

3.03- EFEITO DA FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA NA PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA E ESTADO NUTRICIONAL EM MINIJARDIM CLONAL DE *Ilex paraguariensis* St. Hill.

L. S. da Rosa¹⁹; I. Wendling²⁰; F. Grossi²¹; C. B. Reissmann²², C. M. Parrode de Godoy²³

Resumo

Foi avaliado o estado nutricional e a produtividade de biomassa de minicepas de erva-mate submetidas a fertirrigação com diferentes formas (NO_3^- , NH_4^+ e $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$, a $0,4 \text{ g L}^{-1} \text{ N}$) e doses de nitrogênio (NH_4NO_3 a 0,2; 0,4 e $0,6 \text{ g L}^{-1} \text{ N}$). Realizaram-se quatro coletas de miniestacas, aos 67, 116, 172 e 293 dias de condução do experimento, para determinação da produção de biomassa. Nenhuma das formas e doses de nitrogênio testadas mostrou aspecto negativo em relação ao estado nutricional foliar das miniestacas, ao passo que a produtividade de biomassa fresca mostrou-se maior para a forma NH_4^+ , isoladamente ou acrescida de NO_3^- , e para a dose $0,6 \text{ g L}^{-1} \text{ N}$. Assim sendo, recomenda-se o uso da forma NH_4^+ e da dose $0,6 \text{ g L}^{-1} \text{ N}$, bem como novos testes com doses e fontes de N visando o aumento da produção de biomassa no minijardim clonal de erva-mate.

Palavras-chave: amônio, erva-mate, miniestaquia, nitrato, silvicultura clonal.

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON THE BIOMASS PRODUCTIVITY AND NUTRITIONAL STATE OF CLONAL MINIGARDEN OF *Ilex paraguariensis* St. Hill.

Abstract

The nutritional state and biomass production of *Ilex paraguariensis* minicuttings submitted to fertirrigation was evaluated with different nitrogen forms (NO_3^- , NH_4^+ and $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$, at $0,4 \text{ g L}^{-1} \text{ N}$) and doses (NH_4NO_3 at 0,2; 0,4 and $0,6 \text{ g L}^{-1} \text{ N}$). Four samples of minicuttings were collected at 67, 116, 172 and 293 days of the experiment conduction to determine their biomass production. None of the tested forms or nitrogen doses showed negative effects on the nutritional state of the minicuttings, while the productivity of fresh biomass was higher for the NH_4^+ form at $0,6 \text{ g L}^{-1} \text{ N}$ dosage, in both cases: alone or with NO_3^- . Therefore, the use of the NH_4^+ form, at the dose of $0,6 \text{ g L}^{-1} \text{ N}$ is recommended; at the same time new doses and sources of N should be tested, seeking the increase of biomass production in *Ilex paraguariensis* miniclinal garden.

Key-words: ammonium, erva-mate, minicutting, nitrate, clonal forestry.

Introdução

Apesar da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) ser uma espécie explorada comercialmente há várias décadas, problemas silviculturais ainda persistem, dentre os quais, a germinação não uniforme e demorada (Fowler e Sturion, 2000), tendo em vista que os embriões pertencentes a esse gênero permanecem rudimentares, em estágio de coração, quando os frutos estão maduros (Heuser e Mariath, 2000).

A estaquia é uma técnica de propagação vegetativa que consiste em promover o enraizamento de partes da planta, podendo ser de ramos, raízes, folhas e até mesmo fascículos, no caso de *Pinus* spp. (Paiva e Gomes, 1995). O que se observa, entretanto, é que a estaquia tem apresentado alguns problemas para *I. paraguariensis*, que podem ser observados pela grande variação existente entre os percentuais de enraizamento para diferentes progênies, dentro de um mesmo tratamento: 0 a

¹⁹ Aluno no PPGEF – UFPR. Rua Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico – Curitiba – PR – 80210-170. lucasflorestal@yahoo.com.br

²⁰ DS, Pesquisador na Embrapa Florestas – Colombo – PR. ivar@cnpf.embrapa.br

²¹ DS, Professor no Depto Engenharia Florestal – UFPR. fgrossi@floresta.ufpr.br

²² DS, Professor no Depto de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR

²³ Acadêmico Eng. Florestal – UFPR. sktcaio@ufpr.br

88% (Prat Kricun, 1983); 0 a 100% (Tavares *et al.*, 1992); 1,1 a 61,1% (Sturion e Resende, 2000). A miniestaquia consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo método de estaquia convencional como fonte de propágulos vegetativos (Wendling, 1999) ou de plantas propagadas via sementes (Xavier e Santos, 2002; Wendling e Souza Junior, 2003).

Diferentes formas de adubação nitrogenada, em culturas de maneira geral, proporcionam respostas diferenciadas das espécies. Genericamente, plantas adaptadas a solos ácidos ou com baixo potencial redox utilizam preferencialmente formas amoniacais (NH_4^+) enquanto plantas adaptadas a solos calcários, com pH elevado, utilizam preferencialmente formas nítricas (NO_3^-). Porém, como regra, as taxas de crescimento mais elevadas e maiores produções são obtidas pelo suprimento de um fertilizante contendo as formas amoniacais e nítrica combinadas (Marschner, 1995; Gaiad, 2003).

O objetivo deste trabalho foi determinar a influência da fertirrigação com diferentes formas e doses de nitrogênio na produtividade de biomassa e no estado nutricional de um minijardim clonal de *Ilex paraguariensis* St. Hil.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Propagação de Plantas da Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil, no período de setembro de 2004 a dezembro de 2005.

Para constituir o minijardim clonal foram selecionadas mudas de *I. paraguariensis* em tubetes de 110 cm³, com 2 anos de idade, em substrato comercial composto de casca de pinus e vermiculita, produzidas no viveiro florestal da Embrapa Florestas. As sementes que originaram as mudas foram obtidas de um experimento de cruzamentos controlados de genótipos selecionados, compondo uma mistura de aproximadamente 25 matrizes. As mudas foram levadas para a estufa, onde foram podadas a 6 cm de altura, preservando um par de folhas.

A solução nutritiva foi constituída de cloreto de cálcio (1,47 g L⁻¹), sulfato de magnésio (0,25 g L⁻¹), superfosfato simples (0,92 g L⁻¹), cloreto de potássio (2,5 g L⁻¹) e 1,0 g L⁻¹ de solução de micronutrientes (9% de Zn, 1,8% de B, 0,8% de Cu, 3% de Fe, 2% de Mn e 0,12% de Mo). Para o experimento com diferentes formas de nitrogênio, foi acrescido a esta composição inicial os seguintes compostos nitrogenados: NO_3^- (da fonte KNO_3), NH_4^+ (da fonte $[\text{NH}_4]_2\text{SO}_4$) e $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ (da fonte NH_4NO_3). Foi incorporada à solução a quantidade de 0,4 g L⁻¹ N, das diferentes formas, tendo sido as soluções ajustadas para que somente este nutriente variasse.

No experimento com doses de nitrogênio, foi acrescido somente nitrato de amônio (NH_4NO_3), nas quantidades de 0,6 ; 0,4 e 0,2 g L⁻¹ N, configurando os tratamentos N Superior, N Médio e N Inferior, respectivamente. Em ambos os experimentos, as minicepas foram regadas semanalmente com 10 mL da solução por tubete, durante os primeiros 6 meses. Após esse período, a rega passou a ser quinzenal.

A coleta de material foi realizada sempre que as brotações produzidas nas minicepas atingiam tamanho entre 3 e 5 cm. Desta forma, não foi estabelecido um intervalo fixo entre as sucessivas coletas, tendo elas sido feitas nos seguintes dias de condução do experimento: 67, 116, 172 e 293 dias, totalizando quatro coletas. Após a primeira coleta, foi separado material foliar para a determinação do estado nutricional das minicepas via análise foliar.

O jardim miniclinal contou com 6 tratamentos, 4 repetições de 9 minicepas por repetição, gerando assim 216 unidades amostrais. Usou-se delineamento blocos ao acaso, com 4 repetições, em bandejas tipo grade de metal, com bordadura. -

Para a avaliação da produção de biomassa fresca, fez-se a pesagem de todos os brotos produzidos em cada tratamento, em gramas. Após pesada, toda a biomassa foi seca e moída, para que fosse extraída uma amostra por tratamento para análise foliar. Para análise do material vegetal fez-se a digestão nitro-perclórica para os elementos P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, e digestão sulfúrica micro Kjeldahl para nitrogênio. As determinações foram realizadas utilizando-se destilação e titulação para N, colorimetria para P, fotometria de chama para K e espectrofotometria de absorção atômica – chama para os demais elementos citados, seguindo metodologia proposta por Silva (1999).

Resultados e Discussões

A Figura 1 (A e B) mostra oscilação entre as diferentes formas e doses de N quando considera a produtividade em decorrência da fertirrigação no minijardim clonal. Pode-se destacar, na Figura 1A,

a baixa produção do tratamento NO_3^- a partir da segunda coleta, ao passo que NH_4^+ e $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ revezam-se como tratamentos que propiciaram maior produtividade.

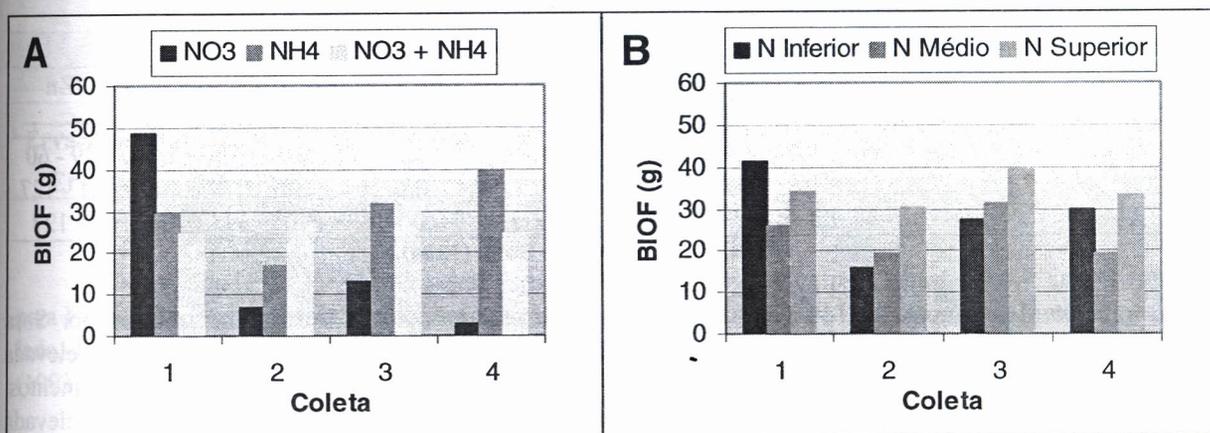


FIGURA 1: Produção de biomassa fresca (BIOF) nas quatro coletas realizadas no minijardim clonal de *Ilex paraguariensis* em função das diferentes formas (A) e doses de N (B).

Gaiad (2003) também observou maior acúmulo de biomassa (considerando a muda inteira, e não somente os brotos) em *I. paraguariensis* quando regadas com a forma amoniacal em comparação com a forma nítrica, corroborando os resultados observados nesse estudo.

A Figura 1B mostra que a quantidade de nitrogênio inferior superou os demais tratamentos apenas na coleta 1. Nas demais coletas, o tratamento N Superior mostrou maior produção de biomassa fresca que os demais, fato esperado, visto que o nitrogênio é elemento que está ligado a todas as rotas metabólicas, de forma direta ou indireta, promovendo maior atividade fotossintética e, por conseguinte, maior acúmulo de biomassa (Malavolta, 1980; Mengel e Kirkby, 1982; Marschner, 1995; Taiz e Zeiger, 2004).

Tal como o observado nesse estudo, Pintro *et al.* (1998) observaram que mudas de 120 dias de *I. paraguariensis* apresentaram produtividade de biomassa diretamente relacionada com o aumento da dose de nitrogênio disponibilizada.

As Tabelas 1 e 2 apresentam a análise foliar de *I. paraguariensis* na primeira coleta de miniestacas do minijardim clonal, para os diferentes tratamentos.

Tabela 1. Resultado da análise foliar em minijardim clonal de *Ilex paraguariensis* para as diferentes formas de N testadas.

Tratamento	Nutriente								
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹			
NO_3^-	29,45	2,64	39,96	7,59	2,94	8,4	70,1	74	150,2
NH_4^+	28,46	2,50	34,39	9,58	3,11	7,6	102,1	459	245,8
$\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$	26,24	2,50	36,32	9,98	3,31	9,1	137,9	197	228,0

Tabela 2. Resultado da análise foliar em minijardim clonal de *Ilex paraguariensis* para as diferentes doses de N testadas.

Tratamento	Nutriente								
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹			
N Inferior	21,88	3,47	42,97	9,15	3,45	9,1	71,6	128	179,0
N Médio	27,62	2,50	34,97	9,46	3,23	8,4	138,7	183	202,6
N Superior	30,75	2,29	31,70	8,55	3,24	7,6	79,2	242	219,0

Em seus estudos, (Sosa, 1994) determinou os valores ótimos para os elementos químicos nas folhas de erva-mate em relação à produtividade, cujos resultados podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3. Níveis de elementos químicos em folhas de indivíduos adultos de *Ilex paraguariensis*, relacionados com a produtividade.

Nível de produtividade	Nutriente							
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹		
Baixo	16,0 - 21,9	1,0 - 1,4	8,4 - 18,9	1,9 - 3,7	2,7 - 4,3	15 - 60	390 - 670	29 - 60
Médio	22,0 - 27,0	1,5 - 1,8	19,0 - 26,0	3,8 - 5,5	4,4 - 6,0	61 - 100	671 - 1400	61 - 127
Alto	> 27,0	> 1,8	> 26,0	> 5,5	> 6,0	> 100	> 1400	> 127

FONTE: Adaptado de Sosa (1994).

Quando comparados os valores obtidos neste estudo com os resultados obtidos por Sosa (1994), mostrados na Tabela 3, observa-se que N é enquadrado sempre como médio e elevada produtividade. Já P, K e Ca enquadram-se como de elevada produtividade em todos os tratamentos. Os micronutrientes Fe e Zn tem valores que se enquadram como promotores de média e elevada produtividade, ao passo que Mn mostra somente baixa produtividade. Tais valores permitem inferir que a solução de fertirrigação utilizada neste estudo apresentava concentrações equilibradas para a cultura da erva-mate, e capazes de promoverem uma elevada produtividade de biomassa no minijardim clonal.

Tabela 4. Níveis de elementos químicos em folhas de indivíduos adultos de *Ilex paraguariensis*.

Cultura	Macronutriente				
	N	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹				
Erva-mate plantada *	17 - 24	0,8 - 1,9	8 - 12	7,3 - 10,9	6,7 - 9,7
Erva-mate nativa **	15 - 22	1,0 - 1,1	14 - 18	5,7 - 7,7	2,7 - 5,0

FONTE: *Adaptado de Fossati (1997); **Adaptado de Reissmann et al. (1983).

Conforme a Tabela 4, os valores obtidos neste estudo mostram-se superiores aos ideais, excetuando-se os elementos Ca e Mg da erva-mate nativa, onde os valores enquadram-se na amplitude considerada ideal. Convém salientar que os dados apresentados na Tabela acima são inerentes à indivíduos adultos, e não mudas com 2 anos de idade, material utilizado neste estudo. Deve-se considerar ainda que a nutrição visando produção de miniestacas para enraizamento é mais intensiva, visto que objetiva a máxima produção de biomassa (brotos) e um estado nutricional ideal.

Os teores médios de P variaram de 2,29 até 3,47 g kg⁻¹, considerados altos quando comparados com valores encontrados por outros autores para mudas de erva-mate, como Reissmann et al. (1983) (Tabela 4), Reissmann e Prevedello (1992), com teores foliares mais baixos (entre 0,5 e 0,7 g kg⁻¹) e (Fossati, 1997), com teor médio de 1,1 g kg⁻¹. Entretanto, não foram identificados sintomas de toxidez desse elemento nas folhas das minicepas.

Considerando a condição de equilíbrio das soluções, onde somente o nutriente N variava, a menor concentração de K no tratamento N Superior pode estar ligado à diluição deste pelo aumento da quantidade de biomassa produzida. Novamente os valores obtidos são considerados altos segundo os estudos de alguns autores (Reissmann e Prevedello, 1992; Fossati, 1997). Entretanto, não foram observados sintomas de toxicidade do mesmo durante a condução do experimento. Já os valores do macronutriente Mg enquadram-se na amplitude considerada ideal para mudas de erva-mate por Reissmann et al. (1983), entre 2,7 e 5,0 g kg⁻¹.

A Tabela 5 mostra os valores considerados ideais, segundo estudos de Fossati (1997) e Reissmann et al. (1983), para o teor foliar de micronutrientes em erva-mate nativa e plantada.

Tabela 5. Níveis de elementos químicos em folhas de indivíduos adultos de *Ilex paraguariensis*.

Cultura	Micronutriente			
	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg kg ⁻¹ -----				
Erva-mate plantada *	6 – 9	115 – 200	1085 – 3434	45 – 130
Erva-mate nativa **	19 – 29	88 – 113	1600 – 2287	21 – 38

FONTE: *Adaptado de Fossati (1997); **Adaptado de Reissmann et al. (1983).

A quantidade de Fe obtida neste estudo concorda com os valores obtidos por Fossati (1997), para NH_4^+ , $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ e N médio, mostrando-se baixos para NO_3^- , N Inferior e N Superior. Por outro lado, Fe mostra-se elevado quando comparado com os valores obtidos por Reissmann e Prevedello (1992) para mudas com 1 ano de idade, igual a 58 mg kg⁻¹.

O valor de Mn mostrou-se bastante superior no tratamento contendo somente a forma amoniacal como composto nitrogenado, fato que corrobora os resultados obtidos por Zampier (2001), onde as mudas de erva-mate supridas com sulfato de amônio mostraram maior concentração de Mn que aquelas cuja fertilização do substrato fez-se somente com húmus. Tal fato pode ser explicado pela acidificação do substrato promovida pela fertirrigação com uma fonte de N amoniacal (sulfato de amônio), que aumenta a absorção de Mn pela planta (Marschner, 1995; Taiz e Zeiger, 2004).

Convém observar que a espécie *I. paraguariensis* é altamente tolerante a altas doses de Mn, entretanto as doses obtidas nas análises deste estudo foram consideradas baixas quando comparadas com as obtidas por Reissmann et al. (1983), entre 1600 e 2287 mg kg⁻¹ e por Reissmann e Prevedello (1992), igual a 1087 mg kg⁻¹.

Os teores de Cu mostraram-se baixos, especialmente quando comparados com os valores obtidos por Reissmann *et al.* (1983) e Reissmann e Prevedello (1992), entretanto concordam com os resultados observados por Zampier (2001). O contrário acontece com o elemento Zn, que apresenta valores superiores àqueles encontrados por Reissmann *et al.* (1983), Reissmann e Prevedello (1992) e Zampier (2001). Embora diferentes dos níveis considerados ideais pela literatura, não foram observados sintomas de deficiência de Cu ou toxicidade de Zn.

Conclusões

As diferentes formas e doses de N testadas mostraram poucas variações do ponto de vista nutricional, ao passo que, quando considerada a produtividade de biomassa fresca, sugere-se a priorização da utilização da forma amoniacal (NH_4^+), isoladamente ou acompanhado de nitrato (NO_3^-), e a dose superior (0,6 g L⁻¹ N) na fertirrigação das minicepas.

Refêrencias Bibliográficas

- Fossati, L. C. Avaliação do estado nutricional e da produtividade de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), em função do sítio e da dioicia. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Curitiba: UFPR, 1997. 113f.
- Fowler, J. A. P.; Sturion, J. A. Aspectos da formação do fruto e da semente na germinação da erva-mate. Comunicado técnico nº 45. Embrapa, 2000. p. 1-5.
- Gaiad, S. Alterações na rizosfera e seus reflexos na biomassa, na composição química e na fotossíntese de erva-mate decorrentes do uso de diferentes fontes de nitrogênio. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Curitiba: UFPR, 2003. 132f.
- Heuser, E. D.; Mariath, J. E. A. Comportamento do embrião de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) ao longo do seu desenvolvimento. Anais do II Congresso Sul-Americano da Erva Mate e III Reunião Técnica da Erva Mate. Porto Alegre: Edição dos organizadores, 2000. p. 137-139.
- Malavolta, E. Elementos da nutrição mineral das plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- Marschner, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2ed. San Diego: Academic Press Inc., 1995. 889p.
- Mengel, K.; Kirkby, E. A. Principles of plant nutrition. 3 ed. Worblanfen-Bern: International Potash Institute, 1982. 655p.

- Paiva, H. N.; Gomes, J. M. Propagação vegetativa de espécies florestais. Viçosa, MG: UFV, 1995. 40 p. (Boletim, 332).
- Pintro, J. C.; Matumoto-Pintro, P. T.; Schwan-Estrada, K. R. F. Crescimento e desenvolvimento de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) cultivadas em solo sob diferentes níveis de fertilidade. *Acta Scientiarum*, Maringá, v.20, n.3, p.285-289. 1998.
- Prat Kricun, S. D., Belingheri, L. D., Piccolo, G. A., Magran, E., Swier, R. Flores, S. E. R., Acuña, D. O. Abelardo, S. Yerba mate. Informe sobre investigaciones realizadas. Período 1982-83. Cerro Azul, E.E.A. Misiones, 1983. 32 p. (Publicación Miscelânea nº 7).
- Reissmann, C.B.; Prevedello, B.M.S. Influência da calagem na composição química foliar da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). *Revista do Instituto Florestal*. V.4. n. único, parte 4. São Paulo: IFSP, 1992. p. 625-629.
- Reissmann, C.B.; Rocha, H.O.; Koehler, C.W.; Ccaldas, R.L.S.; Hildebrand, E.E. Bio-elementos em folhas e hastes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) sobre cambissolo na região de Mandirituba – PR. *Revista Floresta*. V.14. n.2. Curitiba: FUPEF, 1983. p. 49-54.
- Silva, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa, 1999. 370p.
- Sosa, A.D. Fertilización química, abonos, requerimientos nutricionales. In: CURSO DE CAPACITACION EN PRODUCCIÓN DE YERBA MATE, 2, 1994, Cerro Azul. Curso Cerro Azul: INTA, 1994. p.68-90.
- Sturion, J. A., Resende, M. D. Programa de melhoramento genético da erva-mate no Centro Nacional de Pesquisa de Florestas da Embrapa. Anais do II Congresso Sul-Americano da Erva Mate e III Reunião Técnica da Erva Mate. Porto Alegre: Edição dos organizadores, 2000. p. 285-297.
- Tavares, F.R.; Pichet, J.A.; Maschio, L.M. de A. Alguns fatores relacionados com a estaquia da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL – Florestas: Desenvolvimento e Conservação (7.: 1992: Nova Prata). Anais Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. vol.2, p.626-640.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- Xavier, A.; Santos, G. A. Clonagem em espécies florestais nativas. In: ROCHA, M. G. B. Melhoramento de espécies arbóreas nativas. Belo Horizonte: IEF, 2002. 173 p.
- Wendling, I. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Viçosa: UFV, 1999. 68 f.
- Wendling, I.; Souza Junior, L. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) por miniestaquia de material juvenil. In: Anais do 3º Congresso Sul-Americano da Erva-Mate. Chapecó, 2003 (CD-ROOM).
- Zampier, A. C. Avaliação dos níveis de nutrientes, cafeína e taninos após adubação mineral e orgânica, e sua relação com a produtividade na erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Curitiba: UFPR, 2001. 103 f.