



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
Programa de Pós-graduação em Recursos Florestais

Seminários Fertilidade e Manejo de Solos Florestais



MONITORAMENTO E DIAGNOSE NUTRICIONAL EM PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO

Alvaro Ramirez

Piracicaba, 29 de novembro de 2018

Sumário

INTRODUÇÃO

- Importância do Monitoramento Nutricional
- Relação entre estado nutricional e produtividade das árvores

DIAGNOSE VISUAL

- Sintomas de deficiências e toxicidade nutricionais em Eucalipto
- Outros sintomas não nutricionais

DIAGNOSE FOLIAR

- Fatores que afetam a concentração de nutrientes nas folhas
- Metodologia de Amostragem

VALORES DE REFERÊNCIA PARA DIAGNOSE NUTRICIONAL

- Níveis Críticos e Faixas de suficiência
- Métodos da Chance Matemática e DRIS
- Método da Matriz Nutricional

MONITORAMENTO NUTRICIONAL

Integração de:

Análise de solo - Análise de folhas - Diagnose visual - Crescimento das árvores

- ✓ Controlar o estado nutricional das árvores
- ✓ Ordem das limitações nutricionais
- ✓ Estimar o impacto na produtividade dos plantios

Adubações Corretivas
- ciclo atual -

Ajustes aos Programas de Adubação
- próximos ciclos -

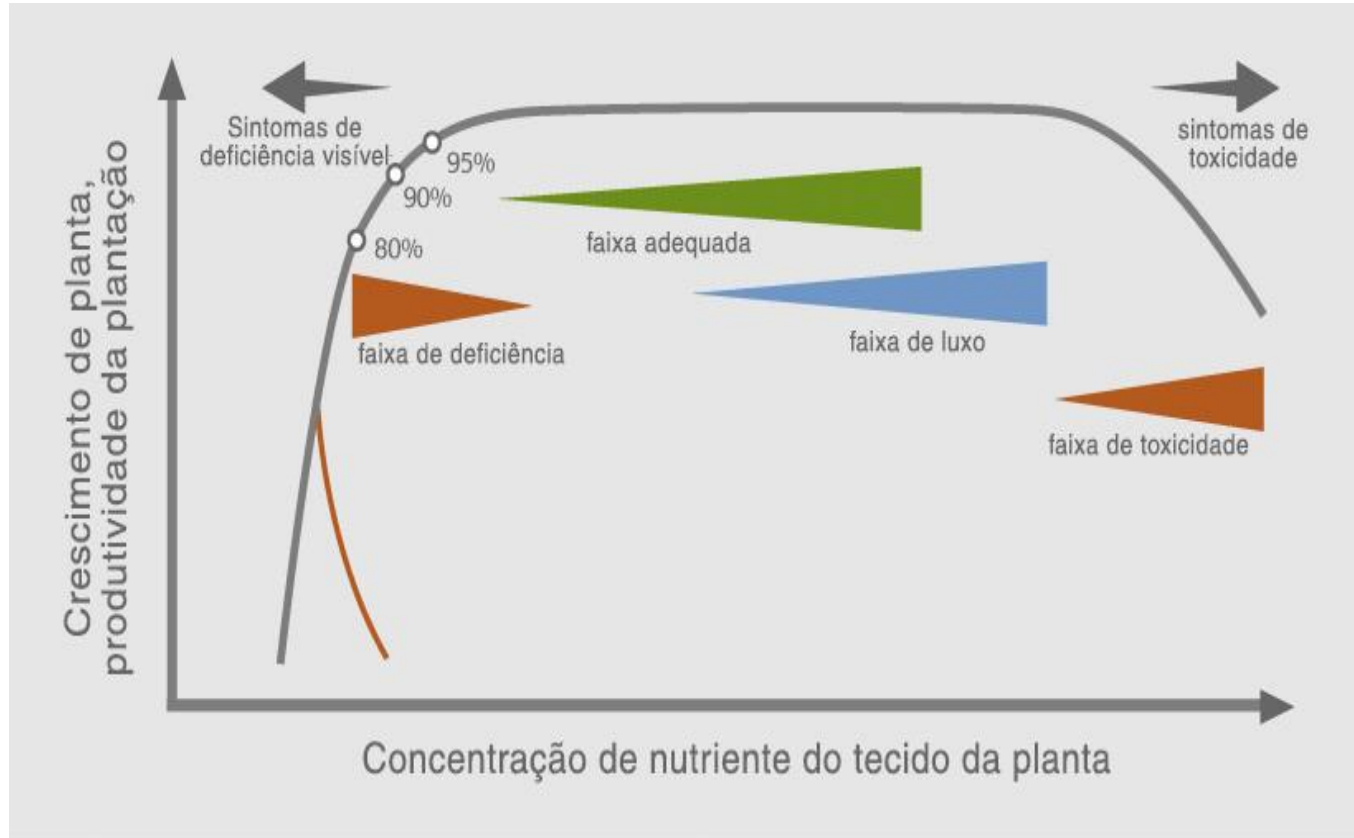
Manutenção de altas produtividades

Análise de Solo: estima o suprimento **potencial** de nutrientes pelo solo.

Análise de Folha: aproximação do suprimento **real** de nutrientes.

Ferramentas complementares

Modelo teórico para o relacionamento entre o teor do nutriente e a produtividade vegetal



Adaptado de Marschner (1995).

Relação entre Teor Foliar e Produtividade

As folhas são o órgão que melhor reflete o estado nutricional das árvores.

(Bellote e Silva, 2000)

A análise foliar reflete os fluxos de nutrientes do solo para as plantas.

(Silva, 2001)

As folhas respondem mais às variações no suprimento de um mineral.

(Malavolta, 1997)

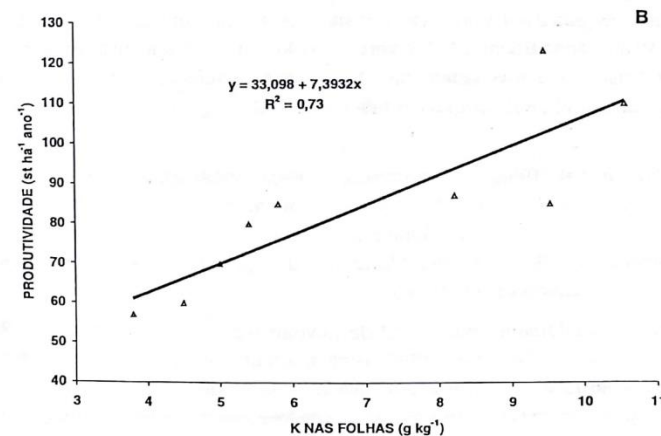
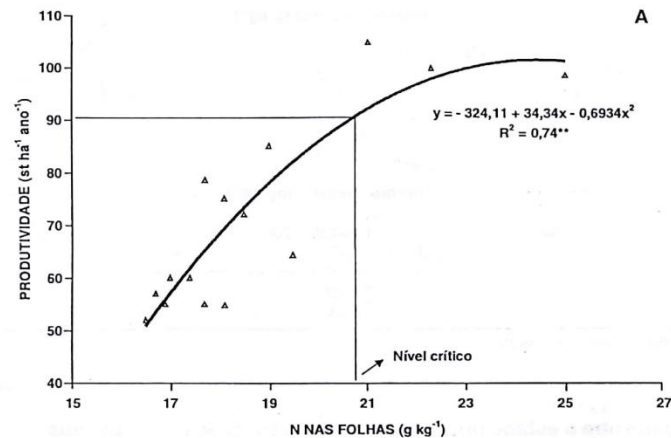


Figura 8. A e B: Relação entre a concentração foliar de N e K nas folhas e a produtividade de povoamentos de *E. saligna* na região de Capão Bonito-SP, respectivamente.

Fonte: Silveira et al (2000).

MÉTODOS DE DIAGNOSE NUTRICIONAL

- ✓ **Diagnose Visual**
- ✓ **Análise de tecidos: folhas principalmente**
- ✓ **Testes bioquímicos**
- ✓ **Medição indireta da clorofila**
- ✓ **Espectroscopia de refletância**

Na rotina...

Instrumentos na mão do produtor,
de fácil aplicação

Pesquisa...

Ainda não são de uso generalizado

A close-up photograph of a plant with numerous elongated, lanceolate leaves. The leaves are primarily green but feature prominent yellow-green variegation along the veins. Several thin, reddish-brown stems are visible, some running vertically and others horizontally. The leaves are densely packed, and some have small water droplets on their surfaces. The background is a soft-focus green, suggesting a natural outdoor setting.

DIAGNOSE VISUAL

DIAGNOSE VISUAL

É o processo de identificação de anormalidades visíveis (alteração na coloração das folhas, morte dos tecidos, redução de crescimento, etc.) devidas à deficiência ou ao excesso de um ou mais nutrientes na planta.

Por que os Sintomas são Típicos?

Pelo fato do nutriente exercer sempre as mesmas funções:

- a. Estruturais (Ex: N, P, S, Mg, Ca)
- b. Constituinte de enzimas (Ex: Mn, Cu, Zn, Mo)
- c. Ativador enzimático (Ex: Mg, Fe, Ca)

DIAGNOSE VISUAL

Vantagens:

- Rápido
- Fácil
- Baixo custo

Desafios:

- Prática e conhecimento da cultura.
- Requer acompanhamento sistemático.

Observação

Antes de aparecer o sintoma o crescimento já poderá estar limitado (fome oculta).

Sequência de eventos que conduzem aos sintomas

O sintoma visual tem um denominador comum para todas as espécies

Falta ou Excesso
↓
Alteração Molecular
↓
Modificação subcelular
↓
Alteração Celular
↓
Alteração no tecido
(= sintoma)

- Zinco
↓
< AIA
> Hidrólise de proteínas
↓
Paredes celulares mais rígidas
< Proteínas
↓
Células menores e em menor número
↓
Internódios mais curtos

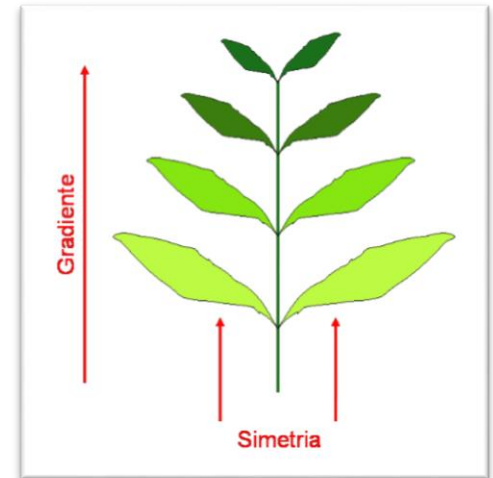
Fonte:
Malavolta et al (1997)

Aspectos a serem observados na diagnose visual

 Distribuição dos sintomas → na área

 Gradiente dos sintomas → na planta

 Simetria dos sintomas → na planta



1. Distribuição dos sintomas

- ✓ Ocorrência generalizada
- ✓ Grandes áreas do talhão, linhas de plantio, etc.
- ✓ Raramente ocorrem em pequenas áreas.



2. Gradiente dos sintomas



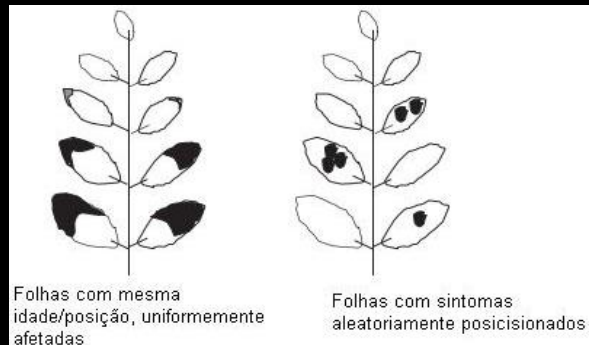
Imóveis: Ca e B

Pouco móveis: S, Cu, Fe, Mn, Zn

Móveis: N, P, K, Mg

3. Simetria dos sintomas

Ocorrem de maneira simétrica: nas folhas de ambos os lados dos ramos e da planta.



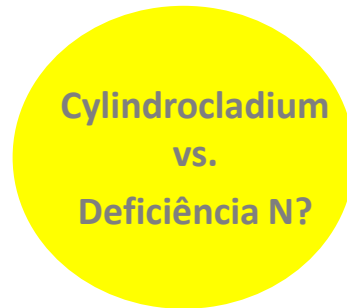
Deficiência Nutricional



Deriva de herbicida

Outros aspectos a serem observados na diagnose visual

✓ Ocorrência de Pragas e Doenças:



✓ Deriva de herbicida:

Sintomas visuais semelhantes a deficiência de **boro, zinco, fósforo**.

DEFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO



NITROGÊNIO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA



1. Folhas velhas apresentam coloração verde clara.



2. Amarelecidas e com pontos avermelhados ao longo do limbo



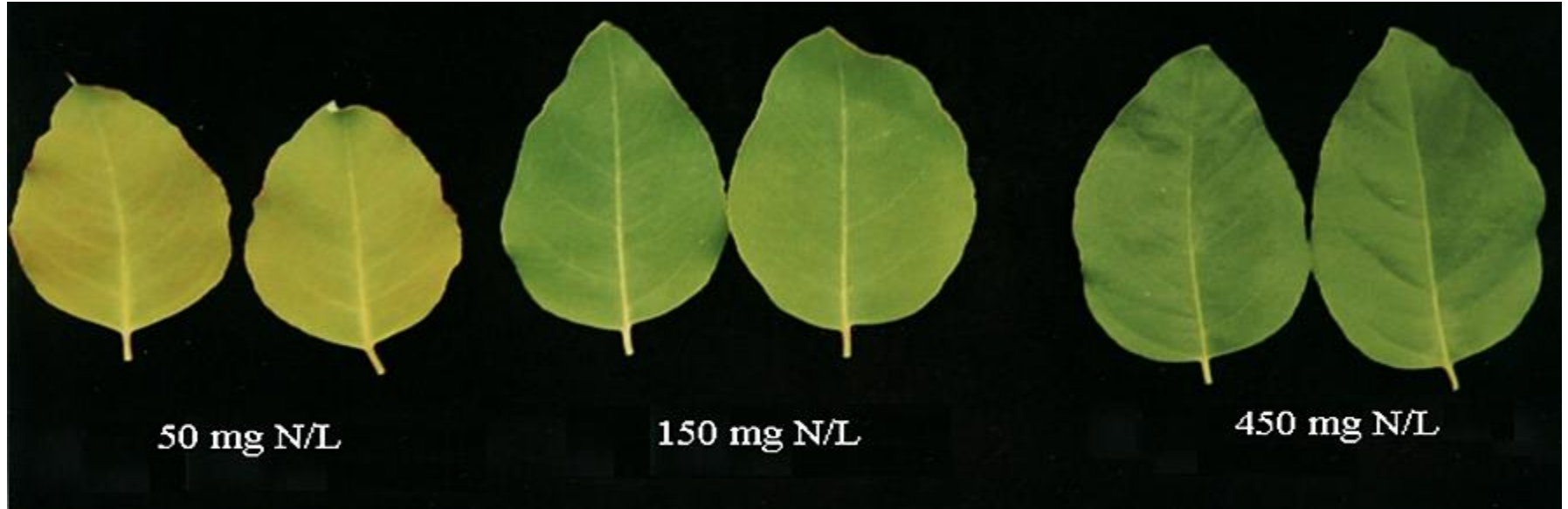
3. Os pontos cobrem todo o limbo.



4. Ocorrência de avermelhamento generalizado e senescência.

NITROGÊNIO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA

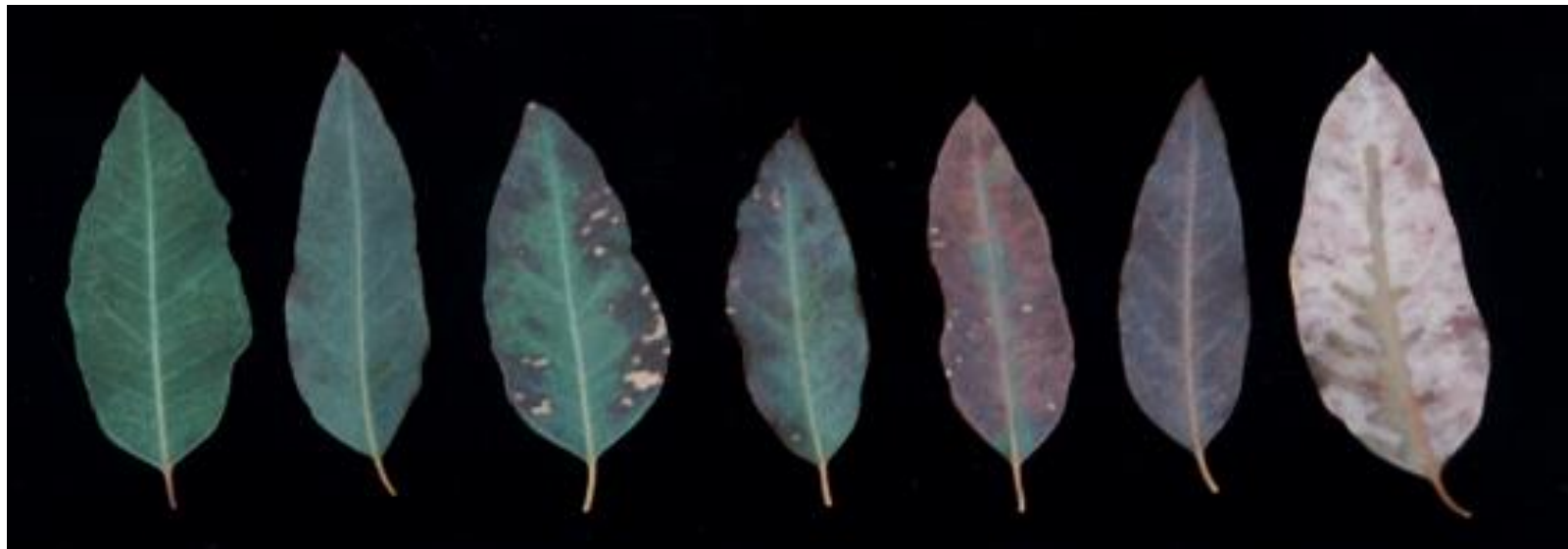


DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO



FÓSFORO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA



1. Folhas velhas apresentam coloração verde escura;



2. Coloração arroxeada próximo às nervuras;



3. Pontuações escuras ao longo do limbo;



4. No estágio final as pontuações tornam-se necróticas.

FÓSFORO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA



DEFICIÊNCIA DE POTÁSSIO



POTÁSSIO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA



DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO



CÁLCIO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA



1. As folhas novas mostram deformação ("falta pedaço") seguida de encarquilhamento.



2. Pode ocorrer morte das gemas apicais;



3. Baixa lignificação pode comprometer resistência a ventos;



4. Nos estádios mais avançados, pode ocorrer a seca de ponteiro.

CÁLCIO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA



DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO



MAGNÉSIO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA

1. As folhas velhas apresentam Clorose internerval;
2. Podem ocorrer outras manchas de cor marrom ou avermelhadas, com tamanho, forma e contornos variáveis;



MAGNÉSIO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA



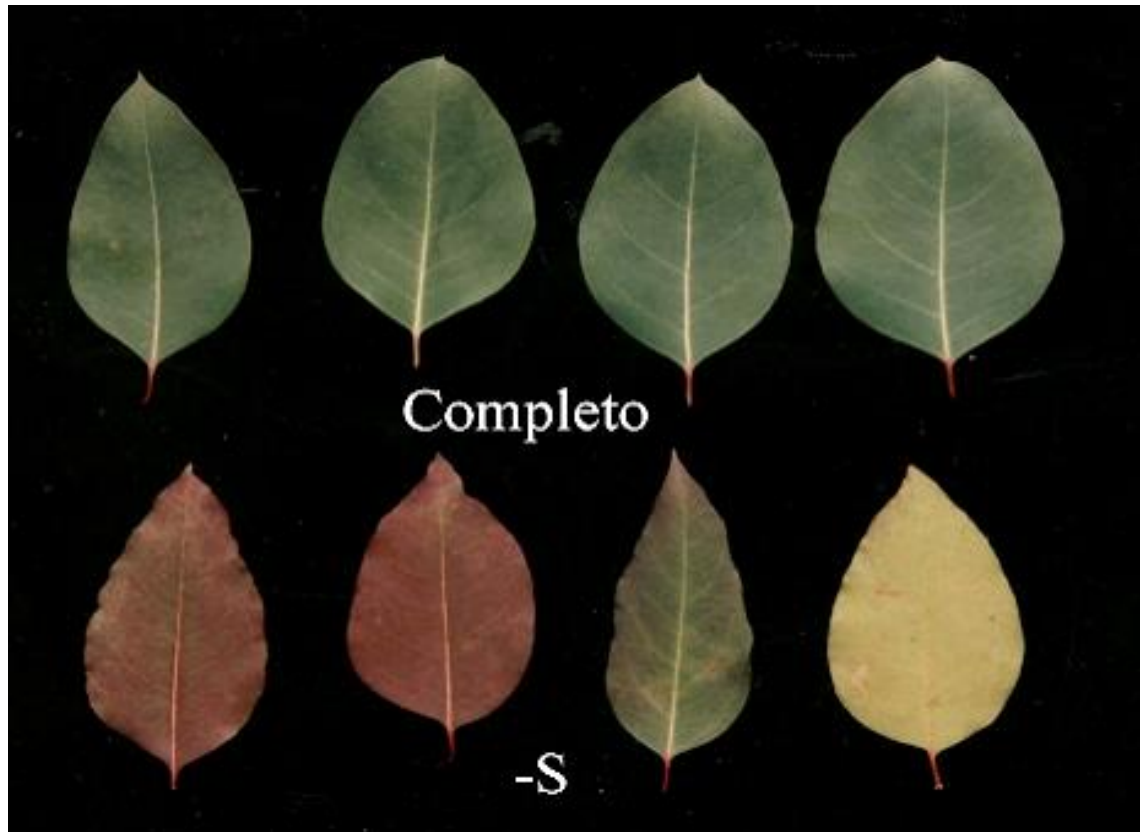
DEFICIÊNCIA DE ENXOFRE



ENXOFRE

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA

1. Folhas novas apresentam leve clorose (verde clara);
2. Folhas apresentam um amarelecimento e/ou avermelhamento uniforme no limbo foliar;
3. Pode ocorrer presença de pequenos pontos necróticos distribuídos ao acaso.



ENXOFRE

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA



DEFICIÊNCIA DE BORO



BORO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA

1. Folhas novas apresentam intensa clorose marginal e secamento das margens;
2. As nervuras tornam-se extremamente salientes seguida de necrose (aspecto de “costelamento”);
3. As folhas mais novas encarquilhadas e espessas;
4. Há perda de dominância apical causada pela morte da gema apical;
5. No estágio final, há seca de ponteiro e morte descendente dos ramos, com posterior superbrotação das gemas laterais, resultando na bifurcação do tronco e/ou quebra do ponteiro.



BORO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA



BORO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA



DEFICIÊNCIA DE COBRE



COBRE

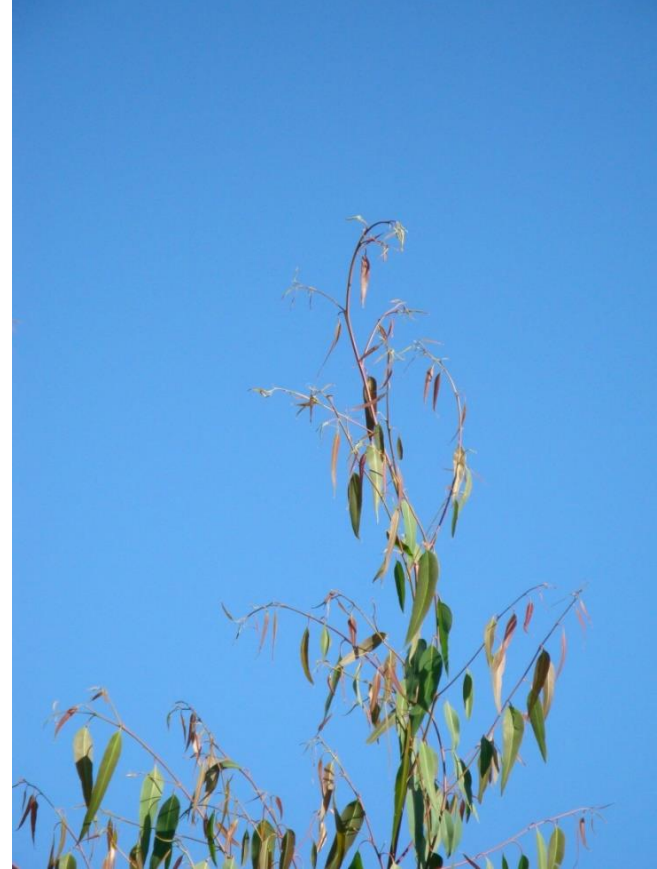
SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA

1. As folhas novas ficam deformadas;
2. Ocorre morte descendente dos ramos, caules e ramos tortuosos;
3. Os ramos e caule ficam “caídos” devido à perda de lignificação.



COBRE

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA



DEFICIÊNCIA DE FERRO



FERRO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA

1. As folhas novas apresentam clorose internerval com aparência de um reticulado fino;
2. As nervuras apresentam uma coloração verde-escuro;
3. O limbo foliar apresenta uma coloração verde-claro.



FERRO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA



DEFICIÊNCIA DE MANGANÊS



MANGANÊS

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA



DEFICIÊNCIA DE ZINCO



ZINCO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA

1. As folhas novas tornam-se lanceoladas, estreitas e pequenas;
2. Na região apical ocorre superbrotção das gemas com posterior perda da dominância;
3. A planta fica sem ponteiro dominante, tendo uma redução no crescimento em altura.



ZINCO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA





N



P



K



Ca



Mg



S



B



Cu



Zn



Fe



RESUMO – Causas de deficiências

CONDIÇÕES IDEIAS PARA MANIFESTAÇÃO DAS DEFICIÊNCIAS						
Nutriente	Teor Crítico	Materia Orgânica	pH solo	Textura do Solo	Umidade do Solo	Exceso de outro Nutriente
N	< 15 g/dm ³ MO	Baixa	Baixo	Arenoso	Baixa	-
P	< 8 mg/dm ³	Baixa	Baixo	Argiloso	Baixa	Ca
K	< 1 mmolc/dm ³	Baixa	Baixo	Arenoso	Baixa	Ca, Mg
Ca	< 8 mmolc/dm ³	Baixa	Baixo	Argiloso	Baixa	K, Mg, N
Mg	< 4 mmolc/dm ³	Baixa	Baixo	Arenoso	Baixa	K, Ca
S	< 10 g/dm ³ MO	Baixa	Baixo	Arenoso	Alta	-
B	< 0,3 mg/dm ³	Baixa	Baixo	Arenoso	Baixa	N
Cu	< 0,3 mg/dm ³	Alta	Alto	Argiloso	Alta	N, P, Calagem
Fe	< 4 mg/dm ³	Alta	Alto	Argiloso	Alta	Mn, Calagem
Mn	< 1,2 mg/dm ³	Alta	Alto	Argiloso	Alta	Fe, Calagem
Zn	< 0,4 mg/dm ³	Alta	Alto	Argiloso	Baixa	N, P, Calagem



OUTROS SINTOMAS

SALINIZAÇÃO POR ALTAS DOSES DE FERTILIZANTES



FITOTOXICIDADE DE BORO



TOXICIDADE DE ZINCO



TOXICIDADE DE ENXOFRE



Mais comum de ocorrer em viveiro

FITOTOXICIDADE POR GLIFOSATO



FITOTOXICIDADE POR HERBICIDAS



DÉFICIT HÍDRICO

Estado inicial



DÉFICIT HÍDRICO



FUNGOS

Dothiorella sp.



FUNGOS

Cylindrocladium sp.



Diagnose foliar

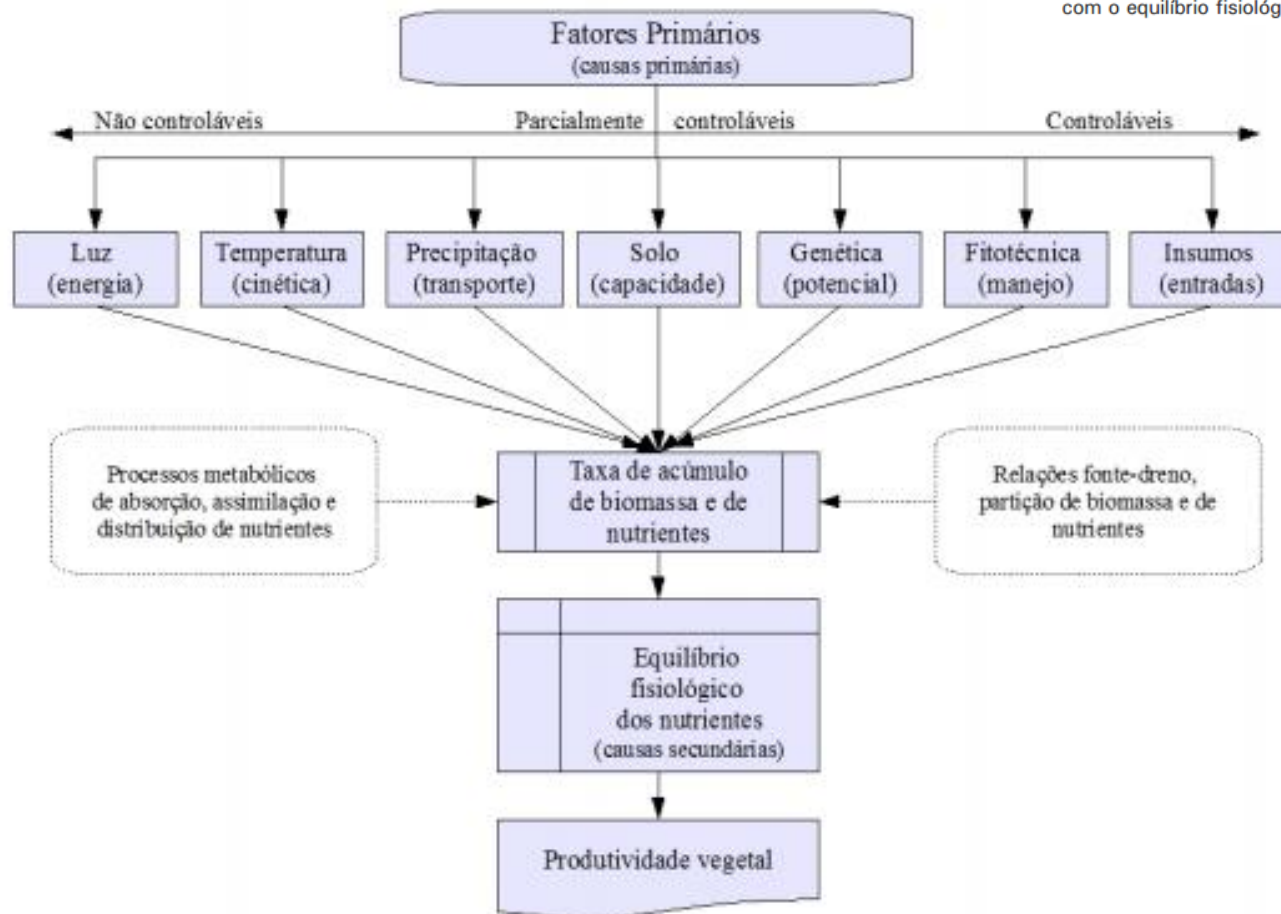
Consiste em analisar determinadas folhas em períodos específicos da vida das plantas para determinar seu estado nutricional, comparando com valores de referência estabelecidos a partir de plantas com alta produtividade.

Consiste em analisar o solo usando a planta como solução extratora.

Os teores foliares de nutrientes e suas relações são sensíveis à **idade** dos plantios, à **época** de amostragem, e às alterações no **manejo** de água e nutrientes, fatores que, portanto, influenciam a diagnose do estado nutricional em plantios jovens de eucalipto (Silva, 2006)

$$\text{Teor de Nutriente na Folha} = \frac{\text{Masa do Nutriente}}{\text{Masa Seca de Folha}} \longrightarrow f(\text{Clima, Genética, Idade, Solo})$$

Figura . Representação esquemática dos efeitos das causas primárias nos processos metabólicos de acumulação de biomassa e de nutrientes e sua relação com o equilíbrio fisiológico dos nutrientes e com a produtividade vegetal.



Fonte: Embrapa Acre. Wadt (2008).
Adaptado de Beaufils (1973)

Seasonal Changes in Foliar Nutrient Content of *E. grandis*

A.P.G. Schöna

Wattle Research Institute, University of Natal, Pietermaritzburg

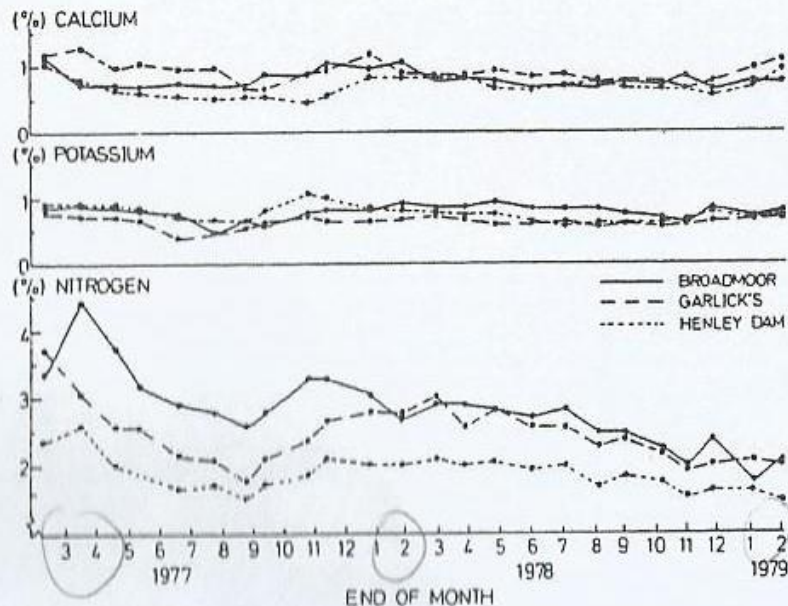


FIGURE 2. Variation of foliar N, K and Ca at the three sites during observation period.

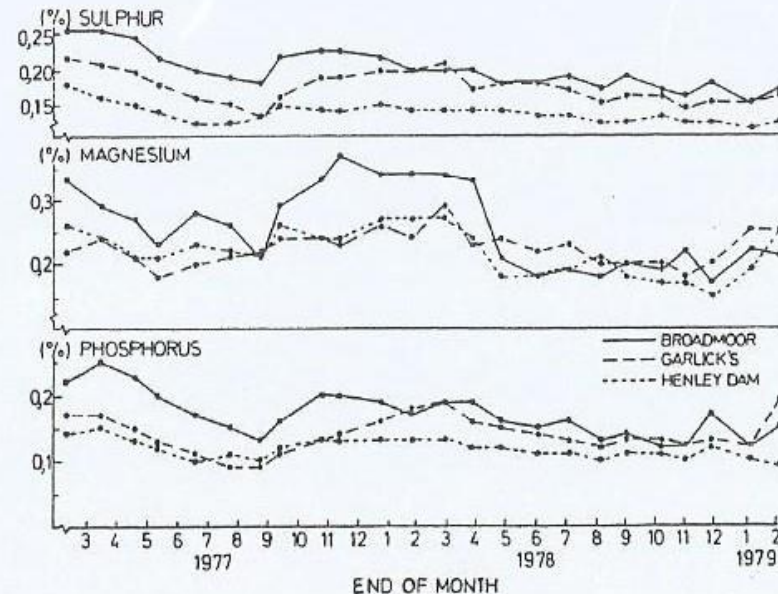


FIGURE 3. Variation of foliar P, Mg and S at the three sites during observation period.

VARIATIONS IN THE FOLIAR CONCENTRATIONS OF MACRO AND MICRO ELEMENTS IN A FAST-GROWING TROPICAL EUCALYPT

by D. LAMB

Forestry Department, P.O. Box 5055, Boroko, Papua New Guinea

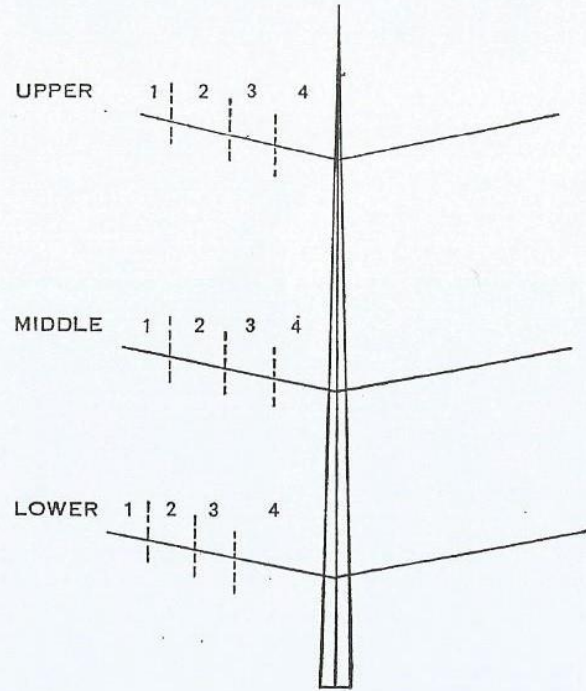
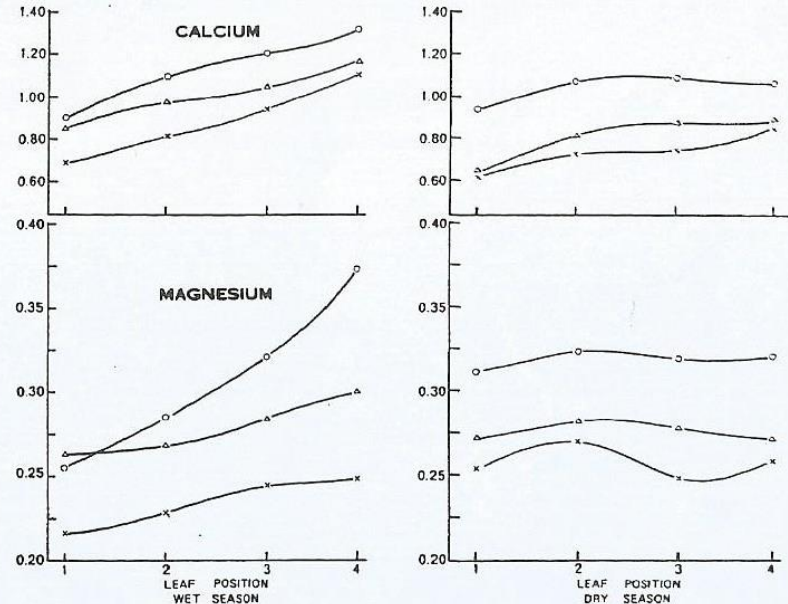
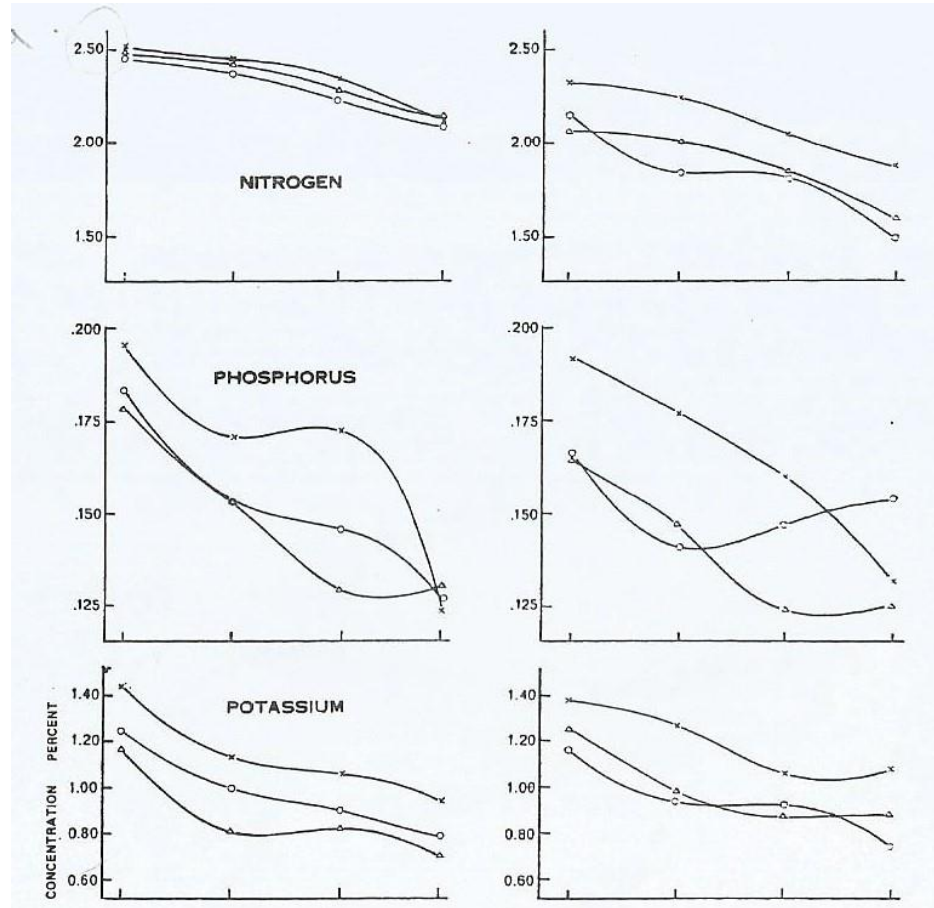


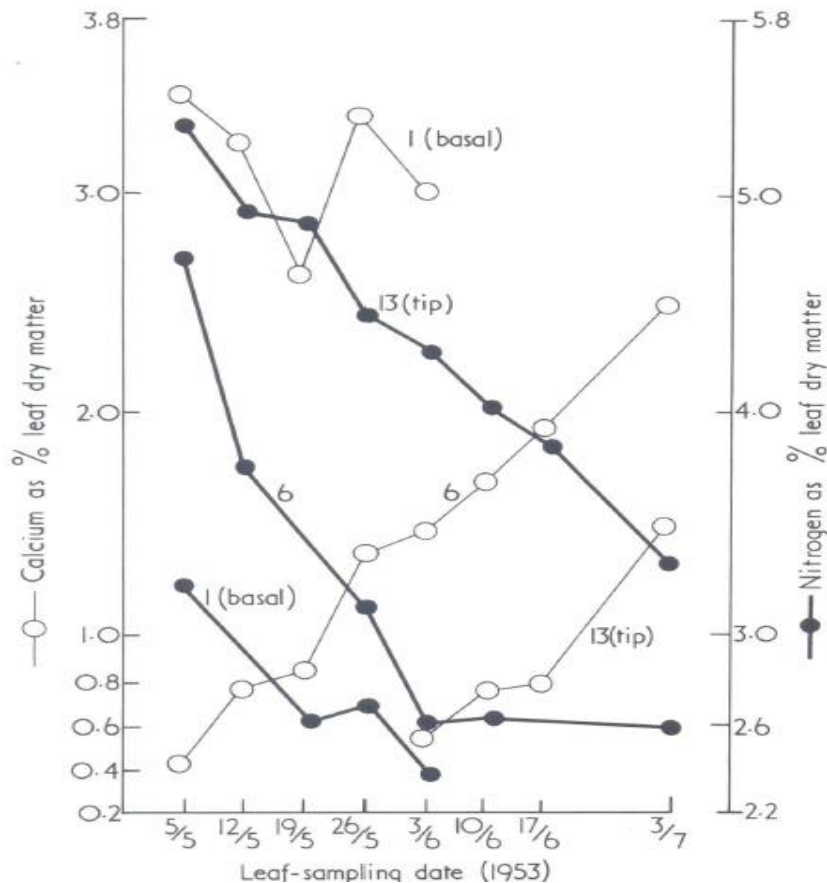
Fig. 1. Foliar sampling positions.

Macro-element concentrations in leaf dry weight at various crown positions during the wet and dry seasons.

Upper crown samples ×
mid crown samples Δ
lower crown samples ○







- Posição na copa
- Idade das árvores
- Época de colheita

São pontos críticos na amostragem de folhas para diagnose nutricional

Figure 5.2 Effect of position and time of sampling on the calcium and nitrogen status of blackcurrant leaves. From Bould, Bradfield and Clarke (1960) *J. Sci. Food Agric.* **11**, 229-42.

Fonte: Lavres Jr (2015).

Método de Amostragem

Época de amostragem:

- ✓ Na idade de maior crescimento das árvores (+/- 12 meses no eucalipto).
- ✓ Na época de maior expansão foliar, sem limitações hídricas ou térmicas: a partir da segunda metade da primavera e durante o verão.

Posição das folhas:

- ✓ Antes do fechamento de copas (sem sombreamento entre copas de árvores) amostrar uma folha de cada ponto cardeal do terço médio ou superior da copa.
- ✓ Depois do fechamento de copas, amostrar o terço superior da copa, onde as folhas estão expostas à luz solar.
- ✓ Folhas recém-maduras, com limbo foliar típico, localizadas entre a terceira e quinta inserção desde a ponta do ramo.



Posição dos ramos para coleta das folhas no terço superior da copa



Folhas a serem coletadas em cada ramo.



Sentido dos ramos no terço superior da copa para coleta das folhas.

Método de Amostragem

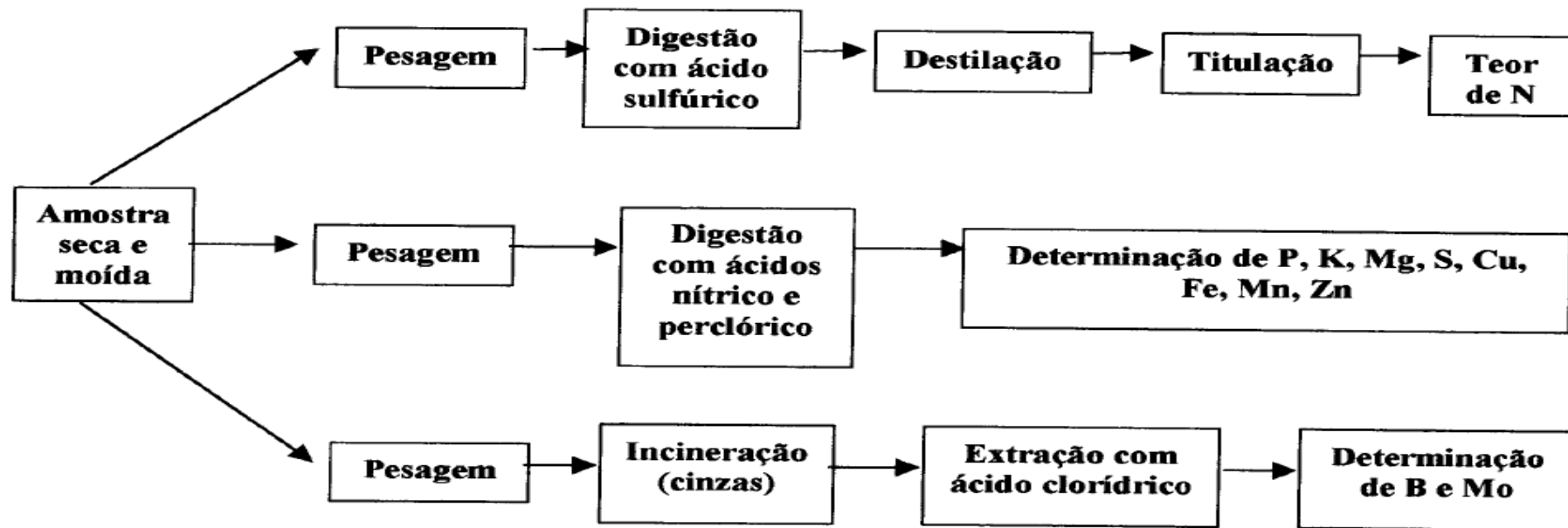
Características do material:

- ✓ Amostrar somente folhas inteiras, sem injurias mecânicas.
- ✓ Evitar folhas com sintomas visuais de doenças ou ataque de pragas.

Intensidade amostral:

- ✓ Mínimo 20 árvores por talhão apresentando solo, topografia e manejo homogêneas
- ✓ As árvores deverão ser escolhidas de forma aleatória.
- ✓ Evitar árvores dominadas ou localizadas nas bordaduras do talhão.

Procedimentos em Laboratório:



Passos para a determinação analítica dos nutrientes em laboratório

Valores de Referência para Diagnose Nutricional

Diversos métodos:

- **Níveis Críticos (NC)**
- **Chance Matemática (ChM)**
- **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)**
- **Índices Balanceados de Kenworthy (IBK)**
- **Diagnose da Composição Nutricional (CND)**

Valores de Referência para Diagnose Nutricional

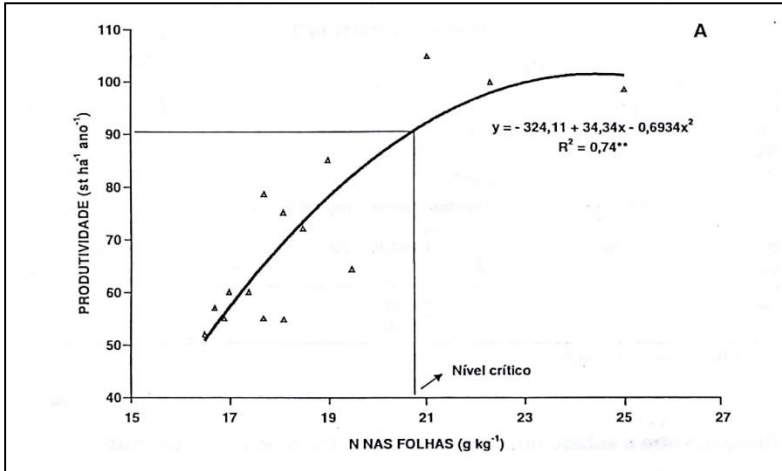
Diversos métodos:

- Níveis Críticos (NC)
- Chance Matemática (ChM)
- Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)
- Índices Balanceados de Kenworthy (IBK)
- Diagnose da Composição Nutricional (CND)

- Os teores de nutrientes **nas folhas** correlacionam mais com o **crescimento futuro** do povoamento, enquanto que, em plantios adultos, os teores no lenho correlacionam melhor com o crescimento já obtido (Wadt et al, 1999).
- As normas são influenciadas pelo local de crescimento das florestas de eucalipto, devendo ser utilizadas normas específicas para cada **condição edafoclimática** (Silva et al, 2005).

Nível Crítico (NC)

- É o teor de um determinado nutriente nas folhas associado a **90%** da produtividade máxima (CANTARUTTI et al, 2007).
- Na prática: teor abaixo do qual a produção é reduzida, e acima do qual a adubação deixa de ser econômica ---**NC fisiológico-econômico** (MALAVOLTA et al, 1997).



Limitantes:

1. Exps. de calibração demandam muito tempo
2. Os valores obtidos devem ser aplicados na avaliação de plantas crescendo em condições semelhantes às utilizadas nos testes

Faixas de Suficiência

- Maior precisão em relação ao NC.
- Quando a amplitude da faixa é muito grande pode haver perda de acurácia na diagnose.

...Qual é a produtividade média associada aos valores de referência que estou usando?

Exemplos de Faixas de suficiência para *Eucalyptus* encontradas na literatura

M	Dell et al (1995) ¹	Herbert (1996) ²	Judd et al (1996) ²	Gonçalves (2011) ³	Malavolta et al (1997) ³	Wadt et al* (1998) ¹
	China e Filipinas	África do Sul	Austrália	Brasil	Brasil	Brasil
	----- g kg ⁻¹ -----					
N	18,0 - 29,0	12,5 - 33,5	7,8 - 31,6	21 - 30	14,0 - 16,0	18 - 22
P	1,5 - 2,6	1,0 - 3,5	0,1 - 2,7	1,0 - 1,3	1,0 - 1,2	0,7 - 1,1
K	9,0 - 15,0	3,6 - 11,9	5,3 - 14,3	5,5 - 8,5	10 - 12	5,3 - 7,9
Ca	2,1 - 7,5	5,6 - 18,2	3,8 - 13,8	3,5 - 6,0	8,0 - 12,0	4,4 - 5,9
Mg	1,1 - 3,6	2,1 - 6,2	1,5 - 4,4	2,0 - 3,0	4,0 - 5,0	2,5 - 2,9
S	1,2 - 2,9	1,0 - 2,9	-	0,5 - 1,5	1,5 - 2,0	1,2 - 1,7
	----- mg kg ⁻¹ -----					
Cu	4 - 13	2 - 26	-	7 - 10	8 - 10	-
Fe	41 - 98	29 - 353	-	70 - 200	150 - 200	-
Zn	13 - 29	8 - 32	-	10 - 18	40 - 60	-
Mn	134 - 2316	129 - 6005	-	100 - 800	100 - 600	-
B	13 - 30	15 - 47	-	30 - 60	40 - 50	-

(1) *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. (2) *Eucalyptus grandis*. (3) *Eucalyptus* spp.

*Árvores 4 – 8 anos de idade

Método da Chance Matemática (ChM)

Permite a determinação das faixas de suficiência para um fator de produção, onde a faixa ótima corresponde ao intervalo de valores do fator em que se espera obter a máxima produtividade.

$$\text{ChM}_i = [(P(A_i/A) \times \text{PROD}_i) \times (P(A_i/C_i) \times \text{PROD}_i)]^{0,5}$$

- ChM_i = chance matemática na classe “i”
- $P(A_i/A)$ = frequência de talhões de alta produtividade na classe “i”, em relação ao total de talhões de alta produtividade ($A = \sum A_i$)
- $P(A_i/C_i)$ = frequência de talhões de alta produtividade na classe “i”, em relação ao total de talhões da classe “i”
- PROD_i = produtividade média dos talhões de alta produtividade na classe “i”. Talhões com produtividade acima do $Q_{0,75}$.

Nutriente	Classe	LI	LS	P (Ai/A)	P (Ai/Ci)	IMAVi	CHMi
		g kg ⁻¹				m3 ha ano ⁻¹	
N	1	14,35	16,00	0	0	-	-
	2	16,00	17,65	0	0	-	-
	3	17,65	19,31	0,045	0,143	55,3	4,456
	4	19,31	20,96	0	0	-	-
	5	20,96	22,61	0,182	0,267	63,2	13,921
	6	22,61	24,26	0,136	0,167	61,6	9,280
	7	24,26	25,91	0,318	0,389	61,2	21,535
	8	25,91	27,57	0,273	0,429	59,6	20,377
	9	27,57	29,22	0,045	0,100	63,1	4,251
	10	29,22	30,87	0,091	0,333	56,0	9,754
P	1	1,04	1,15	0	0	-	-
	2	1,15	1,27	0,042	0,125	66,7	4,810
	3	1,27	1,38	0,083	0,222	55,7	7,577
	4	1,38	1,49	0,042	0,071	68,0	3,707
	5	1,49	1,61	0,125	0,250	64,1	11,326
	6	1,61	1,72	0,250	0,400	60,8	19,225
	7	1,72	1,83	0,250	0,500	59,4	20,999
	8	1,83	1,94	0,125	0,333	55,6	11,359
	9	1,94	2,06	0,083	0,500	63,9	13,050
	10	2,06	2,17	0	0	-	-
B	1	26,00	32,70	0	0	-	-
	2	32,70	39,40	0,167	0,267	60,9	12,847
	3	39,40	46,10	0,292	0,280	61,5	17,581
	4	46,10	52,80	0,292	0,350	59,7	19,066
	5	52,80	59,50	0,208	0,417	61,5	18,121
	6	59,50	66,20	0	0	-	-
	7	66,20	72,90	0,042	0,167	54,5	4,539
	8	72,90	79,60	0	0	-	-
	9	79,60	86,30	0	0	-	-
	10	86,30	93,00	0	0	-	-

-Teores foliares classificados em ordem crescente e distribuídos em n^{0,5} classes.

- População de referência: plantios de alta produtividade (Q 0,75)

Faixas Adequadas

N: 21 – 28

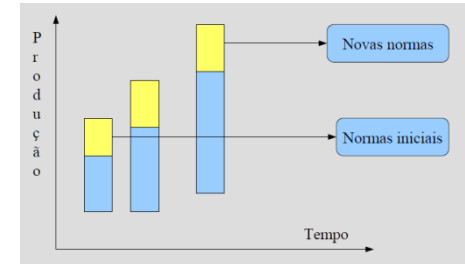
P: 1,5 – 2,0

B: 33 - 60

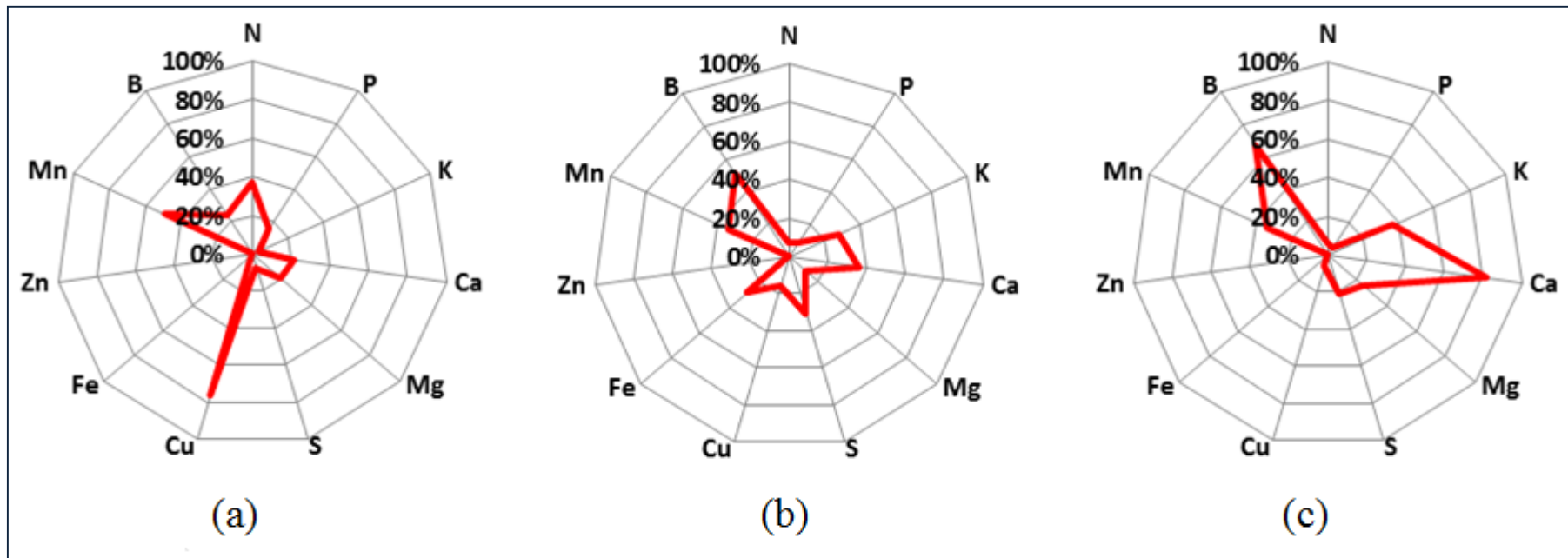
Método da Chance Matemática (ChM)

Vantagens

- Possibilidade de aproveitar dados de monitoramento nutricional de talhões comerciais, diminuindo consideravelmente o tempo de estimativa dos valores de referência.
- Compatível com as condições eco-fisiológicas e tecnológicas (práticas culturais, material genético) do local de crescimento das árvores.
- As normas podem ser constantemente reavaliadas toda vez que é realizado o monitoramento nutricional.

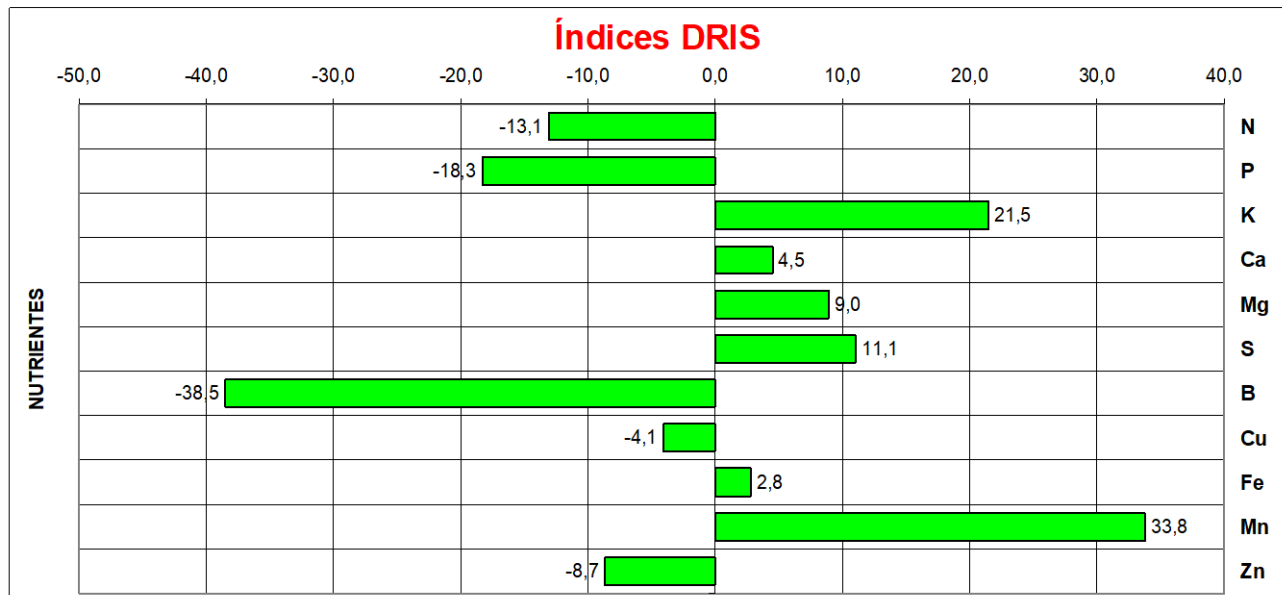


O que vem depois da interpretação das análise foliares???



DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System)

Utiliza as razões entre as concentrações dos nutrientes para determinar o balanço nutricional das plantas. **Ex: N/P, N/K, N/Ca, N/Mg, N/S, N/B, N/Cu, ...**



Índices negativos = deficiência

zero = equilíbrio

positivo = excesso, toxidez

Soma algébrica dos índices = Índice de Balanço Nutricional

Limitação:

Mesmo em alta produtividade acaba apontando sempre a limitação de um nutriente

Método da Matriz Nutricional

Auxilia na tomada de decisão: adubar ou não adubar?

Baseado na concentração foliar dos nutrientes e dados biométricos que expressem produção (altura, volume, índice de sítio, etc.).

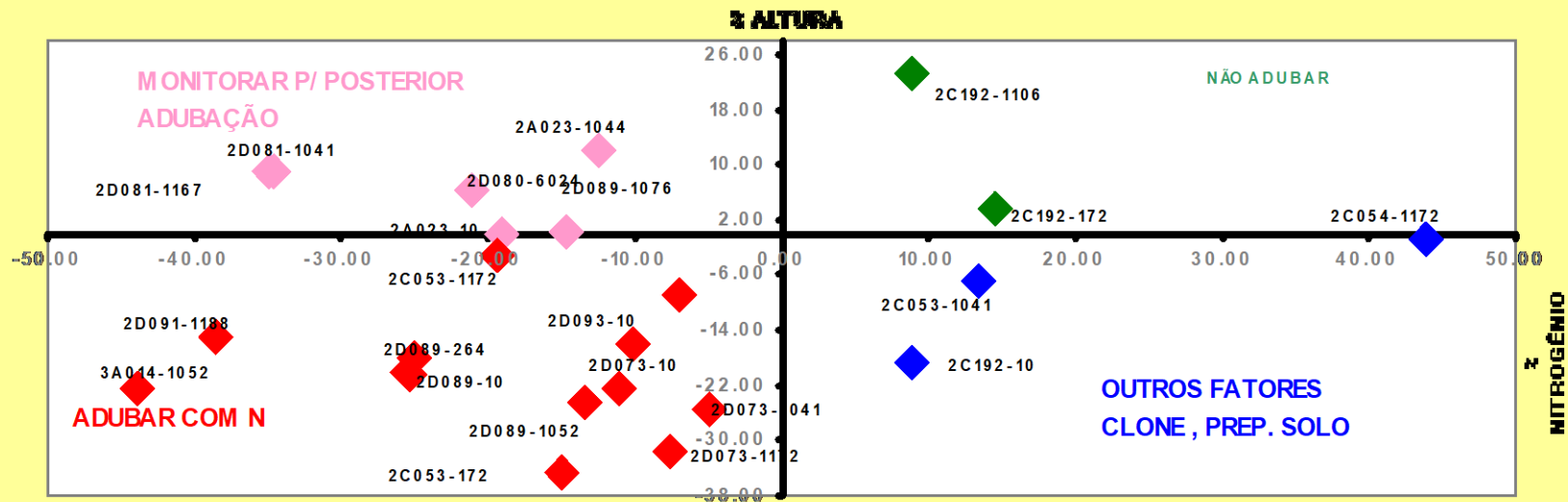
- ✓ Permite identificar se o problema é nutricional ou de outra índole
- ✓ Precisa ter os padrões bem estabelecidos por material genético e região

Araújo et al. (2000).



Exemplo: situação dos talhões para N

VARIAÇÃO PADRÃO ALTURA x VARIAÇÃO PADRÃO NITROGÊNIO - 5 F





UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
Programa de Pós-graduação em Recursos Florestais

Seminários Fertilidade e Manejo de Solos Florestais



OBRIGADO!

Alvaro Ramirez

Piracicaba, 29 de novembro de 2018