

## RELAÇÕES MORFOMÉTRICAS PARA *Cabrlea canjerana* (Well.) Mart.<sup>1</sup>

### MOPHOMETRIC RELATIONS FOR *Cabrlea canjerana* (Well.) Mart.

Miguel Antão Durlo<sup>2</sup>

#### RESUMO

Utilizando-se uma série diamétrica em substituição ao conceito de cronosséries, foram estudadas as formas, dimensões e relações morfométricas de *Cabrlea canjerana* (Well.) Mart. em uma floresta secundária da encosta sul do planalto sul-rio-grandense.

**Palavras-chave:** *Cabrlea canjerana*, silvicultura, manejo florestal, morfologia das árvores.

#### ABSTRACT

The shape, dimensions and mophometric relations for *Cabrlea canjerana* growing in secondary forests at the slopes of the highlands of Rio Grande do Sul (Brazil) were studied using diameter series instead of growth sequences.

**Key words:** *Cabrlea canjerana*, silviculture, forest management, tree morphology.

#### INTRODUÇÃO

Até o presente momento, a ciência florestal no Rio Grande do Sul pouco tem se importado com as florestas nativas. Uma parte dos trabalhos, até agora existentes, embora de reconhecida importância, se refere à descrição da composição florística de florestas ou a inventários pormenorizados dos estoques de madeira existentes. Outra parte discorre sobre alguns aspectos fisiológicos e de crescimento, porém limitados à idade inicial das plantas, por vezes, não ultrapassando as escalas de meses ou até de semanas. Na atividade florestal, mesmo para as espécies de rápido crescimento, entretanto, precisa ser empregada a escala de vários anos, considerando desde o desenvolvimento inicial das plantas até sua maturidade econômica. Existem três possibilidades para tanto: análise de tronco, observação de parcelas permanentes e análise de cronosséries. As parcelas de observação permanentes, implicam gastos consideráveis e longo tempo de observação. A análise de tronco nem sempre é possível dada à inexistência de anéis de crescimento conspícuos em muitas das espécies florestais nativas. O conceito de cronosséries, por causa da impossibilidade de conhecer-se a idade das árvores, foi substituído por uma série diamétrica

1. Trabalho financiado pela FAPERGS e acordo de cooperação em pesquisa entre Institut für Waldwachstumsforschung Universität für Bodenkultur, Viena (Áustria) e o Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, RS (Brasil).

2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). mdurlo@ccr.ufsm.br

e utilizado com a expectativa de obter-se respostas mais rápidas sobre a dinâmica das formas, das dimensões e das relações interdimensionais das árvores, conhecimento de importância fundamental para a silvicultura e para o manejo florestal, especialmente se este for baseado em modelos de crescimento de árvores singulares.

O presente trabalho, valendo-se do conceito de cronosséries, apresenta as relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart., crescida sob condições naturais, em fragmentos da floresta secundária da encosta sul do planalto sul-rio-grandense.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Muitos autores conduziram diversos estudos sobre as formas, as dimensões e as relações morfométricas das árvores. Dentre eles, pode-se citar BURGER (1939), a quem se deve as primeiras caracterizações e modelos de copa, além de MAYER (1958), ASSMANN (1961), MITSCHERLICH (1978), STAMPFER (1995), DURLO (1996) e HASENAUER (1997).

A definição das principais características morfométricas das árvores, como manto de copa, volume de copa, grau de esbeltez, índice de saliência, índice de abrangência, formal de copa, foram claramente expostas por DURLO e DENARDI (1998).

A influência da posição sociológica sobre o tamanho e a forma das copas é muito marcante, como ressaltam ZIMMERMANN & BROWN (1974) e MITSCHERLICH (1978). Tão logo se inicie a concorrência entre as árvores, em consequência do fechamento do espaço aéreo pelas copas, começa a diferenciação de classes sociológicas: alguns indivíduos se sobressaem do dossel da floresta, enquanto outros são dominados por seus vizinhos. Por outro lado, também é conhecida a influência da proporção e vitalidade da copa sobre o crescimento diamétrico das árvores. Como consequência, as características morfométricas, que dependem de uma ou mais destas variáveis, também serão determinadas pela posição sociológica dos indivíduos, tornando necessária a análise dessas relações, segregadas por estrato social. Para caracterizar as classes sociais das árvores, muitos pesquisadores propuseram diferentes formas de classificação sociológica, sendo a de KRAFT (1884) uma das mais aceitas e conhecidas.

Para verificar as relações morfométricas, STAMPFER (1995), em um estudo de árvores solitárias na Áustria, utilizou uma função logarítmica dupla. As funções logarítmicas provocam um aumento da dispersão dos menores valores e uma aproximação da nuvem de pontos na região dos valores extremos que, em geral, variam mais que os menores. Dessa forma, consegue-se satisfazer um dos condicionantes da regressão que exige a constância dos resíduos com a modificação da variável independente. Por outro lado, nas funções logarítmicas, a variável dependente não é a própria grandeza procurada, mas sim seu logaritmo. Ao deslogaritmizar os valores estimados pela regressão, resultam valores médios menores que os valores médios dos dados observados, não-logaritmizados (MEYER, 1941). Para eliminar a discrepância logarítmica, deve-se, segundo MILLER (1984), corrigir os valores estimados, somando-se a eles, a metade da variância  $\left(\frac{S_e^2}{2}\right)$ .

A pesquisa das relações interdimensionais das árvores é importante, pois permite prever o espaço exigido pela árvore ao longo de seu desenvolvimento, julgar a concorrência a que está submetida, além de possibilitar inferências sobre a estabilidade, vitalidade e produtividade de cada indivíduo. Assim sendo, serve como instrumento prático para intervenções silviculturais, especialmente quando não se conhece a idade das plantas. As relações das formas das árvores com as dimensões diâmetro e altura, são importantes à medida que se trabalhe com o conceito de árvores-F (ABETZ e OHNEMUS, 1994). Conhecendo-se tais relações, a altura-meta (DURLO e DENARDI 1998) ou o diâmetro-meta (REINNINGER, 1987; DURLO e DENARDI, 1998) das árvores-F podem ser usados como indicativos de intervenções silviculturais, pois permitem antever o número adequado de árvores por unidade de área durante o desenvolver da floresta, liberando as demais para eventuais desbastes.

Atualmente, as variáveis de forma e dimensões das árvores, as relações morfométricas e suas respectivas modificações com o tempo adquirem ainda maior importância, dada a possibilidade de criação de modelos de concorrência e de crescimento, pela obtenção destas valendo-se de árvores solitárias (HASENAUER, 1994; HASENAUER *et al.*, 1995; PRETZSCH, 1995).

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho desenvolveu-se na Floresta Estacional Decidual do RS, no município de São João do Polêsine, localidade denominada Vale Vêneto, distante 45 Km da Universidade Federal de Santa Maria, coordenadas geográficas de 29° 38' 31" de latitude Sul e 53° 31' 24" de longitude Oeste. Nessa região, foram segregados, subjetivamente, quatro estágios de desenvolvimento da vegetação florestal: I – capoeirinha, áreas de vegetação natural estabelecida após 8 a 15 anos de abandono das atividades agrícolas; II – capoeira, áreas com vegetação de 20 a 25 anos de idade; III – capoeirão, vegetação florestal estabelecida no decorrer de 40-50 anos de abandono das atividades agrícolas e IV – áreas com floresta não-explorada por corte raso.

Para cada estágio, foram encontrados quatro povoamentos (repetições), nos quais se estabeleceram parcelas circulares permanentes para estudos da composição florística e do incremento das espécies ocorrentes. Ao longo da linha, para a instalação das parcelas permanentes, foram também localizadas e identificadas 165 canjeranas, cobrindo uma ampla faixa diamétrica. De cada uma dessas árvores encontradas, mediram-se o dap, a altura total (h), a altura até a inserção da copa (ic) e oito raios de copa.

Para a pesquisa de relações entre a altura total (m) ou entre o dap (cm) das canjeranas e outras características morfométricas das árvores, adotou-se, após uma análise visual dos resíduos e pelos motivos expostos por STAMPFER (1995), uma função logarítmica dupla.

$$\ln(\text{variável morfométrica}) = a + b \cdot \ln(h)$$

$$\ln(\text{variável morfométrica}) = a + b \cdot \ln(\text{dap})$$

Como variáveis morfométricas foram utilizadas a altura total (h), o diâmetro a 1,3m (dap) e as variáveis descritas e ilustradas em DURLO e DENARDI 1998, ou seja, altura da inserção da copa

(ic), diâmetro de copa (dc), porcentagem de copa ( $l/h \cdot 100$ , em que  $l = \text{comprimento de copa} = h - ic$ ), grau de esbeltez ( $h/dap$ ), índice de saliência ( $dc/dap$ ), índice de abrangência ( $dc/h$ ) e formal de copa ( $dc/l$ ).

Antes da medição das variáveis, as árvores foram classificadas segundo sua posição nos diferentes estratos da floresta, seguindo-se os critérios adotados por KRAFT (1884). Entretanto, as cinco classes de posição sociológicas definidas pelo autor não puderam ser analisadas separadamente, em consequência do pequeno número de árvores nas classes predominante e dominada. Por causa disso, as cinco classes foram reduzidas para, apenas, três. “Classe dominante”: composta por indivíduos da posição pré-dominante e dominante (classes 1 e 2 de Kraft); “classe codominante”: composta, unicamente, pelas árvores, realmente, codominantes (classe 3 de Kraft) e “classe dominada”: representada pela soma das árvores dominadas e oprimidas (classes 4 e 5 de Kraft).

Para as análises, utilizou-se o programa de análises estatísticas SPSS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Relações entre a altura e as características de copa

Nas posições sociológicas superiores, a maior canjerana apresentou 23,5 m de altura, na posição intermediária alcançou 17 m e nas posições sociais inferiores, 14 m.

As variáveis, que foram relacionadas com a altura total das árvores e com o seu diâmetro, mostram uma grande variação (Tabela 1). Tal constatação justifica que se busque verificar se tal variação está ligada ao ganho de dimensões da árvore.

TABELA 1: Valores médios, máximos e mínimos da morfometria de copa de canjerana (165 número de árvores observadas).

VARIÁVEL	CANJERANA (165)		
	média	mínimo	máximo
Comprimento de copa [ $l = h - ic$ ] (m)	6,5	0,3	15,7
Diâmetro de copa [dc] (m)	4,3	1,0	10,4
Altura da inserção da copa [ic] (m)	6,3	1,5	13,0
Proporção de copa [ $l/h$ ] (%)	49,2	10,7	83,3
Índice de saliência [ $dc/dap$ ]	21,7	12,8	35,7
Índice de abrangência [ $dc/h$ ]	0,33	0,17	0,69
Formal de copa [ $dc/l$ ]	0,74	0,29	3,33

Na Tabela 2, encontram-se os valores estatísticos da relação entre a altura e diversas características da copa da canjerana.

TABELA 2: Coeficientes estimados (a, b) coeficiente de determinação ( $r^2$ ), nível de significância de F (sig F) e erro padrão ( $s_e$ ) para a relação entre a altura total (m) e características de copa de canjerana, para três classes sociológicas (Pos. Kraft). Função:  $\ln$  (variável da copa) =  $a + b \cdot \ln$  (altura)

CARACTERISTICA	Pos. Kraft	n	a	b	$r^2$	Sig F	$s_e$
Altura da inserção da copa (ic)	1 e 2	94	-0,301	0,8073	0,27	0,0000	0,29
	3	46	0,757	0,4290	0,15	0,0080	0,21
	4 e 5	22	0,217	0,6670	0,65	0,0000	0,20
Diâmetro de copa (dc)	1 e 2	94	-0,914	0,9299	0,37	0,0000	0,26
	3	46	-2,469	1,4876	0,63	0,0000	0,23
	4 e 5	22	-0,640	0,7132	0,52	0,0000	0,28
Porcentagem de copa (l/h*100)	1 e 2	94	3,228	0,2757	0,06	0,0188	0,24
	3	46	10836	0,7972	0,29	0,0001	0,26
	4 e 5	22	1,791	0,8154	0,51	0,0001	0,33
Grau de esbeltez (h/dap)	1 e 2	94	4,711	-0,245	0,05	0,0675	0,28
	3	46	5,237	-0,372	0,12	0,0173	0,20
	4 e 5	22	4,354	0,094	0,02	0,5184	0,27
Índice de saliência (dc/dap)	1 e 2	94	3,567	-0,215	0,07	0,0076	0,16
	3	46	2,768	0,116	0,01	0,4379	0,20
	4 e 5	22	3,713	-0,193	0,23	0,0210	0,14
Índice de abrangência (dc/h)	1 e 2	94	-1,143	0,0297	0,00	0,8291	0,29
	3	46	-2,469	0,4876	0,15	0,0062	0,23
	4 e 5	22	-0,640	-0,287	0,15	0,0692	0,28
Formal de copa (dc/l)	1 e 2	94	0,2334	-0,246	0,03	0,0989	0,31
	3	46	0,3004	-0,310	0,03	0,2296	0,35
	4 e 5	22	2,1741	-1,102	0,47	0,0003	0,47

Os baixos coeficientes de determinação, em algumas das funções, não permitem uma inferência segura a respeito da variação dos diferentes índices com a modificação da altura das árvores. Mas, mesmo nesses casos, quando o nível de significância das funções (Sig F) é menor que 0,05, é possível que o comportamento seja considerado, no mínimo, como tendência.

Assim, de forma genérica, pode-se afirmar que, em qualquer posição social, a altura da inserção da copa, o diâmetro da copa, a porcentagem de copa crescem à medida que aumenta a altura das canjeranas (Tabela 2). Para a altura da inserção, assim como para o diâmetro de copa, esse comportamento era esperado. Porém, incremento da porcentagem de copa com o aumento da altura e o simultâneo aumento da altura da inserção da copa parece contradizer-se. Essa aparente contradição, entretanto, apenas demonstra que, nas condições do estudo, a velocidade do ganho de copa (crescimento apical) é maior que a velocidade de mortalidade dos galhos (perda de copa: de baixo para cima).

Ao contrário, o grau de esbeltez, o índice de saliência – com exceção da posição social intermediária cujo F não foi significativo – e o formal de copa, tendem a diminuir com o aumento da

altura das árvores.

A diminuição do grau de esbeltez  $\{h(m)/dap(cm)\}$ , com o aumento da altura das árvores, significa que estas, a cada metro que crescem em altura, crescem mais que um centímetro em dap, tornando-se mais robustas e estáveis.

Da mesma forma, a diminuição do índice de saliência  $\{dc(cm)/dap(cm)\}$  indica que, proporcionalmente, o diâmetro de copa incrementa menos que o dap, ao longo do crescimento em altura da canjerana.

Com o material estudado, não é possível constatar qualquer tendência do índice de abrangência em razão da altura: na posição sociológica superior (classes 1 e 2 de Kraft) a função não é significativa. O sinal do coeficiente b nas outras duas posições sociais são contrários (Tabela 2). Uma explicação fisiológica plausível para essa constatação não foi encontrada.

### **Relações entre o diâmetro (dap) e as características de copa**

Os maiores diâmetros medidos, na área de estudo, foram de 55 cm nas posições sociológicas 1 e 2, de 35cm na posição 3 e de 25 cm nas posições 4 e 5, de Kraft.

A maioria das características de copa é mais fortemente relacionada com o dap do que com a altura das árvores, como pode ser observado, comparando-se as Tabelas 02 e 03. Isso pode ser atribuído à menor reação do incremento em altura frente à concorrência, quando comparada com a reação do incremento diamétrico. Uma segunda explicação, de ordem metodológica, é a pouca dificuldade de visualizar a base ou o ápice da copa e a possível imprecisão da medição da altura.

A altura da inserção da copa relaciona-se significativamente com o dap das canjeranas. Embora o coeficiente de determinação não tenha sido elevado (Tabela 3), pode-se afirmar, que quanto maior o dap das árvores, maior a altura do fuste livre de galhos. O diâmetro de copa e porcentagem de copa também crescem, à medida que cresce o dap.

O aumento da altura de inserção da copa, em razão do crescimento diamétrico, parece contradizer-se com o crescimento simultâneo da porcentagem de copa. Esse fato foi constatado e interpretado ao relacionar-se a altura da inserção da copa com a altura total.

A correlação do grau de esbeltez com o dap das canjeranas é bem-superior à constatada entre essa mesma variável e a altura total das árvores, como se pode verificar pela comparação do coeficiente de determinação nas Tabelas 2 e 3. À medida em que as árvores engrossam, diminui seu grau de esbeltez.

O sinal negativo do coeficiente b (Tabela 3) evidencia que o índice de saliência decresce, à medida que a árvore engrossa. Essa tendência é válida para os três estratos sociológicos estudados, embora o coeficiente de determinação acuse uma dependência, relativamente, fraca. Essa relação decrescente é uma característica desejável, pois quanto mais grossas as árvores, para cada centímetro de crescimento do tronco, relativamente menor se torna o incremento da área de projeção da copa.

TABELA 3: Coeficientes estimados (a, b) coeficiente de determinação ( $r^2$ ), nível de significância de F (sig F) e erro padrão ( $s_e$ ) para a relação entre o diâmetro a altura do peito (cm) e características de copa de canjerana, para três classes sociológicas (Pos. Kraft). Função:  $\ln(\text{variável da copa}) = a + b \cdot \ln(\text{dap})$ .

CARACTERÍSTICA	Pos. Kraft	n	a	b	$r^2$	Sig F	$s_e$
Altura total (h)	1 e 2	94	1,3919	0,3913	0,49	0,0000	0,16
	3	46	1,1579	0,4731	0,65	0,0000	0,12
	4 e 5	22	0,5576	0,7236	0,66	0,0000	0,24
Altura da inserção da copa (ic)	1 e 2	94	1,1627	0,2089	0,06	0,0196	0,33
	3	46	1,2058	0,2205	0,11	0,0215	0,21
	4 e 5	22	0,4938	0,5260	0,51	0,0004	0,24
Diâmetro de copa (dc)	1 e 2	94	-1,108	0,8435	0,81	0,0000	0,16
	3	46	-1,371	0,9333	0,71	0,0000	0,20
	4 e 5	22	-0,924	0,8264	0,87	0,0000	0,14
Porcentagem de copa (l/h*100)	1 e 2	94	3,2879	0,2099	0,11	0,0012	0,23
	3	46	2,7371	0,3853	0,19	0,0019	0,27
	4 e 5	22	2,3429	0,5457	0,28	0,0089	0,39
Grau de esbeltez (h/dap)	1 e 2	94	5,9971	-0,609	0,70	0,0000	0,16
	3	46	5,7631	-0,527	0,70	0,0000	0,12
	4 e 5	22	5,1627	-0,276	0,22	0,0250	0,24
Índice de saliência (dc/dap)	1 e 2	94	3,4968	-0,157	0,12	0,0004	0,16
	3	46	3,2340	-0,067	0,01	0,4470	0,20
	4 e 5	22	3,6810	-0,174	0,23	0,0199	0,14
Índice de abrangência (dc/h)	1 e 2	94	-2,500	0,4522	0,37	0,0000	0,23
	3	46	-2,529	0,4602	0,40	0,0000	0,19
	4 e 5	22	-1,482	0,1028	0,02	0,4812	0,30
Formal de copa (dc/l)	1 e 2	94	-1,183	0,2422	0,09	0,0032	0,30
	3	46	-0,661	0,0749	0,01	0,6228	0,35
	4 e 5	22	0,7806	-0,443	0,10	0,1499	0,62

Já o índice de abrangência, ou seja, a relação entre o diâmetro de copa e a altura da árvore tende a aumentar com o crescimento diamétrico. Para as posições sociológicas mais favorecidas, o coeficiente de determinação indica que a relação é razoavelmente estreita. O mesmo não se pode afirmar para as posições sociológicas 4 e 5 de Kraft (Tabela 3) cujo valor de F nem mesmo é significativo. O aumento do índice de abrangência com o engrossamento da árvore permite a seguinte interpretação: embora diminua o índice de saliência (dc/dap), à medida que a árvore engrossa, o crescimento em altura das canjeranas é suficientemente pequeno ao ponto de resultar em um aumento no índice de abrangência (dc/h). Ou de outra forma: ao longo do engrossamento da canjerana, as taxas de aumento do diâmetro de copa superam, cada vez mais, as da altura.

Os baixos coeficientes de determinação, a não-significância do valor de F e os altos erros da relação entre o diâmetro e o formal de copa das canjeranas mostram que não há dependência entre essas duas variáveis.

## CONCLUSÕES

a) A metodologia de substituição da cronossérie por uma série diamétrica, nas condições do estudo, produziu resultados aproveitáveis para a percepção de várias relações morfométricas da canjerana.

b) De forma geral, pode-se afirmar que existem relações estatísticas significativas entre diversas variáveis morfométricas da canjerana e as dimensões de seu diâmetro e sua altura, respectivamente.

c) As relações entre o diâmetro e as características morfológicas da copa das canjerana geralmente são mais estreitas que as existentes entre essas mesmas características e a altura total das árvores.

d) A existência dessas relações poderá permitir que se pratiquem intervenções silviculturais sem que se tenha necessariamente o conhecimento da idade das árvores. Assim, para cada dimensão (h, dap) podem-se prever, por exemplo, a altura do fuste livre de nós e a proporção de copa esperada, como também o espaço necessário para cada árvore, pelo uso das relações entre o índice de saliência ou abrangência e as dimensões dos indivíduos. Dada a significância das funções para cada posição sociológica, as variáveis de interesse podem ser apreciadas nos diferentes estratos da floresta.

e) Mais especificamente, à medida que as árvores crescem em altura, pode-se, ainda, concluir que: a) aumentam também o diâmetro de copa, a altura da inserção da copa e a porcentagem de copa; b) diminuem o grau de esbeltez e o índice de saliência.

f) Em relação ao diâmetro à altura do peito, pode-se concluir que, para as canjeranas estudadas: a) há aumento da altura da inserção da copa, do índice de abrangência e do diâmetro e porcentagem de copa; b) ocorre uma diminuição do grau de esbeltez e do índice de saliência, à medida que as árvores vão tornando-se mais grossas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABETZ, P.; OHNEMUS, K. Der Z-Baum-Bestockungsgrad (Definition, Herleitung, Anwendung). Allgemeine Forst- und Jagd.-Zeitung, v. 165, p. 10-11, 1994.
- ASSMANN, E. **Waldertragskunde**. München: Bayr, Landw, Verlag, 1961. 490 p.
- BURGER, H. Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen. **Mitt. Schweiz. Anst. f. forstl. Vers. Wesen**, v. 21, p. 147-176, 1939
- DURLO, M. A. **Zuwachsuntersuchungen und Einzelbaumwachstumsmodelle für *Cabralea glaberrima*, *Cedrela fissilis* und *Cordia trichotoma* in sekundären Laubmischwälder Südbrasilien**. 1996, 175p. Dissertation - Institut für Waldwachstumsforschung, Universität für Bodenkultur, Wien, Austria.
- DURLO, M.A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-66, 1998.



- HASENAUER, H. Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten- Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände. **Fostliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur**, Wien. v. 8, p. 1-152, 1994.
- \_\_\_\_\_. Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. **Forest Ecology and Management**, v. 96, p. 197-206, 1997.
- HASENAUER, H.; MOSER, M.; ECKMÜLLNER, O. Ein Programm zur Modellierung von Wachstumsreaktionen. **Allgemeine Forstzeitung**, v. 4, p. 216-218, 1995.
- KRAFT G. **Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben**. Hannover, 1884.
- MEYER, A. A correction term for a systematic error occurring in the application of the logarithmic volume equation. **The Pennsylvania State Forest School: Research Paper**, v. 7, p. 1-7, 1941.
- MAYER, R. Untersuchungen über die Kronengröße und Zuwachsleistung der Traubeneiche auf süddeutschen Standorten. **AFJZ**, v. 129, p. 105-114, 151-163, 193-201, 1958.
- MILLER, D.M. Reducing transformation bias in curve fitting. **The American Statistician**, v. 38, n. 2, p. 125-126, 1984.
- MITSCHERLICH, G. **Wald, Wachstum und Umwelt**. Eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums. Erster Band: Form und Wachstum von Baum und Bestand. II Auflage. Frankfurt am Main: J.D. Sauerländer's Verlag, 1978. 144 p.
- PRETZSCH, H. Modellierung der Kronenkonkurrenz von Fichte und Buche in Rein- und Mischbeständen. **All. Forst- und Jagdzeitung**, v. 163, n. 11/12, p. 203-213, 1992.
- \_\_\_\_\_. Perspektiven einer modellorientierten Waldwachstumsforschung **Forstwissenschaftliches Centralblatt**, v. 14, p. 188-209, 1995.
- REININGER, H. **Zielstärken-Nutzung**. Zweite Auflage. Wien: Österreichischer Agrarverlag, 1987.
- STAMPFER, E **Solitärdimensionen österreichischer Baumarten**: Diplomarbeit. Wien: Universität für Bodenkultur, 1995. 102 p.
- ZIMMERMANN, M. H.; BROWN, C.L. **Trees structure and function**. New York: Springer Verlag. 1974. 336 p.