

Feliz aquele que transfere o que
sabe e aprende o que ensina

Cora Coralina

Prof. J. L. Favarin

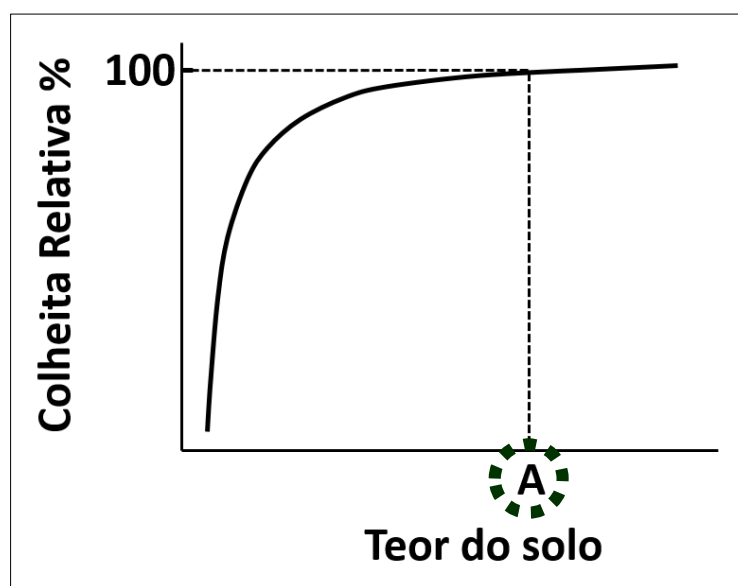
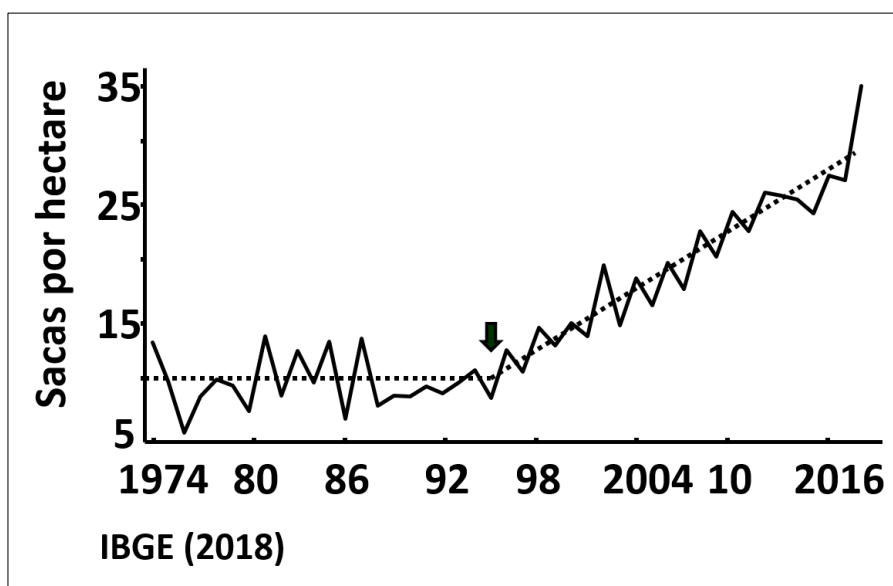
LPV 564 - Algodão, café e agroecologia

4ª aula - 28/agosto/2019



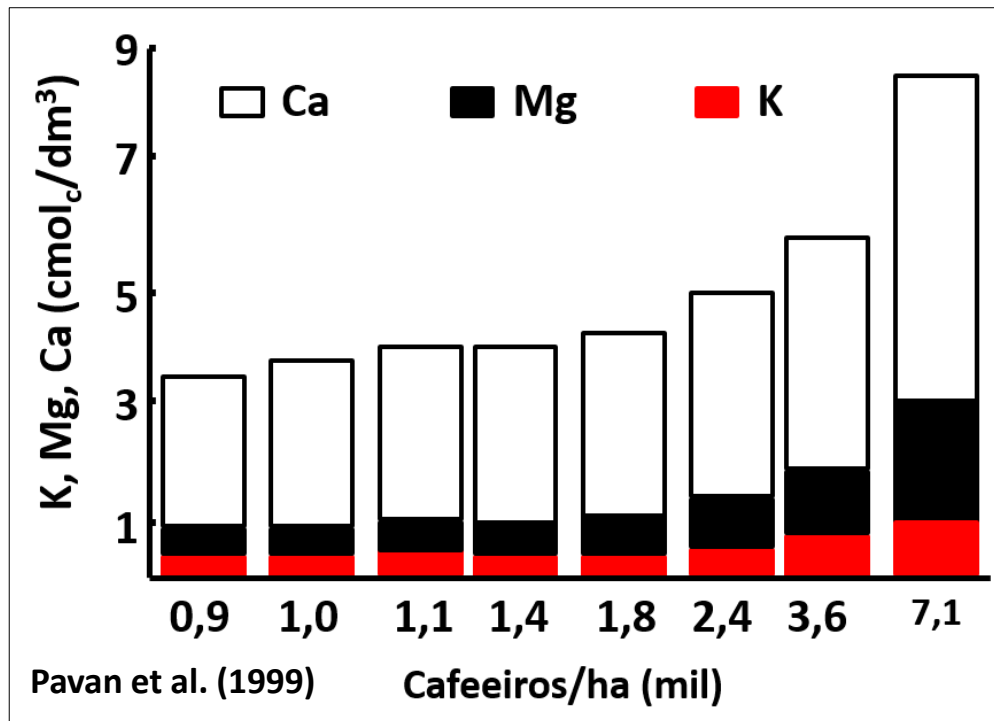
Produtividade. Substâncias orgânicas e minerais

Produtividade média, nos últimos 23 anos, foi de 10 para 32,5 sacas/ha, com os mesmos cultivares, pois 90% da produção ainda é Mundo Novo e Catuaí.



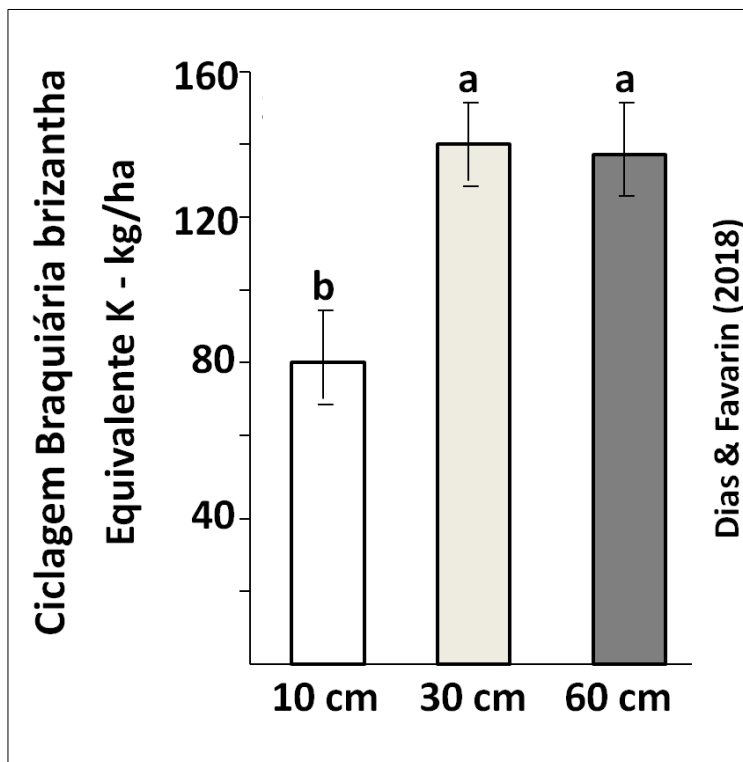
De menos de 2 mil plantas passou para mais de 5 mil/ha, e não raro produz mais de 100 sacas/ha. Por isso, a dose de N passou de 150 para 800 kg/ha, de P₂O₅ foi de 50 para 400 kg/ha e de K₂O de 150 para mais de 500 kg/ha.

Cafezais atuais. Mais raízes por volume de solo



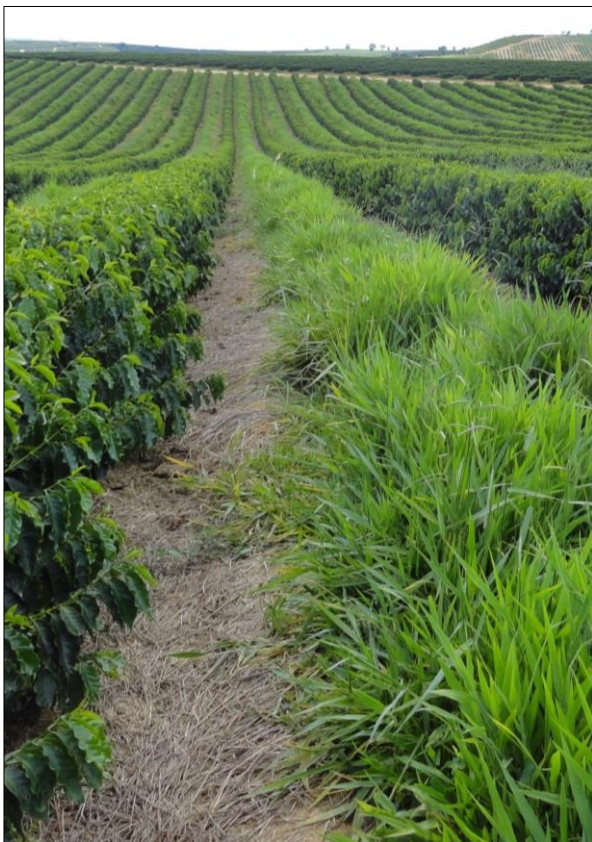
Aumento do número de cafeeiro por hectare cicla muitos nutrientes (mais raízes/volume de solo), e melhora a fertilidade do solo (Pavan et al. 1999). Por isso, a dose de nutrientes não precisava ser tão elevada (Figueiredo et al. 2006).

Cafezais atuais. Ciclagem de nutrientes



Forrageira cicla muito potássio (Rb como marcador de K), principalmente das zonas mais profundas do solo (aplicação sobre o solo, a 30 e a 60 cm).

Cafezais atuais - consorciado. Recuperação de N



Balanco N	150CF + 150BQ	300CF, sem BQ
	N (kg/ha)	%
Café - NCF	80 (53,3%)	115,8 (38,6%)
Café - NBQ	23 (15,3%)	-
C-BQ relação CF	3,4 (2,3%)	-
C-CF relação BQ	1,6 (1,1%)	-
Comp. liquida	1,8 (1,2%)	-
Lixiviação CF	9,9 (3,5%)	18,1 (6,1%)
Pedrosa (2013)		

Recuperação do nutriente ou aproveitamento pela planta, corresponde a fração que foi absorvida em relação à dose aplicada do elemento.

Composição vegetal. Planta, frutos e grãos

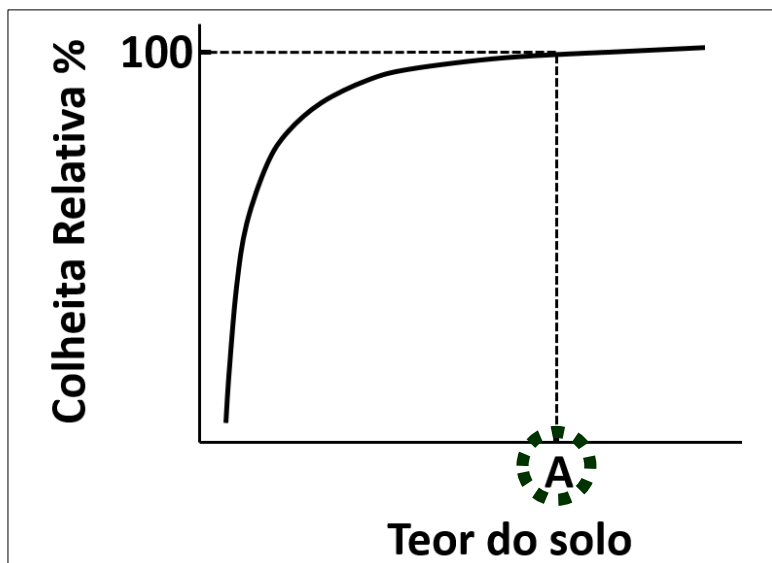
Produtividade (massa de grãos/ha) é limitada por três fatores: sol, água e nutrientes, e reduzida, principalmente, pelos fatores bióticos.

Composição	kg	Origem
C - carbono	45	Atmosfera Água
O - oxigênio	45	
H - hidrogênio	5	
Fotossíntese	95	
Nutrientes e não nutrientes	5	Solo e adubo, via água
Matéria seca	100 kg	



Captação da radiação - população de plantas. Água - absorção pela raiz do solo e subsolo. Nutriente depende do teor e da água para contato (FM e DI).

Fertilidade. Interpretação. Limite para a produtividade



DC (dose correção, kg/ha) = Ta - Tb

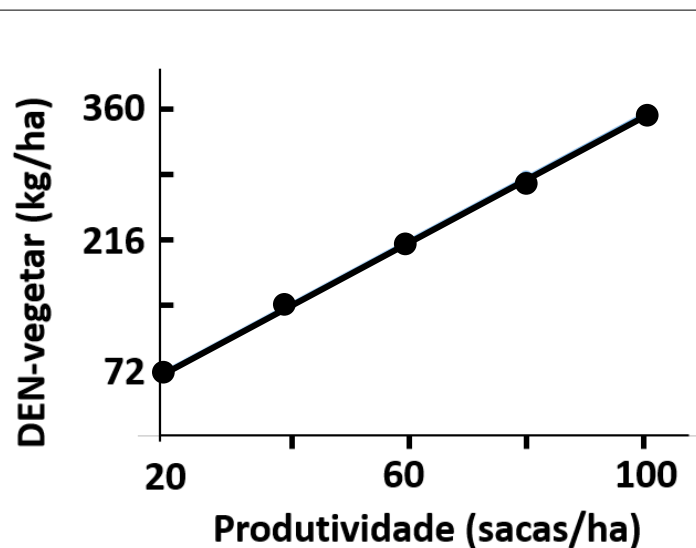
Ta, teor 100% CR, e **Tb** valor da análise.

Nutrientes/extrator	Teor A 100% CR
Fósforo (resina; mg/dm ³)	40
Potássio (resina; cmol _c /dm ³)	0,3
Potássio (Mehlich; mg/dm ³)	120
Magnésio (resina; cmol _c /dm ³)	0,9
Enxofre - Ca(H ₂ PO ₄) mg/dm ³	10
Boro - (H ₂ O quente; mg/dm ³)	1
Cobre - (DTPA-TEA; mg/dm ³)	5
Manganês - (DTPA-TEA; mg/dm ³)	6
Zinco - (DTPA-TEA; mg/dm ³)	10

Fertilidade - conceito estático (não considera água), é representada pelo teor do nutriente obtido na análise química, após extração em amostra de 20 cm de profundidade do solo, e relaciona com 90% a 100% da produção relativa.

Análise crítica de método - caso Procafé 2015

Demanda de nutrientes para vegetar (kg/ha) é diretamente proporcional a produção café (saca/ha) (Procafé, 2015). Pior, dose da safra baixa = safra alta.



20 sacas/ha - safra baixa

$$VE = 3,6 \times 20 = 72 \text{ kg/ha}$$

$$FR = 2,6 \times 20 = 52 \text{ kg/ha}$$

SB: 20 sacas/ha

$$DEN = 124 \text{ kg/ha}$$

SA: 60 sacas/ha

$$DEN = 372 \text{ kg/ha}$$

60 sacas/ha - safra alta

$$VE = 3,6 \times 60 = 216 \text{ kg/ha}$$

$$FR = 2,6 \times 60 = 156 \text{ kg/ha}$$

Excesso N

$$372 - 124 \text{ kg/ha}$$

248 kg/ha N

Dose para vegetar (VE): 3,6 kg N; 2,9 kg K_2O e 0,38 kg de P_2O_5 por saca/ha e frutificar (FR): 2,6 kg N; 3 kg K_2O e 0,23 kg P_2O_5 por saca/ha (Procafé, 2015).

Análise crítica de método - caso IAC 1997

Por que acrescentar 80 kg a 90 kg/ha de N à demanda (grãos + casca)? Não deixa claro a dose a ser aplicada para produtividade superior a 80 sacas/ha.

Produtividade sacas/ha	N	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O	Excesso/falta (kg/ha)		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
< <u>20</u>	120 (<u>40</u>)	20 (12)	70 (74)	+80	+8	-4
30 a 40	160 (<u>80</u>)	30 (24)	110 (148)	+80	+6	-38
50 a <u>60</u>	200 (<u>120</u>)	40 (36)	140 (222)	+80	+4	-82
70 a 80	250 (<u>160</u>)	50 (48)	170 (296)	+90	+2	-126
> 80	<u>300</u> (<u>210</u>)	60 (63)	200 (389)	+ <u>90</u>	-3	-189

(Grãos + casca): 2 kg N; 0,6 kg P₂O₅ e 3,7 kg K₂O por saca beneficiada café.

Mecanismos de contato de nutrientes

$$\psi_{\text{atmosfera}} = -5 \text{ a } -90 \text{ MPa}$$



$$\psi_{\text{Folha}} = -0,3 \text{ a } -0,6 \text{ MPa}$$

$$\psi_{\text{Raiz}} = -0,1 \text{ a } -0,6 \text{ MPa}$$

$$\psi_{\text{Solo}} = -0,01 \text{ a } -2 \text{ MPa}$$

$$FM = TR = V_{\text{H}_2\text{O}} \times [Cs]$$

Fluxo de massa (FM, TR): controlado pelo gradiente de potencial entre raiz e solo. No solo, o potencial varia entre -0,03 MPa (CC) e -1,5 MPa (PMP), ou seja, corresponde a água disponível (AD).

$$DI = Df \times \theta \times [dCs/dx]$$

Difusão (DI): é regulada pelo gradiente concentração entre o ponto A (massa/volume - o movimento cinético é a causa de bilhões de impactos/s entre íons e moléculas) e a rizosfera (deplecionada), através da solução solo.

Calcário. Correção do solo e subsolo (água)



Atributos solo	0 a 20	0 a 5
pH CaCl ₂	<u>4,5</u>	6,0
P (mg/dm)	12	62



Calcário: sal básico insolúvel (14 g/1000 L), reage solo ácido. Implantação do café, calcário ação residual fundo; café em produção use calcário reativo.





27 3 2007

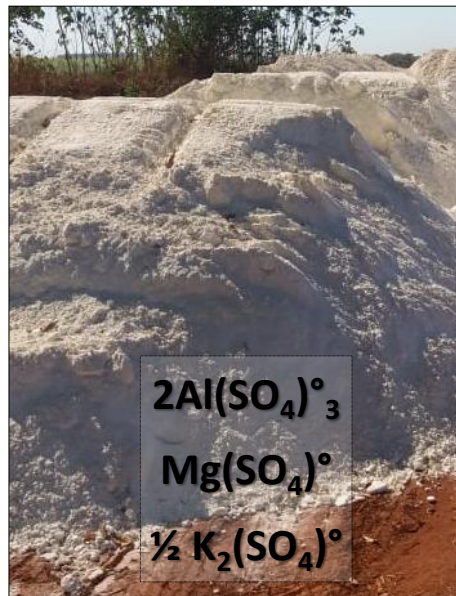


Fator limitante	Abaixo 30 cm
Saturação Al - %	> 20
Cálcio $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	< 1,0
Boro	deficiente



Gesso agrícola. Melhorador do subsolo (água)

Gesso - é um sal neutro solúvel, penetra no subsolo onde diminui toxidez de alumínio (Al^{3+}) e fornece cálcio (Ca^{2+}) e enxofre (SO_4^{4-}) às raízes.



Formação pares iônico: Al ($3/0,5\text{\AA} = 6$) > Mg ($2/0,65\text{\AA} = 3,1$) > Ca ($2/0,99 = 2$) > K ($1/1,33\text{\AA} = 0,8$). Café com raiz-subsolo sofre menos falta d'água na granação.

Gesso agrícola. Alguns resultados pesquisas!



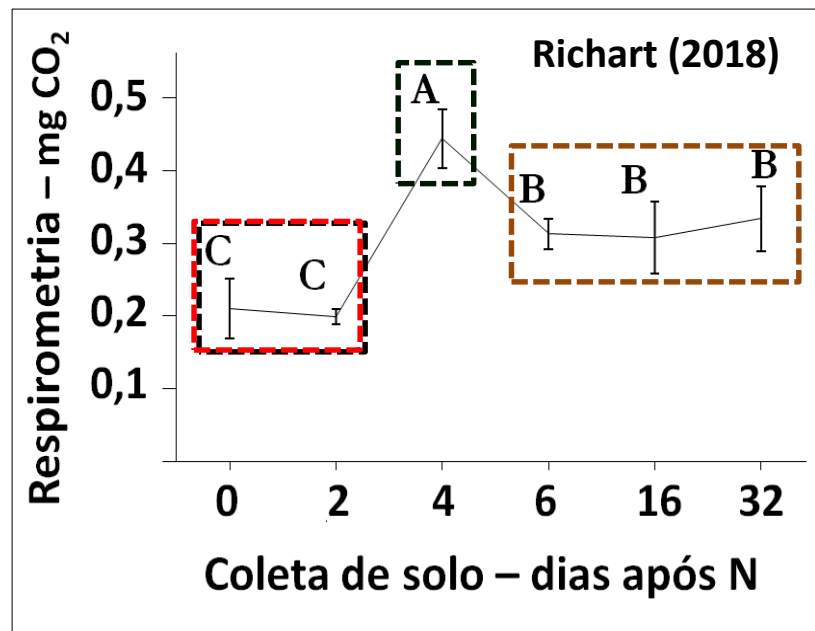
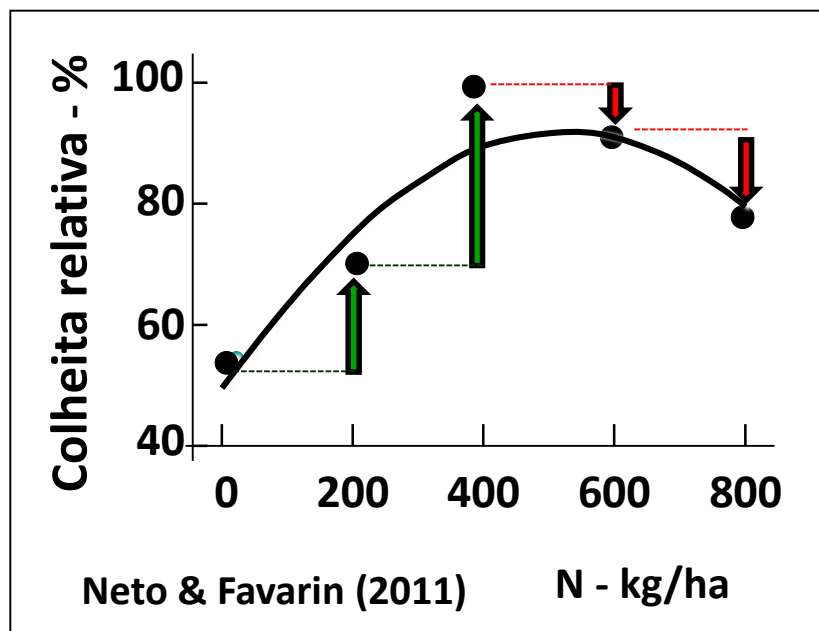
Tempo	Gesso - t/ha		
	0	14	56
	sacas/ha		
2 anos	49	61	56
4 anos	55	75	64
6 anos	53	71	61

Gesso		Irrigação	
t/ha	0	50%	100%
M - 3 safras		sacas/ha	
0	8c	<u>16</u> b	19b
10	<u>15</u> b	32a	25a

Fernandes - Uniube/Fazu

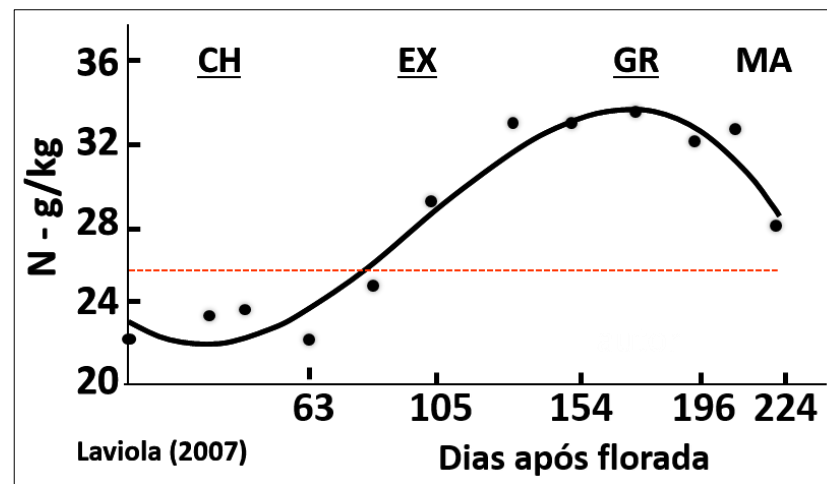
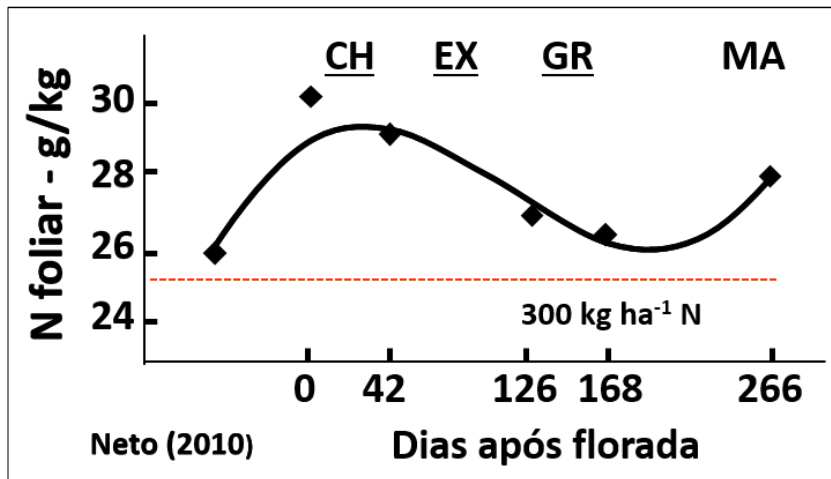
Dose nitrogênio. Curva dose-resposta

Exporta 2 kg/saca (grãos + casca), têm 16 g N/kg MS. Teor foliar adequado: 25 a 30 g/kg (IAC, 2018). Ação microbiana pela aplicação N na superfície do solo (chuva).



Não há critério para avaliar a disponibilidade de N no solo (98% N-org), e fornece mais 50% da demanda. Liberação depende: chuva, dose N e MO.

Adubar cedo. Metabolismo pode começar cedo!



Temperatura: religa o metabolismo do cafeeiro (10°C, dobra velocidade das reações). Nutriente aplicado cedo, a absorção inicia logo após a primeira chuva - demora algum tempo da absorção até chegar às folhas (fábrica).

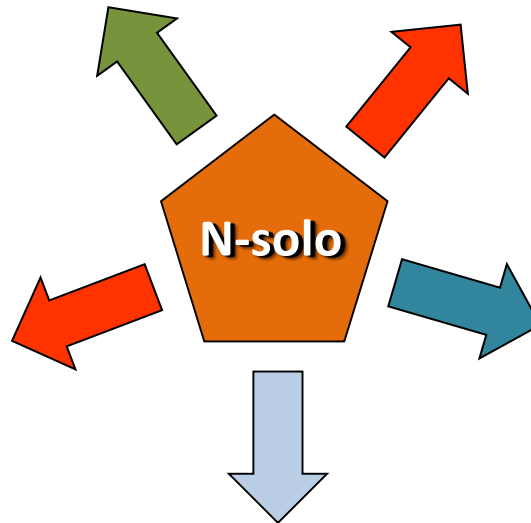
Dinâmica do nitrogênio no solo

Absorção (30 a 50%)

NH_4 , NO_3 , R-COONH_2 - o desafio é aumentar este valor!

Erosão (quanto?)

NH_4 , NO_3 , R-COONH_2
Não deveria, mas ainda há perda de nutrientes, a qual se dá por meio do deflúvio (H_2O - escoamento sobre solo).



Volatilização (maior 20%)

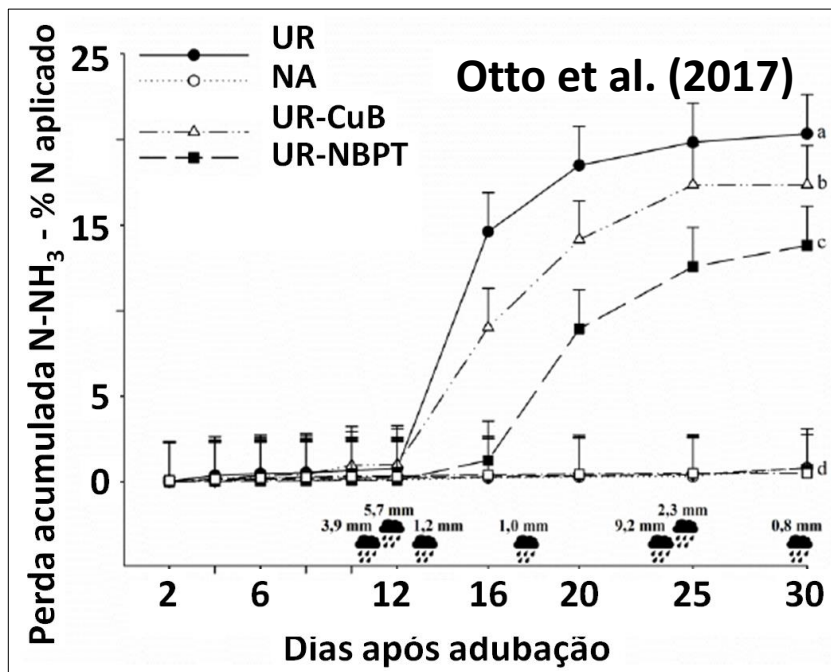
NH_3 - sabe-se bem como resolver, mas o problema é a operacionalização.

Imobilização (quanto?)

NH_4 e $\text{NO}_3 \Rightarrow \text{R-COONH}_2$.
Não é perda. Uma porção do N é imobilizada pelos organismos do solo por “certo tempo”.

Lixiviação (inferior a 8%)

NO_3 e NH_4 . E de K? (ciclagem via consórcio)



A volatilização da ureia comum pode ser muito elevada, superior a 30% da dose fornecida, por causa do pH (8 a 10) ao redor do grânulo.

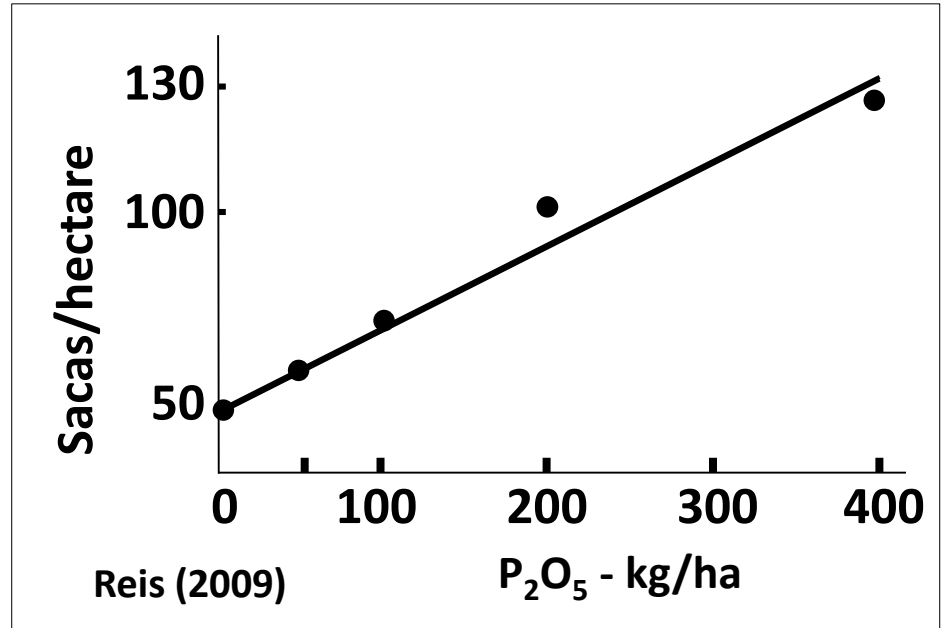
Absorção (ERNF) varia com a dose aplicada de nitrogênio (maior dose, eficiência menor). Lixiviação varia com a profundidade considerada.

N kg/ha	ERNF		Lixiviação N	
	kg/ha	%	kg/ha	%
200	149,2	74,6	2,6	1,3
400	164,4	41,1	14,8	3,7
600	273,0	45,5	45,6	7,6
800	228,8	28,6	104,0	13,0

Bortolotto (2010) LEM: 15% argila; 1,2% MO

Caso do nutriente fósforo. Embrapa-café

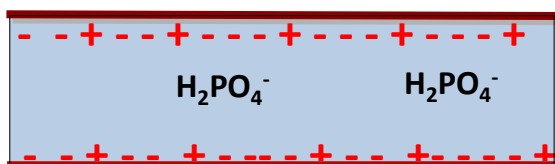
Café irrigado	Atributos solo
pH - CaCl₂	4,2
Saturação Al	46%
P-resina	4,6 mg/dm³
Mg	0,2 cmol_c/dm³
Teor P (90 a 100% CR): 15 a 40 mg/dm ³	



Não se faz avaliação de doses de P em solo com acidez muito alta (pH) e nível tóxico de Al. A maior parte do aumento da produtividade do cafeeiro resultou da precipitação do Al pelo nutriente fósforo (Al-P).

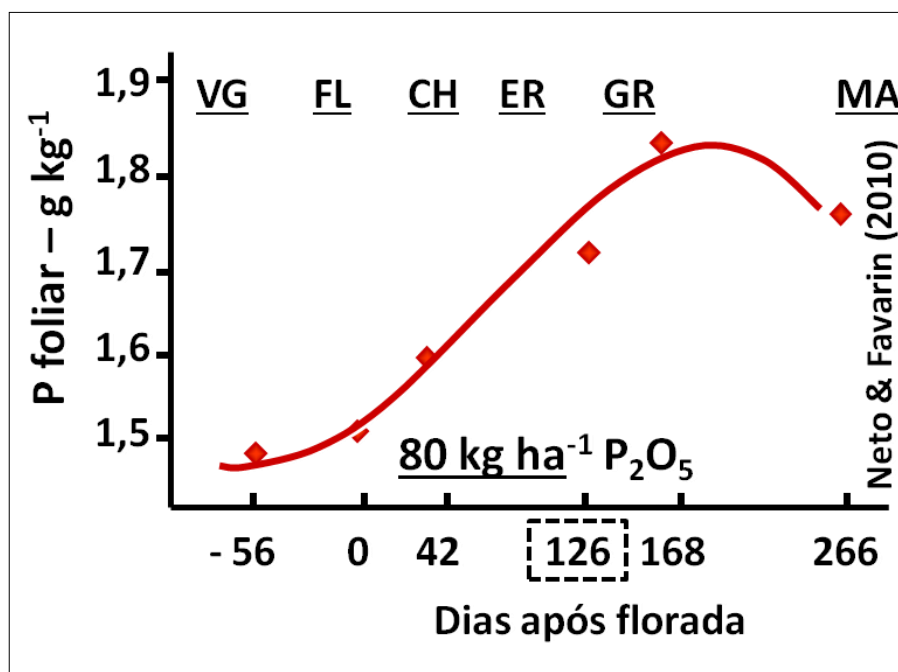
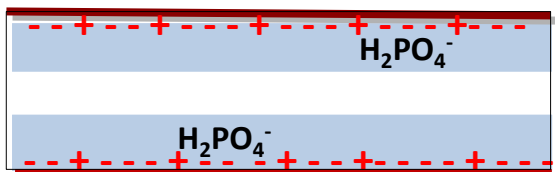
Dose de fósforo. Teor no solo é bom indicador

Solo fértil em P (30 mg/dm^3). Exporta (grão+ casca) $0,6 \text{ kg/saca}$ (P_2O_5), na vegetação têm $3,5 \text{ g P}_2\text{O}_5/\text{kg MS}$. Teor foliar - $1,2$ a 2 g/kg MS (IAC, 2018).



MPa	P-xilema $\mu\text{g/h}$
-0,01	5,99
-0,30	0,02

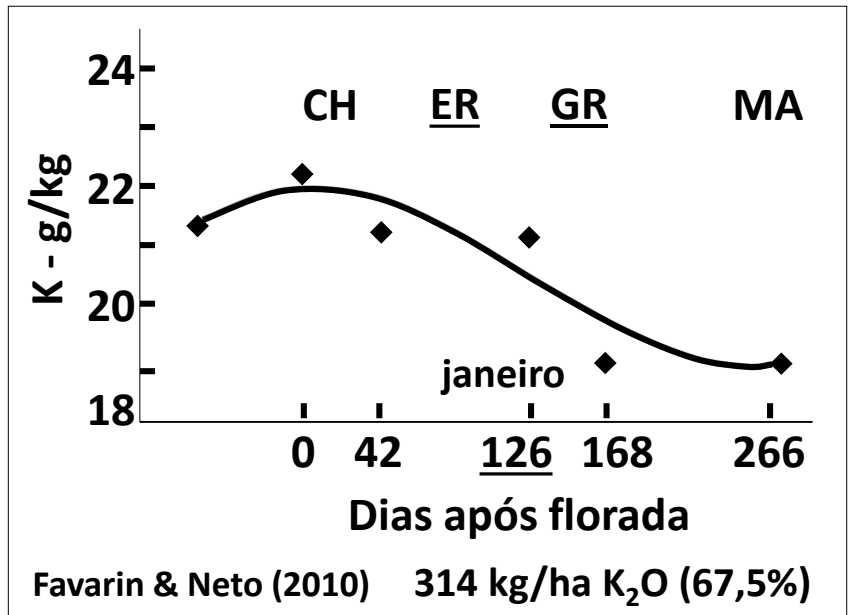
Ruiz et al. (1988)



Concentração de P foliar aumenta com a frutificação, um indicativo de o P ser pouco exigido pelo cafeeiro. Deficiência - seca e baixa temperatura.

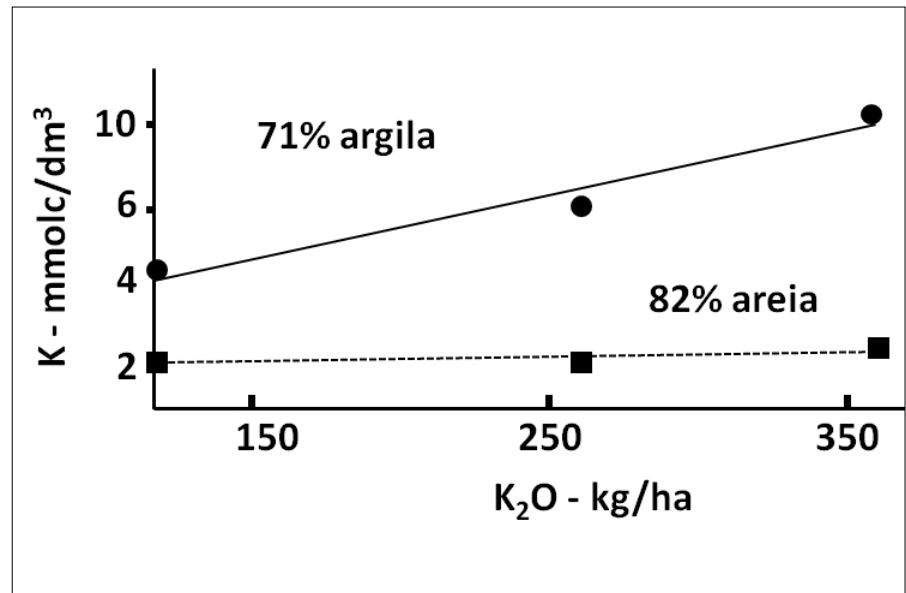
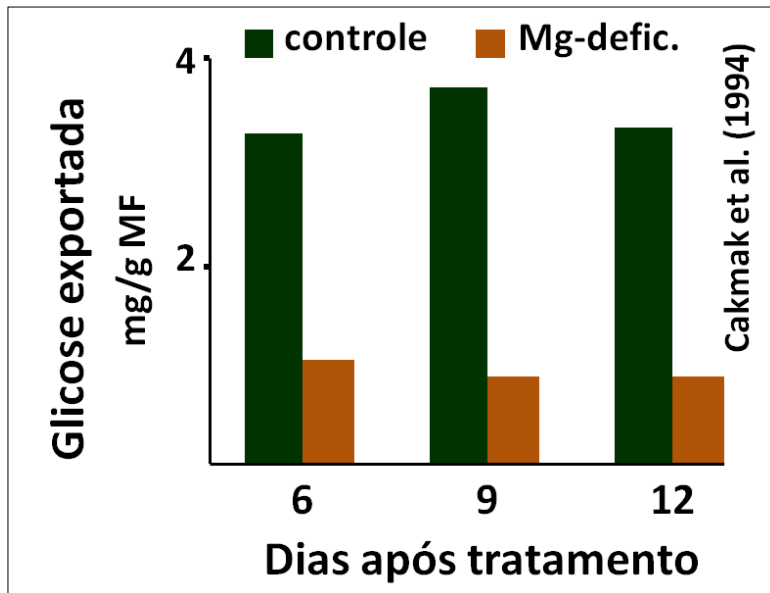
Cuidado com potássio. Monitorar a relação Mg/K no solo

Exporta (grão + casca) 3,7 kg/saca (K_2O), na vegetação têm 19 g K_2O /kg MS. Teor foliar - 20 a 30 g/kg MS (IAC, 2018). Muito K no solo **inibe** a absorção de **Mg**.



Teor de K do solo reduz rapidamente (safra alta), por que este elemento é muito exportado (25 sacas/ha retira 0,1 cmol_c/dm³ K, zona onde estão as raízes).

Teor alto potássio inibe absorção de magnésio



Cada 95 kg/ha de K₂O equivale ao fornecimento de 0,1 cmol_c/dm³.

Regra prática: "...o teor de potássio não deve superar o de magnésio" (Raij, 2011, p.268, final do segundo parágrafo).

Zinco e boro no cafeeiro. Solo e foliar

Concentração foliar adequada de Zn obtém-se com 3 a 4 aplicações foliares, por causa da baixa mobilidade da folha pulverizada à folha nova.

Zinco mg/dm ³	Folha mg/kg - 128 DAP	Ramo	Saca/ha
4,8	10,0	26,2	59,9a
116	13,0	39,5	45,6a
193*	11,8	83,0	55,1a
Tezotto & Favarin (2010) - DTPA - *morte			



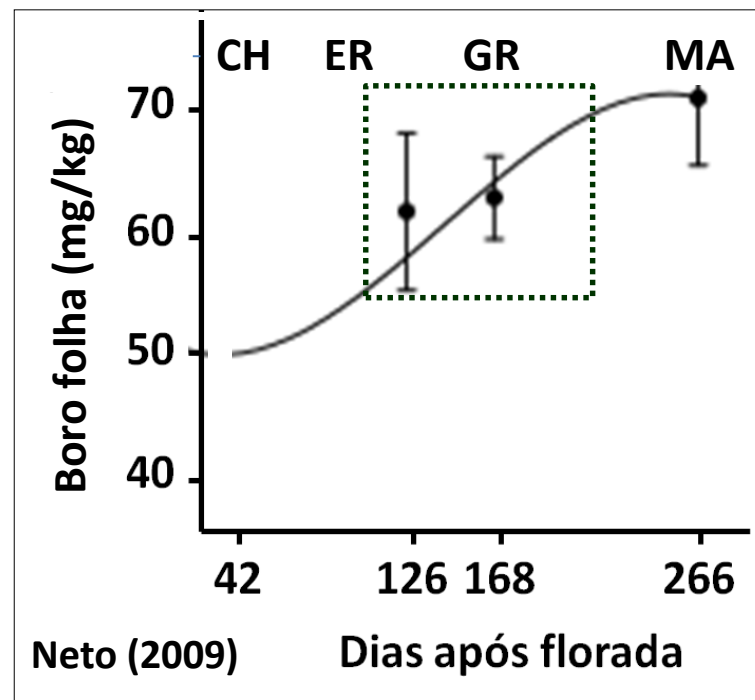
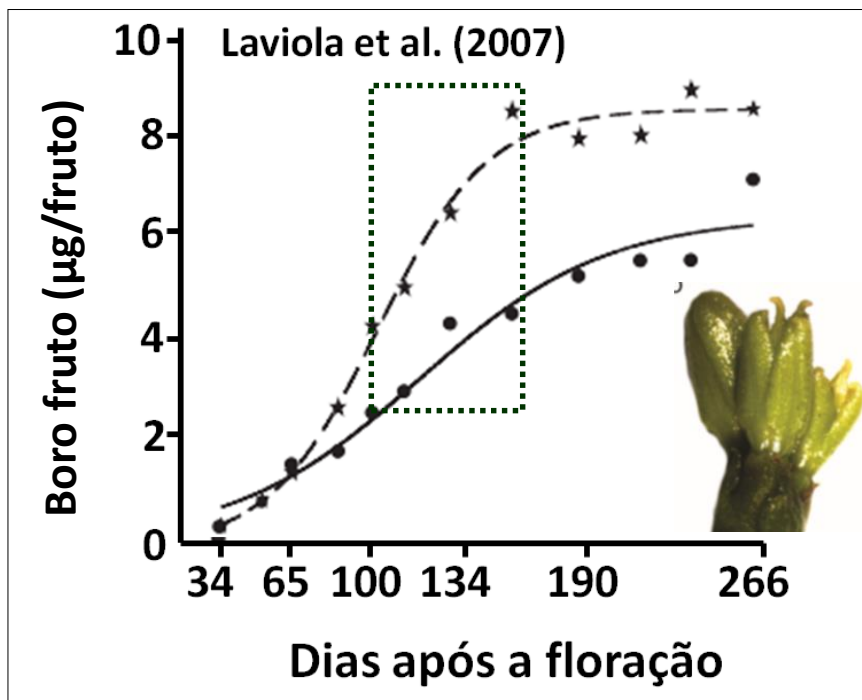
Deficiência de Zn



Deficiência de B

Não há resposta a Zn em solo com 5 a 10 mg/dm³. Carência de Zn corrige-se via foliar (solo argiloso) e via solo mais foliar (textura média/arenosa).

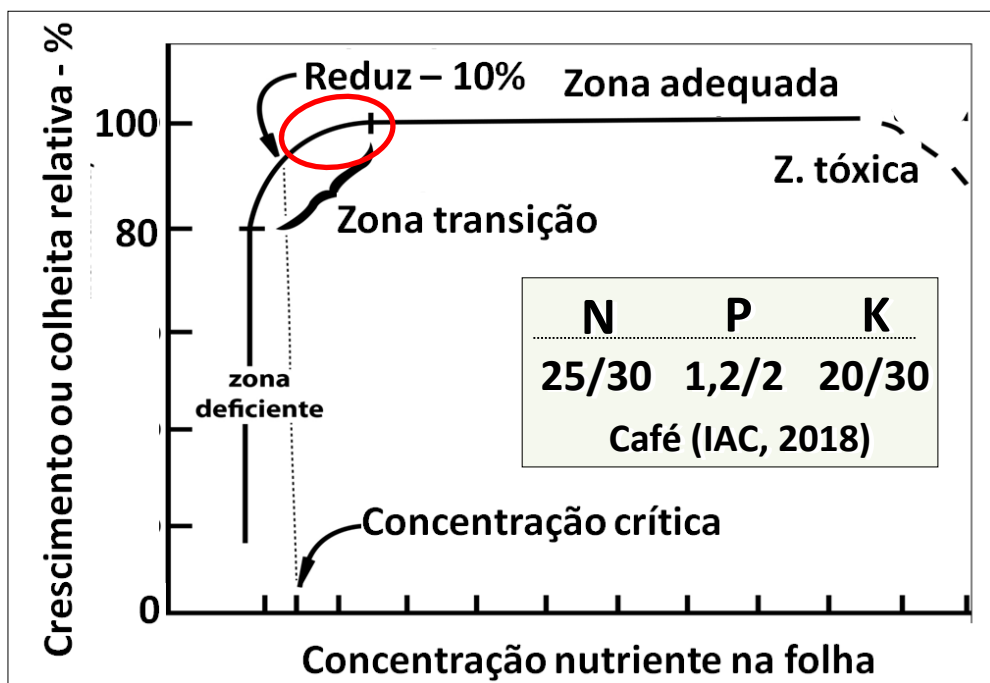
Boro não acumula solo. Deficiência comum café



Menos de 5% B aplicado na folha chega ao fruto (Leite et al., 2007). Formação de raízes e parte aérea precisa de B (90% estão nas paredes celulares). Café em solo com menos 2% de MO poderá sofrer carência de B.

Interpretação análise foliar: conceito e prática

Dentro de limite, há relação entre: teor x produção; teor x concentração e entre a produção x concentração (Malavolta, 1992).



Análise é a foto no dia da coleta da folha. Reflete fatos durante a formação do 3º par foliar (40 a 60 dias antes). Interpretação dinâmica não é fácil!



**Profissional inteligente sabe
praticar a teoria!**

J.L. Favarin

Até...

favarin.esalq@usp.br

Prof. José Laércio Favarin

Departamento de Produção Vegetal

Setor agricultura