

**MODELO DE INCREMENTO PARA ÁRVORES SINGULARES – *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez**INDIVIDUAL TREE GROWTH MODEL FOR *Nectandra megapotamica* (Spreng.) MezJocelaine Bolzan Della-Flora<sup>1</sup> Miguel Antão Durlo<sup>2</sup> Peter Spathelf<sup>3</sup>**RESUMO**

No setor florestal, os modelos de crescimento e incremento são utilizados para prever o crescimento de uma árvore, de um povoamento ou de uma floresta. Nas florestas heterogêneas e de várias idades do Rio Grande do Sul, modelos de árvores individuais são apropriados. O presente trabalho foi estabelecido para contribuir para a formulação de um modelo de incremento de uma espécie da Floresta Estacional Decidual do Rio Grande do Sul: a *Nectandra megapotamica*. A coleta de dados foi realizada no distrito de Vale Vêneto, próximo a Santa Maria, nos anos de 1994 e 1997. A vegetação foi classificada em diferentes estágios sucessionais e nesses estágios, instaladas unidades amostrais permanentes (uap). Em cada uap, todas as árvores com DAP  $\geq 5$  cm foram identificadas, numeradas e medidas. Adicionalmente, a posição sociológica e variáveis do sítio foram estimadas. Em cada uap, calcularam-se a área basal individual, área basal por ha e área basal das árvores maiores que a concorrida (BAL). Em seguida, estabeleceram-se funções de crescimento utilizando o procedimento *stepwise*. A fórmula geral do modelo é: Incremento (g/ano) = f (Dimensões, Concorrência, Sítio). O melhor modelo para *Nectandra megapotamica* é:  $ICA = 0,002084 + 0,000001039 \times DAP^2 - 0,0003498 \times Degradação - 0,000375 \times P.S. - 0,00000904 \times Pedregosidade - 0,0000103 \times BAL$ .

**Palavras-chave:** modelo de incremento para árvores singulares; *Nectandra megapotamica*.

**ABSTRACT**

Sustainable forest management requires knowledge of forest stock and future growth of forests. In the forest sector growth models are used to predict the growth of trees, stands or forests. In heterogeneous uneven-aged forests of Rio Grande do Sul, models on an individual tree basis are appropriate. The present work was established to contribute to the formulation of growth models for one species of the seasonal deciduous forests of Rio Grande do Sul: *Nectandra megapotamica*. Sampling was realized in the district of Vale Vêneto, near Santa Maria in the years of 1994 and 1997. Vegetation was classified into different successional stages and within these permanent sample plots (uap) were installed. In every sample plot the trees with diameter at breast height above 5 cm were identified, numerated and measured. Additionally, the sociological position and site parameters were estimated. In every uap individual basal area increment, basal area per ha and basal area larger (BAL), as competition indexes, were calculated. Then growth equations were established by using the 'stepwise' procedure. The general formulation of the model is: Increment (g/year) = f (dimension, competition, site). The best model for *Nectandra megapotamica* is:  $ICA = 0,002084 + 0,000001039 \times DBH^2 - 0,0003498 \times Degradation - 0,000375 \times Sociological\ position - 0,00000904 \times Soil\ stonyty - 0,0000103 \times BAL$ .

**Key words:** Individual tree growth model, *Nectandra megapotamica*.

**INTRODUÇÃO**

Muitas espécies florestais nativas no Brasil apresentam alto potencial de utilização. Mesmo assim, pouca atenção vinha sendo dada a estas, no sentido da compreensão de seu ritmo de crescimento. Nas últimas décadas, sim, surgiu um crescente interesse no estudo de florestas nativas, em vista das preocupantes taxas de destruição desses ecossistemas, com o objetivo de utilizá-las nos programas de revegetação para a recuperação

1. Engenheira Florestal, MSc., Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Rua Desembargador César Dias, 210, Alto da Boa Vista, CEP 97700-000, Santiago (RS).

2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105.900, Santa Maria (RS). migueldurlo@smail.ufsm.br

3. Engenheiro Florestal, Dr., Forstdirektion Tübingen, Im Schloss, D-72074, Tübingen (Alemanha). spathelf@forst.bwl.de

de áreas degradadas e parra a produção de madeira.

Para fins madeireiros, um requisito fundamental é o da sustentabilidade da produção. Este requisito pressupõe, como informações mínimas, o conhecimento do estoque atual e o ritmo de crescimento das espécies componentes da floresta ou, pelo menos, daquelas consideradas importantes. O estoque pode ser obtido por meio de inventários das áreas de interesse. O crescimento florestal – tendo igualmente como base dados de inventários sucessivos – entretanto, só pode ser previsto se existirem modelos de crescimento para o povoamento ou modelos de incremento para as espécies de interesse que o compõem.

Existe uma extensa literatura sobre modelagem de crescimento de florestas puras e equiâneas, especialmente para plantações. Esses modelos, entretanto, não são perfeitamente apropriados para florestas mistas e multiâneas, como as florestas nativas do Rio Grande do Sul.

O problema da modelagem de tais povoamentos pode ser equacionado com base em modelos de incremento de árvores individuais – single-tree models (Vanclay, 1994; Hasenauer, 1994; Durlo, 1996). Dessa forma, a unidade de prognose não é mais o povoamento como um todo, mas, sim, cada árvore individual do povoamento. Nesse caso, as informações usuais da tabela de produção (média das dimensões, e somas por unidade de área) podem ser prognosticadas pelo somatório dos incrementos das árvores singulares. Assim, os modelos de incremento das espécies, que compõem um povoamento, pode ser utilizado para a previsão do crescimento da floresta como um todo. Embora de construção mais complexa que os modelos tradicionais (tabelas de produção), os modelos de crescimento florestal baseados na modelagem do incremento de árvores singulares apresentam a vantagem de serem aplicáveis para florestas naturais (mistas e de múltiplas idades) e permitem importantes análises de aspectos silviculturais e um maior detalhamento da estrutura do povoamento. A modelagem do incremento de árvores singulares está apenas no início. Modelos de incremento para Canjerana, Cedro e Louro, espécies nativas do RS foram desenvolvidos por Durlo (1996) e Einspieler (2002). Por esse aspecto, percebe-se que está longe a possibilidade de fazer-se prognósticos de crescimento florestal com base nos modelos de incremento de árvores singulares. Nesse estágio, a modelagem do incremento de árvores singulares, entretanto, se reveste de importância, pelo fato de permitir a compreensão da influência de fatores ambientais sobre o ritmo de crescimento das árvores.

Neste trabalho, desenvolveu-se um modelo de incremento para *Nectandra megapotamica*. A espécie não é das mais importantes do ponto de vista econômico (dadas às relativamente baixas características tecnológicas de sua madeira), embora seja freqüentemente utilizada no meio rural, para diversos fins. Porém, o fator econômico, tomado isoladamente, não se constitui em critério absoluto para a escolha de espécies a estudar. A escolha da espécie *Nectandra megapotamica* foi feita dada sua agressividade na recolonização das áreas abandonadas pela atividade agrícola e por exercer uma enorme importância, na composição florística das florestas e no ritmo de crescimento das demais árvores, em razão da concorrência por luz e nutrientes que exercem. Sua freqüência em nossas florestas e o caráter pioneiro também justificam sua escolha.

Diante disso, este trabalho objetiva contribuir para a formulação de modelos de crescimento de florestas mistas, por meio da modelagem do incremento da *Nectandra megapotamica*.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Distribuição e importância das Lauráceas

Na família das Lauráceas, incluem-se cerca de 47 gêneros com distribuição marcadamente tropical e subtropical em todo o mundo (Marchiori, 1997).

No Brasil, registra-se a ocorrência de 19 gêneros e cerca de 390 espécies de Lauráceas (Pedralli, 1981) e para o Rio Grande do Sul 29 espécies de Lauráceas nativas ou exóticas, distribuídas em nove gêneros: *Aiouea*, com uma espécie nativa; *Cinnamomum*, com duas espécies nativas e duas exóticas; *Cryptocarya*, com duas espécies nativas; *Endlicheria*, com uma espécie nativa; *Laurus*, com uma espécie exótica; *Nectandra*, com cinco espécies nativas; *Ocotea*, com 11 espécies nativas; *Persea*, com uma espécie nativa e uma exótica, e *Phoebe*, com duas espécies nativas.

A *Nectandra megapotamica* possui ampla distribuição geográfica no Rio Grande do Sul, participando

da composição da Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecídua e Decídua (Marchiori, 1997).

Para Reitz *et al.* (1988), a utilização de espécies da família das Lauráceas possivelmente conduzirá a resultados promissores quando empregados em adensamentos ou em enriquecimento florestal, sobretudo em capoeirões ou matas primárias semidevastadas ou onde se processou o raleamento dos estratos lenhosos inferiores. Os autores se referiram à necessidade urgente de estudos tecnológicos da madeira da *Nectandra megapotamica*, o que oportunizaria sua aplicação como madeira maciça ou em chapas. Ainda relativo a essa espécie, destacaram suas excelentes características xilotecnológicas, embora requerendo processos para neutralizar o forte cheiro característico.

De acordo com Durlo *et al.* (1982), em estudo realizado na Mata Secundária no Vale do Rio Jacuí, RS, a espécie mais abundantemente encontrada nesta região é a *Nectandra megapotamica*.

Glufke *et al.* (1994) citaram *Nectandra megapotamica* cujo valor representou 12,6% do volume comercial/ha, entre as espécies de maior volume comercial em uma floresta classificada como Floresta Estacional Decidual da Encosta da Fralda da Serra Geral, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

Os frutos de *Nectandra megapotamica* são muito apreciados pelos pássaros, o que indica essa espécie para plantios mistos em áreas degradadas de preservação permanente (Lorenzi apud Witeck neto, 1996).

## Modelos de Crescimento

### Histórico

Os primeiros instrumentos de planejamento florestal, como se conhece na atualidade, foram as tabelas de produção para cada espécie e condição ambiental. Mais tarde, com o advento de sistemas de processamento de dados mais eficientes, surgiram modelos em forma de equações ou sistemas de equações.

As tabelas de produção geralmente têm aplicações limitadas para povoamentos inequiâneos, pois trabalha com a idade, sítio e tratamento, sendo geralmente mais aplicáveis para povoamentos puros e equiâneos. As florestas sofrem muitas modificações durante a sua vida, em razão de ataques de pragas e doenças, quedas por vento e deslizamentos, entre outros. Por outro lado, existe a crescente necessidade de formação de florestas mistas, com vistas à sua estabilidade e por aspectos ecológicos. Dessa forma, as tabelas de produção não correspondiam mais às novas condições: povoamentos mistos e de múltiplas idades. Para modelar tais povoamentos, foram desenvolvidos os primeiros modelos de árvores singulares nos primeiros anos da década de 60 na América do Norte. Conforme Hasenauer (1994), o primeiro modelo simulador de árvore singular foi desenvolvido por Newhan, no ano de 1964, para povoamentos puros. A partir de então, os pesquisadores trabalharam muito com modelagem, orientados na árvore singular (Vanclay, Pretzsch, Monserud & Sterba, Hasenauer, Moser & Eckmüllner, conforme citado por Schneider e Durlo, 1995).

Mesmo assim, ainda hoje pouco se conhece das florestas nativas. Em razão da grande diversidade que estas possuem é muito difícil manejá-las e fazer as tomadas de decisões adequadas (intervenções necessárias) buscando a otimização da atividade florestal sem o conhecimento de cada uma das espécies que as compõem, pois cada uma possui um ritmo de crescimento diferente, com diferentes necessidades nutricionais e de luz. Dessa forma torna-se essencial a realização de trabalhos para se conhecer como se processa o crescimento de cada espécie componente dessas florestas e, assim, com o tempo passar a conhecê-las no todo, pois não se consegue manejá-las e nem se fazer um planejamento da produção futura com êxito em razão da falta de informações sobre o crescimento individual de cada uma de suas espécies componentes.

### Incremento

O crescimento das árvores é resultante da atividade meristemática e tem como consequência o alongamento e engrossamento de raízes, galhos e tronco, causando alterações no peso, volume e na forma da árvore.

Invariavelmente o que se tem sido denominado “curva cumulativa de crescimento” toma a forma de uma sigmóide que representa, em diferentes idades, o valor cumulativo de qualquer característica mensurável

de uma árvore (diâmetro, altura, volume, etc.) ou de um povoamento florestal (área basal, volume total por unidade de área, altura dominante, etc.) em função do tempo.

O crescimento das dimensões e as dimensões definitivas de cada espécie sofrem a influência das condições ambientais locais que se refletem nas curvas do crescimento (Lamprecht, 1990). Dito de outra forma o crescimento das árvores é governado pelos fatores genéticos da espécie e pelas condições ambientais que compreendem, basicamente, os fatores climáticos, edáficos, topográficos e de competição.

Qualquer modelo deve levar em consideração essas variáveis, para poder fazer predições adequadas. Na formulação de modelos de crescimento de árvores individuais, os fatores citados precisam ser considerados e interpretados, possibilitando-se, assim, reconhecer sua maior ou menor influência sobre o crescimento.

A influência dos fatores genéticos sobre o crescimento das árvores é considerada, na medida em que os modelos são elaborados para cada espécie individualmente. Assim, Durlo (1996) apresentou modelos individuais para canjerana (*Cabralea canjerana*), cedro (*Cedrela fissilis*) e louro (*Cordia trichotoma*).

Os fatores climáticos, nos modelos de crescimento de árvores individuais, não são considerados diretamente e, sim, tidos como constantes para a área de validade do modelo. Indiretamente, porém, eles se encontram expressos na medida em que, por exemplo, o modelo considere a região fisiográfica, a altitude de um local, ou mesmo determinadas variáveis do microsítio como inclinação ou exposição.

Segundo Durlo (1996), as variáveis edáficas são convenientemente incluídos nos modelos de forma agregada pelas expressões da inclinação, da exposição e da degradação.

A regulação da competição existente num povoamento florestal se torna uma variável de grande importância, pois é uma ferramenta fundamental para as intervenções silviculturais. Existem diferentes formas de descrever e modelar a competição entre as árvores. Vários estudos a este respeito podem ser encontrados em Daniels *et al.* (1986), Hasenauer (1997), Durlo (1996), entre outros. Os modelos utilizados vão desde a área basal/ha até modelos tridimensionais como os descritos por Vanclay (1994).

A variável tempo é de enorme importância para a atividade florestal. Porém, como a idade da maioria das árvores, que compõem as florestas nativas, não é conhecida (não se sabe quando surgiu cada árvore) e muitas vezes nem pode ser determinada (ausência de anéis de crescimento anuais visíveis em algumas espécies), essa variável não pode ser usada na formulação dos modelos de crescimento. Em seu lugar, Monserud e Sterba (1994), Hasenauer, (1994) e Durlo (1996), entre outros, usaram as próprias características dimensionais das árvores, como seu diâmetro e a porcentagem de copa.

A forma geral do modelo de taxa de crescimento utilizada é assim descrita por Durlo (1996):

$$\text{Incremento} = a + b \times \text{Dimensões} + c \times \text{Sítio} + d \times \text{Concorrência} \quad \text{Equação 1}$$

Em que: a, b, c e d = coeficientes.

Obtido, dessa forma, o incremento a cada ano, pode-se, então, calcular as dimensões do indivíduo para qualquer idade, obtendo-se, finalmente, a curva de crescimento em função do tempo, como o fez Durlo (1996).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição geral da área

A coleta de dados foi realizado no distrito de Vale Vêneto, pertencente ao município de São João do Polêsine, distante 45 km de Santa Maria – RS. Vale Vêneto se situa nas coordenadas geográficas 29° 30' de latitude sul e 53° 30' de longitude oeste.

Na região de Vale Vêneto, existem muitas áreas abandonadas pela atividade agrícola em tempos passados. Nas áreas abandonadas, estabeleceu-se, com o tempo, a floresta secundária que hoje se apresenta em diferentes estágios sucessionais em função do tempo de abandono.

Pelas razões expostas na introdução, a espécie utilizada para elaboração deste trabalho foi a *Nectandra megapotamica* (canela-preta).

Segundo Klamt *et al.* (1997), ocorrem diversos tipos de solo em Vale Vêneto. O solo predominante é o Podzólico Vermelho Amarelo.

Esses solos são medianamente profundos a profundos e bem drenados, ácidos, com soma e saturação de bases baixas, saturação com alumínio alta, capacidade de troca de cátions baixa a média, fósforo muito baixo e baixos teores de matéria orgânica.

O clima da região, segundo Köppen, é do tipo Cfa. A precipitação média anual está entre 1.500 e 1.750 mm, e a temperatura média anual situa-se entre 18 e 20°C.

A região de estudo pertence à Floresta Estacional Decidual (Caducifólia) da Fralda da Serra Geral que, segundo Leite & Klein (1990), compreende as florestas das porções médias e superiores do Vale do Uruguai, e da maior parte da vertente sul da Serra Geral e de diversas áreas dispersas pelas bacias dos rios Ijuí, Jacuí e Ibicuí, cobrindo uma superfície territorial de aproximadamente 4.700.000 ha.

A família Lauraceae se encontra representada nesse tipo de vegetação, especialmente pelos gêneros *Ocotea* e *Nectandra*. Em formações secundárias, pode tornar-se muito importante, e estar entre as famílias mais abundantes em espécies, juntamente com a família Leguminosae.

### Levantamento e processamento de dados

A vegetação foi dividida em diferentes estágios sucessionais, em função do tempo de abandono, e, nesses estágios, foram instaladas unidades amostrais circulares permanentes (uap). O raio das uap foi eleito em razão do estágio de desenvolvimento da vegetação, conforme a Tabela 1.

TABELA 1: Estágios sucessionais e área total amostrada

TABLE 1: Successional stages and sampled area.

Estágios	Tempo de Abandono	Raio da Parcela	Número de Parcelas	Área (m <sup>2</sup> ) levantada
Capoeira	15 anos	5,0 m	131	10.289
Capoeirão	25 anos	5,0 m	132	10.367
Mata Secundária	40 anos	7,0 m	85	13.085

Enquanto capoeira e capoeirão são áreas abandonadas pela atividade agrícola, mata secundária sofreu apenas exploração seletiva das melhores árvores há 40-50 anos.

Para a locação das uap, tomou-se uma direção e, a cada 20 m, foi instalada uma uap. A identificação das uap se deu por uma numeração seqüencial em placa de alumínio que foi fixada na árvore central. No interior de cada uap, as árvores foram identificadas com uma plaqueta de alumínio menor que a da árvore central e numeradas. Para uma melhor organização e para poder recompor plaquetas eventualmente perdidas, a numeração se deu na primeira árvore na direção norte e seguiu sempre o sentido horário.

Em cada uap, foram identificados botanicamente, numerados e medidos todos os indivíduos com DAP igual ou superior a 5 cm. O DAP foi medido com o uso de uma fita dendrométrica, nos anos de 1994 e 1997, e foi determinada a posição (classe) sociológica segundo Kraft (1884).

Como variáveis do sítio, mediram-se a inclinação, exposição, degradação do solo, material de origem e pedregosidade do terreno. A primeira variável foi medida em porcentagem com auxílio do dendrômetro Durlo (Durlo, 1998).

A pedregosidade foi estimada visualmente, observando-se a quantidade relativa de pedras aparentes recobrando a superfície, dentro e nas proximidades de cada uap.

Quanto à exposição, foi determinada com uma bússula e enquadrada em uma das oito situações: norte, nordeste, leste, sudeste, sul, sudoeste, oeste e noroeste.

Em cada estágio sucessional, foram feitas cinco repetições, com suas respectivas uap.

Para cada uap, calcularam-se a área basal individual de todas as espécies, área basal por ha e, para usar posteriormente como medida de concorrência, também se fez o cálculo da *basal area larger* (BAL), dentro de cada amostra, ou seja, árvores de área basal maior que a *Nectandra megapotamica*, individualmente, usando

o programa Microsoft Excel for Windows, para os dados de 1994 e 1997.

De posse desses resultados, construiu-se uma planilha no programa estatístico SPSS 7.5 for Windows – com todos os dados da espécie de interesse neste estudo.

Fez-se o cálculo dos incrementos em diâmetro, área basal individual e área basal por hectare. Estabeleceram-se funções de taxa de crescimento, independentemente de sua idade, mas em razão de suas características dimensionais, do sítio e da concorrência, conforme a equação 1.

Como dimensões, foi empregado apenas o DAP dos indivíduos, de forma que a variável dimensões pode ser descrita por:

$$\text{Dimensões} = a + b \cdot \text{DAP} \quad \text{Equação 2}$$

Em que: a, b = coeficientes; DAP = diâmetro à altura do peito (cm).

Na dependência da distribuição dos dados de incremento em função do DAP, foram testadas transformações dessa variável ( $1/\text{DAP}$ ,  $\text{DAP}^2$  e  $\log \text{DAP}$ ) para escolher a que melhor explica o incremento.

O sítio, caracterizado pela inclinação, pedregosidade, material de origem, degradação e exposição, foi incluído de diferentes formas no modelo. A inclinação e pedregosidade foram incluídas diretamente em porcentagem da seguinte forma: para terrenos com inclinação entre 0 e 10% atribuiu-se o valor médio 5, para inclinação entre 10 e 20, o valor 15 e assim sucessivamente. Para a pedregosidade também classificada em intervalos de 10%, procedeu-se da mesma maneira.

Para a variável exposição, os valores qualitativos N, NE, NO, S, SE, SO, L e O foram transformados em radianos e testou-se, no modelo, a interação inclinação x sen exposição (Stage apud Monserud e Sterba, 1994). A degradação do terreno foi avaliada atribuindo-se os valores 0 para local não-degradado, 1 para pouco degradado e 2 para local muito degradado.

Dessa forma, para a variável sítio testou-se a expressão:

$$\text{Sítio} = a + b \times \text{incl.} + c \times \text{exp.} + d \times (\text{incl.} \times \text{exp.}) + e \times \text{pedras} + f \times \text{material de origem} + g \times \text{degr.} \quad \text{Equação 3}$$

Em que: a,b,c,d, e = coeficientes; incl. = inclinação do terreno (%); exp. = exposição (radianos); incl. x exp. = inclinação(tg) x sen (exposição); pedras = pedregosidade no terreno (%); degr. = degradação do terreno.

A concorrência foi caracterizada e testada mediante três variáveis: área basal por hectare, área basal de árvores mais grossas que a central e pelo incremento em área basal ocorrido no período de 1994 a 1997;

$$\text{Concorrência} = a + b \cdot G/\text{ha} + c \cdot \text{BAL} + d \cdot \Delta G \quad \text{Equação 4}$$

Em que: a, b, c, d = coeficientes; G = área basal por hectare ( $\text{m}^2$ ); BAL = área basal das árvores mais grossas que a central ( $\text{m}^2$ );  $\Delta G$  = diferença entre G/ha de 1997 e G/ha de 1994 ( $\text{cm}^2$ ).

Pelo programa SPSS 7.5 for Windows foi feita uma estatística descritiva das variáveis para melhor visualizar os dados disponíveis referentes à *Nectandra megapotamica*.

Para a estimativa do incremento (em área basal individual/ano), as regressões foram testadas pelo procedimento *stepwise*, incluindo-se inicialmente a variável dimensão, posteriormente testando-se cada uma das variáveis de concorrência e, por último, as variáveis contínuas e discretas referentes ao sítio. Os modelos foram comparados pelas das estatísticas  $R^2$  (coeficiente de determinação),  $S_{yx}$  (erro padrão da estimativa) e F (Análise de Variância).

Após a escolha do modelo mais apropriado, analisou-se ainda a sensibilidade da variável dependente às variações das variáveis independentes.

A análise de sensibilidade foi apresentada graficamente para visualizar a direção e magnitude de influência de cada variável independente sobre a variável resposta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Descrição das variáveis estudadas

A Tabela 2 apresenta os dados estatísticos das variáveis levantadas para *Nectandra megapotamica*

na região de Vale Vêneto entre os anos de 1994 e 1997. A referida espécie, no ano de 1994, tinha um diâmetro médio foi 23,6 cm.

Mais importante que os dados médios são os valores mínimos e máximos apresentados na Tabela 2, nos quais fica evidente a grande amplitude de variação das variáveis de crescimento e de concorrência. O que se questiona agora é se existe correlação entre estas variáveis.

O caso dos valores negativos de G/ha pode ser explicado da seguinte maneira: a área basal por hectare no primeiro levantamento (1994) foi calculada considerando-se todas as árvores no interior da amostra. No segundo levantamento, igualmente, todas as árvores vivas foram usadas para calcular G/ha. Assim, se em determinadas amostras ocorreu morte de indivíduos, cuja área basal foi superior ao acréscimo da área basal ocorrido no período, constatou-se um incremento negativo da área basal/ha. Este fato – morte das árvores e conseqüente diminuição da área basal na amostra – poderia ter incentivado o incremento da espécie em estudo. Em razão disso, a diferença de G/ha no período foi utilizada como variável de concorrência.

TABELA 2: Estatística descritiva para *Nectandra megapotamica* em três diferentes estágios sucessionais na região de Vale Vêneto.

TABLE 2: Statistics for *Nectandra megapotamica* in three different successional stages.

Variáveis	<i>Nectandra megapotamica</i>				
	N	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão
BAL94 (m <sup>2</sup> /ha)	383	0	22,8	90,7	19,789
BAL97 (m <sup>2</sup> /ha)	383	0	23,8	95,2	20,028
DAP94 (cm)	383	5,1	23,6	71,6	12,233
DAP97 (cm)	383	5,1	24,5	73,2	12,475
G/ha94 (m <sup>2</sup> )	383	10,82	42,0	129,9	18,659
G/ha97 (m <sup>2</sup> )	383	9,81	43,9	125,5	18,1515
ICA G/ha (m <sup>2</sup> )	383	-5,11	0,616	3,86	1,3
ICAgind (cm <sup>2</sup> )	383	0	13,6	164,0	0,00184
Ipgind (cm <sup>2</sup> )	383	0	41,0	492,0	0,00552
IP G/ha (m <sup>2</sup> )	383	-15,33	1,849	11,57	3,7498
IP DAP/ha (cm)	383	0	0,9561	5,2	1,0807
ICA DAP (cm)	383	0	0,3187	1,73	0,3602

Em que: BAL = Área basal das árvores maiores que a central no ano de 1994 e 1997; DAP = diâmetro à altura do peito no ano de 1994 e 1997; G/ha = Área basal por hectare em 1994 e 1997; ICA G/ha = incremento corrente anual em área basal por hectare; ICA gind = incremento corrente anual em área basal de árvore individual; IP gind = incremento periódico em área basal individual; IP G/ha = incremento periódico em área basal por hectare; IP DAP/ha = incremento periódico em diâmetro à altura do peito por hectare; ICA DAP = incremento corrente anual em diâmetro à altura do peito; N = número de indivíduos.

O esperado é que haja um maior incremento das espécies quando a concorrência diminui, assim quanto mais negativo o incremento em G/ha, mais positivo poderá ser o incremento das espécies que ficam, pois terão mais espaço disponível para crescerem.

Na Tabela 2, observa-se que a espécie apresentou valores máximos de G/ha muito elevados, chegando a mais de 100 m<sup>2</sup> por hectare. Isso pode ser esclarecido pelo fato das amostras serem de tamanho pequeno e pela casualidade de ocorrerem diâmetros à altura do peito muito grandes de certas árvores dentro dessas amostras, o que leva a uma área basal também muito alta. Nas amostras que apresentaram os valores máximos, praticamente todo o espaço está ocupado por árvores de grande diâmetro.

### Análise de Regressão

Feita a análise de regressão, obtiveram-se os resultados que podem ser visualizados na Tabela 3.

O procedimento utilizado foi o *stepwise*, e foram selecionados cinco modelos para a *Nectandra megapotamica*, incluindo as variáveis independentes de maior importância no crescimento dessa espécie.

O modelo escolhido para a *Nectandra megapotamica* é o modelo 5 pelo R<sup>2</sup>ajust = 0,34 e erro padrão

da estimativa de 0,00150. Com a adição da variável BAL, o coeficiente de determinação ( $R^2_{ajust}$ ) melhorou apenas de 0,33 para 0,34 do modelo 4 para o modelo 5, mas como a BAL é uma variável de fácil obtenção, tem uma aplicação prática e esclarece dependências silviculturais, esse modelo foi escolhido.

A quantidade de variação explicada pelo modelo é muito baixa, mas indica claramente quais variáveis influenciam no incremento da *Nectandra megapotamica*. Vanclay (1989 e 1991), estabelecendo uma função de incremento de espécies individuais e de grupos de espécies para uma floresta mista tropical do Norte de Queensland, na Austrália, selecionou um modelo que contava com as variáveis BAL, G/ha e qualidade do sítio, influenciando no incremento em área basal individual. Antes da equação de regressão ser aceita, foi levado em consideração que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) fosse maior que 0,30.

Testando modelos da relação altura/diâmetro para algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista, Gatto *et al.* (1996) obtiveram coeficiente de determinação entre 0,05 e 0,63, erro-padrão da estimativa de 0,0263 a 0,0421 e F (análise de variância) de 2,33 a 112,44. Sendo o incremento uma variável dependente de muitos fatores, pode-se considerar que, para as condições de estudo, o modelo escolhido apresenta uma boa performance.

TABELA 3: Modelos de regressão para *Nectandra megapotamica*.

TABLE 3: Regression models for *Nectandra megapotamica*.

Passo	Modelo	Coefficientes	R	$R^2_{ajust}$	Syx
1	$ICA_{gind} = a + b \times DAP^2$	a = 0,0004393 b = 0,000001306	0,474	0,223	0,00162
2	$ICA_{gind} = a + b \times DAP^2 + c \times DEGR.$	a = -0,000196 b = 0,000001521 c = 0,00006887	0,540	0,288	0,00155
3	$ICA_{gind} = a + b \times DAP^2 + c \times DEGR. + d \times P.S.$	a = 0,001162 b = 0,000001168 c = 0,000568 d = -0,000407	0,567	0,316	0,00152
4	$ICA_{gind} = a + b \times DAP^2 + c \times DEGR. + d \times P.S + e \times Pedras$	a = 0,001921 b = 0,000001121 c = 0,0004009 d = -0,000450 e = -0,00000865	0,582	0,332	0,00151
5	$ICA_{gind} = a + b \times DAP^2 + c \times DEGR. + d \times P.S + e \times Pedras + f \times BAL$	a = 0,002084 b = 0,000001039 c = -0,0003498 d = -0,000375 e = -0,00000904 f = -0,0000103	0,589	0,339	0,00150

Em que: BAL = Área basal das árvores maiores que a central no ano de 1994 e 1997; DAP = diâmetro à altura do peito no ano de 1994 e 1997; G/ha = Área basal por hectare em 1994 e 1997; ICA G/ha = incremento corrente anual em área basal por hectare; ICA gind = incremento corrente anual em área basal de árvore individual; IP gind = incremento periódico em área basal individual; IP G/ha = incremento periódico em área basal por hectare; IP DAP/ha = incremento periódico em diâmetro à altura do peito por hectare; ICA DAP = incremento corrente anual em diâmetro à altura do peito.

Analisando o crescimento da *Nectandra megapotamica* deste estudo, observa-se um incremento lento, porém ascendente, mostrando que nas florestas nativas há incremento mesmo na ausência de qualquer intervenção silvicultural, e que é possível fazer o manejo dessas espécies com vistas à maior produção, desde que sejam feitos os adequados tratamentos na floresta, objetivando o manejo sustentado.

Foi feita uma análise gráfica para melhor evidenciar a dependência do incremento, com uma das variáveis selecionadas na análise de regressão pelo método *stepwise*.

O incremento em área basal da *Nectandra megapotamica* tende a ser maior quando a BAL é menor,



como demonstra a Figura 1.

Há uma maior acumulação dos incrementos quando a BAL é menor. Aqui, verifica-se a tendência que leva a morte da árvore quando a BAL fica muito alta, em torno de 60 m<sup>2</sup>/ha. Também, verifica-se que existem indivíduos cujo incremento foi nulo, independente de pressão exercida pela BAL, demonstrando a seleção natural. Pelos resultados obtidos, a BAL pode ser considerada uma boa variável para expressar a concorrência.

Segundo Korol 1995, o incremento em diâmetro simulado por TREE – BCG (BioGeochemical Cycles) (Ong & Kleine, 1996) foi influenciado pela densidade do povoamento e tamanho das árvores. Para algumas árvores, houve uma redução no incremento quando a competição aumentou, e uma liberação no incremento em diâmetro quando ocorreu mortalidade no povoamento.

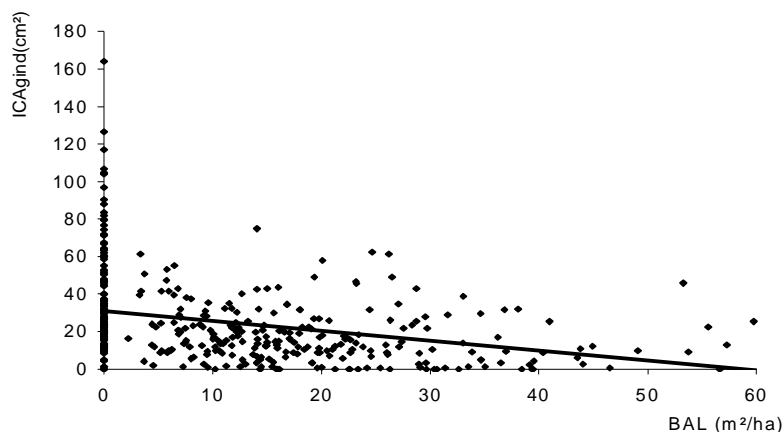


FIGURA 1: Incremento corrente anual em área basal individual (ICAgind) para *Nectandra megapotamica* em função da área basal das árvores maiores que a central (BAL).

FIGURE 1: Relationship between individual basal area increment (ICAgind) and basal area larger (BAL) for *Nectandra megapotamica*.

Mäkinen (1996) esclareceu que ao aumentar a densidade do povoamento, a dimensão das árvores decresce, e que o N árv./ha é uma variável inadequada para expressar a concorrência, pois não avalia o efeito do tamanho, proximidade e distribuição espacial das árvores vizinhas. O mesmo autor concluiu ainda que a competição reduz o crescimento de árvores e também reduz o crescimento da espécie por ele estudada, *Pinus sylvestris*.

Esse fato também foi comprovado com a espécie neste estudo, em que a competição reduziu o incremento desta.

A posição sociológica também foi uma das variáveis selecionadas pelo modelo, e os maiores incrementos ocorreram nas classes sociológicas 1 e 2 (árvores pré-dominantes e dominantes).

A pedregosidade mostra uma pequena influência sobre o incremento, manifestando-se como uma pequena diminuição com o aumento da pedregosidade.

### Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade mostra o quanto a variável dependente, incremento em área basal individual, é sensível às variações que possam ocorrer com as variáveis que influem neste.

Para os cálculos e gráficos, foram utilizados os valores mínimo, médio e máximo dos dados coletados. Esses valores se encontram na Tabela 4. Para análise da sensibilidade do incremento, foram variados e testados os valores mínimo, médio e máximo da variável independente de interesse, enquanto as demais variáveis do modelo foram mantidas em seu valor médio.

Modelo testado:

*Nectandra megapotamica*

$$ICA_{g_{ind}} = 0,002084 + 0,000001039 \times DAP^2 - 0,0003498 \times Degr. - 0,000375 \times P.S. - 0,00000904 \times Pedras - 0,0000103 \times BAL$$

Foram utilizados os valores apresentados a seguir para análise de sensibilidade:

TABELA 4: Valores utilizados para *Nectandra megapotamica*.

TABLE 4: Used values for *Nectandra megapotamica*.

Variáveis	DAP	Degrad.	P.S.	Pedras	BAL
Valor mínimo	5,1	0	1	5	0
Valor médio	40	1	2	65	40
Valor máximo	75	2	3	95	90

Em que: BAL = Área basal das árvores maiores que a central no ano de 1994 e 1997; DAP = diâmetro à altura do peito no ano de 1994 e 1997; P.S. = posição sociológica.

As Figuras 2 a 5 apresentam uma melhor visualização.

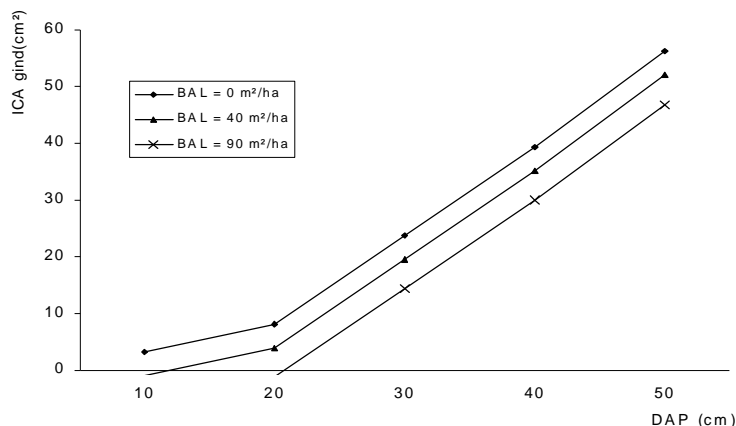


FIGURA 2: Incremento em área basal individual ( $ICA_{g_{ind}}$ ) da *Nectandra megapotamica* em função do DAP para três níveis de concorrência (BAL).

FIGURE 2: Individual basal area increment for *Nectandra megapotamica* as function of DBH for three competition levels.

Quando BAL é mínima, ou seja, não há concorrência sendo exercida sobre a árvore, esta tem seu maior incremento comparado a este quando a espécie sofre alguma intensidade de concorrência (média ou extrema). O incremento vai diminuindo à medida que aumenta a BAL. Isso pode ser verificado na Figura 2. Ao mesmo tempo, verifica-se o aumento do incremento à medida que aumenta o diâmetro das árvores.

A Figura 3 ilustra como se comporta o incremento das árvores em relação às mudanças nas quantidades de pedras existentes no local de crescimento destas, mostrando que a *Nectandra megapotamica* cresceu mais, em áreas menos pedregosas.

Ainda em relação ao crescimento desta espécie, pode-se dizer que ela cresce mais em áreas não-degradadas (Figura 4), pois os solos degradados perdem suas propriedades físicas, químicas e biológicas, dificultando o desenvolvimento de qualquer espécie vegetal.

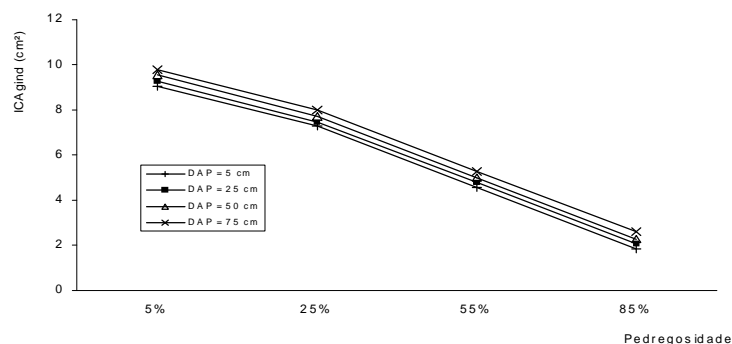


FIGURA 3: Incremento em área basal individual (ICAgind) da *Nectandra megapotamica* conforme mudanças da pedregosidade para diferentes DAP.

FIGURE 3: Individual basal area increment (ICAgind) for *Nectandra megapotamica* as function of soil stonyty for different DBH.

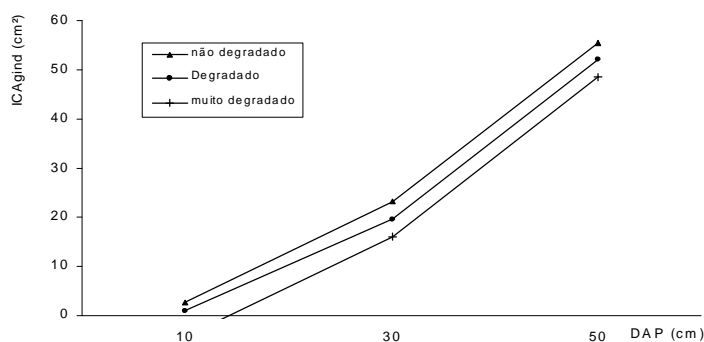


FIGURA 4: Incremento em área basal individual (ICAgind) da *Nectandra megapotamica* em função do DAP para três níveis de degradação.

FIGURE 4: Individual basal area increment for *Nectandra megapotamica* as function of BHD for three dgradation stages.

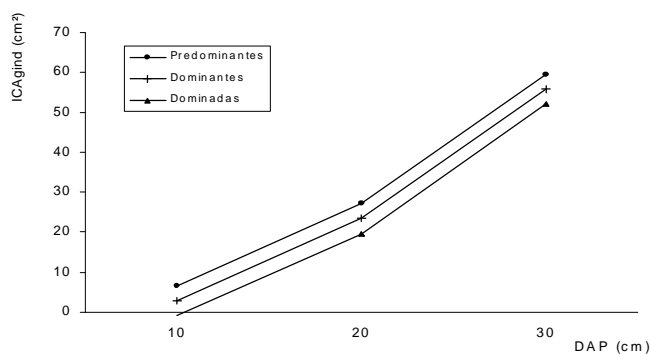


FIGURA 5: Incremento em área basal individual (ICAgind) da *Nectandra megapotamica* em função do DAP para três níveis de posição social.

FIGURE 5: Individual basal area increment for *Nectandra megapotamica* as function of DBH for three social levels.

O crescimento das espécies é superior na classe sociológica 1 (segundo Kraft), árvores predominantes. Essa classe engloba as árvores pré-dominantes que ocupam o dossel superior, portanto têm crescimento livre de competição. Árvores das classes 3-5 de Kraft (árvores dominadas) sofrem maior pressão competitiva.

## CONCLUSÕES

Com base na análise dos resultados obtidos no presente trabalho concluiu-se que:

A metodologia aqui adotada conseguiu expor importantes características e comportamentos da espécie *Nectandra megapotamica*.

Foi possível explicar o incremento da *Nectandra megapotamica* sem conhecer a sua idade, mediante modelos que usam, como variáveis independentes, as características dimensionais das árvores, índices de concorrência e aspectos do sítio.

A variável DAP foi selecionada como variável de grande importância no incremento da *Nectandra megapotamica*, assim, pode-se dizer que o DAP foi um bom substituto para a variável idade, fato importante para as florestas naturais, quando não se conhece a idade das árvores no povoamento.

A BAL foi uma boa medida da concorrência, sendo melhor que a área basal por hectare não selecionada no modelo.

Foi possível constatar que a *Nectandra megapotamica* reduz seu incremento com o aumento da concorrência (expressa pela BAL ou pela posição sociológica).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DANIELS, R. F.; BURKHART, H. E.; CLASON, T. R. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. **Can. Journal for Forest Research**, v.16, p.1230-1237, 1986.
- DURLO, M. A. **Zuwachsuntersuchungen und Einzelbaumwachstumsmodelle für *Cabralea glaberrima*, *Cedrela fissilis* und *Cordia trichotoma* in sekundären Laubmischwäldern Südbrasilens.** 1996. 175p. Dissertation - Universität für Bodenkultur, Wien, 1996.
- DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C.; LONGHI, S. J. A composição e estrutura da Mata Secundária no Vale do Rio Jacuí, RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.4, p.129-139, 1982.
- DURLO, M. A. Dendrômetro Durlo: um instrumento para medição da altura de árvores a partir de múltiplas distâncias. **Revista Árvore**, Viçosa, v.22, n.2, p. 287-298, 1998.
- GATTO, A.; WENDLING, I.; BORSOI, G. A.; ROETHIG, P. C.; BRENA, D. A. Teste de modelos da relação altura/diâmetro para algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista na Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 16., 1996, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. p. 309.
- GLUFKE, C.; MAINARDI, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; ALVAREZ FILHO, A. Produção de uma floresta natural em Santa Maria-RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p.61-76, 1994.
- HASENAUER, H. **Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten- Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände.** Wien: Forstliche Schriftenreihe, Universität für Bodenkultur, 1994. Band 8.
- HASENAUER, H. Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. **Forest Ecology and Management**, v.96, p.197-206, 1997.
- KLAMT, E.; DALMOLIN, R. S. D.; CABRAL, D. da R. **Solos do município de São João do Polêsine:** características, classificação, distribuição geográfica e aptidão de uso. Santa Maria: Departamento de solos, CCR, Pró-Reitoria de Extensão, UFSM, 1997.
- KOROL, R. L.; MILNER, K. S.; RUNNING, S. W. Testing a mechanistic model for predicting stand and Tree Growth. **Forest Science**, v.42, n. 2, p.139-153, 1996.
- KRAFT, G. **Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungs-hieben.** Hannover, 1884.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos.** Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

- LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro, 1990. v.2, p.13-150.
- MÄKINEN, H. Effect of Intertree Competition on Branch Characteristics of *Pinus sylvestris* Families. **Scand. Journal for Forest Research**, v.11, p.129-136, 1996.
- MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das Angiospermas das Magnoliáceas às Flacurtiáceas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1997. 271p.
- MONSERUD, R.A.; STERBA, H. **PROGNAUS ein Einzelbaumsimulator für ungleichaltrige Bestände in Österreich. Abschussbericht zum Forschungsprojekt: Bestimmung der Parameter des Waldwachstumssimulator PROGNOISIS für Österreichische Baumarten, gefördert von Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft**. 1994. (GZ 56.820/09-VA2b/94).
- ONG, R. C.; KLEINE, M. **DIPSIM: Dipterocarp forest growth simulation model, a tool for forest-level management planning**. Dipterocarp Forest Ecosystem: Towards sustainable management, 1996. 245p. (World Scientific)
- PEDRALLI, G. **A família Lauraceae Lindley no Rio Grande do Sul, Brasil**. Porto Alegre: UFRGS, 1981. 177p.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Sec. Agric. e Abast., 1988. 525p.
- SCHNEIDER, J.; DURLO, M. **Modelle für das Wachstum tropischer und subtropischer Wälder**. Bodenkulturwissenschaften in Entwicklungsländern. Wien, 1995. 13p. Seminar am Institut für Waldwachstumsforschung der Universität für Bodenkultur,
- SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G. ; CAMPOS, J. C. C. ; SEDIYAMA, G. C. Intervalo de previsão para um modelo de crescimento e produção composto por equações simultâneas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.22, n. 2, p.185-192, 1998.
- SPSS – STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES. **Programa de computador, ambiente Windows**. Versão 7.5.1. Chicago, 1996.
- VANCLAY, J. K. Aggregating tree species to develop diameter increment equations for tropical rainforests. **Forest Ecology and Management**, v. 42, p.143-168, 1991.
- VANCLAY, J. K. Modelling forest growth and yield. Applications to mixed tropical forests. Wallingford: CAB International, 1994. 312p.
- VANCLAY, J. K. A growth model for North Queensland Rainforests. **Forest Ecology and Management**, v.27, p.245–271, 1989.
- WITECK NETO, L. **Bioecologia de *Oncideres captiosa* Martins, 1981 (Coleoptera, Cerambycidae) em Lauráceas na região central do Rio Grande do Sul**. 1996. 62p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1996.