

5.1 -FERTIRRIGAÇÃO EM VIVEIROS DE MUDAS DE *Eucalyptus* e *Pinus*

Edson Namita Higashi
Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira
RR Agroflorestal S/C Ltda.
Rua Santa Cruz, 1109, CEP 13.416-763, Piracicaba - SP - Brasil
e-mail: edson@rragroflorestal.com.br;
ronaldo@rragroflorestal.com.br
www.rragroflorestal.com.br

3. Minijardim clonal

3.1 *Eucalyptus*

As etapas da produção de mudas clonais de *Eucalyptus* no Brasil, via estaquia, é praticamente a mesma desde o início da propagação massal. As matrizes são propagadas e plantadas em áreas de testes clonais, para determinar a adaptabilidade e a superioridade desejável em diferentes sítios, e para se conhecer a melhor interação entre genótipo e ambiente (Campinhos, 1987). Os melhores clones, após a avaliação dendrométrica e qualidade da madeira, são selecionados para o uso em programas comerciais de reflorestamento. As matrizes selecionadas são plantadas em jardins clonais num espaçamento reduzido para a produção de estacas (Figuras 7A-D). Nos últimos 20 anos, os jardins clonais, tiveram uma evolução muito grande na forma, com a redução da área, aumento da produtividade (Tabela 15) e redução do tamanho da estaca.

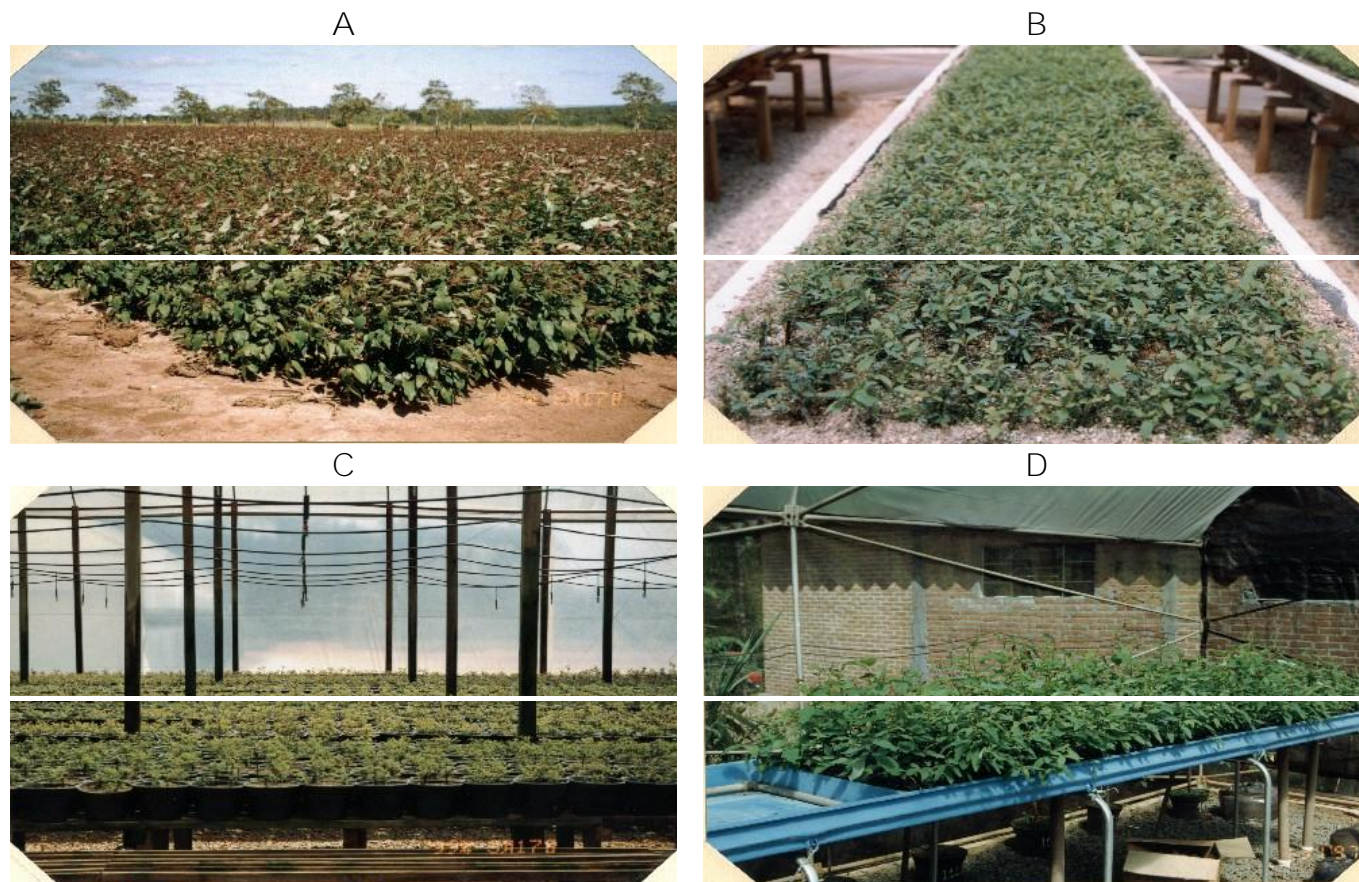


Figura 7. A: Jardim clonal no campo, plantio de 0,5 x 0,5 m, com sistema de fertirrigação por gotejamento da Siderúrgica Barra Mansa, em Capão Bonito/SP. B: Minijardim clonal em canaletão, com substrato areia, plantio de 0,1 x 0,1 m e fertirrigação por gotejamento da Votorantim Celulose e Papel, em Luiz Antônio/SP. C: Jardim clonal em vaso de plástico de 8 L com substrato areia e por fertirrigação na Votorantim Celulose e Papel, em Capão Bonito/SP. D: Minijardim clonal em fibra de vidro, plantio de 0,1 x 0,1 m, substrato espuma fenólica e fertirrigação por inundação na ESALQ/USP, em Piracicaba/SP.

A forma da minicepa e produtividade de miniestacas diferem de sistemas de minijardim clonal em tubetes ou de canaletões (Figuras 8 A e 8 B). A taxa de enraizamento não difere entre as miniestacas produzidas nos dois sistemas, porém a produtividade por minitouça e o período de produção são bastante diferentes. Enquanto que no tubete a produtividade é de 4-6 miniestacas/minicepa/mês, no sistema de canaletão a produtividade pode chegar a mais de 20 miniestacas/minicepa/mês. O tempo de produção em tubetes pode chegar a 3 - 6 meses e no canaletão a produção ultrapassa mais de 3 anos. Basicamente, a diferença está na exploração do sistema radicular. Nos tubetes as raízes ficam restritas ao volume menor (50 - 55 cm³) e no canaletão o volume de exploração das raízes é muito maior.



Figura 8. Aspecto da minicepa em tubete (A) e minicepa em canaletão (B) de *Eucalyptus*.

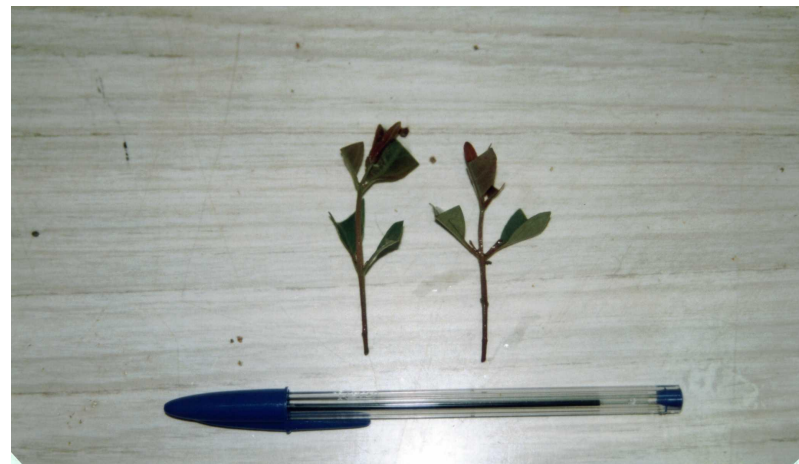


Figura 9. Aspecto geral do tamanho das miniestacas de *Eucalyptus*.

Tabela 16. Evolução dos jardins clonais para a produção de estacas de *Eucalyptus*.

Local	Espaçamento de plantio	Idade da 1ª poda (dias)	Frequência de coleta (dias)	Tamanho da estaca (cm)	Produtividade média (estacas/m ² /ano)	Período
Campo	3 x 3 m	540	30 – 40	10 – 15	114	Década de 80
Campo	1 x 1,5 m	180	40 – 60		121	Início de 90
Campo	0,5 x 0,5 m	30 – 40	40 – 60	6 – 8	1752	1995 – 1999
Viveiro	Tubete (55 cm ³)	30 – 40	15 – 20	2 – 3	29200	1996
Viveiro	0,1 x 0,1 m					A partir de
	(Sistema hidropônico)	20 – 30	7 – 15	5 – 7	41480	1999

Fonte: modificado de Higashi et al. (2000)

Portanto, o minijardim clonal pode ser instalado em recipientes que variam desde tubetes para produção de mudas até em vasos e baldes plásticos e canaletões de fibro-cimento de diversos volumes e dimensões. As Figuras 7 B - D mostram alguns jardins clonais (mini/microjardins clonais) instalados em diferentes tipos de recipientes em comparação com o jardim clonal em campo (Figura 7A).

3.1.1 Solução nutritiva e fertirrigação

Higashi et al. (2000) definiram as faixas adequadas de nutrientes na solução nutritiva de mini/microjardim clonal de *Eucalyptus* (Tabela 17). A aplicação da solução nutritiva deve ser através de gotejamento, aspersão ou manual com regador no sistema de canaletão. Quando se utiliza recipientes menores, como tubetes ou vasos, a aplicação da solução nutritiva deverá ser através de gotejadores individuais (em vasos), por inundação (“ebb flow”), aspersão, sistema de barras ou manualmente com regador.

As doses de nutrientes na solução nutritiva devem ser corrigidas conforme a exigência nutricional de cada material genético e época do ano através do monitoramento nutricional, procurando correlacionar o teor foliar com a produtividade e o enraizamento dos propágulos vegetativos. A Tabela 18 mostra alguns parâmetros importantes no manejo e no preparo da solução nutritiva para minijardim clonal de *Eucalyptus*.

Tabela 17. Doses médias de macro e micronutrientes utilizadas na solução nutritiva em condição de mini/microjardim clonal de *Eucalyptus*.

Nutrientes	Doses (mg L ⁻¹)
N	100 – 200
P	15 – 30
K	100 – 200
Ca	100 – 200
Mg	25 – 50
S	35 – 65
B	0,3 – 0,6
Cu	0,03 – 0,06
Fe	3 – 7
Mn	0,3 – 0,8
Mo	0,01 – 0,02
Si*	40 – 80
Zn	0,05 – 0,1

* o uso de silício pode diminuir a infestação de doenças.

Tabela 18. Parâmetros adequados do manejo e para a formulação da solução nutritiva do minijardim clonal de *Eucalyptus*.

Parâmetros	Observações e faixas adequadas
Nutrientes	Devem conter todos os essenciais ao desenvolvimento das plantas
Adubos	Alta solubilidade (Tabela 47)
pH	5,8 a 6,0
Potencial osmótico	0,5 a 0,8 atm
Condutividade elétrica	1,5 a 2,5 mS/cm
Renovação da solução nutritiva em sistema hidropônico fechado	Quando atingir a condutividade elétrica menor que 1,0 mS/cm
Concentração dos nutrientes no tanque estoque de adubos*	Até 30 vezes
Quantidade aplicada da solução nutritiva via gotejamento**	5 – 8 L m ⁻²
Lavagem do sistema com água***	Pelo menos uma vez por semana
Densidade de plantas	100 – 120/m ²
Tamanho da miniestaca	5 – 8 cm (Figura 9)
Intensidade de coleta	De preferência seletiva e diária

* Evitar a mistura dos adubos nitrato de cálcio e sulfato de magnésio no mesmo tanque, pois podem precipitar e formar gesso; ** O volume aplicado depende da idade das plantas e da época do ano; *** É necessária a lavagem para evitar a salinização do sistema.

3.1.2 Matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes

Silveira et al. (2000) verificaram que a produção de matéria seca (Figura 10), concentrações (Tabela 22) e as quantidades extraídas dos nutrientes, em brotação de dois clones de *Eucalyptus*, no período entre 7 a 16 dias de idade, na condição de minijardim clonal hidropônico aberto. Houve diferença na produção de matéria seca entre os clones avaliados (Figura 10). A concentração dos nutrientes nas brotações obedeceu à seguinte ordem decrescente para ambos os clones estudados: N>K>P>Ca>Mg>S. O Mn foi o micronutriente com maior concentração, seguido do Fe, Zn, B e Cu.

Em outro estudo, Higashi et al. (1998) avaliaram a distribuição da quantidade de macronutrientes, micronutrientes e matéria seca, nas diferentes partes da minitouça em clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* cultivado em minijardim clonal hidropônico fechado. Os autores verificaram que a produtividade foi de 3,2 g/planta de matéria seca na brotação aos 28 dias de idade, ou seja, a produção de 310 g de matéria seca por m² (Tabela 19). Em relação ao conteúdo de nutrientes, estes mesmos autores verificaram que os elementos N, P, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fé e Mn tiveram um incremento linear de acúmulo na brotação durante os 28 dias de avaliação. O período de maior acúmulo relativo de nutrientes nas brotações das minicepas ocorreu no período de 7-14 dias de idade (Tabela 20). Ao final de 28 dias de avaliação, os nutrientes que apresentaram maior acúmulo relativo, em ordem decrescente foram: Ca>Fe>S>Mg>N>B>P>Mn>K>Zn>Cu. A quantidade de nutrientes contidas nas brotações do minijardim clonal por m², em função da idade está descrita na Tabela 21.

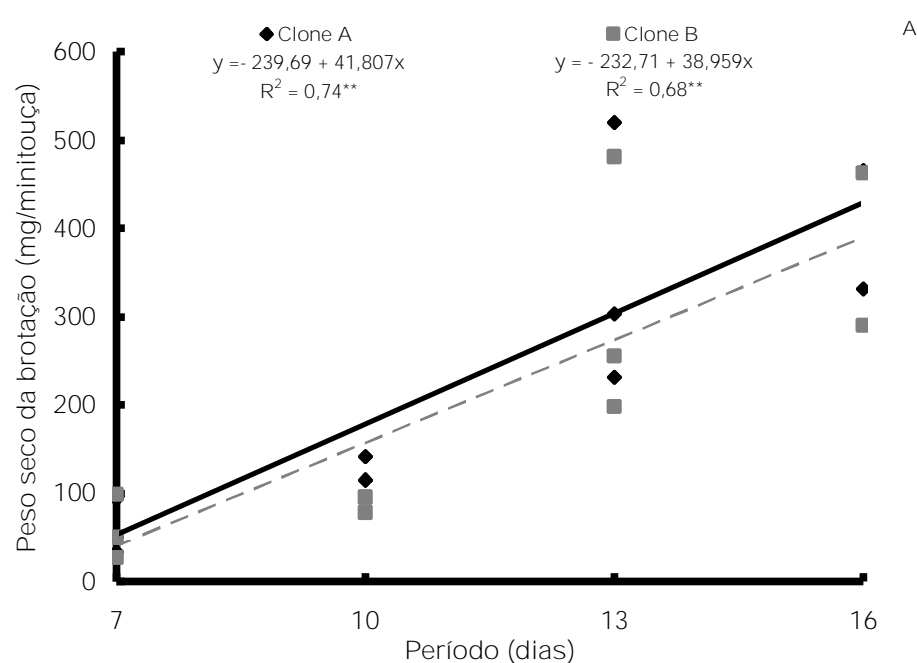


Figura 10. Peso seco da brotação de dois clones de *Eucalyptus*, em minijardim clonal hidropônico aberto (Fonte: Silveira et al., 2000).

Tabela 19. Distribuição da quantidade de macronutrientes, micronutrientes e matéria seca nas diferentes partes da minitouça de *Eucalyptus grandis* x *E. Urophylla*, cultivados em condição de minijardim clonal hidropônico fechado (Higashi et al., 1998).

Quantidades	Partes da minitouça	Idade (dias)			
		7	14	21	28
Matéria seca (g/planta)	Cepa	1,20 (64,00)	1,10 (49,00)	1,04 (35,00)	1,14 (26,00)
	Brotação	0,67 (36,00)	1,13 (51,00)	1,89 (65,00)	3,31 (74,00)
	Total	1,87	2,23	2,93	4,45
N (mg/planta)	Cepa	5,9 (22,52)	5,6 (11,89)	5,8 (8,63)	7,3 (7,24)
	Brotação	20,3 (69,41)	41,5 (88,11)	61,4 (91,37)	93,5 (92,76)
	Total	26,2	47,1	67,2	100,8
P (mg/planta)	Cepa	0,89 (30,58)	0,74 (15,07)	0,84 (12,56)	1,06 (10,64)
	Brotação	2,02 (69,41)	4,17 (84,93)	5,85 (87,44)	8,9 (89,35)
	Total	2,91	4,91	6,69	9,96
K (mg/planta)	Cepa	8,51 (52,47)	8,71 (31,65)	7,66 (20,35)	7,79 (13,52)
	Brotação	7,71 (47,53)	17,64 (68,35)	29,98 (79,65)	48,56 (86,48)
	Total	16,22	25,81	37,64	56,15
Ca (mg/planta)	Cepa	2,45 (55,68)	2,47 (33,65)	1,82 (13,68)	2,25 (15,93)
	Brotação	1,95 (44,31)	4,87 (66,35)	11,48 (86,35)	11,87 (84,07)
	Total	4,4	7,34	13,3	14,12
Mg (mg/planta)	Cepa	1,72 (51,34)	1,40 (32,94)	1,42 (26,15)	1,61 (19,80)
	Brotação	1,63 (48,66)	2,85 (67,06)	4,01 (73,85)	6,52 (80,19)
	Total	3,35	4,25	5,43	8,13
S (mg/planta)	Cepa	0,22 (16,92)	0,19 (6,31)	0,30 (7,19)	0,33 (4,98)
	Brotação	1,08 (83,08)	2,82 (93,69)	3,87 (92,81)	6,3 (95,02)
	Total	1,30	3,01	4,17	6,63
B (µg/planta)	Cepa	21,61 (26,17)	16,46 (10,61)	50,10 (21,23)	32,59 (13,66)
	Brotação	60,97 (73,83)	108,74 (89,39)	185,91 (78,78)	205,99 (86,34)
	Total	82,58	115,20	236,01	238,58
Cu (µg/planta)	Cepa	19,61 (56,81)	17,83 (44,75)	16,65 (38,59)	18,83 (37,34)
	Brotação	14,91 (43,19)	22,01 (55,25)	26,50 (61,42)	31,60 (62,67)
	Total	34,52	39,84	43,15	50,43
Fe (µg/planta)	Cepa	72,44 (52,42)	48,20 (26,28)	59,79 (22,08)	96,73 (22,38)
	Brotação	65,76 (47,58)	135,21 (73,72)	211,01 (77,92)	335,50 (77,62)
	Total	138,20	183,41	270,80	432,23
Mn (µg/planta)	Cepa	103,70 (31,53)	74,76 (15,89)	55,13 (9,40)	64,12 (7,41)
	Brotação	225,15 (68,47)	395,81 (84,11)	530,90 (90,60)	801,08 (92,59)
	Total	328,85	470,57	586,03	865,20
Zn (µg/planta)	Cepa	45,72 (59,50)	40,28 (43,09)	35,29 (32,89)	36,87 (26,69)
	Brotação	31,12 (40,50)	53,20 (56,91)	72,02 (67,11)	101,28 (73,31)
	Total	76,84	93,48	107,31	138,15

Tabela 20. Acúmulo relativo (%) de nutrientes na brotação da minitouça do clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, cultivado em sistema hidropônico fechado, durante 28 dias de avaliação (Higashi et al., 1998).

Período	Acúmulo relativo										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn	Fe	Mn
Dias	----- % -----										
7 – 14	324	300	215	602	346	428	436	202	241	572	296
14 – 21	169	166	179	183	171	176	148	150	158	182	166
21 – 28	140	140	158	145	141	143	113	133	136	145	139
7 – 28	773	700	612	1607	840	1085	741	408	524	1517	690

Tabela 21. Quantidades de nutrientes contidas nas brotações de minijardim clonal por m², em função da idade (Higashi et al., 1998).

Nutriente	idade (dias)			
	7	14	21	28
----- macronutrientes (g kg ⁻¹) -----				
N	1,33	3,58	5,95	9,10
P	0,13	0,35	0,55	0,85
K	0,77	1,76	3,00	4,86
Ca	0,06	0,38	1,09	1,11
Mg	0,09	0,23	0,37	0,62
----- micronutrientes (mg kg ⁻¹) -----				
S	0,06	0,22	0,33	0,56
B	2,58	10,50	16,50	18,80
Cu	0,63	1,47	2,26	2,78
Fe	3,09	10,70	19,60	32,00
Mn	12,00	31,70	46,70	76,00
Zn	1,81	4,49	6,66	9,58

Tabela 22. Concentração dos nutrientes em brotação de clones de *Eucalyptus* em diferentes idades na condição de minijardim clonal.

Nutrientes	CLONE A				CLONE B			
	7	10	13	16	7	10	13	16
----- Dias -----								
----- Macronutrientes (g kg ⁻¹) -----								
N	43,4	37,8	40,0	39,8	34,5	36,5	32,9	31,2
P	7,6	6,8	5,4	10,5	6,4	6,6	4,9	5,5
K	29,6	29,1	25,3	30,7	19,6	19,3	20,2	27,9
Ca	3,8	3,6	5,2	5,9	2,5	2,6	3,4	4,6
Mg	2,5	2,5	2,6	2,6	2,2	2,2	2,4	2,2
S	2,8	1,7	2,6	2,0	1,9	2,2	2,4	2,2
----- Micronutrientes (mg kg ⁻¹) -----								
B	60	55	37	39	48	42	45	37
Cu	21	16	16	14	15	15	15	15
Fe	122	97	109	103	103	78	83	89
Mn	559	575	565	524	516	495	534	554
Zn	74	61	59	53	49	51	45	44
g de nutrientes kg ⁻¹ de MS	90,5	82,3	81,9	92,2	67,8	70,0	66,9	74,3

Fonte: Silveira et al. (2000)

3.1.3 Desequilíbrios nutricionais e outros sintomas visuais

Como foi já descrito por Higashi et al. (2002), os sintomas normalmente observados em minijardim clonal são de fitotoxicidade e não de deficiência nutricional. No entanto, alguns sintomas de deficiência e/ou toxicidade aparecem quando se aplicam fungicidas e inseticidas em grande quantidade. A Tabela 23 mostra os sintomas mais comumente encontrados em minijardim clonal de *Eucalyptus*.

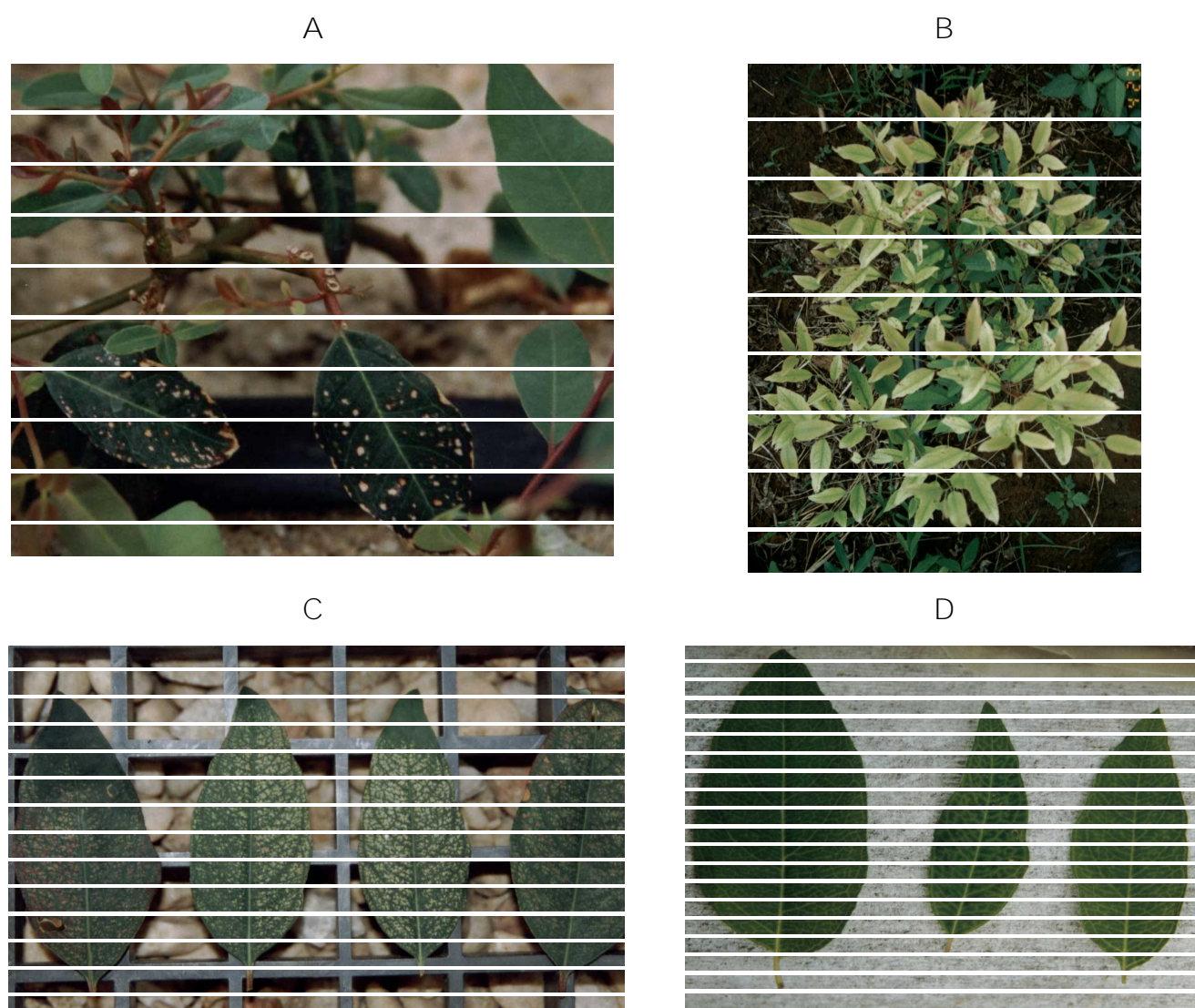


Figura 11. A: Sintoma de fitotoxicidade de boro em minitouches em minijardim clonal de *Eucalyptus*. B: Sintoma de deficiência de ferro em minitouches de *Eucalyptus*. C: Sintomas associados a aplicação intensa de fungicida. D: Sintomas associados a aplicação intensa de inseticidas.

Tabela 23. Alguns sintomas mais comumente encontrados em condição de minijardim clonal de *Eucalyptus*.

Nutriente ou produto	Sintomas	Causa	Recomendação
Deficiência de nitrogênio	Clorose, amarelecimento e/ou avermelhamento e queda das folhas mais velhas	Minijardim clonal sem proteção associada à alta incidência de chuvas	Cobrir o minijardim clonal ou aumentar a dose de N na solução nutritiva
Deficiência de cálcio	Podridão da base das miniestacas na fase de enraizamento, em condição de casa de vegetação. A concentração de Ca, neste caso, não atinge 4 g kg ⁻¹ .	Intensa aplicação de nitrogênio e água	Diminuição da aplicação de N e água e aumento da dose de Ca na solução nutritiva.
Toxicidade de boro	Pontos necróticos no limbo da folha e em casos mais graves morte das plantas (Figura 11A).	Troca de adubos. Nitrato de potássio e o ácido bórico são semelhantes na aparência.	Dependendo da dose aplicada não tem mais solução. Lavagem com água para eliminar o efeito tóxico do B.
Leve toxicidade de micronutrientes, principalmente B, Cu e Zn	Sintomas de superbrotação em minicepas semelhante a deficiência de zinco.	Aplicação intensiva da solução nutritiva.	Lavagem do sistema com água pelo menos uma vez por semana.
Deficiência de Fe	Clorose internerval das folhas mais novas, reticulado fino. Muito semelhante à deficiência de manganês, dependendo do estágio (Figura 11B).	Substrato muito úmido	Diminuição de água e aumento da dose de Fe na solução nutritiva.
Toxicidade de Fe	Clorose internerval das folhas mais novas, reticulado fino. Sintoma semelhante à deficiência de Fe e Mn.	Elevada dose de Fe na solução nutritiva ou na água de irrigação.	Diminuição ou eliminação da dose de Fe na solução nutritiva.
Deficiência de Fe e Mn	Clorose internerval das folhas mais novas.	Ambiente sombreado como a casa de vegetação ou dias nublados.	Colocar em pleno sol
Aplicação de fungicida com princípio ativo Metalaxyl e Mancozeb	Clorose das nervuras (Figura 11C) e diminuição da taxa de enraizamento.	Intensiva aplicação do produto	Diminuição ou eliminação da aplicação
Aplicação de inseticida do grupo dos piretróides sintéticos	Clorose das nervuras e diminuição da produção de brotação (Figura 11D).	Intensiva aplicação do produto	Diminuição ou eliminação da aplicação

4.1.4. Diagnose foliar

Os teores de macro e micronutrientes considerados adequados para a produção de miniestacas são apresentados na Tabela 24. Os valores são uma segunda aproximação dos publicados em Higashi et al. (2000).

Tabela 24. Teores de macro e micronutrientes considerados adequados, acima e abaixo dos adequados e deficientes para brotação de *Eucalyptus*, em condição de minijardim clonal, associado a altas taxas de enraizamento das miniestacas.

Nutriente	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
	g kg ⁻¹			
N	> 45	30 – 45	22 – 30	< 22
P	> 4,5	2,5 – 4,5	1,5 – 2,5	< 1,5
K	> 30	20 – 30	15 – 20	< 15
Ca	> 12	6 – 12	4 – 6	< 4
Mg	> 3	2 – 3	1,5 – 2	< 1,5
S	> 3,5	2 – 3,5	1,5 – 2	< 1,5
	mg kg ⁻¹			
B	> 40	25 – 40	20 – 25	< 20
Cu	> 15	8 – 15	6 – 8	< 6
Fe	> 150	80 – 150	60 – 80	< 60
Mn	> 800	300 – 800	150 – 300	< 150
Na	-	1000 – 2500	-	-
Zn	> 40	25 – 40	20 – 25	< 20

3.2 *Pinus*

A produção de mudas de *Pinus* pode ser realizada via semente ou estaquia. Atualmente, a produção de mudas clonais de *Pinus* utilizando a técnica da miniestaquia tem sido comumente utilizada por algumas empresas florestais do Brasil. O sistema utilizado é o mesmo do eucalipto, onde se utiliza ápice caulinar, denominado de miniestacas, retirados das minicepas ou matrizes. Essas minicepas são cultivadas em canaletão ou estruturas similares contendo areia lavada, espuma fenólica, lã de rocha ou substratos orgânicos (Figuras 12).

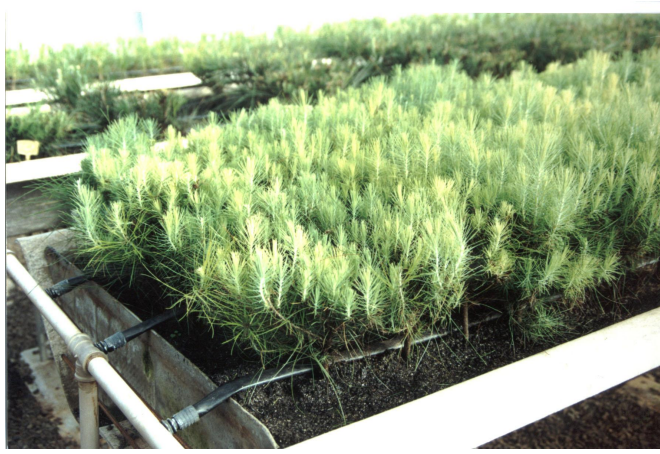


Figura 12. Aspecto geral de minijardim clonal de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na fase de coleta (Fonte: Duraflora, Lençóis Paulista, São Paulo).

4.2.1. Solução nutritiva e fertirrigação

Os estudos de minijardim clonal de *Pinus* são mais recentes quando comparados aos de eucalipto. Com isso, a quantidade de informações é menor. No entanto, Silveira & Higashi (2001) propuseram as faixas consideradas adequadas dos nutrientes na solução nutritiva de minijardim clonal de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Tabela 25).

A forma mais usual de aplicação da solução nutritiva em minijardins clonais de *Pinus* é através de gotejadores.

As doses dos nutrientes na solução devem ser corrigidas conforme a espécie de *Pinus* cultivada, tipo de substrato e época do ano.

A principal diferença do minijardim clonal de *Pinus* em relação ao eucalipto, é que o substrato orgânico tem apresentado uma superioridade em relação a substratos inertes como areia lavada, cascalhos e lã de rocha.

Tabela 25. Doses médias de macro e micronutrientes utilizadas em minijardim clonal de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Nutrientes	Doses (mg L ⁻¹)
N	100-200
P	15-30
K	75-150
Ca	80-120
Mg	35-70
S	25-50
B	0,25-0,40
Cu	0,03-0,06
Fe	2,5-5,0
Mn	0,5-1,0
Mo	0,01-0,02
Zn	0,1-0,2
Si	40-80

Fonte: Higashi & Silveira (2001).

4.2.2. Diagnose foliar

Os teores de macro e micronutrientes considerados adequados e deficientes para a produção de miniestacas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* são apresentados na Tabela 26. Esses resultados tratam-se de uma primeira aproximação.

Tabela 26. Interpretação do estado nutricional de minijardim clonal de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Nutrientes	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
	Macronutrientes			
-----g kg ⁻¹ -----				
N	> 27	20-27	16-20	< 16
P	> 2,7	1,8-2,7	1,4-1,8	< 1,4
K	> 15	10-15	8-10	< 8
Ca	> 8	4-8	3,2-4,0	< 3,2
Mg	> 3,2	2,0-3,2	1,6-2,0	< 1,6
S	> 2,0	1,3-2,0	1,0-1,3	< 1,0
-----mg kg ⁻¹ -----				
Micronutrientes				
B	> 30	20-30	16-20	< 16
Cu	> 10	6-10	4-6	< 4
Fe	> 200	100-200	70-100	< 70
Mn	> 300	120-300	90-120	< 90
Zn	> 40	25-40	20-25	< 20

Fonte: Higashi & Silveira (2001).

5. Nutrição mineral de mudas

As informações sobre a adubação e nutrição de *Eucalyptus* e *Pinus* na fase de produção de mudas são escassas, faltando conhecimentos básicos como concentração e conteúdo de nutrientes nas mudas em diferentes idades, os quais auxiliariam na determinação da época e quantidade de nutrientes a ser aplicada. O desconhecimento dessas informações faz com que a maioria dos viveiros florestal padronize a aplicação de fertilizantes independente do estágio de desenvolvimento das mudas.

5.1. *Eucalyptus*

5.1.1. Matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes

A quantidade de matéria seca de uma muda de sementes de *Eucalyptus grandis* na fase de expedição, aos 97 dias de idade, varia entre 1,2 e 1,6 g (Silveira et al., 1995a, b). Do total acumulado, as folhas, ramos + caule e raízes representam 45-50 %, 30-35 % e 25 a 30 %, respectivamente (Figura 13). Neste estudo, o substrato utilizado foi o produto comercial “Plantmax Florestal” que é constituído de casca de *Pinus* decomposta, casca de arroz carbonizada, vermiculita e perlita, apresentando as seguintes características químicas: pH-CaCl₂ = 5,1; M.O (g dm⁻³) = 458; P-resina (mg dm⁻³) = 440; K (mmol_c dm⁻³) = 4,7; Ca (mmol_c dm⁻³) = 46; Mg (mmol_c dm⁻³) = 39; H+Al (mmol_c dm⁻³) = 38; Al (mmol_c dm⁻³) = 3; Capacidade de Troca Catiônica (mmol_c dm⁻³) = 128; Saturação por Base (%) = 70; B (mg dm⁻³) = 3,4; Cu (mg dm⁻³) = 1,9; Fe (mg dm⁻³) = 58,2; Mn (mg dm⁻³) = 30,4 e Zn (mg dm⁻³) = 21,4. As adubações foram realizadas aos 30, 40 e 50 dias após a semeadura, através de rega manual com aplicação de 1 litro de solução por bandeja, nas concentrações de 5; 7,5 e 10g de fosfato monoamônio (NH₄ H₂PO₄ - 12% de N e 52% de P₂O₅ solúvel em H₂O), respectivamente.

Em outro estudo, Higashi et al. (1999) também avaliaram a produção de matéria seca em mudas de *Eucalyptus grandis* e constataram que houve um decréscimo significativo na produção de matéria seca, a partir de 70 dias, sendo este resultado mais nítido na produção de folhas (Figura 14 A). Tal resultado foi visualizado na curva de crescimento das mudas (Figura 14 B). O substrato utilizado foi o mesmo de Silveira et al. (1995 a, b), no entanto, as adubações de cobertura foram conforme descritas na Tabela 49, para fertirrigação diária. Com os valores obtidos, concluiu-se que não justificava a permanência das mudas durante 86 dias em condições de viveiro. Houve um aumento da relação custo/benefício na produção das mudas, acarretando um aumento significativo no consumo, principalmente de água e fertilizantes, além do desperdício na utilização da mão-de-obra.

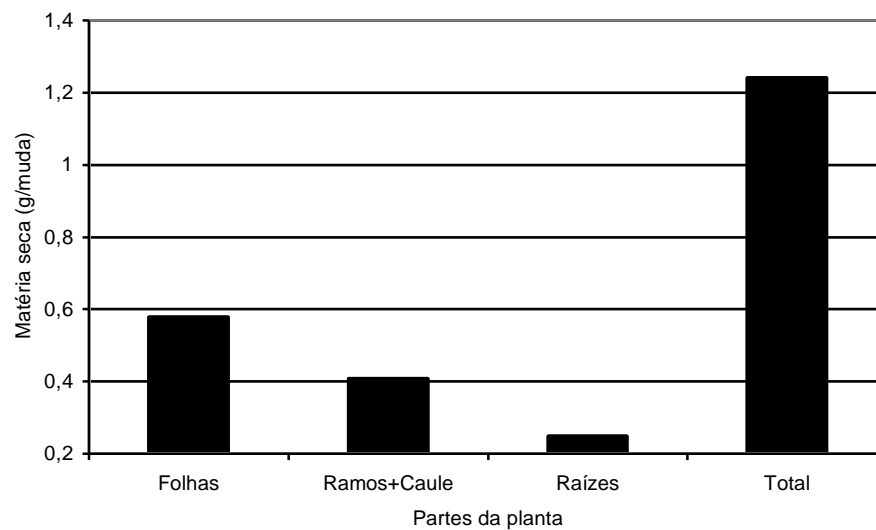


Figura 13. Matéria seca de diferentes partes da muda de *Eucalyptus grandis* aos 97 dias de idade (Fonte: Silveira et al., 1995a, b).

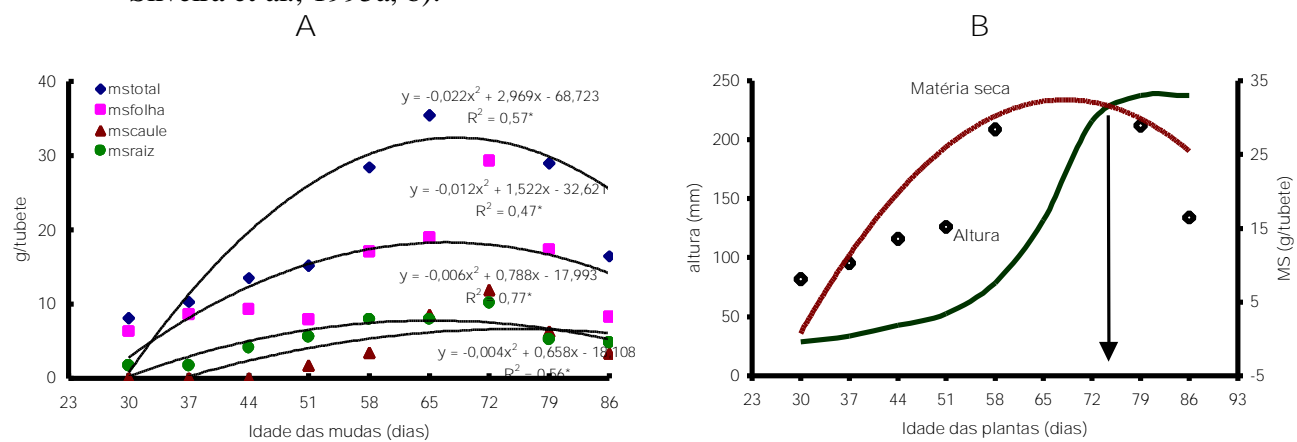


Figura 14. (A) Produção de matéria seca em função da idade das mudas de *Eucalyptus grandis*; (B) Relação entre a altura da muda e a produção de matéria seca em *Eucalyptus grandis* (Fonte: Higashi et al., 1999).

Silveira et al. (1995a) avaliaram o conteúdo total de macronutrientes (parte aérea + raiz) na muda na época de expedição (85 a 95 dias) e apresentaram a seguinte ordem: $K \geq Ca \geq N > Mg > P > S$ (Figura 15). Em relação aos micronutrientes a seqüência foi a seguinte (Silveira et al., 1995b): $Mn > Fe > Zn > B > Cu$ (Figura 16).

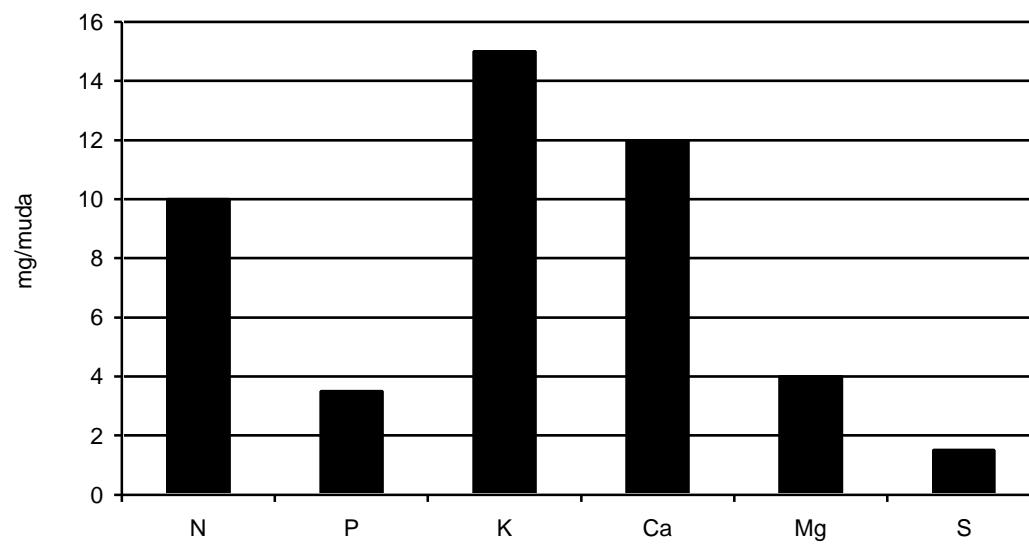


Figura 15. Conteúdo de macronutrientes em mudas de *Eucalyptus grandis*, aos 97 dias de idade.

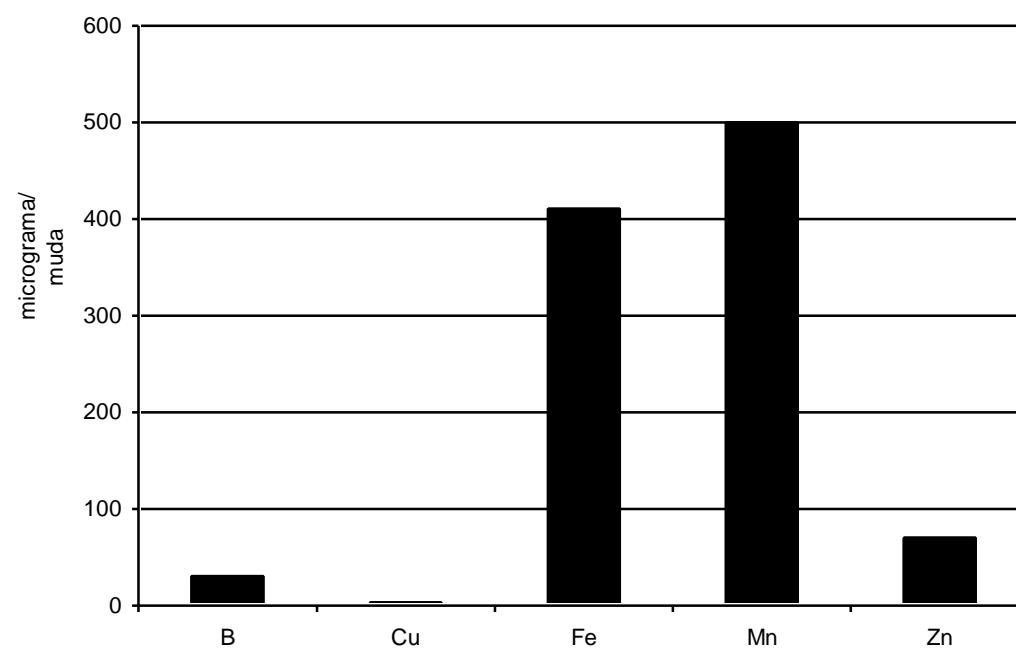


Figura 16. Conteúdo de micronutrientes em mudas de *Eucalyptus grandis*, aos 97 dias de idade.

A matéria seca e o conteúdo dos macronutrientes nas partes da muda de *Eucalyptus*, nas diferentes fases de desenvolvimento, são apresentados nas Tabelas 27 - 28. Nota-se variações nas quantidades dos nutrientes em função da idade da muda e das condições de manejo. As mudas de *E. grandis* Bofete foram

rustificadas¹ para o plantio no campo, com isso apresentaram menor quantidade de N em relação a K e Ca. As mudas de outros materiais genéticos que não passaram pelo processo de rustificação ou que receberam uma rustificação menos intensa apresentaram conteúdo de N maior ou igual ao de K e de Ca. Nota-se ainda que o enxofre foi o macronutriente de menor acúmulo.

A rustificação tem como objetivo aumentar a resistência das mudas às condições adversas de plantio. Para que se consiga isto, a muda deve receber fertirrigações com baixa relação N/K, na faixa de 1/3 a 1/5, na fase final do ciclo de produção (70-90 dias) ou quando as mudas atingirem uma altura média de 20-25cm.

As quantidades de micronutrientes, Al e Na contidas em mudas de *Eucalyptus grandis*, na fase de rustificação, encontram-se nas Tabelas 29 - 30. Verifica-se que a maior percentual de Cu, Fe, Mo, Na e Al encontra-se nas raízes, enquanto que o de B e Mn, nas folhas. O Mn e o Fe foram os micronutrientes que mais se acumularam, seguido pelo B, Zn, Cu e Mo.

¹ Rustificação é o processo que a muda passa antes de ser plantada no campo. Nesta fase, ocorre redução ou corte das adubações, principalmente nitrogenada, juntamente com o aumento do intervalo de irrigação. O objetivo é engrossamento do caule e o aumento da resistência da muda ao estresse do plantio.

Tabela 27. Quantidades de matéria seca, N, P e K em mudas de *Eucalyptus grandis* na fase de viveiro, em função da idade.

Parâmetros	Material genético	Idade (dias)	Referências*	Partes da planta			Total
				Folhas	Caule+Ramos	Raízes	
mg muda ⁻¹							
Matéria seca	semente (Progênie 1)	110	1	726 (37)**	795 (41)	442 (22)	1963
	semente (Progênie 2)	110	1	507 (41)	454 (37)	279 (22)	1240
	semente Bofete	97	2	589 (47)	410 (33)	245 (20)	1244
	semente Capão Bonito	79	3	580 (60)	209 (22)	175 (18)	964
	Clone A7	90	4	310 (36)	437,5 (51)	115 (13)	862,5
	Clone D19	90	4	312 (36)	407 (47)	145 (17)	865
	Clone A7	75	4	365 (37)	492,5 (51)	109,7 (12)	967,2
	Clone D19	75	4	345 (37)	467,5 (50)	122,7 (13)	940
	Clone A7	60	4	145,5 (28,5)	320 (63)	43,5 (8,5)	508,5
	Clone D19	60	4	120 (24)	330 (67)	41,5 (9)	490
N	semente (Progênie 1)	110	1	9,2 (59)	2,7 (17)	3,8 (24)	15,7
	semente (Progênie 2)	110	1	8,6 (66)	2,1 (16)	2,3 (18)	13,0
	semente Bofete	97	2	5,1 (65)	1,5 (19)	1,3 (16)	7,9
	semente Capão Bonito	79	3	11,9 (65)	3,4 (18)	3,1 (17)	18,4
	Clone A7	90	4	6,04 (65)	2,23 (24)	1,0 (11)	9,27
	Clone D19	90	4	6,48 (59)	2,95 (26)	1,75 (15)	11,17
	Clone A7	75	4	7,78 (65)	2,79 (23)	1,30 (12)	11,87
	Clone D19	75	4	5,53 (59)	2,58 (28)	1,13 (13)	9,25
	Clone A7	60	4	2,96 (54)	2,07 (38)	0,44 (8)	5,47
	Clone D19	60	4	2,93 (43)	3,32 (48)	0,59 (9)	6,84
P	semente (Progênie 1)	110	1	1,3 (28)	2,6 (57)	0,7 (15)	4,6
	semente (Progênie 2)	110	1	0,9 (29)	1,7 (55)	0,5 (16)	3,1
	semente Bofete	97	2	0,9 (29)	1,3 (42)	0,9 (29)	3,1
	semente Capão Bonito	79	3	1,2 (48)	0,6 (24)	0,7 (28)	2,5
	Clone A7	90	4	0,59 (46)	0,55 (46)	0,12 (8)	1,26
	Clone D19	90	4	0,80 (53)	0,60 (40)	0,12 (7)	1,52
	Clone A7	75	4	0,69 (46)	0,65 (43)	0,16 (11)	1,50
	Clone D19	75	4	0,58 (46)	0,58 (46)	0,10 (8)	1,26
	Clone A7	60	4	0,41 (33)	0,76 (61)	0,07 (6)	1,24
	Clone D19	60	4	0,33 (28)	0,78 (66)	0,06 (6)	1,17
K	semente (Progênie 1)	110	1	6,6 (42)	6,9 (44)	2,2 (14)	15,7
	semente (Progênie 2)	110	1	5,3 (46)	4,8 (42)	1,4 (12)	11,5
	semente Bofete	97	2	7,0 (47)	5,1 (34)	2,9 (19)	15,0
	semente Capão Bonito	79	3	3,5 (56)	1,6 (25)	1,2 (19)	6,3
	Clone A7	90	4	3,45 (45)	2,88 (39)	1,25 (16)	7,58
	Clone D19	90	4	4,12 (42)	4,15 (42)	1,62 (16)	9,89
	Clone A7	75	4	4,12 (47)	3,33 (38)	1,32 (15)	8,77
	Clone D19	75	4	4,31 (43)	4,25 (43)	1,32 (14)	9,88
	Clone A7	60	4	1,78 (33)	2,93 (55)	0,57 (12)	5,28
	Clone D19	60	4	1,56 (28)	3,61 (64)	0,45 (8)	5,62

* 1= Silveira (2000); 2 = Silveira et al. (2000); 3 = Higashi et al. (1999) e 4 = Camargo (1997); ** valores entre parênteses são percentuais em relação ao total.

Tabela 28. Quantidades de matéria seca, Ca, Mg e S em mudas de *Eucalyptus grandis* na fase de viveiro.

Parâmetros	Material genético	Idade (dias)	Referências*	Partes da planta			Total
				Folhas	Caule+Ramos	Raízes	
mg muda ⁻¹							
Ca	semente (Progênie 1)	110	1	3,2 (44)	2,3 (32)	1,7 (24)	7,2
	semente (Progênie 2)	110	1	2,5 (48)	1,6 (31)	1,1 (21)	5,2
	Semente Bofete	97	2	5,2 (42)	4,7 (38)	2,4 (20)	12,3
	semente Capão Bonito	79	3	1,8 (49)	1,1 (30)	0,8 (21)	3,7
	Clone A7	90	4	2,15 (50)	1,69 (40)	0,45 (10)	4,29
	Clone D19	90	4	2,12 (45)	2,09 (45)	0,48 (10)	4,69
	Clone A7	75	4	2,01 (49)	1,73 (42,5)	0,33 (8,5)	4,07
	Clone D19	75	4	2,04 (45)	2,13 (47)	0,36 (8)	4,53
	Clone A7	60	4	1,07 (35)	1,78 (59)	0,18 (6)	3,03
	Clone D19	60	4	0,59 (21)	2,05 (74)	0,13 (5)	2,77
Mg	semente - Progênie 1	110	1	3,3 (49)	0,7 (10)	2,8 (41)	6,8
	semente - Progênie 2	110	1	2,6 (41)	0,7 (11)	3,0 (48)	6,3
	Semente Bofete	97	2	1,5 (48)	0,3 (10)	1,3 (42)	3,1
	semente - Capão Bonito	79	3	1,2 (54)	0,3 (14)	0,7 (32)	2,2
	Clone A7	90	4	2,07 (60)	0,74 (20)	0,74 (20)	3,55
	Clone D19	90	4	2,04 (38)	1,07 (19)	2,34 (43)	5,45
	Clone A7	75	4	2,11 (51)	1,01 (24)	1,01 (25)	4,13
	Clone D19	75	4	1,99 (39)	1,11 (22)	1,93 (39)	5,03
	Clone A7	60	4	1,14 (41)	0,71 (26)	0,89 (33)	2,74
	Clone D19	60	4	0,63 (25)	1,18 (47)	0,67 (28)	2,48
S	semente (Progênie 1)	110	1	1,0 (42)	0,6 (25)	0,8 (33)	2,4
	semente (Progênie 2)	110	1	0,9 (47)	0,4 (21)	0,6 (32)	1,9
	Semente Bofete	97	2	0,6 (33)	0,3 (17)	0,9(50)	1,8
	semente Capão Bonito	79	3	0,91 (64)	0,16 (11)	0,35 (25)	1,42
	Clone A7	90	4	0,44 (66)	0,11 (17)	0,11 (17)	0,66
	Clone D19	90	4	0,44 (60)	0,15 (21)	0,14 (19)	0,73
	Clone A7	75	4	0,62 (53)	0,35 (30)	0,2 (17)	1,17
	Clone D19	75	4	0,33 (61)	0,11 (20)	0,10 (19)	0,54
	Clone A7	60	4	0,27 (42)	0,28 (44)	0,09 (14)	0,64
	Clone D19	60	4	0,21 (35)	0,32 (54)	0,06 (11)	0,59

* 1= Silveira (2000); 2 = Silveira et al. (2000); 3 = Higashi et al. (1999) e 4 = Camargo (1997); ** valores entre parênteses são percentuais em relação ao total.

Tabela 29. Quantidades de boro, cobre e ferro em mudas de *Eucalyptus grandis* na fase de viveiro.

Micronutrientes	Material genético	Idade (dias)	Referências*	Partes da planta			Total
				Folhas	Caule+Ramos	Raízes	
µg muda ⁻¹							
B	semente (Progênie 1)	110	1	22,7 (35)**	22,2 (34)	20,0 (31)	64,9
	Semente (Progênie 2)	110	1	23,5 (45)	14,9 (28)	14,5 (27)	52,9
	semente Bofete	97	2	11,0 (42)	7,0 (27)	8,0(31)	26,0
	semente Capão Bonito	79	3	8,5 (51)	5,4 (33)	2,7 (16)	16,6
Cu	semente (Progênie 1)	110	1	2,9 (26)	2,4 (22)	5,7 (52)	11,0
	Semente (Progênie 2)	110	1	1,8 (22)	1,8 (22)	4,6 (56)	8,2
	semente Bofete	97	2	5,0 (12)	4,0 (9)	33,0 (79)	42,0
	semente Capão Bonito	79	3	2,6 (22)	3,1 (26)	6,1 (52)	11,8
Fe	semente (Progênie 1)	110	1	321 (15)	156 (8)	1603 (77)	2080
	Semente (Progênie 2)	110	1	309 (17)	103 (6)	1427 (77)	1839
	semente Bofete	97	2	55 (14)	58 (14)	292 (72)	405
	semente Capão Bonito	79	3	79 (23)	45 (13)	223 (64)	347

* 1= Silveira (2000); 2 = Silveira et al. (2000); 3 = Higashi et al. (1999); ** valores entre parênteses são percentuais em relação ao total.

Tabela 30. Quantidades de manganês, molibdênio, zinco, alumínio e sódio em mudas de *Eucalyptus grandis* na fase de viveiro.

Micronutrientes	Material genético	Idade (dias)	Referências *	Partes da planta			
				Folhas	Caule+Ramos	Raízes	Total
µg muda ⁻¹							
Mn	semente (Progênie 1)	110	1	213 (55)	82 (21)	90 (24)	385
	semente (Progênie 2)	110	1	177 (56)	51 (16)	89 (28)	317
	semente Bofete	97	2	336 (53)	122 (19)	178 (28)	636
	semente Capão Bonito	79	3	18 (47)	9 (24)	11 (29)	38
Mo	semente Capão Bonito	79	3	0,34 (24)	0,28 (19)	0,82 (57)	1,44
Zn	semente (Progênie 1)	110	1	21 (17)	22 (18)	80 (65)	123
	semente (Progênie 2)	110	1	14 (15)	12 (13)	68 (72)	94
	semente Bofete	97	2	15 (22)	10 (15)	43 (63)	68
	semente Capão Bonito	79	3	13 (12)	16 (15)	81 (73)	110
Al	semente Capão Bonito	79	3	225 (21)	211 (20)	633 (59)	1069
Na	semente Capão Bonito	79	3	127 (34)	80 (21)	167 (45)	374

* 1= Silveira (2000); 2 = Silveira et al. (2000); 3 = Higashi et al. (1999); ** valores entre parênteses são percentuais em relação ao total.

Tabela 31. Peso seco e conteúdo total dos macronutrientes em mudas de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* propagadas por macro e miniestacas.

Idade (dias)	Peso seco		N		P		K		Ca		Mg		S	
	macro	mini	macro	mini	macro	mini	macro	Mini	macro	mini	macro	mini	macro	mini
-----mg/muda-----														
0	235 (24)*	85 (7)	5,4 (35)	3,0 (27)	0,50 (11)	0,36 (6)	3,7 (31)	2,2 (15)	1,8 (18)	1,2 (9)	0,55 (20)	0,14 (4)	0,16 (14)	0,09 (12)
40	742 (75)	451 (38)	12,0 (77)	8,4 (77)	3,03 (69)	2,43 (39)	10,2 (86)	7,9 (54)	6,4 (64)	5,0 (38)	2,10 (77)	1,30 (40)	1,13 (100)	0,70 (92)
55	761 (77)	555 (46)	15,5 (100)	7,9 (72)	2,90 (66)	2,63 (42)	11,0 (92)	8,6 (59)	7,2 (72)	6,3 (48)	1,60 (59)	1,53 (47)	0,94 (83)	0,56 (74)
70	786 (80)	1033 (86)	8,0 (52)	10,6 (97)	3,03 (69)	3,50 (56)	9,5 (80)	12,6 (87)	7,9 (79)	10,9 (82)	2,00 (73)	2,43 (75)	0,46 (41)	0,76 (100)
85	983 (100)	1197 (100)	8,7 (56)	10,9 (100)	4,36 (100)	6,30 (100)	11,9 (100)	14,5 (100)	10,0 (100)	13,2 (100)	2,73 (100)	3,23 (100)	0,58 (51)	0,61 (80)

* Valores percentuais em relação a idade para o mesmo tipo de estaca.

Fonte: Silveira & Higashi (2002b).

A Tabela 32 são apresentadas as quantidades de sódio e micronutrientes em mudas de eucalipto com diferentes idades, propagadas via macro e miniestacas. No fase de estaqueamento, as miniestacas apresentaram menores quantidades de sódio e micronutrientes quando comparadas as macroestacas. O mesmo comportamento foi verificado para as mudas com idades de 40 e 55 dias, exceção feita a quantidade de manganês na idade de 40 dias, cujas as diferenças entre mudas de macro e miniestacas foram mínimas. A quantidade de ferro e zinco na macro e miniestaca foi extremamente pequena em relação ao acúmulo total desses nutrientes na idade de 85 dias.

Tabela 32. Conteúdo total de sódio e dos micronutrientes em mudas de clone de *E. urophylla* x *E. grandis* propagadas por macro e miniestacas.

Idade (dias)	Na		B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	macro	mini	macro	mini	macro	mini	macro	mini	macro	mini	macro	mini
	----mg/muda----						-----µg/muda-----					
0	1,19 (38)	0,16 (6)	10,1 (37)	7,0 (18)	1,8 (14)	1,1 (7)	12 (3)	6 (2)	18 (7)	43 (12)	5,0 (1)	3,0 (4)
40	3,14 (100)	1,53 (59)	20,7 (75)	17,4 (46)	12,2 (92)	7,9 (47)	260 (74)	242 (83)	78 (29)	77 (21)	56,9 (16)	37,0 (44)
55	2,21 (70)	1,37 (52)	22,2 (81)	16,0 (42)	13,2 (100)	11,5 (69)	274 (78)	207 (71)	135 (51)	108 (30)	47,1 (13)	38,7 (47)
70	2,30 (73)	2,25 (86)	20,8 (76)	30,8 (81)	9,4 (71)	15,2 (91)	209 (60)	238 (81)	136 (51)	290 (81)	54,3 (15)	75,0 (90)
85	2,14 (68)	2,61 (100)	27,5 (100)	38,2 (100)	12,8 (97)	16,7 (100)	349 (100)	292 (100)	265 (100)	359 (100)	67,7 (100)	83,1 (100)

* Valores percentuais em relação a idade para o mesmo tipo de estaca.

Fonte: Silveira & Higashi (2002).

As miniestacas apresentam menor reserva de nutrientes e com isso tem maior acúmulo percentual com o aumento da idade das mudas. Em termos práticos, as adubações de cobertura devem ser mais freqüentes nas mudas originárias de miniestacas quando comparadas as mudas de macroestacas.

5.1.2. Diagnose foliar

Um dos poucos trabalhos que avaliaram os teores de macro e micronutrientes nas várias partes das mudas de *Eucalyptus grandis*, em função da idade, foram realizados por Higashi et al. (1999). Os teores médios encontrados pelos autores estão descritos nas Tabelas 33 – 37. Os resultados mostraram que houve um decréscimo significativo dos teores de Mg, S e Zn em função da idade das mudas. Com exceção do Mn, os demais teores estavam próximos ou um pouco acima da faixa considerada adequada para mudas de eucalipto cultivadas em condição de viveiro.

Tabela 33. Teor médio de N, P e K, em g kg⁻¹, nas várias partes das mudas em função da idade.

Idade das Mudanças	N			P			K		
	Folha	Caule	Raiz	Folha	Caule	Raiz	Folha	Caule	Raiz
30		25,3	18,6		4,7	3,9		10,5	9,8
37		29,6	19,1		4,5	3,8		10,0	10,8
44		31,5	18,8		4,2	2,9		11,0	11,3
51	29,7	19,2	18,3	4,2	4,5	3,3	10,8	12,8	9,5
58	27,8	18,9	18,6	3,8	5,0	2,9	11,7	16,0	6,1
65	25,7	20,0	17,3	2,9	4,6	3,2	8,6	9,8	5,5
72	25,7	17,7	19,8	2,2	3,7	2,6	7,0	10,6	5,1
79	25,4	17,9	17,5	2,1	3,4	2,3	7,2	7,5	7,0
86	26,1	17,5	19,0	2,3	3,8	2,2	8,0	9,8	6,6

Tabela 34. Teor médio de Ca, Mg e S, em g kg⁻¹, nas várias partes das mudas em função da idade.

Idade das mudas	Ca			Mg			S		
	Folha	Caule	Raiz	Folha	Caule	Raiz	Folha	Caule	Raiz
30		5,4	3,6		3,7	4,3		3,7	3,5
37		5,8	4,0		3,6	4,3		3,6	3,8
44		5,3	5,1		3,2	4,3		3,5	3,2
51	5,0	9,9	5,1	3,3	3,1	4,4	3,0	2,3	3,3
58	4,9	10,1	4,7	3,3	3,1	4,0	3,2	2,1	2,5
65	3,3	7,8	4,1	2,6	2,7	4,0	2,4	1,6	2,3
72	2,9	6,6	5,2	2,4	2,0	3,9	1,9	1,0	1,9
79	3,7	5,7	4,2	2,6	1,8	3,2	1,6	1,0	1,5
86	4,9	5,8	3,8	2,4	1,8	3,6	1,8	1,0	1,6

Tabela 35. Teor médio de B, Co e Cu em mg kg⁻¹, nas várias partes das mudas em função da idade.

Dias de coleta	B			Co			Cu		
	Folha	Caule	Raiz	Folha	Caule	Raiz	Folha	Caule	Raiz
30		21,0	29,2		0,58	0,60		9,4	28,0
37		20,4	16,2		1,14	0,64		7,6	20,6
44		19,2	21,6		0,96	1,94		8,2	21,0
51	30,8	16,0	27,4	0,80	0,70	1,26	8,8	9,0	22,2
58	22,8	15,6	17,8	0,40	1,06	2,12	7,0	14,0	12,8
65	19,8	11,8	14,2	0,92	0,60	1,90	6,4	7,0	15,2
72	20,0	13,2	35,2	1,06	0,39	1,60	5,2	7,6	14,8
79	17,2	10,8	14,4	0,84	0,68	0,94	5,4	6,0	11,2
86	20,8	10,8	16,2	0,66	0,27	0,66	6,0	5,4	14,6

Tabela 36. Teor médio de Fe, Mn e Mo, em mg kg⁻¹, nas várias partes das mudas em função da idade.

Dias de coleta	Fe			Mn			Mo		
	Folha	Caule	Raiz	Folha	Caule	Raiz	Folha	Caule	Raiz
30		294,0	448,0		43,8	46,0		1,82	4,62
37		240,2	360,0		44,8	29,0		1,22	3,42
44		144,2	668,0		42,4	32,0		1,17	2,42
51	156,2	132,0	590,0	43,0	21,0	34,0	0,84	1,09	3,16
58	138,4	150,0	650,0	41,2	23,0	20,0	0,56	0,43	1,86
65	101,6	112,0	679,0	31,8	19,4	18,4	1,34	2,24	0,47
72	104,6	98,2	602,0	29,8	20,2	21,2	1,18	1,04	1,14
79	158,0	90,6	324,0	40,2	23,4	22,2	0,74	0,31	1,68
86	285,8	93,2	542,0	52,4	27,4	20,2	0,49	0,94	0,70

Tabela 37. Teor médio de Na, Zn e Al, em mg kg⁻¹, nas várias partes das mudas em função da idade.

Dias de coleta	Na			Zn			Al		
	Folha	Caule	Raiz	Folha	Caule	Raiz	Folha	Caule	Raiz
30		326	498		67,8	434,0		766	1405
37		336	512		70,0	439,6		705	1196
44		280	274		58,8	377,4		502	1560
51	282	228	338	49,4	60,2	337,4	521	509	1605
58	338	260	388	41,8	53,8	209,4	486	514	1435
65	294	178	418	31,2	47,0	216,6	392	409	1806
72	326	194	458	24,8	35,8	240,8	394	475	1950
79	222	160	348	28,4	33,2	152,2	475	485	1193
86	308	162	300	31,4	30,2	148,2	645	424	1302

A diagnose foliar, na fase de viveiro, deve levar em consideração o estágio de desenvolvimento das mudas, uma vez que as concentrações dos nutrientes nas folhas diminuem com a idade das mudas. A relação N/K adequada na fase inicial do crescimento está na faixa de 1,4 a 2,0, enquanto que na fase de rustificação, de 0,6 a 1,0. De uma maneira geral, as concentrações dos macro e micronutrientes diminuem com a idade das mudas (Tabela 38). Os teores adequados para o desenvolvimento das mudas variam em função da idade.

Tabela 38. Teores dos macro e micronutrientes considerados adequados nas folhas de *Eucalyptus grandis* em função da idade da muda.

Nutrientes	Idade (dias)			
	30-45	45-60	60-80	80-100
	g kg ⁻¹			
N	35-40	30-35	20-30	13-15
P	3,5-4,0	3,0-3,5	2,5-3,0	1,5-2,0
K	20-25	18-20	15-20	15-20
Ca	8-10	8-10	8-12	8-12
Mg	4,0-4,5	3,5-4,0	3,5-4,0	3,0-3,5
S	2,5-3,0	2,0-2,5	2,0-2,5	1,3-1,5
	mg kg ⁻¹			
B	40-60	40-60	30-50	30-40
Cu	15-20	15-20	10-15	10-15
Fe	130-150	130-150	100-130	80-130
Mn	300-500	300-500	300-500	300-500
Zn	50-70	40-60	40-60	30-40
Nutrientes em relação à matéria seca (%)	5 a 7	4 a 6	3 a 4	3-3,5

Fonte: Silveira et al. (1995a, b)

5.1.3. Desequilíbrios nutricionais

A ocorrência de deficiências nutricionais em mudas de eucalipto na fase de viveiro é rara. Os principais problemas são referentes a toxicidade e aos desequilíbrios nutricionais. As toxicidades nutricionais mais comuns são as de boro (Figura 17A), manganês, zinco (Figura 17B) e queima de adubo (Figura 17C).

A fitotoxicidade de boro e zinco tem sido encontrada na produção de mudas de *Eucalyptus* quando ocorrem aplicações sucessivas de doses de boro e zinco acima de 3 e 10 mg L⁻¹, respectivamente.

A Figura 17 mostra o efeito das concentrações de boro e zinco nas folhas sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis*. Observa-se que o aumento na concentração de B e Zn para valores acima de 100 e 80 mg kg⁻¹, respectivamente, reduziu a formação de raízes e a parte aérea das mudas (Silveira et al., 2001b).

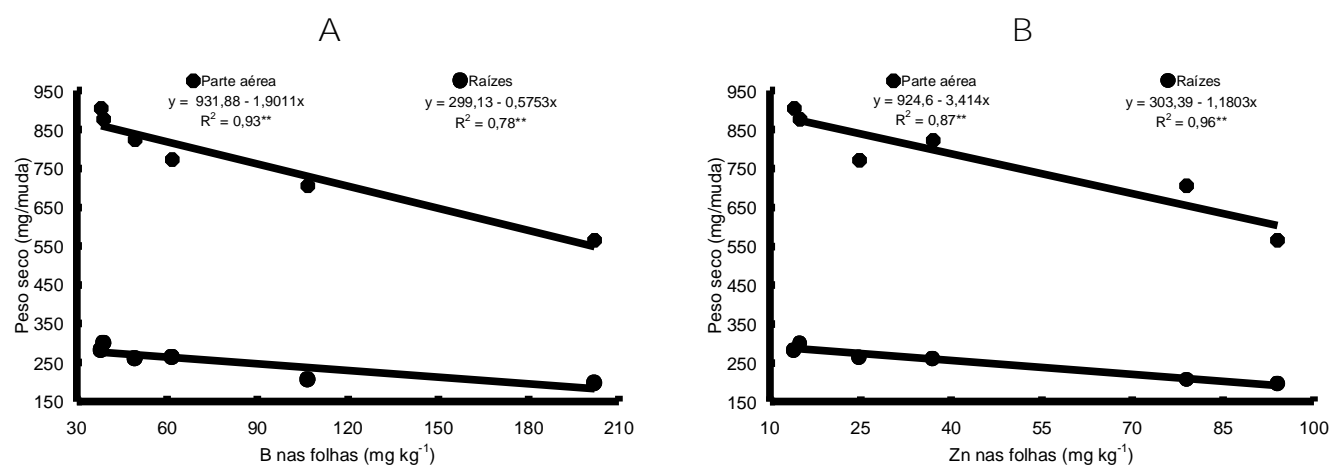


Figura 17. A. Peso seco de raízes e da parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* em função da concentração de boro nas folhas. B. Peso seco de raízes e da parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* em função da concentração de zinco nas folhas (Fonte: Silveira et al., 2001b).

No entanto, já foi observado sintoma de superbrotação de mudas devido ao excesso de ferro no substrato (Figura 19 A). No substrato foram encontrados teores total e disponível de Fe, respectivamente de 2% e 136 mg dm⁻³. Os teores nutricionais das mudas normais e com superbrotação estão apresentados na Tabela 39. Nota-se que em mudas com sintomas de superbrotação, o teor de Fe foi duas vezes maior que quando comparado com as mudas normais.

Tabela 39. Concentrações de macro e micronutrientes em mudas de eucalipto normais e com superbrotação.

Tipos de muda	N	P	K	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
				Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Normais	35	4,8	20	9,0	3,6	3,2	39	2	204	580	37
Com superbrotação	35	4,3	17	7,8	3,8	3,2	39	2	440	740	56

Os sintomas de queima causada pela aplicação excessiva de cloreto de cálcio foram caracterizados por avermelhamento marginal seguido de necrose internerval das folhas (Figura 20).

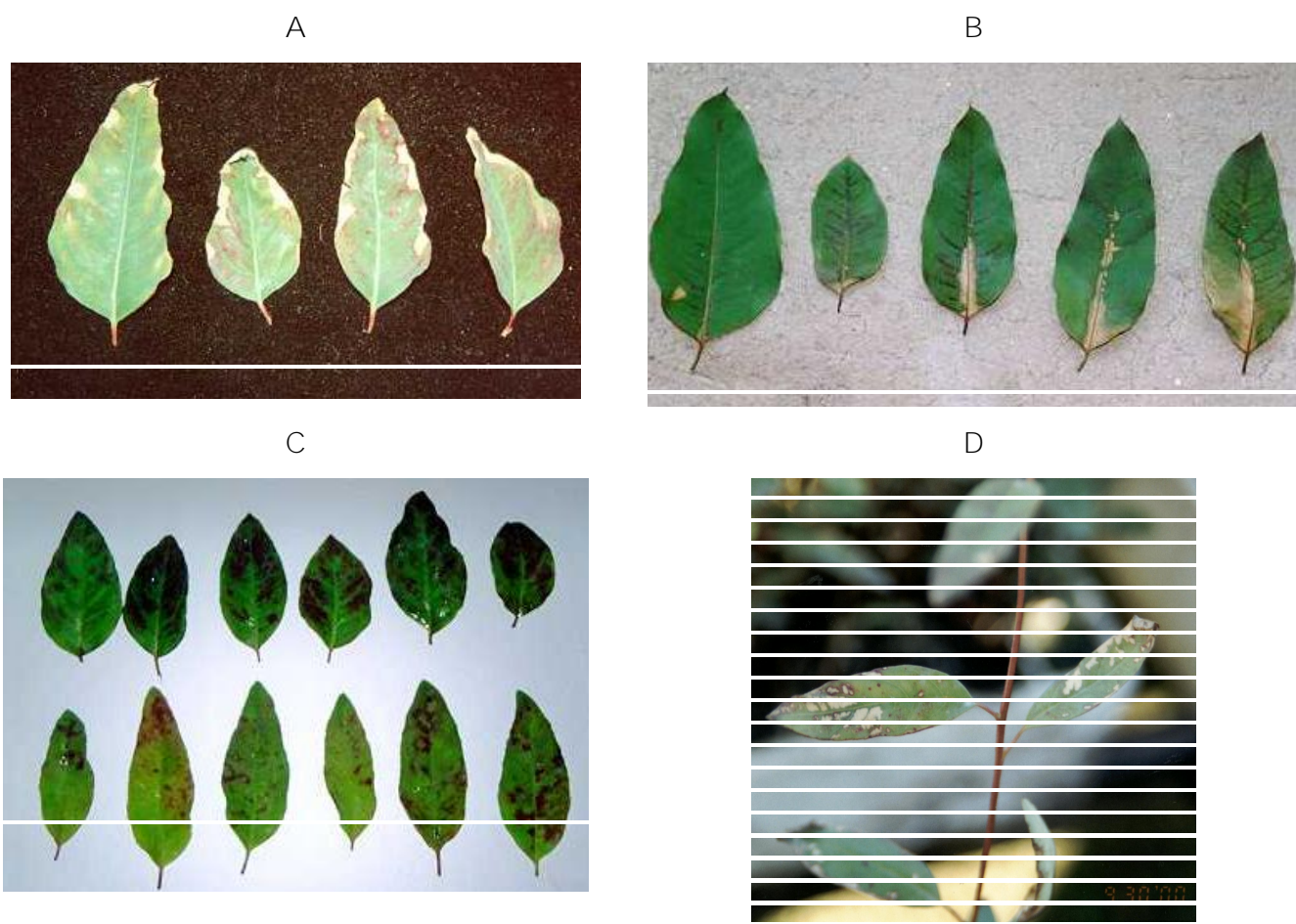


Figura 18. Mudanças de eucalipto com sintomas de toxicidade de boro (A), zinco (B), fungicida a base de enxofre (C) e queima de adubo (D).



Figura 19. Mudas de eucalipto com sintomas de toxicidade de ferro (A), deficiência de ferro (B), deficiência de manganês (C) e fitotoxicidade de herbicida (D).

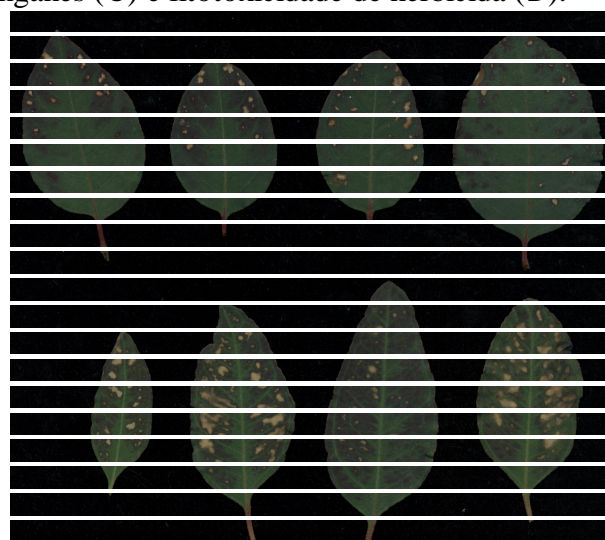


Figura 20. Sintomas causados pela aplicação excessiva de cloreto de cálcio (Fonte: Silveira & Higashi, 2001).

Outro problema muito comum é a deriva de herbicida (glifosato) devido a sua aplicação no combate de mato competição no viveiro. Os sintomas da fitotoxicidade por glifosato são manchas necróticas e clorose das folhas novas que iniciam na base do limbo, estendendo-se em direção ao ápice e morte de ponteiro e a brotação das gemas laterais (Figura 19D). O uso prolongado de certos fungicidas também pode causar sintomas de fitotoxicidade, como foi observada com fungicida a base de enxofre (Figura 18 C).

Na Tabela 40 estão descritos os sintomas visuais de deficiências de macro e micronutrientes em mudas de eucalipto (Modificada de Silveira et al., 2001a).

Tabela 40. Sintomas visuais de deficiências dos nutrientes em mudas de *Eucalyptus*.

Nutrientes	Características dos sintomas visuais
N	Inicialmente as folhas mais velhas apresentam coloração verde clara que vão ficando amareladas e com pequenos pontos avermelhados ao longo do limbo. Posteriormente, os pontos cobrem todo o limbo, ocorrendo um avermelhamento generalizado e queda das folhas.
P	As folhas mais velhas ficam com coloração verde escura mostrando-se arroxeadas próximo às nervuras e pontuações escuras ao longo do limbo. No estágio final, as pontuações tornam-se necróticas.
K	Inicialmente as folhas velhas apresentam avermelhamento das bordas que progridem em direção ao centro da folha. Nesta fase, muitas vezes ocorre um secamento das pontas das folhas.
Ca	As folhas novas mostram deformação seguida de enrolamento. Apesar de bem menos freqüente que a deficiência de B, pode ocorrer à morte das gemas apicais.
Mg	As folhas velhas apresentam manchas amareladas com as nervuras permanecendo verdes. Além dessas manchas, formam-se outras, numerosas, marrons, de tamanho, forma e contornos variáveis, podendo também ocorrer clorose internerval.
S	As folhas novas mostram leve clorose ou avermelhamento de forma uniforme.
B	As folhas novas apresentam intensa clorose marginal seguida de secamento das margens. As nervuras tornam-se extremamente salientes com posterior necrose (aspecto de “costelamento”). As folhas mais novas apresentam-se encarquilhadas e espessas. Na planta ocorre perda de dominância causada pela morte da gema apical.
Cu	Folhas novas deformadas, morte descendente dos ramos, caules e ramos tortuosos; perda de lignificação com os ramos e caule ficando com aspecto de “caídos”.
Fe	As folhas novas apresentam clorose internerval com aparência de um reticulado fino, ou seja, as nervuras ficam verde-escuros, enquanto o limbo foliar fica verde claro.
Mn	As folhas novas apresentam clorose internerval com aparência de reticulado grosso, ou seja, as nervuras e áreas adjacentes ficam verde escuras enquanto o restante do limbo foliar permanece verde claro.
Zn	As folhas novas tornam-se lanceoladas, estreitas e pequenas. Na região apical ocorre um superbrotamento das gemas com posterior perda da dominância.

5.2. Pinus

5.2.1. Matéria seca, concentração e acúmulo dos nutrientes

A produção de matéria seca de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em função da idade encontra-se na Figura 21. O aumento da matéria seca total e das partes da muda foi linear no período entre 45 e 135 dias. A quantidade de matéria seca na idade de 135 dias foi aproximadamente 2,5 vezes maior que a observada aos 45 dias. As acículas, caule e raízes representaram 44,7 a 46,8 %, 28,6 a 29,7 % e 28,7 a 32,5 % do total acumulado nas diversas idades avaliadas.

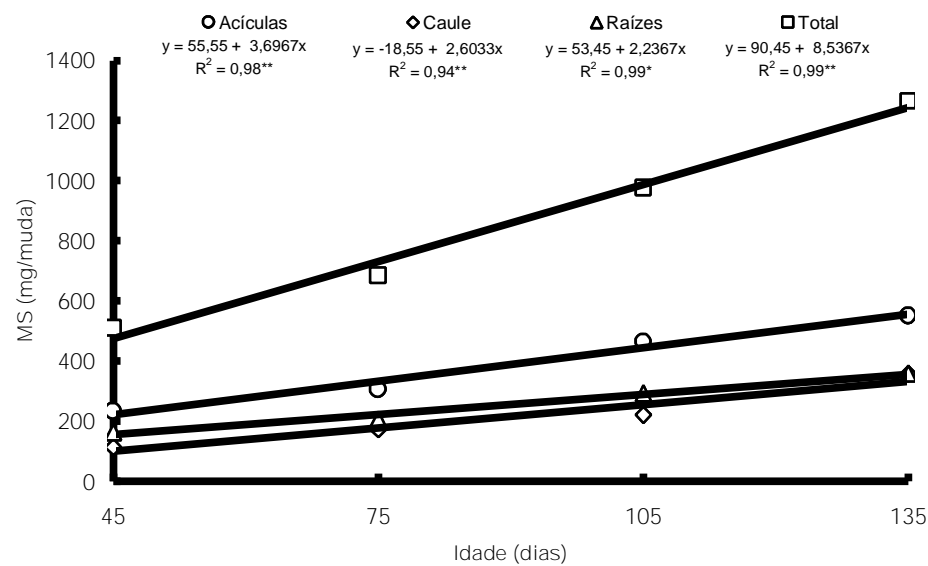


Figura 21. Produção de matéria seca de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em função da idade (Fonte: Silveira & Higashi, 2002).

As concentrações dos nutrientes nas partes da muda de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em diferentes idades são apresentadas na Tabela 41. A acícula foi a parte da muda com as maiores concentrações de N e B. As menores concentrações de S e Mn foram encontradas no caule para todas as idades analisadas. As concentrações de K nas partes da planta variaram bastante durante o crescimento da muda, sendo que no final do ciclo as raízes apresentaram maiores concentrações de potássio em relação as acículas e caule. As menores concentrações de P foram verificadas nas acículas em todas as idades. A concentração de Ca nas raízes foi superior à encontrada no caule e acículas, exceção feita para a idade de 135 dias, onde a concentração de Ca nas acículas foi maior. Para o Mg e o Fe, as maiores concentrações ocorreram nas raízes quando comparada as demais partes da planta, principalmente na fase inicial do crescimento. Ao contrário do Fe, as diferenças entre as partes da planta para as concentrações de Zn foram pequenas durante o crescimento da muda. Para o cobre, também não foram constatadas grandes diferenças de concentrações entre as partes da planta, com exceção para as idades de 45 e 90 dias, onde a

concentração de Cu nas raízes foi o dobro e quatro vezes maior que a encontrada no caule e nas acículas, respectivamente.

Tabela 41. Concentrações dos nutrientes nas diferentes partes da muda

Idade (dias)	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Acículas												
45	25,2	4,2	16,4	4,9	2,1	2,4	35	2	180	150	33	
60	28,7	3,9	19,1	4,2	2,4	2,8	62	2	252	270	57	
75	23,1	4,7	19,1	4,8	2,1	2,8	31	4	132	172	39	
90	24,5	3,9	17,0	4,8	2,0	2,6	39	2	144	236	45	
105	24,5	3,6	16,4	3,3	2,1	2,8	59	2	208	338	50	
135	16,8	3,2	16,4	5,1	2,4	3,3	49	4	348	188	53	
Caule												
45	13,3	5,0	16,4	2,1	2,5	1,5	15	4	232	44	30	
60	13,6	6,6	19,6	2,2	3,1	2,0	14	3	195	85	55	
75	13,3	5,3	18,4	1,9	2,3	1,6	14	4	132	46	33	
90	14,7	5,4	19,8	1,9	2,2	1,5	19	4	188	58	41	
105	17,5	4,9	17,0	1,7	2,4	1,4	24	2	160	88	50	
135	9,1	4,9	13,7	2,2	2,3	1,7	19	2	268	76	51	
Raízes												
45	19,6	4,3	15,0	7,6	5,7	1,9	19	8	1600	138	46	
60	22,4	5,4	17,0	7,5	7,7	3,1	39	2	2240	590	69	
75	18,2	5,5	19,1	6,1	4,9	2,1	21	6	1080	152	49	
90	20,3	4,6	13,0	5,6	3,3	2,4	20	8	1000	208	48	
105	18,2	5,7	17,7	4,4	4,1	3,0	45	2	840	532	54	
135	14,0	4,1	18,4	3,8	3,4	2,1	27	2	740	116	47	

Fonte: Silveira & Higashi (2002a).

Os conteúdos dos macronutrientes nas partes da muda de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em diferentes idades são apresentados na Tabela 42.

Independente da idade das mudas, a quantidade acumulada de N e S foi maior nas acículas, representando de 52,2 a 57,2% do total. O caule teve a menor participação percentual em relação ao acúmulo total de N e S. Ainda em relação ao nitrogênio, observa-se que foi o único macronutriente que o maior acúmulo não ocorreu na idade de 135 dias, uma vez que a quantidade máxima acumulada foi encontrada em mudas com 105 dias. A redução da quantidade de N na muda entre 105 e 135 dias deve-se ao processo de maturação (“rustificação”). Nessa fase, as adubações de cobertura apresentam pequena dose ou até ausência de nitrogênio. A estratégia utilizada visa proporcionar maior rusticidade às mudas durante o plantio. O potássio apresentou comportamento similar ao nitrogênio e enxofre, sendo que em todas as idades avaliadas, as acículas apresentaram maior acúmulo em relação as demais partes. Aos 45

dias de idade, as acículas representavam 47%, enquanto as raízes e o caule 30,2% e 22,8% do total acumulado, respectivamente.

Nas idades de 45 e 75 dias, a maior quantidade acumulada de P foi encontrada nas acículas. No entanto, não houve grandes diferenças entre a quantidade de P nas acículas e raízes aos 105 dias e entre acículas e caule aos 135 dias.

No início do desenvolvimento das mudas, aos 45 dias, a maior quantidade de Ca estava presente nas raízes. No entanto, nas idades posteriores ocorreu um maior acúmulo de Ca nas acículas atingindo aos 135 dias 56,6% do total acumulado.

Nas idades de 45, 75 e 105 dias, as maiores quantidades acumuladas foram encontradas nas raízes, enquanto que época de expedição das mudas, aos 135 dias, nas acículas. Ocorreu aumento percentual do acúmulo de Mg nas acículas com a idade. Aos 45 dias, o conteúdo nas acículas foi de 29,2% , e aos 135 dias, 56,2% do total.

A ordem do conteúdo de nutrientes pelas mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 45 dias foi de $N > K > Ca > P > Mg > S$. Já para as idades de 75 e 105 dias, a quantidade acumulada de fósforo foi maior que a de cálcio, sendo que a seqüência foi $N > K > P > Ca > Mg > S$. No final do ciclo, observa-se que a quantidade extraída de potássio foi maior que a de nitrogênio.

Tabela 42. Quantidades de matéria seca e macronutrientes em mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em função da idade.

Parâmetros	Idade (dias)	Partes da planta			
		Acículas	Caule	Raízes	Total
		mg/muda			
Matéria Seca	45	233 (42,3)* (45,7)**	113 (31,6) (22,2)	163 (45,5) (32,1)	509 (40,2) (100)
	75	306 (55,6) (44,7)	172 (48,2) (25,1)	206 (57,4) (30,2)	684 (54,1) (100)
	105	464 (84,4) (47,5)	221 (61,9) (22,6)	292 (81,3) (29,9)	977 (77,2) (100)
	135	550 (100) (43,5)	357 (100) (28,2)	358 (100) (28,3)	1265 (100) (100)
N	45	5,87 (51,6) (55,6)	1,50 (38,7) (14,2)	3,19 (60,0) (30,2)	10,56 (51,3) (100)
	75	7,07 (62,2) (53,9)	2,29 (59,1) (17,5)	3,75 (70,6) (28,6)	13,11 (63,9) (100)
	105	11,37 (100) (55,4)	3,87 (100) (18,8)	5,31 (100) (25,8)	20,55 (100) (100)
	135	9,24 (81,3) (52,8)	3,25 (84,0) (18,6)	5,00 (94,2) (28,6)	17,49 (85,1) (100)
P	45	0,98 (55,7) (43,6)	0,57 (32,6) (25,3)	0,70 (42,2) (31,1)	2,25 (45,3) (100)
	75	1,44 (81,8) (41,4)	0,91 (52,0) (26,1)	1,13 (68,1) (32,5)	3,48 (70,0) (100)
	105	1,67 (94,9) (37,9)	1,08 (61,7) (24,4)	1,66 (100) (37,7)	4,41 (88,7) (100)
	135	1,76 (100) (35,4)	1,75 (100) (35,2)	1,46 (87,9) (29,4)	4,97 (100) (100)
K	45	3,82 (42,3) (47,0)	1,85 (37,8) (22,8)	2,45 (37,3) (30,2)	8,12 (39,6) (100)
	75	5,84 (64,7) (45,2)	3,16 (64,6) (24,4)	3,93 (59,8) (30,4)	12,93 (63,1) (100)
	105	7,61 (84,4) (46,0)	3,76 (76,9) (22,7)	5,17 (78,7) (31,3)	16,54 (80,8) (100)
	135	9,02 (100) (44,0)	4,89 (100) (23,9)	6,57 (100) (32,1)	20,48 (100) (100)
Ca	45	1,14 (40,6) (43,5)	0,24 (30,3) (9,2)	1,24 (91,2) (47,3)	2,62 (52,8) (100)
	75	1,47 (52,3) (48,0)	0,33 (41,8) (10,8)	1,26 (92,6) (41,2)	3,06 (61,7) (100)
	105	1,53 (54,4) (48,0)	0,38 (48,1) (11,9)	1,28 (94,1) (40,1)	3,19 (64,3) (100)
	135	2,81 (100) (56,6)	0,79 (100) (16,0)	1,36 (100) (27,4)	4,96 (100) (100)
Mg	45	0,50 (38,2) (29,2)	0,28 (34,1) (16,4)	0,93 (76,8) (54,4)	1,71 (51,2) (100)
	75	0,65 (49,6) (31,7)	0,40 (48,8) (19,5)	1,00 (82,6) (48,8)	2,05 (61,4) (100)
	105	0,97 (74,0) (36,0)	0,53 (64,6) (19,6)	1,20 (99,2) (44,4)	2,70 (80,8) (100)
	135	1,31 (100) (56,2)	0,82 (100) (24,5)	1,21 (100) (36,2)	3,34 (100) (100)
S	45	0,56 (30,8) (53,9)	0,17 (27,9) (16,3)	0,31 (35,2) (29,8)	1,04 (32,7) (100)
	75	0,86 (47,2) (54,8)	0,28 (45,9) (17,8)	0,43 (48,9) (27,4)	1,57 (49,4) (100)
	105	1,30 (71,4) (52,2)	0,31 (50,8) (12,5)	0,88 (100) (35,3)	2,49 (78,3) (100)
	135	1,82 (100) (57,2)	0,61 (100) (19,2)	0,75 (85,2) (23,6)	3,18 (100) (100)

* valores percentuais da quantidade acumulada em relação a idade das mudas; ** valores percentuais da quantidade acumulada de cada parte da muda em relação ao total para uma mesma idade (Fonte: Silveira & Higashi, 2002a).

Na Tabela 43 são apresentados os conteúdos dos micronutrientes em mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em diferentes idades.

O maior acúmulo de boro ocorreu nas acículas em todas as idades analisadas, representando de 58,5 a 63,0% do total acumulado. O caule foi a parte da muda que apresentou a menor quantidade de boro, variando de 11,6 a 15,7% do total conforme a idade.

A quantidade máxima acumulada de B e Mn ocorreu aos 105 dias, enquanto que para os demais nutrientes, aos 135 dias.

Nas idades de 45 e 75 dias, o maior acúmulo de Cu ocorreu nas raízes. Nas idades mais avançadas, observa-se que a maior quantidade de cobre estava alocada nas acículas.

O maior acúmulo de ferro ocorreu nas raízes para as idades de 45, 75 e 105 dias, representando de 65,0 a 79,3% do total extraído. No final do ciclo, a quantidade acumulada de ferro ainda era maior nas raízes, porém, somente 47,9 % do total.

O manganês apresentou comportamento similar ao boro, com o maior conteúdo presente nas acículas para todas as idades avaliadas. O percentual de Mn nas acículas variou de 47,3 a 60,1% conforme a idade. O caule foi a parte da planta que menor quantidade acumulou de manganês.

A maior quantidade acumulada de Zn foi encontrada nas acículas, independente da idade. Observa-se ainda em termos percentuais que a quantidade de Zn acumulada nas raízes diminuiu com a idade, enquanto que no caule, aumenta.

Em todas idades avaliadas, a seqüência de acúmulo de micronutrientes pelas mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foi de: Fe > Mn > Zn > B > Cu.

Tabela 43. Quantidades de micronutrientes em mudas de *Pinus caribaea* var *hondurensis* em função da idade.

Parâmetros	Idade (dias)	Partes da planta			
		Acículas	Caule	Raízes	Total
		µg/muda			
B	45	8,16 (29,8)* (63,0)**	1,70 (25,1) (13,1)	3,10 (23,6) (23,9)	12,96 (28,3) (100)
	75	9,49 (36,7) (58,5)	2,41 (35,5) (14,8)	4,33 (32,9) (26,7)	16,23 (35,4) (100)
	105	27,38 (100) (59,7)	5,30 (78,2) (11,6)	13,14 (100) (28,7)	45,82 (100) (100)
	135	26,95 (98,4) (62,1)	6,78 (100) (15,7)	9,64 (73,4) (22,2)	43,37 (94,6) (100)
Cu	45	0,47 (2,5) (21,2)	0,45 (63,2) (20,3)	1,30 (100) (58,5)	2,22 (11,03) (100)
	75	1,22 (6,5) (38,7)	0,69 (97,2) (21,9)	1,24 (95,4) (39,4)	3,15 (15,7) (100)
	105	0,93 (5,0) (47,7)	0,44 (62,0) (22,6)	0,58 (44,6) (29,7)	1,95 (9,7) (100)
	135	18,70 (100) (93,0)	0,71 (100) (3,5)	0,71 (54,6) (3,5)	20,12 (100) (100)
Fe	45	41,94 (21,9) (12,7)	26,22 (27,4) (8,0)	260,80 (98,7) (79,3)	328,96 (59,7) (100)
	75	40,39 (21,1) (14,1)	22,70 (23,7) (8,0)	222,48 (84,2) (77,9)	285,57 (51,8) (100)
	105	96,51 (50,4) (25,6)	35,36 (36,9) (9,4)	245,28 (92,8) (65,0)	377,15 (68,4) (100)
	135	191,40 (100) (34,7)	95,68 (100) (17,4)	264,18 (100) (47,9)	551,26 (100) (100)
Mn	45	34,95 (22,3) (56,0)	4,97 (18,3) (8,0)	22,49 (14,5) (36,0)	62,41 (18,8) (100)
	75	52,63 (33,6) (57,3)	7,91 (29,1) (8,6)	31,31 (20,1) (34,1)	91,85 (27,7) (100)
	105	156,83 (100) (47,3)	19,45 (71,7) (5,9)	155,34 (100) (46,8)	331,62 (100) (100)
	135	103,40 (65,9) (60,1)	27,13 (100) (15,8)	41,41 (26,7) (24,1)	171,94 (51,8) (100)
Zn	45	7,69 (26,4) (41,4)	3,39 (18,6) (18,2)	7,50 (44,70) (40,4)	18,58 (29,0) (100)
	75	11,93 (40,9) (43,1)	5,68 (31,2) (20,5)	10,09 (60,1) (36,4)	27,70 (43,2) (100)
	105	23,20 (79,6) (46,4)	11,05 (60,7) (22,1)	15,77 (94,0) (31,5)	50,02 (78,0) (100)
	135	29,15 (100) (45,4)	18,21 (100) (28,4)	16,78 (100) (26,2)	64,14 (100) (100)

* valores percentuais da quantidade acumulada em relação a idade das mudas; ** valores percentuais da quantidade acumulada de cada parte da muda em relação ao total para uma mesma idade (Fonte: Silveira & Higashi, 2002a).

O nitrogênio foi o único macronutriente que a resposta quadrática do acúmulo total em função da idade. A quantidade máxima acumulada ocorreu aos 117 dias (Figura 22A). Para os demais macronutrientes, a resposta da quantidade acumulada foi linear com o aumento da idade (Figuras 22A e 22B).

Ao comparar a quantidade total de ferro nas idades entre 45 e 105 dias, observou-se pequena diferença. No entanto, da idade de 105 para 135 dias, verificou-se um aumento linear da quantidade acumulada (Figura 23A). A resposta do acúmulo de Mn em função da idade foi quadrática, sendo que a máxima quantidade acumulada ocorreu aos 108 dias (Figura 23A). Em relação aos micronutrientes, a quantidade total de B, Cu e Zn aumentou linearmente com a idade da muda (Figura 23B).

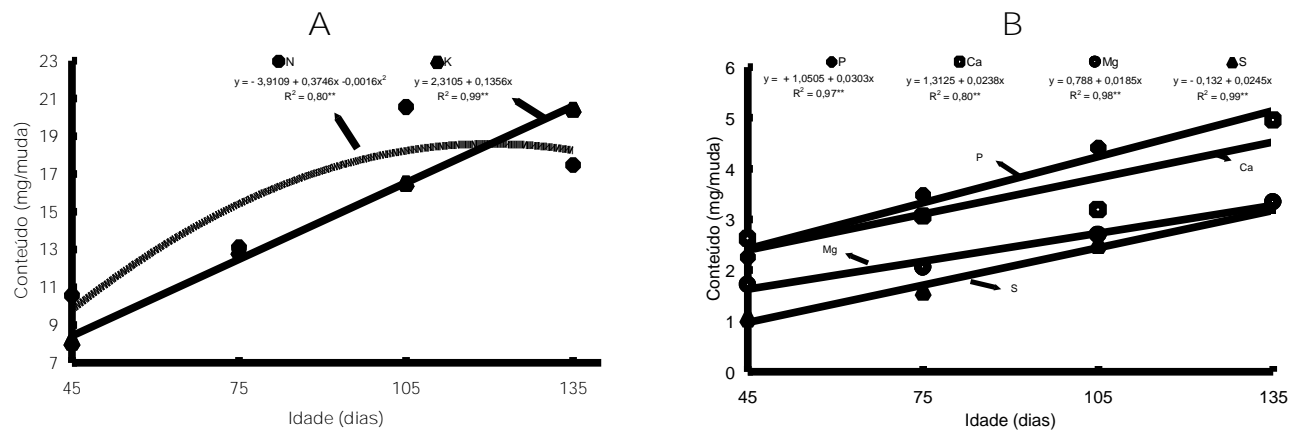


Figura 22. Acúmulo total de macronutrientes em mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em função da idade. A. N e K. B. P, Ca, Mg e S (Fonte: Silveira & Higashi, 2002a).

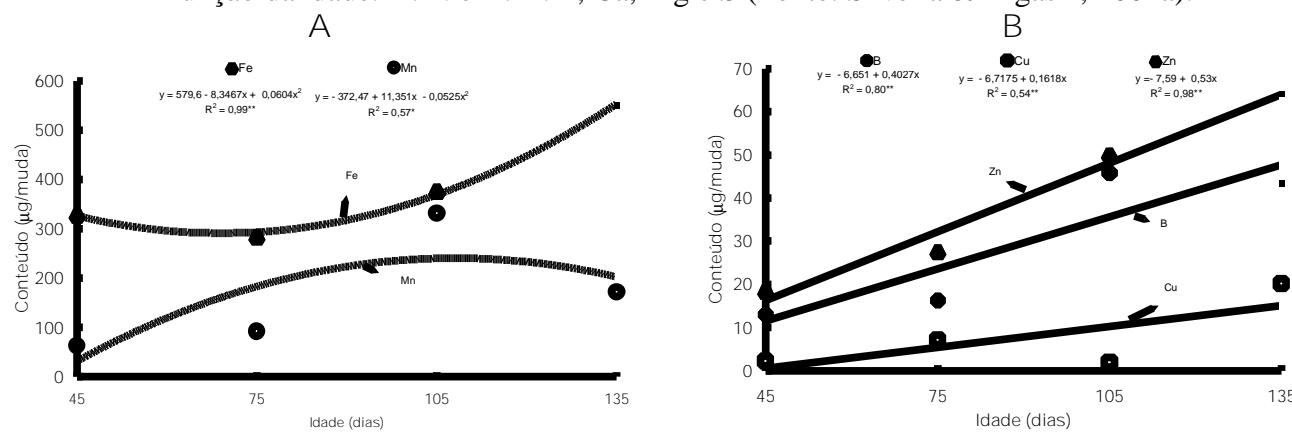


Figura 23. Acúmulo total de micronutrientes em mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em função da idade. A. Fe e Mn. B. B, Cu e Zn (Fonte: Silveira & Higashi, 2002a).

Na Tabela 44 são apresentados os percentuais dos nutrientes em relação a produção de matéria seca total. Observa-se uma redução percentual de nutrientes com o aumento da idade da muda. As mudas com 45 dias apresentaram 5,243% de nutrientes totais e as com 135 dias, 4,336%. O máximo percentual de nutrientes em relação ao peso seco das mudas ocorreu na idade de 75 dias.

Tabela 44. Percentual de nutrientes em relação a matéria seca total de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas diferentes idades.

Nutrientes	Idade (dias)			
	45	75	105	135
	(%)			
N	2,08	1,92	2,10	1,36
P	0,44	0,51	0,45	0,39
K	1,59	1,89	1,69	1,62
Ca	0,51	0,45	0,33	0,39
Mg	0,34	0,30	0,28	0,26
S	0,20	0,23	0,25	0,25
B	0,0025	0,0024	0,0047	0,0034
Cu	0,0004	0,0005	0,0001	0,0016
Fe	0,0646	0,0418	0,0386	0,0436
Mn	0,0122	0,0134	0,0339	0,0136
Zn	0,0036	0,0040	0,0051	0,0040
TOTAL	5,243	5,362	5,182	4,336

Fonte: Silveira & Higashi (2002a).

5.2.2. Diagnose foliar

Um dos métodos de avaliar o estado nutricional é a diagnose foliar. Para as mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, a avaliação deve levar em conta o estágio de desenvolvimento da muda. Os teores dos macro e micronutrientes considerados adequados conforme a fase do desenvolvimento são apresentados na Tabela 45. Esses resultados tratam-se de uma primeira aproximação, havendo necessidade de maiores estudos, principalmente em relação a outras espécies de *Pinus*.

Tabela 45. Teores dos macro e micronutrientes considerados adequados para mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Nutriente	Fase de Crescimento	Fase de rustificação
	45-120 dias	120-150 dias
N	20-28	14-18
P	3-5	2,5-4,0
K	16-21	13-20
Ca	3,5-6,0	4-7
Mg	1,8-2,5	1,9-3,0
S	2,0-3,2	2,0-3,2
B	35-60	35-60
Cu	3-6	3-6
Fe	140-230	140-230
Mn	160-350	160-350
Zn	35-60	35-60

Fonte: Silveira & Higashi (2002a).

5.2.3. Desequilíbrios nutricionais

A Tabela 46 são descritos os sintomas de deficiências de macro e micronutrientes em mudas de *Pinus*.

Os sintomas de deficiência nutricional em viveiro de *Pinus* não são comumente encontrados. No entanto, um dos maiores problemas é a deficiência de nitrogênio induzida pelo uso de substratos com alta relação C/N (> 50).

O excesso de água é um problema freqüente nos viveiros de *Pinus*, sendo que o principal sintoma é a clorose generalizada das mudas, similar aos sintomas de deficiência de ferro.

Como também observado nos viveiros de eucalipto, os maiores problemas nutricionais durante a produção de mudas de *Pinus* são devido a fitotoxicidade, principalmente de micronutrientes como B, Cu, Zn e Fe.

Tabela 46. Sintomas de deficiências nutricionais em *Pinus*.

Nutrientes	Sintomas de deficiências
N	As acículas novas apresentam redução de tamanho e coloração verde-amarelo a amarelo. Pode também ocorrer necrose no ápice das acículas mais velhas. Difere-se da clorose de carência de ferro porque afeta primeiro as folhas mais velhas.
P	As plantas apresentam altura reduzida. Os sintomas nas acículas variam conforme a espécie podendo ter coloração verde-claro, amarelo ou púrpura com manchas de tecidos mortos.
K	Os sintomas variam em função das espécies. As acículas são pequenas, cloróticas e com cor verde na base, e em alguns casos necroses nas suas extremidades.
Ca	Crescimento reduzido de todos os meristemas. Em determinadas situações as gemas terminais podem morrer ou não se desenvolver. As acículas mais novas mostram-se queimadas e cloróticas. Também é comum o ápice radicular apresentarem coloração parda seguida de morte.
Mg	Acículas mais velhas amareladas chegando a apresentar manchas de tecidos mortos no estágio mais avançado da deficiência. É similar a deficiência de N e K.
S	Clorose das acículas, sendo mais intensa nas acículas mais jovens. Atrofia das acículas e eventuais necroses.
B	Clorose e necrose das gemas apicais, com morte progressiva dos brotos terminais.
Cu	Acículas mais novas apresentam deformações e coloração amarela. Em casos severos, os brotos terminais ficam retorcidos.
Fe	Clorose das acículas mais jovens. Em casos mais graves, a coloração tende de amarelo-brilhante a branco.
Mn	Clorose das acículas jovens, similar à deficiência de ferro.
Zn	Atrofiamento extremo das acículas em forma de roseta, seguido de morte dos ápices em casos mais graves.

Fontes: Schubert & Adams (1971) e Aldhous (1975) citados por Carneiro (1995) e Landis (1989) citado por Piñuelas Rubira & Ocaña Bueno (1996).

A Figuras 24 e 25 mostram as deficiências de nitrogênio, fósforo, cálcio, enxofre, boro, cobre, ferro e zinco em *Pinus*. Em condições de viveiro, a deficiência mais comum tem sido a de nitrogênio na fase de rustificação e a de ferro no início do desenvolvimento.

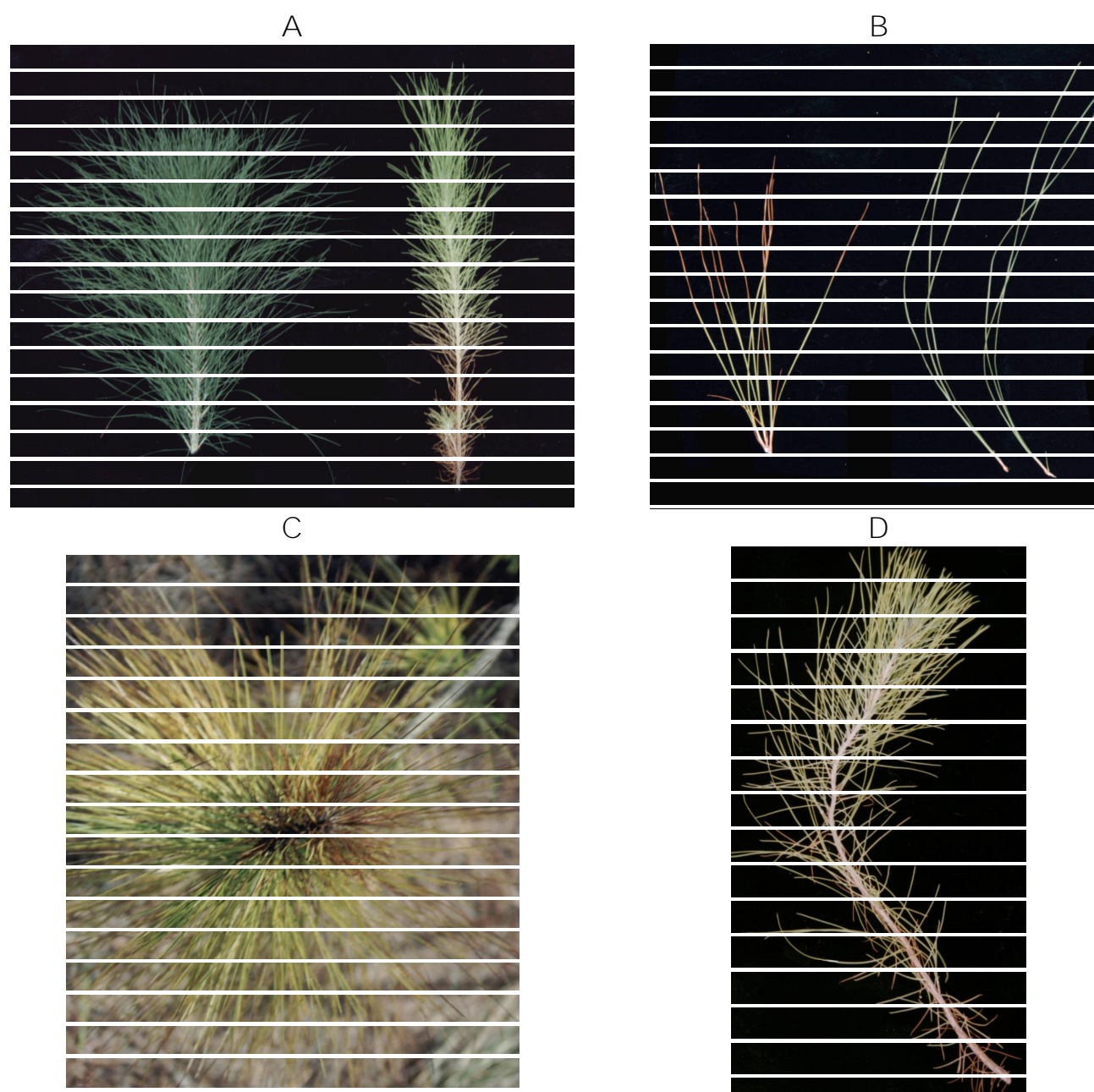


Figura 24. Sintomas de deficiências nutricionais em *Pinus*. A. Acículas normais e deficientes em nitrogênio; B. Acículas normais e deficientes em fósforo; C. Deficiência de cálcio - morte da gema apical; D. Deficiência de enxofre.

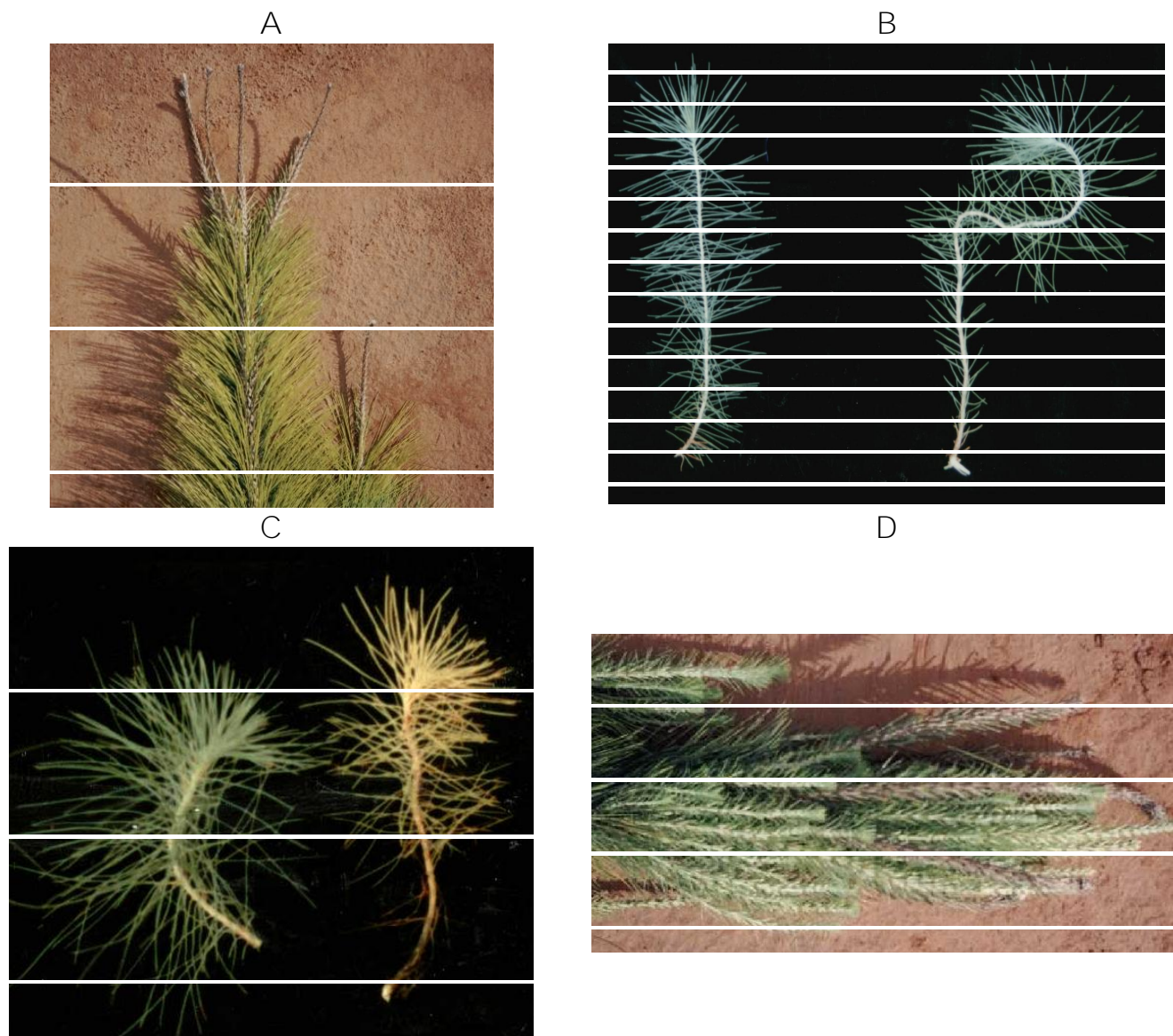


Figura 25. Sintomas de deficiências nutricionais em *Pinus*. A. Deficiência de boro - seca de ponteiro; B. Acículas normais e deficientes em cobre; C. Acículas normais e com deficiência de ferro; D. Deficiência de zinco - superbrotação.

6. Proposta básica de recomendação de adubação para a produção de mudas

Alguns trabalhos têm mostrado a resposta da adubação de cobertura, principalmente de NPK, na formação de mudas seminais de várias espécies de *Eucalyptus* e *Pinus* (Braga et al., 1971, Brandi et al., 1971, 1977a; 1977b; Brasil & Simões, 1973; Simões et al., 1974; Barros et al, 1975, 1977; Novais et al., 1979, 1980a, 1980b; Gomes & Couto, 1984; Paiva & Gomes, 1995; Gonçalves, 1995; Peñuela Rubira & Ocaña Bueno, 1996; Carneiro, 1995; Valeri & Corradini, 2000). A calagem e uso de micronutrientes na forma de “fritas” na mistura do substrato (no geral, as mudas foram produzidas utilizando-se terra de

subsolo como substrato e em sacos plásticos), cobertura com formulação NPK foram utilizados nos trabalhos citados acima.

As formas de aplicação da adubação de cobertura podem ser: manual (barra, carrinho ou regador) ou com automação (fertilizantes injetados no sistema de irrigação) e aplicados através dos bicos de irrigação ou em barras.

Os seguintes equipamentos e procedimentos são utilizados para injeção de solução fertilizante: (i) injeção na sucção da bomba (recomendado apenas quando não há risco de poluição de aquíferos), (ii) bombas injetoras (tipos pistão e centrífuga, principalmente), e (iii) uso de pressão diferencial (princípio do venturi em sistemas de baixa vazão), principalmente.

Para escolha dos fertilizantes a serem aplicados via água de irrigação, devem ser levados em consideração os seguintes aspectos: (a) solubilidade rápida e completa, (b) elevada pureza, (c) baixo poder corrosivo, (d) compatibilidade de mistura, (e) preço (baixo custo), (f) alta concentração, (g) disponibilidade no mercado, (h) facilidade de manuseio, (i) facilidade de armazenagem, (j) baixa toxicidade, (l) baixa volatilidade, (m) informação de pesquisa disponível e (n) índice de acidez.

A aplicação de elevadas doses de nutrientes às mudas levam aos viveiristas a proceder a lavagem com água para evitar a fitotoxicidade, principalmente a “queima” das folhas. Este procedimento faz com que os nutrientes sejam rapidamente lixiviados do sistema.

Outro problema observado é a aplicação dos adubos no início do dia. Muito pouco é aproveitado pelas plantas, pois a irrigação durante o dia causa a lixiviação dos nutrientes. Recomenda-se a fertirrigação na última aplicação do dia.

6.1. Adubação de base

A adubação de base deve ser realizada quando se produz o seu próprio substrato, em razão de quase sempre os níveis dos nutrientes presentes nas matérias primas estarem abaixo do adequado.

A adubação de base tem como objetivo corrigir os níveis de nutrientes, principalmente fósforo e micronutrientes. Os adubos são misturados aos componentes do substrato em betoneira.

Se o substrato apresentar pH entre 5,5 a 6,5, as fontes de fósforo mais recomendadas são superfosfato triplo ou superfosfato simples. Porém, em condições de elevada acidez ($\text{pH} < 5,0$) a fonte aplicada deve ser o termofosfato magnésiano, que tem como característica fornecer P, Ca, Mg e corrigir a acidez do substrato. Outra alternativa seria corrigir o pH do substrato com a aplicação de calcário dolomítico e depois utilizar como fonte de P, os superfosfatos. As doses utilizadas em 1 m^3 de substrato devem estar na faixa de 300 a 500 g de P_2O_5 que equivale a 1100 a 2800 g de superfosfato simples ou 1250 a 3100 g de termofosfato magnésiano. Em relação à aplicação de micronutrientes, sugere-se o uso de

fontes de menor solubilidade como os óxidos. Os adubos mais utilizados são as “fritas”. As doses, estão na faixa de (g m^{-3}) 3 a 6 de B, 1 a 2 de Cu, 15 a 40 de Fe, 15 a 40 de Mn e 15 a 25 de Zn. Essas quantidades equivalem à aplicação de 150 a 300 g de FTE-BR12 m^{-3} de substrato (Gonçalves et al., 1996).

Sgarbi et al. (1999) avaliaram a influência da aplicação de fertilizante de liberação lenta (Osmocote 19 – 06 – 10) na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. O substrato utilizado continha 60% de casca de *Pinus* decomposta, 30% de palha de arroz carbonizada, 10% de vermiculita e doses crescentes do fertilizante Osmocote (0, 1, 2, 4 kg m^{-3} de substrato). A Figura 26 mostra a relação entre a quantidade aplicada no substrato e a produção e matéria seca aos 70 e 90 dias após o plantio. Os autores observaram que as maiores produções de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, foram respectivamente obtidas com as doses de 2,7 e 2,2 kg m^{-3} de substrato, aos 70 dias de idade e com as doses de 3,3 e 2,7 kg m^{-3} de substrato, aos 90 dias após o plantio.

Tabela 47. Principais fontes de adubos mais utilizadas na produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*.

ADUBOS	FÓRMULA	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Co	Cu	Cl	Fe	Mn	Mo	Na	Zn	Solubilidade (°C) *
		----- % -----															
Ácido fosfórico 55%	H ₃ PO ₄		17														
Ácido fosfórico 75%	H ₃ PO ₄		23														
Ácido bórico	H ₃ BO ₃							17									50 (20)
Bórax	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O							11									50 (20)
Cloreto de amônio	NH ₄ Cl	25									62						370 (20)
Cloreto de cálcio	CaCl ₂ .2H ₂ O				24						48						
Cloreto de cobalto	CoCl ₂ .6H ₂ O								24								
Cloreto de magnésio	MgCl ₂ .6H ₂ O					10					34						
Cloreto de potássio	KCl			50							45						350
Cloreto de sódio	NaCl										60				39		
Fe quelatado												6					
Fosfato monoamônico (MAP)	NH ₄ H ₂ PO ₄	12	22														400 (20)
Fosfato diamônico (DAP)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	16	20														450 (20)
Fosfato de potássio	KH ₂ PO ₄		22	28													
Molibdato de amônio	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .2H ₂ O	6												54			400 (20)
Molibdato de sódio	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O													39			560 (20)
Nitrato de amônio	NH ₄ NO ₃	33,5															2190 (20)
Nitrato de cálcio	Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	15,5			19												1220 (20)
Nitrato de potássio	KNO ₃	13,5		38													316 (30)
Nitrato de magnésio	Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	11				8											770 (25)
Nitrato de sódio (Salitre do Chile)	NaNO ₃	16													27		920 (30)
Sulfato de amônio	(NH ₄) ₂ SO ₄	21					23										770 (25)
Sulfato de cobre	CuSO ₄ .5H ₂ O						13			25							200 (20)
Sulfato ferroso	FeSO ₄ .7H ₂ O						11				19						260 (20)
Sulfato de magnésio	MgSO ₄ .7H ₂ O					10	13										700 (20)
Sulfato de manganês	MnSO ₄ .H ₂ O						19						32,5				900 (20)
Sulfato de potássio	K ₂ SO ₄			41		1	17										120 (20)
Sulfato de zinco	ZnSO ₄ .7H ₂ O						18									20	750 (20)
Superfosfato simples	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + CaSO ₄ .2H ₂ O			7,4	20		12										20
Uréia	CO(NH ₂) ₂	45															1033 (20)

* gramas do produto em litro de água. Fonte: Adaptado de Malavolta (1989); Vitti et al. (1993); Domingues Vivancos, A. (1993).

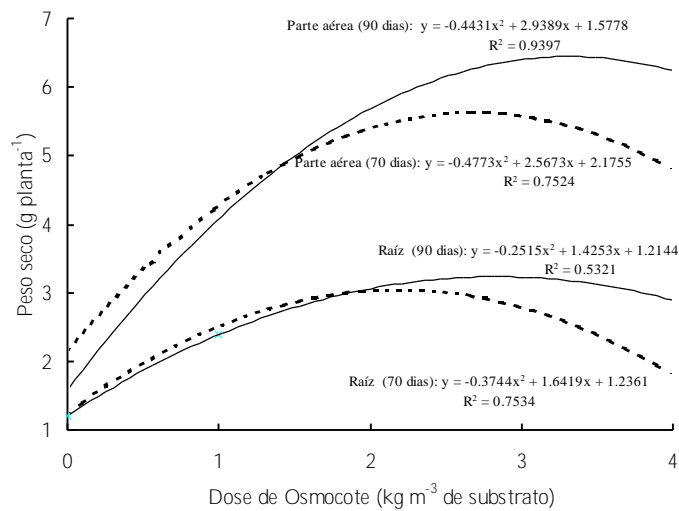


Figura 26. Relação entre a quantidade de Osmocote® (19-06-10) adicionada no substrato e a produção de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*, aos 70 e 90 dias após o plantio (Fonte: Sgarbi et al., 1999).

6.2. Adubação de cobertura

6.2.1. *Eucalyptus*

Inicia-se em torno de 30 dias após a semeadura ou plantio das estacas e visa o fornecimento de N, K e B, principalmente.

Normalmente, as concentrações dos nutrientes na adubação de cobertura são diferenciadas conforme os estágios de crescimento das mudas (Tabela 48).

Os adubos aplicados nesta fertilização devem apresentar alta solubilidade. A Tabela 47 mostra os adubos mais utilizados na produção de mudas de essências florestais.

Tabela 48. Fases, local e período de permanência da produção de mudas de *Eucalyptus*.

Fases de produção da muda	Local	Período de permanência
Germinação das sementes	Sob telado, estufa, casa de vegetação	15 – 30 dias (verão) 25 – 35 dias (inverno)
Enraizamento das estacas	Sob telado, estufa, casa de vegetação	15 – 30 dias (verão) 25 – 35 dias (inverno)
Crescimento	Sob telado e ao pleno sol	40 – 60 dias
Rustificação	Pleno sol	20 – 40 dias
Estagnação *	Pleno sol	30 – 180 dias
Total **	-	75 – 135 dias

* Em algumas regiões do país, onde o plantio ocorre somente em períodos chuvosos do ano (novembro – janeiro). Desta forma, as mudas podem ficar “estagnadas” no período de até 6 meses no viveiro. Normalmente, na fase de estagnação as doses de nutrientes na adubação de cobertura são pequenas.

A Tabela 49 mostra a concentração de nutrientes em duas situações, uma com fertirrigação diária e a outra com fertirrigação semanal, para adubação de cobertura (fase de casa de sombra, fase de crescimento e fase de rustificação) para mudas de *Eucalyptus*.

Observa-se que na fertirrigação semanal, a concentração de nutrientes na fase de crescimento e rustificação é maior que na diária.

Tabela 49. Concentração de nutrientes das adubações de cobertura para diferentes estágios de desenvolvimento das mudas, em condição de fertirrigação diária e semanal, para *Eucalyptus*.

Nutrientes	Fertirrigação diária			Fertirrigação semanal		
	Fases de desenvolvimento da muda					
	Casa de sombra	Crescimento	Rustificação	Casa de sombra	Crescimento	Rustificação
N	100 – 200	150 – 300	0 – 50	200 – 400	500 – 1500*	0 – 100
P	15 – 30	25 – 50	50 – 100	30 – 60	150 – 300	100 – 300
K	100 – 200	150 – 300	150 – 300	200 – 400	400 – 800	500 – 1000
Ca	100 – 200	150 – 300	150 – 300	200 – 400	300 – 500	300 – 500
Mg	25 – 50	40 – 60	40 – 60	50 – 100	80 – 200	80 – 200
S	35 – 65	50 – 80	50 – 80	70 – 130	100 – 250	50 – 100
B	0,3 – 0,6	0,3 – 0,6	0,3 – 0,6	0,3 – 0,6	0,3 – 0,6	0,3 – 0,6
Cu	0,03 – 0,06	0,03 – 0,06	0,03 – 0,06	0,03 – 0,06	0,03 – 0,06	0,03 – 0,06
Fe	3 – 7	3 – 7	3 – 7	3 – 7	3 – 7	3 – 7
Mn	0,3 – 0,8	0,3 – 0,8	0,3 – 0,8	0,3 – 0,8	0,3 – 0,8	0,3 – 0,8
Mo	0,01 – 0,02	0,01 – 0,02	0,01 – 0,02	0,01 – 0,02	0,01 – 0,02	0,01 – 0,02
Zn	0,05 – 0,1	0,05 – 0,1	0,05 – 0,1	0,05 – 0,1	0,05 – 0,1	0,05 – 0,1

* bastante variável em função da época do ano. Doses mais elevadas de N são aplicadas em épocas de maior precipitação.

A relação nitrogênio-potássio nas adubações de cobertura varia em função da idade das mudas. Na fase de crescimento (entre 30 – 60 dias de idade), a razão N/K deverá ficar na faixa de 1,5 a 3 (Figura 27), é nesta fase que ocorre o aumento da área foliar proporcionando uma maior atividade fotossintética. Porém, na fase de rustificação, recomenda-se que a quantidade de potássio aplicada seja superior a de nitrogênio (3K/1N), favorecendo, com isso, o engrossamento do caule e aumentando a resistência da muda ao estresse do plantio.

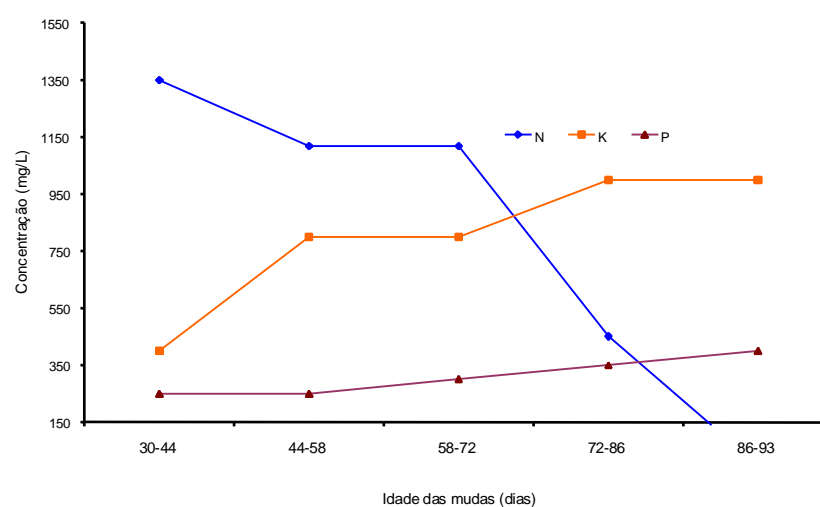


Figura 27. Relação entre N, K e P na adubação de cobertura semanal em função da idade da muda de *Eucalyptus*.

6.2.2. *Pinus*

As doses dos nutrientes na adubação de cobertura têm sido diferenciadas em função do estágio de desenvolvimento da muda, sendo que esse período é influenciado pelo material genético (espécies, procedências, progênies e clones) e época do ano (verão e inverno) conforme mostra a Tabela 50. O período de produção de mudas de *Pinus* pode variar de 110 a 165 dias dependendo principalmente das condições climáticas.

Tabela 50. Fases, local e período de permanência da produção de mudas de *Pinus*.

Fases de produção da muda	Local	Período de permanência
Germinação das sementes	Sob telado, estufa, casa de vegetação	30 – 45 dias (verão) 35 – 50 dias (inverno)
Enraizamento das estacas	Sob telado, estufa, casa de vegetação	30 – 40 dias (verão) 40 – 50 dias (inverno)
Crescimento	Sob telado e ao pleno sol	50 – 75 dias
Rustificação	Pleno sol	30 – 40 dias
Total	-	110 – 165 dias

Na fase de crescimento, a quantidade aplicada de N é igual ou superior a quantidade de potássio, enquanto que na fase de rustificação, o fornecimento de potássio é três vezes maior que o de nitrogênio. A maior quantidade de N na fase inicial do desenvolvimento tem como objetivo aumentar a área foliar, proporcionando uma maior atividade fotossintética. A redução da quantidade de N durante a rustificação

visa o engrossamento do caule e principalmente o aumento da rigidez da muda, conferindo-a uma maior resistência as condições adversas de plantio.

Os viveiros a pleno sol nas épocas de intensa precipitação, necessitam de maiores doses de nitrogênio e potássio para compensarem a intensa lixiviação desse período.

Na Tabela 51 é apresentada a concentração dos nutrientes para as adubações de cobertura nas diferentes fases de crescimento da muda. Essas fertirrigações podem ser realizadas diariamente, onde a solução é aplicada através de microaspersores, ou semanalmente, de forma manual, através de regas.

Tabela 51. Concentração de nutrientes das adubações de cobertura para diferentes estágios de desenvolvimento das mudas, em condição de fertirrigação diária e semanal, para *Pinus*.

Nutrientes	Fertirrigação diária			Fertirrigação semanal		
	Fases de desenvolvimento da muda					
	Casa de sombra	Crescimento	Rustificação	Casa de sombra	Crescimento	Rustificação
	-----mg L ⁻¹ -----					
N	50-100	150-250	0-50	100-200	450-750	0-100
P	100-150	60-100	60-100	200-300	180-300	180-300
K	100-150	150-250	150-250	200-300	450-750	450-750
Ca	80-120	80-120	80-120	160-240	240-360	240-360
Mg	40-80	40-80	40	80-160	120-240	120-240
S	60-100	60-100	60-100	120-200	180-300	60-100
B	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6	0,5-1,0	0,5-1,0	0,5-1,0
Cu	0,15-0,3	0,15-0,3	0,15-0,3	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-0,4
Fe	2-4	2-4	2-4	3-5	3-5	3-5
Mn	0,6-1,2	0,6-1,2	0,6-1,2	0,8-1,5	0,8-1,5	0,8-1,5
Mo	0,02-0,04	0,02-0,04	0,02-0,04	0,03-0,05	0,03-0,05	0,03-0,05
Zn	0,3-0,5	0,3-0,5	0,3-0,5	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6

Fonte: modificada de Peñuelas Rubira & Ocaña Bueno (1996).

6.3. Adubação de expedição

Em muitas empresas florestais, ocorre o atraso do plantio devido às condições desfavoráveis (falta de chuva e preparo do solo) ou cronograma de produção (tempo restrito para plantio no ano), com isto, as mudas do viveiro tendem a ficar mais rustificadas. Com o objetivo de acelerar o crescimento inicial das mudas no campo, recomenda-se a adubação de expedição antes de sair do viveiro.

A Tabela 52 mostra valores médios utilizados na adubação de expedição considerada adequados para mudas verdes e rustificadas de *Eucalyptus* e *Pinus*.

Tabela 52. Doses médias recomendadas de nutrientes para a adubação de expedição em mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*.

Nutrientes	Mudas verdes	Mudas rustificadas
	----- mg L ⁻¹ -----	
N	75 – 150	400 – 800
P	75 – 150	100 – 150
K	400 – 800	150 – 300
Ca	300 – 600	200 – 300
Mg	50 – 100	50 – 100
S	60 – 130	150 – 300
B	0,5	0,5
Cu	0,07	0,07
Fe	4	4
Mn	1,6	1,6
Mo	0,02	0,02
Zn	0,2	0,2

7. Formas de controle para obtenção de mudas de qualidade

Abaixo estão citados alguns critérios importantes para o sucesso da produção de mudas florestais.

- a) Escolha de espécies florestais (sementes ou clones) geneticamente melhoradas e adaptadas para cada região do país dependendo da sua finalidade.
- b) Medir o pH da água de irrigação e da solução nutritiva.
- c) Medir a condutividade elétrica da água e da solução nutritiva.
- d) Realizar o monitoramento nutricional (análise foliar) no minijardim clonal e correlaciona-la com a taxa de enraizamento e definir faixas adequada dos nutrientes.
- e) Realizar o monitoramento nutricional (análise foliar) nas mudas em suas diferentes fases de desenvolvimento.
- f) Analisar a qualidade do substrato (antes e durante o uso) do minijardim clonal. Alguns nutrientes podem estar acumulando no substrato utilizado no minijardim clonal.
- g) Analisar a qualidade do substrato (antes e depois do uso) na produção de mudas. Os nutrientes podem estar desequilibrados, principalmente a relação C/N.
- h) Produzir e comercializar mudas com preços compatíveis do mercado.

8. Referências bibliográficas

- BARROS, N.F.; BRANDI, R.M.; ALFENAS, A.C. Aplicação de fertilizantes na produção de mudas de *Eucalyptus saligna* sm. Brasil Florestal, v.6, n.22, p.25-29, 1975.
- BARROS, N.F.; BRANDI, R.M.; COUTO, L.; FONSECA, S.M. Aplicação de fertilizantes minerais na formação de mudas de *Eucalyptus grandis* Maiden ex Hook, através da água de irrigação. Revista Árvore, v.1, n.1, p.17-25, 1977.
- BOUCHARDET, J.A.; SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; SGARBI, F.; RIBEIRO, F.A. Crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis* em função da relação C/N do substrato. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, Anais, Piracicaba, 1999, Piracicaba: IPEF, 1999.(CD-ROM).
- BRAGA, J.M.; COUTO, L.; NEVES, M.J.B.; BRANDI, R.M. Comportamento de mudas de *Eucalyptus* spp em viveiro, em relação à aplicação de N, P, K e diferentes fontes de fósforo. Revista Árvore, v.1, n.2, p.135-48, 1977.
- BRANDI, R.M.; BARROS, N.F.; VALE, A.B. Ensaio de adubação de *Eucalyptus* spp. Revista Ceres, v.18, n.96, p.151-8, 1971.
- BRANDI, R.M.; CÂNDIDO, J.F.; BARROS, N.F.; OLIVEIRA, L.M. Efeito de adubação NPK no "amadurecimento" de mudas de *Eucalyptus citrodora* Hook para estabelecimento no campo, sob condições adversas de umidade de solo. Revista Ceres, v.24, n.136, p.608-16, 1977a.
- BRANDI, R.M.; CÂNDIDO, J.F.; BRAGA, J.M.; BARROS, N.F. Efeito de adubação NPK no desenvolvimento inicial de mudas de *Eucalyptus citrodora* Hook. Revista Ceres, v.24, n.134, p.405-11, 1977b.
- BRASIL, U.W. & SIMÕES, J.W. Determinação da dosagem de fertilizantes minerais para a formação de mudas de eucalipto. IPEF, n.6, p.79-85, 1973.
- CAMARGO, M.A.F. Matéria seca, concentração e conteúdo de macronutrientes em mudas de clones de eucalipto, em função da idade. Piracicaba: ESALQ, 1997. 94p. (Dissertação de mestrado).
- CAMPINHOS, E. Propagacão vegetativa de *Eucalyptus* spp. por enraizamento de estacas. In: SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENETICO DE ESPECIES FORESTALES, 1., Buenos Aires, 1987. Anais. Buenos Aires, CIEF, 1987. p.208-14.
- CARNEIRO, J.G.A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos, UENF, 1995. 451p.
- CEPEA - Centro de estudos avançados em economia aplicada. Informativo CEPEA – Setor Florestal: análise econômica mensal sobre madeiras e celulose/papel. USP/ESALQ, Novembro, n. 11, 2002. (<http://cepea.esalq.usp.br>).
- CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 020, de 18 de junho de 1986. (www.conama.com.br).
- DOMINGUES VIVANCOS, A. Fertilização. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, 1993. 217p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Florestas (Colombo, PR). Zoneamento ecológico para plantios florestais do Estado do Paraná. Brasília: Embrapa-DDT, 1986. 86p. (Embrapa-CNPQ. Documentos, 17).
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations (www.fao.org), 2003.
- FERREIRA, M. & SANTOS, P.E.T. Melhoramento genético florestal dos *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas. In: IUFRO CONFERENCE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPT. Salvador, 1997. Proceedings. Colombo: EMBRAPA/Centro nacional de Pesquisas de Florestas, 1997. v.4. p.14-34.
- GALVÃO, A.P.M. (org.) Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 351p.
- GOMES, J.M. & COUTO, L. Produção de mudas de *Eucalyptus* spp no estado de Minas Gerais: evolução e tendências. IN: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS. Curitiba, 1984. Anais. Curitiba: FUPEF, 1984. p.440-58.
- GONÇALVES, J.L.M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da mata atlântica. Documentos Florestais ESALQ, n.15, p.1-23, 1995.
- GONÇALVES, J.L.M. & POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, Águas de Lindóia, 1996. Anais. Águas de Lindóia, USP-ESALQ/SBCS/CEA/SLACS/SBM, 1996. CD-ROM.
- HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A. Relatório de pesquisa e assessoria na Duratex em 2001. Piracicaba: RR Agroflorestal, 2001. 31p. (Relatório técnico, dados não publicados)
- HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; PAULA, T.A.; ZANARDO, C.E.; GONÇALVES, A.N. Nutrição mineral em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*: concentração, acúmulo de nutrientes em função da idade. Piracicaba: IPEF, 1998 (Relatório técnico interno – dados não publicados).
- HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; MOREIRA, A. Relatório de assessoria e Pesquisa na Siderúrgica Barra Mansa (1997 – 1998). Piracicaba: IPEF, 1999. 77p. (Relatório interno do IPEF)
- HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus*. In: GONÇALVES, J.L.M. & BENEDETTI, V. (eds.) Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. Cap. 6. p.191-218.
- HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. Circular Técnica do IPEF, n. 194, 2002. 23p.
- JANKOWSKY, I.P. & GALVÃO, A.P.M. Principais usos da madeira de reflorestamento. In: GALVÃO, A.P.M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo: Embrapa Florestas, 2000. Cap. 3, p. 57-70.
- KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N. & FERMINO, M.H. (eds.) Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Genesis, 2000. p.139-146.
- KIEHL, J.E. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: Edmar José Kiehl, 1998. 171p.
- LEÃO, R.M. A Floresta e o homem. São Paulo: EDUSP: IPEF, 2000. 448p.
- LOURES, E.G. Produção de composto no meio rural. Viçosa: UFV, 1983. 12p. (Boletim Técnico).
- MALAVOLTA, E. ABC da Adubação. 5ª edição. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 292 p. 1989.
- MARCHIORI, J.N.C. Dendrologia das Gimnospermas. Santa Maria: UFSM, 1996. 158p.
- MARCHIORI, J.N.C. & SOBRAL, M. Dendrologia das angiospermas: myrtales. Santa Maria: Editora da UFSM, 1997. 304p.
- MORA, A.L. & GARCIA, C.H. A cultura do Eucalipto no Brasil. São Paulo: SBS, 2000. 112p.
- MORO, L.; BRESSAN, C.; CANEVA, R.A.; COLLI JÚNIOR, G.; NEGRI, P.A. Viveiro contínuo de *Eucalyptus* da Champion Papel e Celulose Ltda. Circular Técnica do IPEF, n.160, p. 1-5, 1988.
- NOVAIS, R.F.; GOMES, J.M.; BORGES, E.E.L.; ROCHA, D. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). II. Efeito da calagem, do N e do superfosfato simples. Revista Árvore, v.4, n.1, p.1-13, 1980a
- NOVAIS, R.F.; GOMES, J.M.; NASCIMENTO FILHO, M.B.; BORGES, E.E.L. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). III. Efeito da calagem, do superfosfato simples e de um fertilizante. Revista Árvore, v.4, n.2, p.111-123, 1980b.
- NOVAIS, R.F.; GOMES, J.M.; ROCHA, D.; BORGES, E.E.L. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). I. Efeitos da calagem e dos nutrientes N, P, K. Revista Árvore, v.3, n.2, p.121-34, 1979.
- PAIVA, H.N. & GOMES, J.M. Viveiros florestais. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 56p. (Boletim, n. 320).
- PEÑUELA RUBIRA, J.L. & OCAÑA BUENO, L. Cultivo de plantas forestales en contenedor: principios y fundamentos. Madrid: MAPA/MUNDI-PRENSA, 1996. 190p.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (www.sbs.org.br), 2003.

- SGARBI, F.; SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; PAULA, T.A.; MOREIRA, A.; RIBEIRO, F.A. Influência da aplicação de fertilizantes de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, Anais, Piracicaba: IPEF, 1999. CD-ROM.
- SILVEIRA, R.L.V.A. Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações dos nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden cultivadas em solução nutritiva. Piracicaba: ESALQ, 2000. (Tese de doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)
- SILVEIRA, R.L.V.A. & HIGASHI, E.N. Relatório da visita técnica à Bahia Sul Celulose S/A no período de 09 a 12 de abril de 2001. Piracicaba: RR Agroflorestal, 2001. 12p. (Relatório técnico - dados não publicados).
- SILVEIRA, R.L.V.A. & HIGASHI, E.N. Avaliação de produção de matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes em mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em função da idade. Piracicaba: RR Agroflorestal, 2002. 21p. (Relatório de pesquisa da RR Agroflorestal, dados não publicados).
- SILVEIRA, R.L.V.A. & HIGASHI, E.N. Nutrição e adubação de *Eucalyptus*. Piracicaba: RR Agroflorestal, 2002b. 210p. (Apostila do curso de nutrição e adubação oferecido pela RR Agroflorestal S/C Ltda.).
- SILVEIRA, R.L.V.A.; LUCA, E.F.; SHIBATA, F. Absorção de macronutrientes pelas mudas de *Eucalyptus grandis* em condição de viveiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. Resumos expandidos. Viçosa: SBSC/UFV, 1995a. p.839-41.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; LUCA, E.F.; SHIBATA, F.; CHALITA, L.V.A.S. Absorção de micronutrientes pelas mudas de *Eucalyptus grandis* em condição de viveiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. Resumos expandidos. Viçosa: SBSC/UFV, 1995b. p.842-4.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; POMPERMAYER NETO, P. Monitoramento nutricional na Siderúrgica Barra Mansa. Piracicaba: IPEF, 1998. 92p. (Relatório de assessoria e pesquisa, dados não publicados).
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; MOREIRA, A. Monitoramento nutricional na Lwarcel. Piracicaba: IPEF, 1999. 62p. (Relatório de assessoria e pesquisa, dados não publicados).
- SILVEIRA, R.L.V.A.; BONINE, C.A.V.; HIGASHI, E.N.; VALLE, C.F.; BOUCHARDET, J.A.; GONÇALVES, A.N. Produção de matéria seca, concentração e conteúdo de macro e micronutrientes em brotações de clones de *Eucalyptus* na condição de minijardim clonal. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., Santa Maria, 2000. Resumo expandido, Santa Maria: SBSC/SBM, 2000a.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; LUCAS, E.F.; CHALITTA, L.V.A.S.; HIGASHI, E.N.; LUZ, H.L. Nutrição mineral em viveiro de *Eucalyptus grandis*: produção de matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes em função da idade. Piracicaba: RR Agroflorestal, 2000b. 50 p. (Relatório de pesquisa da RR Agroflorestal, dados não publicados).
- SILVEIRA, R.L.V.A., HIGASHI, E.N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M.R.A. Seja doutor do seu eucalipto. Piracicaba: POTAFOS, 2001a. 32 p. (Arquivo agrônomo, n. 12).
- SILVEIRA, R.L.V.A.; CAMARGO, F.R.; SCATOLINI, F.M.; SILVA, C.R.; HIGASHI, E.N.; PATROCÍNIO, D.D. Avaliação do fertilizante Kristalon na produção de mudas de eucalipto no viveiro de Jacaréi - SN0116. Piracicaba: RR Agroflorestal, 2001b. 18p. (Relatório de pesquisa da empresa Votorantim Celulose e Papel, dados não publicados).
- SIMÕES, J.L.; LEITE, N.B.; TANAKA, O.K.; ODA, S. Fertilização parcelada na produção de mudas de eucalipto. IPEF, n.8., p.99-109, 1974.
- STURION, J.A. & ANTUNES, J.B.M. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A.P.M. (org.) Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo: Embrapa Florestas, 2000. Cap. 7. p.125-150.
- VALERI, S.V. & CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: Gonçalves, J.L.M. & Benedetti, V. (eds.) Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. p.167-217.
- VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fontes de fertilizantes e fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUÍDOS, Piracicaba, 1993. Anais. Piracicaba: POTAFOS/APAL/CES, 1993. p. 223-255.
- ZANI FILHO, J.; BALONI, E.A.; STAPE, J.L. Viveiro de mudas florestais: análise de um sistema operacional atual e perspectivas futuras. Circular Técnica IPEF, n.167, p. 1-5, 1989.