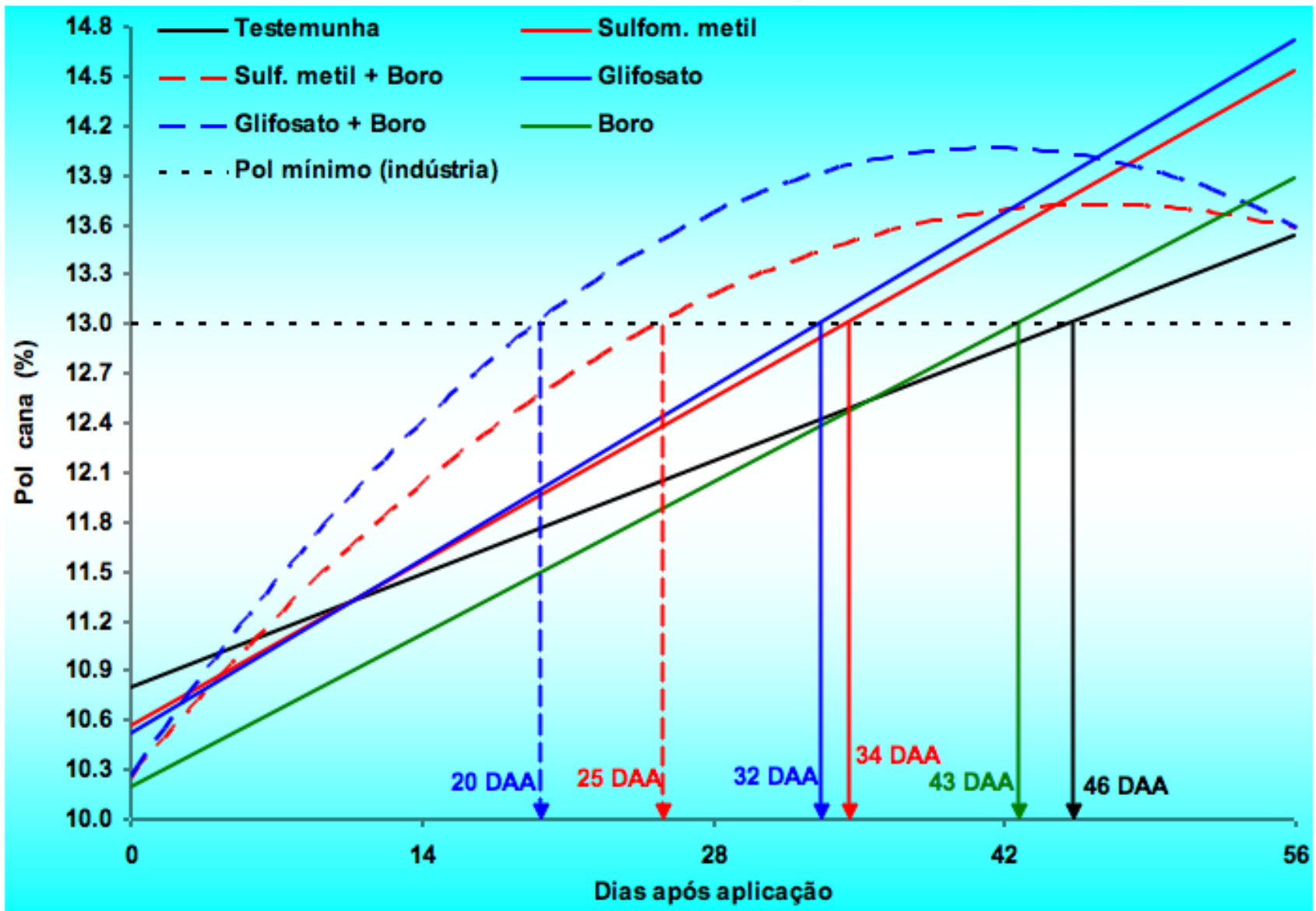
**The structure, function, and biosynthesis of plant cell wall pectic polysaccharides**

Carbohydrate Research Volume 344, Issue 14 2009 1879 - 1900

# BORO

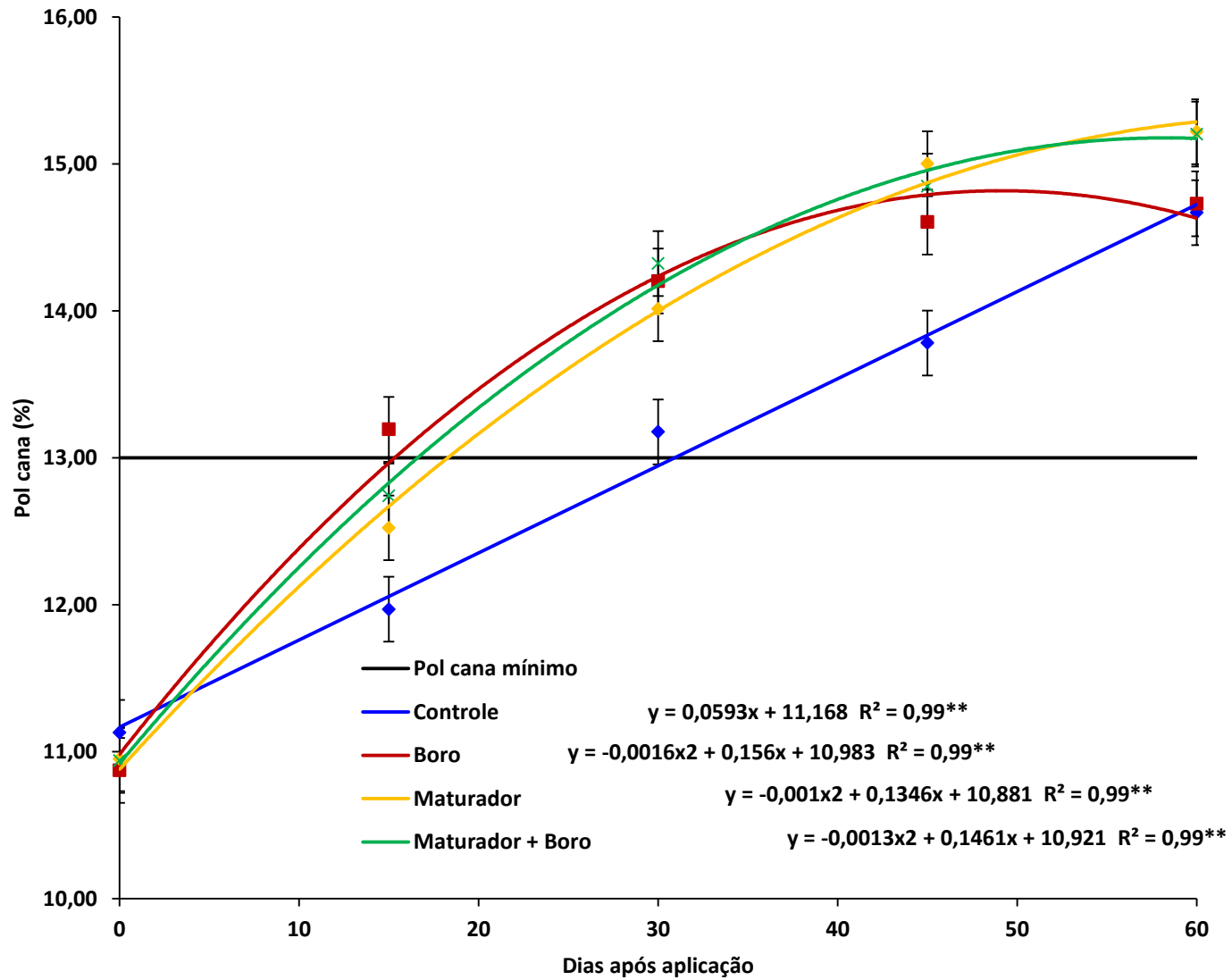


# Boro (B)

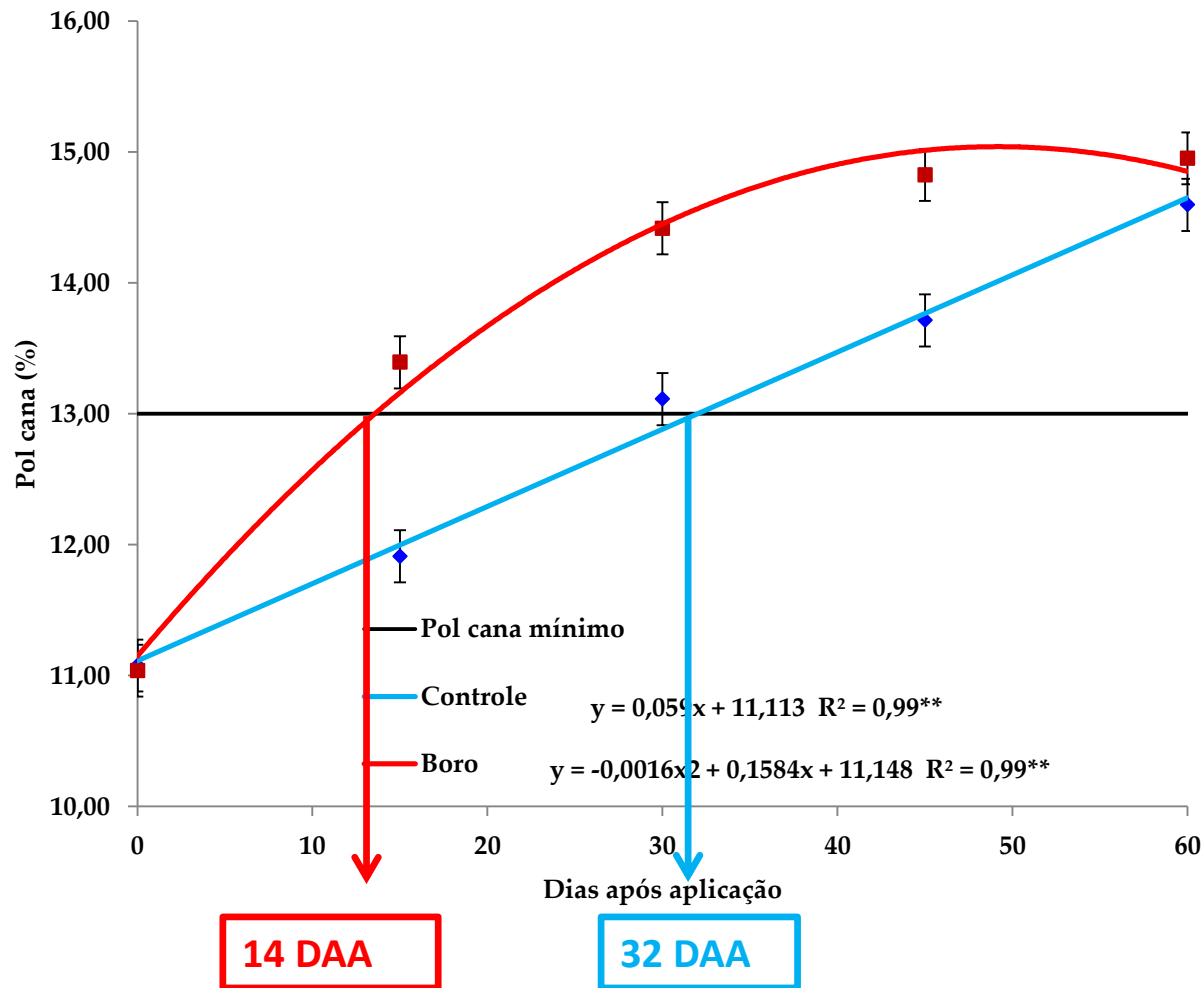


Boro no solo: 0,44 ppm

# Boro (B)



# Aplicação de Boro na Pré-Maturação da Cana-de-açúcar em área com deficiência

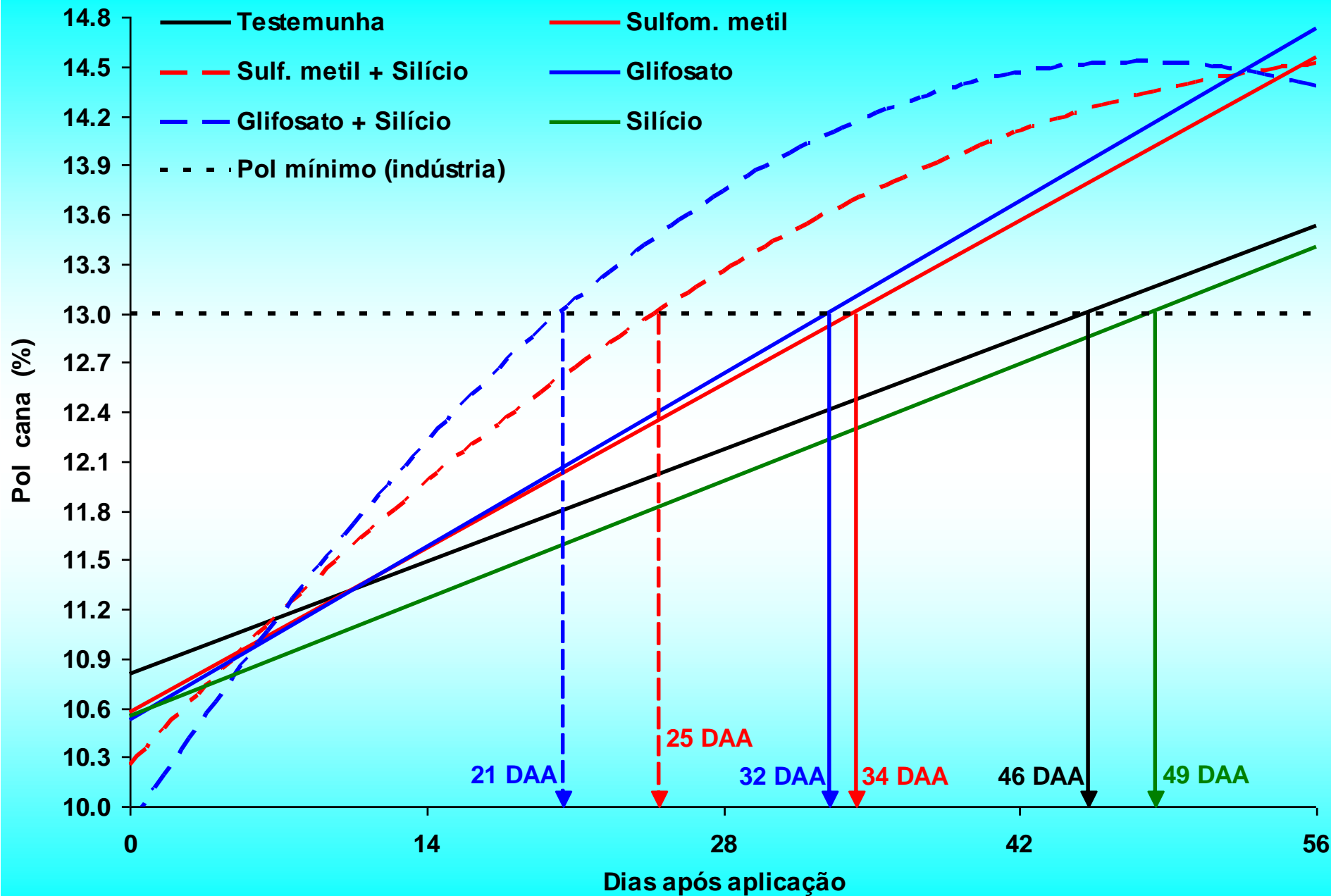


\* Média de 2 locais e 2 anos de experimentação

# SILÍCIO (Si)

Alexander et al. (1970)

- O Si tem função de proteção para reações fotossintéticas e, conseqüentemente, aumento no nível de sacarose.
- O elemento suprime a atividade enzimática da amilase e invertase foliar. Dessa forma os efeitos indesejáveis de compostos químicos (maturadores) podem ser modificados mediante a regulação de enzimas críticas.
- A aplicação foliar de Si (metassilicato de sódio,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ), 500 ppm) em cana-de-açúcar, combinado com Paraquat e Diquat, conservou a integridade do tecido foliar.





## O que a America Central (Guatemala) tem feito de pesquisa (Parceria: Grupo Pantaleón, Cengicaña e UNESP)?

O que aconteceu onde o complexo de nutrientes em pré-maturação não aumentou o teor de açúcar?

Variedade	Período	% de probabilidade de êxito	Ganho de kg/TC provável
CP72-2086	80-100	79%	0-20
CP88-1165	65-100	64%	0-15
CP73-1547	80-100	60%	0-6
	100-130	83%	0-12
CG98-78	50-90	80%	0-20

Em 63% dos casos, onde o complexo de nutrientes em pré-maturação não aumentou o ATR, a TCH foi maior que o controle.

Isso reforça a nossa teoria de que quando o nutriente chega à planta em condições vegetativas, este será utilizado na produção de biomassa (TCH) e não na concentração de açúcar (ATR).

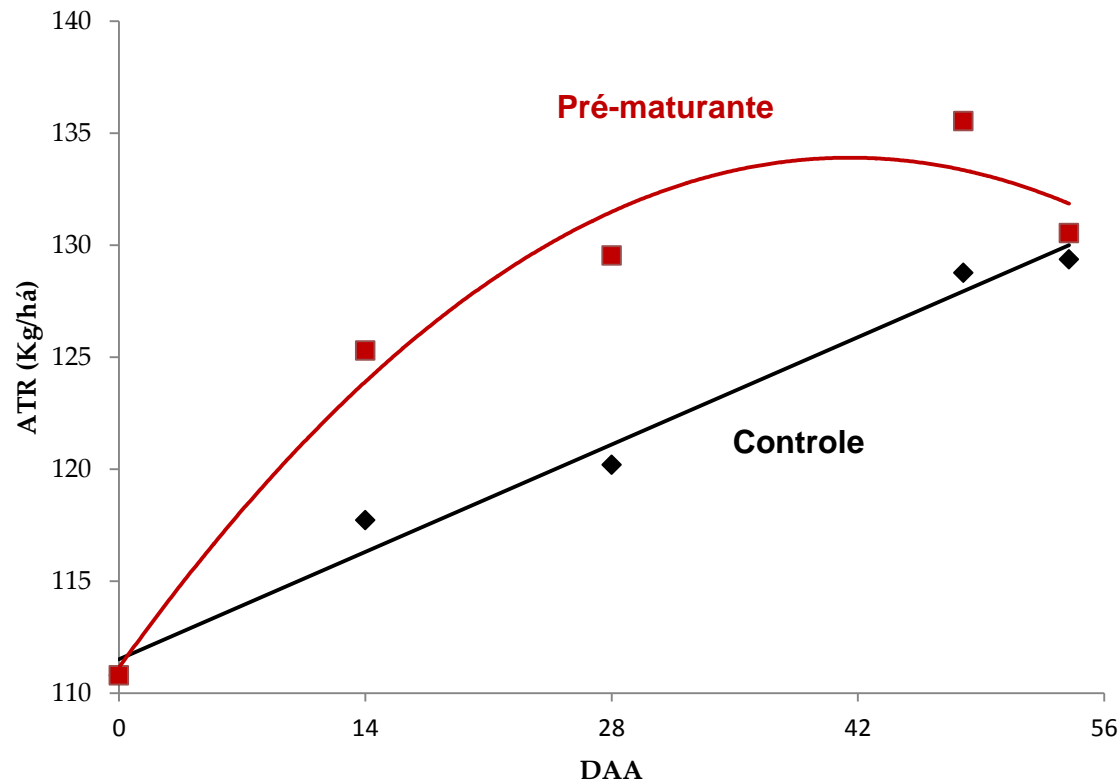
## O que constatamos com os estudos na América Central

- As aplicações de um complexo de nutrientes a partir da brotação da soqueira até 150 dias antes da colheita (DAC) fizeram com que a planta aumentasse o TCH porém pequeno incremento no ATR (< 5 kg).
- As aplicações a partir de 120 DAC até 60 DAC proporcionaram incrementos de 5 a 20 kg de ATR.

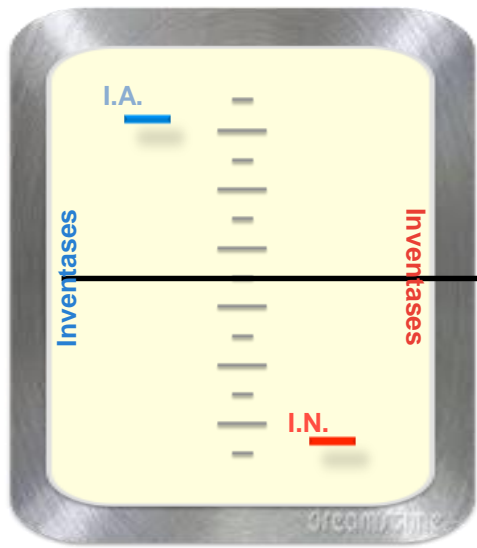
# NUTRIENTES EM PRÉ-MATURAÇÃO

Tratamento /Data	TCH			ATR			TAH			DIFERENÇA		
	<u>1º Aval.</u> <u>0 DAC</u>	<u>2º Aval.</u> <u>47 DAC</u>	<u>3º Aval.</u> <u>94 DAC</u>	<u>1º Aval.</u> <u>0 DAC</u>	<u>2º Aval.</u> <u>47 DAC</u>	<u>3º Aval.</u> <u>94 DAC</u>	<u>1º Aval.</u> <u>09/01/1</u> <u>5 0 DAC</u>	<u>2º Aval.</u> <u>25/02/1</u> <u>5 47</u> <u>DAC</u>	<u>3º Aval.</u> <u>13/04/1</u> <u>5 94</u> <u>DAC</u>	TCH	ATR	TAH
Controle	78	104	133	120	128	135	9,4	13,3	18,0	55	15	8,6
Complexo nutrientes (-P, Ca e Cl)	83	116	170	106	128	126	8,8	14,8	21,4	87	20	12,6

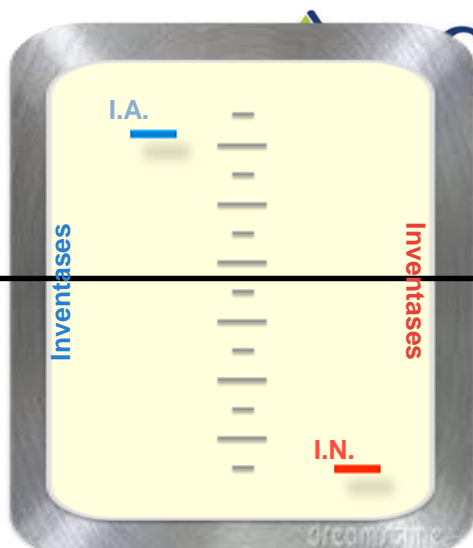
# Aplicação de Nutrientes na Pré-Maturação da Cana-de-açúcar - ATR



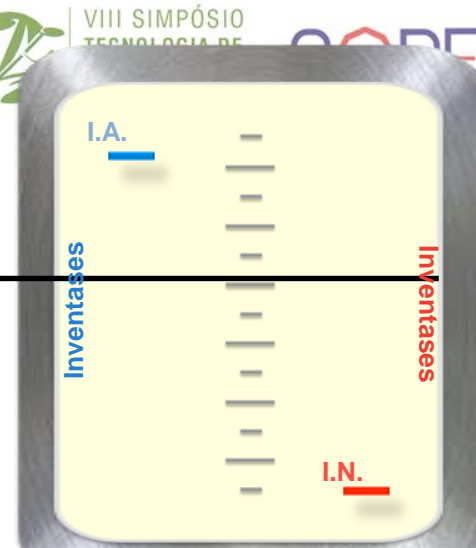
Pré-Maturante: N, B, Cu, Mo e Zn  
Variedade RB85-5453  
Safrá 2011



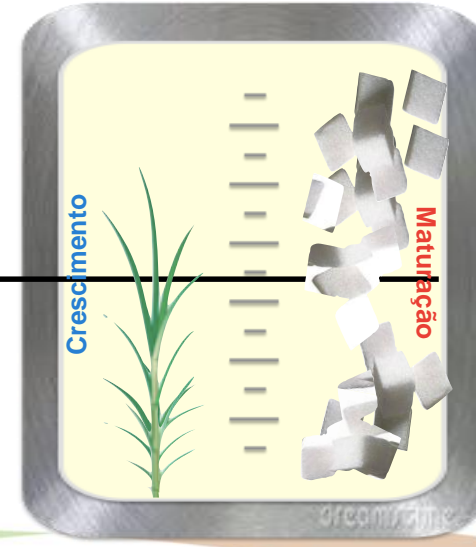
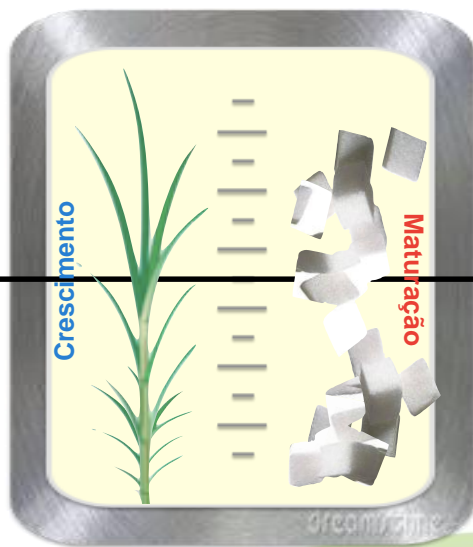
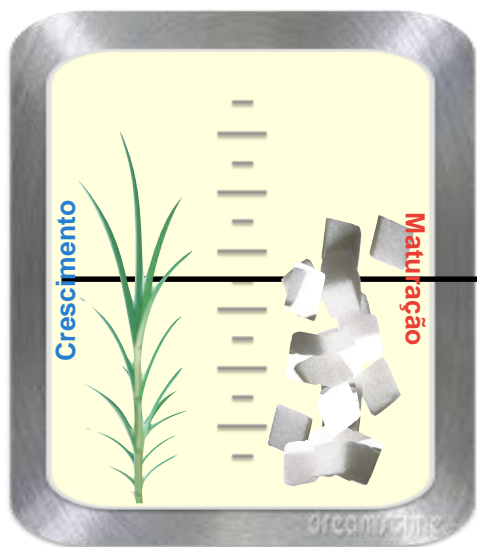
**Maturação Regular**

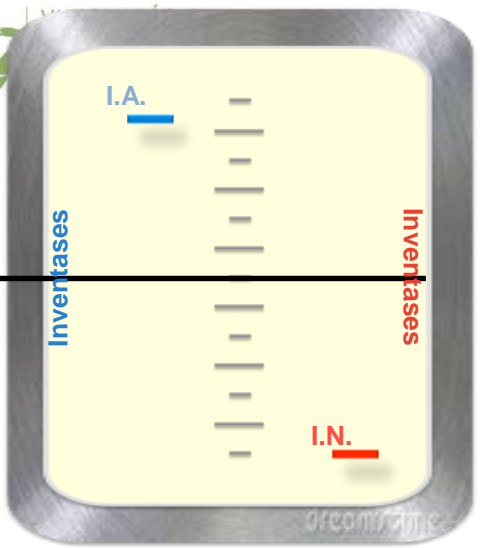
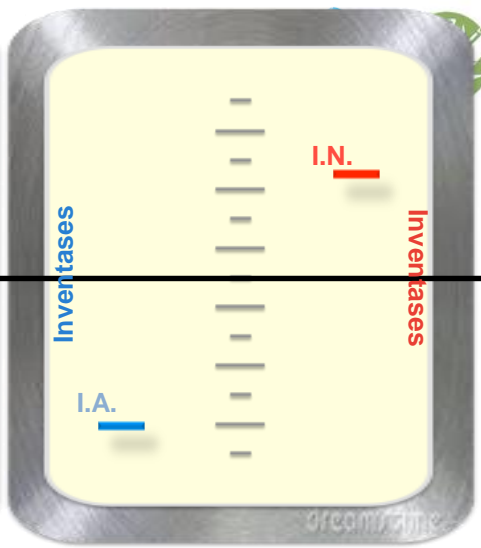
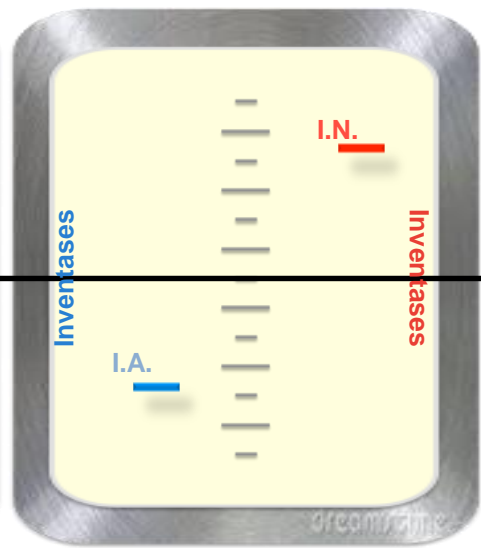
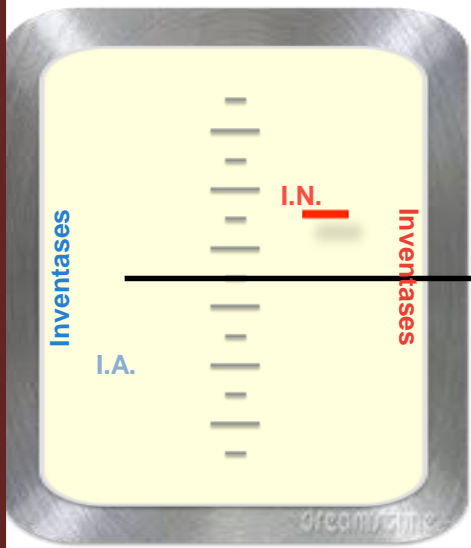


**Nutrientes**



**Maturadores**





**Maturação Regular**

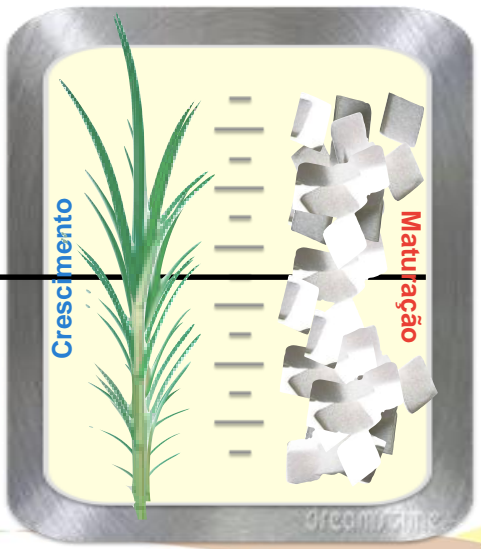
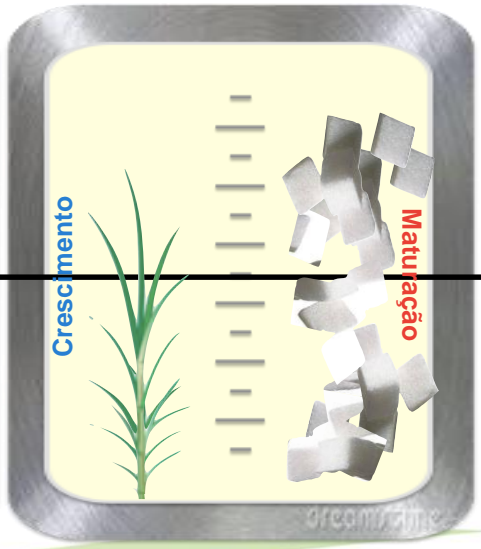
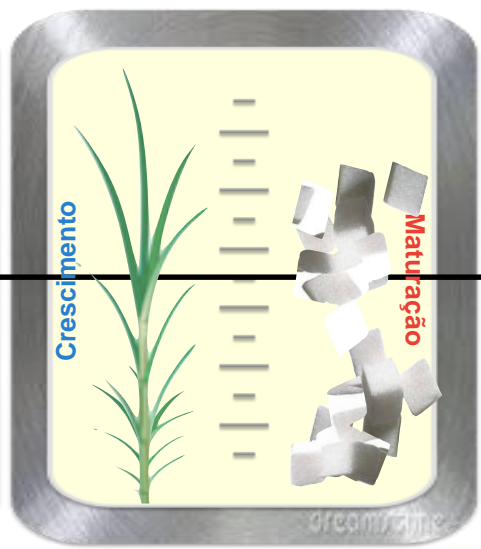
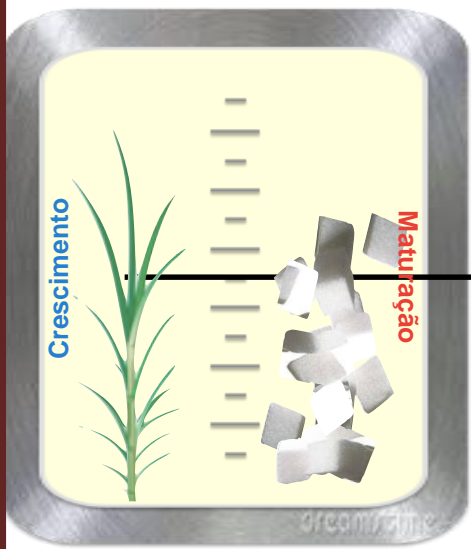
**Nutrientes**



**Maturadores**



**Pré Maturadores**



# Obrigado por viajarem comigo!!!



# Até a próxima viagem!!!



[crusciol@fca.unesp.br](mailto:crusciol@fca.unesp.br)  
(14) 99798-5500