

## Caracterização de índices morfométricos para *Araucaria angustifolia* plantada na Região Norte do Rio Grande do Sul

Franciele Alba da Silva<sup>1</sup> Fabiano de Oliveira Fortes<sup>2</sup> Denis Riva<sup>2</sup> Luís Paulo Baldissera Schorr<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Rodovia Régis Bittencourt, 9082-9174 - Jardim Botânico, Curitiba - PR, CEP: 80050-540.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, nº1000, Prédio 44 (Anexo A), CCR, Santa Maria- RS CEP: 97015-970.

<sup>3</sup> Programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Av. Luís de Camões, 2090 - Conta Dinheiro, Lages - SC, 88520-000.

\*Author for correspondence: francielealba47@gmail.com

Received: 29 May 2017 / Accepted: 14 August 2017 / Published: 30 September 2017

### Resumo

O estudo apresenta a caracterização dos índices morfométricos e a correlação existente entre eles, a densidade ótima determinada pelo índice de saliência e índice de abrangência para povoamento de *Araucaria angustifolia* localizado na FLONA de Passo Fundo – RS. Os dados de DAP, altura total e os raios para a projeção da copa foram coletados em 27 parcelas circulares com raio de 10m<sup>2</sup>, distribuídas de forma sistemática. Os indivíduos foram distribuídos em seis classes diamétricas com amplitude de 15cm a DAP menor 65cm. Os índices morfométricos foram estimados para descrever as relações interdimensionais das árvores. A correlação entre os índices foi verificada pela matriz de correlação de Pearson. O espaço vital foi estimado e utilizado no cálculo da densidade ótima. Os resultados demonstram que o povoamento apresenta 331 árvores por hectare, sendo que a densidade ótima obtida pelo índice de saliência, índice de abrangência e área de copa é de aproximadamente 165 árvores por hectare. Os índices morfométricos que tiveram maior correlação entre si foram a proporção de copa com o comprimento de copa (0,93), índice de abrangência com o diâmetro de copa (0,92), índice de saliência com o índice de abrangência (0,67). Os índices morfométricos para *Araucaria angustifolia* mostraram ser um bom indicador de desbaste e análise de concorrência.

**Palavras chaves:** Densidade ótima, Competição, Morfometria

### Abstract

The study presents the characterization of the morphometric data, the correlation between them, the optimum density determined by the index of overhang and Index of comprehensiveness for a stand of *Araucaria angustifolia* located in the FLONA of Passo Fundo - RS. The data of DAP, Ht and the rays for the crown projection were collected in 27 circular plots with radius of 10 m<sup>2</sup>, distributed in a systematic way. The individuals were distributed in six diametric classes with amplitude of 15 cm to dap smaller 65 cm. The morphometric indices were estimated to describe the interdimensional relationships of the trees. The correlation between the indices was verified by the Pearson correlation matrix. Life space was estimated and used in the calculation of optimal density. The results show that the stand presents 331 trees per hectare, and the optimum density obtained by the index of overhang, index of comprehensiveness and crown area is approximately 165 trees per hectare. The morphometric indexes that had the highest correlation among them were proportion of crown with crown length (0.93), Index of comprehensiveness with crown diameter (0.92), index of overhang with Index of comprehensiveness (0,67). The morphometric indexes for *Araucaria angustifolia* were shown to be a good indicator of thinning and competition analysis.

**Key words:** Optimal Density, Competition, Morphometry

### Introdução

As condições ideais de crescimento de árvores individuais, podem ser avaliadas pela morfometria das árvores, com reflexo nas condições de espaço vital e de competição, variáveis que possibilitam fazer interferência na dinâmica da floresta, visando a maximização do incremento (Costa et. al. 2015).

No Brasil os primeiros estudos referentes a morfometria foram evidenciados por Durlo (1996), Durlo e Denardi (1998), Durlo (2001), Durlo et al. (2004), definindo a morfometria das árvores e as variáveis obtidas por ela como uma forma de entender as relações interdimensionais e reconstruir o espaço ocupado por cada árvore, podendo-se determinar o grau de concorrência a que uma espécie está sujeita dentro de um povoamento, assim como torna-se possível inferir sobre a estabilidade, a vitalidade e a produtividade de cada indivíduo.

Durlo e Denardi (1998) descrevem as variáveis morfométricas sendo a proporção ou porcentagem da copa, grau de esbeltez, índice de Saliência, formal de copa, índice de abrangência.

Após essas definições, vem crescendo significativamente os estudos da morfometria e relações interdimensionais para espécies florestais, Tonini e Arco-verde (2005) verificação das relações entre os principais índices morfométricos da copa e o crescimento em diâmetro e altura de quatro espécies nativas da Amazônia. Roman et. al. (2009) estudaram as variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma*. Silveira et. al. (2015), determinaram a relação das variáveis morfométricas e índices de competição de *Trichilia clausenii* em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual na região central do Rio Grande do Sul.

Costa et. al. (2016) estudaram a influência da posição social nas relações morfométricas da espécie *Araucaria angustifolia* em floresta nativa, no município de Lages – SC. Porém, em povoamentos homogêneos e equiâneos de *Araucaria angustifolia* o comportamento das variáveis morfométricas e das relações interdimensionais foram pouco estudados.

Os índices morfométricos podem auxiliar, juntamente com outros indicadores de condições do povoamento, na determinação de práticas de manejo. Além da proporção de copa, Zhao et al. (2012) mencionam o índice de espaçamento relativo e a densidade do povoamento relativo como indicadores na definição de regimes de desbaste.

Assim, o estudo teve como objetivo avaliar e caracterizar os índices morfométricos, determinando a correlação existente entre eles, e, estabelecer através desses índices a densidade ótima por hectare para *Araucaria angustifolia*

(Bertol.) Kuntze em um povoamento, na Floresta Nacional de Passo Fundo, região norte do Rio Grande do Sul.

## Material e Métodos

### Caracterização da área

O estudo foi realizado na Floresta Nacional de Passo Fundo (28° 18' 47" S e 52° 10' 55" W), no município de Mato Castelhano – RS. Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima da região é do tipo subtropical Cfa, caracterizado por uma elevada umidade do ar, temperatura média anual inferior a 18°C e a precipitação em torno de 1.700 mm.

O solo da região é classificado como latossolo vermelho escuro distrófico. O relevo é suave ondulado com pendentes longas e a declividade média do terreno oscila entre 5 e 15% (IBGE 2007).

### Amostragem e coleta de dados

A área de estudo é composta por um talhão de 55 hectares, plantado com a espécie *Araucaria angustifolia* com aproximadamente 40 anos. Foram alocadas 27 parcelas circulares de 314 m<sup>2</sup> (raio 10 m) sistematicamente considerando uma grade de 50 X 150m a partir da árvore central. O caminhamento se deu em sentido anti-horário partindo do norte, utilizando-se uma bússola.

As variáveis mensuradas foram o diâmetro à altura do peito (DAP), altura do fuste, altura total, e a projeção da copa através das medições de quatro raios no sentido norte (N), sul (S), leste (L) e oeste (O), indicados pela bússola do GPS.

### Análise dos dados

Os indivíduos foram divididos em 6 classes de diâmetro: Classe I (15cm ≤ DAP < 25cm), Classe II (25cm ≤ DAP < 35cm), Classe III (35cm ≤ DAP < 45cm), Classe IV (45 cm ≤ DAP < 55cm), Classe V (55cm ≤ DAP < 65cm), Classe VI (DAP ≥ 65).

Para descrever as relações interdimensionais das árvores amostradas de *Araucaria angustifolia* foram estimados os índices morfométricos com as fórmulas presentes na Figura 1.

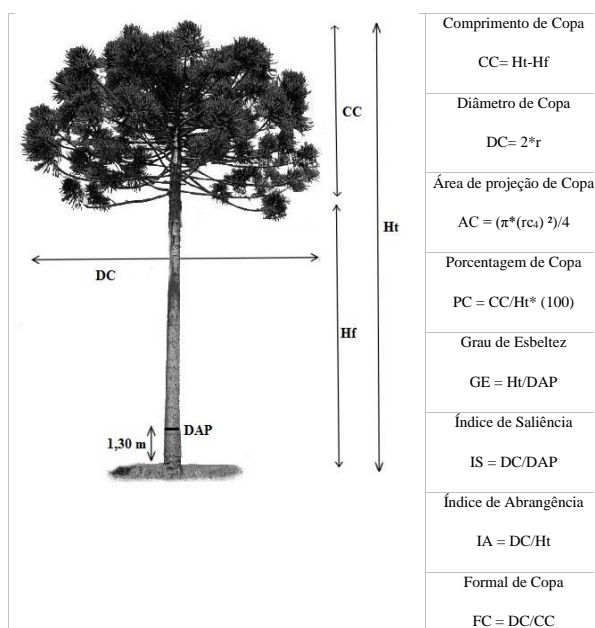


Figura 1. Fórmulas para estimar os índices morfométricos.

Onde: DAP: diâmetro à 1,30 m do solo; Ht: Altura total; r: raios; rc4: média dos quatro raios de copa

Segundo Durlo e Denardi (1988), o diâmetro de copa refere-se à distância entre as linhas de projeção dos pontos

mais externos da copa. A área de projeção da copa é a superfície coberta pela projeção vertical da copa de uma árvore, permite conhecer o espaço ocupado pela árvore. A porcentagem de copa é um indicador da vitalidade das árvores, sendo que quanto maior a porcentagem de copa mais vital e produtiva é a árvore. O grau de esbeltez caracteriza a estabilidade das árvores, indicando que quanto mais alto o grau de esbeltez, mais instável é a árvore. O índice de saliência expressa quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o DAP. O índice de abrangência é calcula pela relação entre o diâmetro de copa e a altura total da árvore. O formal de copa demonstra produtividade e quanto menor o formal de copa, melhor é a produtividade da árvore.

Foi calculada a matriz de correlações de Pearson entre todas as variáveis dendrométricas e morfométricas avaliadas. Para o teste foi considerado um nível de 95% de probabilidade.

A área média para as árvores foi calculada pela fórmula de Assmann (1970), dividindo-se a área do povoamento pelo número de árvores, ou aplicando-se uma relação para área de 1 hectare:

$$N = \frac{10.000}{AC}$$

Onde: N = Número de árvores; 10.000 área em m<sup>2</sup> (área de um hectare) e AC=área de projeção de copa em m<sup>2</sup>

Considerando a média do índice de saliência como constante, tem-se a seguinte fórmula para determinar a densidade ótima por meio desse índice:

$$N(o) = \frac{Is \cdot DAP}{Dc}$$

Onde N (o)= número de árvores ótimo por hectare, Is= índice de saliência, Dc= diâmetro de copa (m)

## Resultados e discussão

### Características das variáveis morfométricas

Foram encontradas 331 árvores/ha com média de 10 árvores por parcela, variando o DAP de 21,3 até 74,6 cm entre classes de diâmetros (Tabela 01), e o diâmetro de copa 5,3m (classe I) até 16,2m (classe VI), mostrando que o diâmetro da copa é 25 e 22 vezes maior, respectivamente, que os seus DAP's nas classes. Estes valores são confirmados pelo índice de saliência, indicando que a classe I, necessita de uma copa 25 vezes maior que seu DAP por unidade produzida, já a classe VI requer uma copa 22 vezes maior, isto é, a maior classe está produzindo mais madeira proporcionalmente à área ocupada por sua copa.

Assim, para evitar possíveis perdas de incremento e produtividade dos indivíduos, considerando a média geral encontrada para o índice de saliência, a densidade ótima máxima ficaria próximo à 165 árvores por hectare, para não haver competição por copa. Com isto, sendo 331 o número de árvores por hectare, é necessário um desbaste de aproximadamente 50% para abrir o dossel do povoamento. No entanto, com estes valores em poucos anos o povoamento voltaria a estar em competição, uma vez que, o valor deste desbaste apenas tiraria os excessos, sendo necessário um desbaste ainda maior, para o povoamento voltar a crescer por alguns anos sem competição. Em povoamentos mais antigos, com diâmetros mínimo acima de 45cm, o valor para densidade ótima não pode ultrapassar a 100 árvores/ha, já com valores acima de 55cm este deve ser próximo a 58 árvores/ha.

Para Sterba (1992) um menor valor no índice de saliência, significa que, a árvore possui uma maior área de superfície de copa proporcionalmente, sendo mais eficiente na utilização do espaço, considerando para isto uma dada área de projeção

de copa. Assim, na Tabela 1, nota-se que, à medida que aumenta o diâmetro, a tendência do índice de saliência é diminuir, indicando a necessidade de desbaste no povoamento.

Para ter-se-á noção real de quanto é ocupado por m<sup>2</sup> de copa para produção em diâmetro é necessário a análise da área de projeção da copa, que apresenta amplitude de valores desde 6,1m<sup>2</sup> (classe I) até 51,8m<sup>2</sup> (classe IV), indicando uma concorrência crescente entre as copas em diversos graus. Para melhor visualização e entendimento, com a densidade de 331 árvores estimadas por hectare, o tamanho máximo de copa indicado seria de 30m<sup>2</sup>, de acordo com a Tabela 1, as classes I, II, III e IV tem área de copa menor que o indicado. Mostrando que povoamentos de *A.angustifolia* com o tamanho de copa nas reais proporções do trabalho, para manter o povoamento produtivo não pode exceder a densidade máxima indicado por hectare.

O coeficiente de variação encontrado no estudo foi de 72,25%, já Roman et. al. (2009) encontraram um CV de 63,2% na área de projeção da copa para a espécie *Cordia trichotoma*.

A razão do comprimento da copa pela sua altura total, fornece a proporção do tronco referente a copa, indicando a porcentagem do tronco com copa necessária para manter a saúde vital, e neste estudo variou de 15% (classe III) até 21,1% (classe V) com uma média geral de 16,50%, indicando que árvores desta espécie, com altura total média de 21m tem aproximadamente 3,4m de copa. Assim, pode-se afirmar que, indiferente da classe que se encontram as árvores e, desde que normalmente distribuídas, entre 15% e 21% da altura total da *A.angustifolia* são para distribuição de sua copa. Os indivíduos com as maiores proporções de copa encontram-se na classe de DAP I, V e VI, vitalidade e produtividade para crescimento.

O grau de esbeltez, também conhecido como relação h/d, variou da menor classe (0,88) para a maior (0,34), e segundo Tonini e Arco-Verde (2005) caso esteja acima de 1, o crescimento em diâmetro é menor se comparado ao crescimento em altura, podendo indicar a necessidade de um desbaste para diminuir a concorrência. No entanto, para o povoamento em estudo, a relação h/d está abaixo de 1, pode-se considerado o fato do povoamento está tão estocado, com um grande período sem fazer intervenções que o mesmo está estável, mas pouco produtivo.

O índice de abrangência, que é expresso pela relação entre o diâmetro de copa e a altura total do indivíduo apresentou a forma inversamente proporcional ao grau de esbeltez, com a classe I tendo o menor valor (0,29), aumentando gradativamente até a classe VI (0,62). Para a espécie *Cordia trichotoma*, Roman, Bressan e Durlo (2009) encontraram uma média de 0,31 para este índice, sendo este valor próximo as classes I e II, e a média geral (0,37).

O valor do formal de copa fornece o grau de achatamento das copas, valores abaixo de 1 caracterizam copas esbeltas e valores acima de 1 caracterizam copas achatadas, sendo que quanto menor for esse índice, melhor será a produtividade da árvore. Os valores encontrados apresentaram uma grande variação, estando todos acima de 1, como na menor classe (2,32) até a maior (5,1) apresentando uma média de 2,79, o que caracteriza copas achatadas uma característica comum em indivíduos adultos para a espécie *Araucaria angustifolia*. Valores semelhantes foram encontrados por Zanon (2007) com a mesma espécie na FLONA de São Francisco de Paula, região nordeste do Rio Grande do Sul, variando entre 0,45 a 3,0.

Ao observar o número de árvores por classe diamétrica nota-se que as três menores classes possuem 81% do total de indivíduos amostrados, demonstrando assim que o desbaste,

permitiria melhores condições para o desenvolvimento das demais árvores.

Tabela 1. Valores médios das variáveis e índices por classe de diâmetro e total

VARIÁVEIS	CLASSES						Média
	I	II	III	IV	V	VI	
Nº total de árvores	32	97	102	35	10	5	281
DAP (cm)	21,3	29,6	39,5	47,5	57,9	74,6	36,1
H total (m)	18,4	20,5	22,0	22,6	24,3	25,9	21,0
H comercial (m)	15,0	17,3	18,6	18,3	19,1	20,7	17,0
Diâmetro copa (cm)	5,3	6,7	8,7	10,1	13,3	16,2	8,0
Área de copa (m <sup>2</sup> )	6,1	9,5	15,7	22,4	36,2	51,8	14,6
Proporção de copa (%)	19,6	15,7	15,0	18,6	21,1	19,3	17,3
Grau de esbeltez	0,88	0,70	0,55	0,47	0,42	0,34	0,62
Índice de Saliência	25,1	22,6	22,0	21,4	23,0	21,7	22,2
Índice de Abrangência	0,29	0,32	0,40	0,45	0,54	0,62	0,37
Altura de copa	3,5	3,2	3,4	4,3	5,1	5,1	3,67
Formal de copa	2,3	2,5	3,1	3,0	2,7	4,0	2,8

#### Correlação das variáveis

O DAP apresentou uma correlação positiva forte com o volume total, sendo esse valor de 0,94, no entanto a segunda maior correlação foi negativa de -0,81 com o grau de esbeltez, mostrando que com o aumento em diâmetro, o grau de esbeltez diminui e ocorre o aumento na estabilidade dos indivíduos. A variável altura teve todas suas correlações de moderada a baixa, sendo novamente o grau de esbeltez e formal de copa as maiores correlações negativas com -0,63 e -0,57 respectivamente.

A área de copa foi a variável de maior correlação com o diâmetro de copa (0,97), sendo esse resultado esperado, uma vez que existe uma auto-correlação entre elas devido a dependência entre as variáveis. Essas duas variáveis também demonstram forte correlação com o DAP, apresentaram valores do coeficiente de correlação 0,77 e 0,75, e Schneider (1993) comenta essa alta correlação entre o diâmetro do fuste (DAP) e o diâmetro da copa (DC). Nutto (2001) afirma que o crescimento e expansão da copa estão intimamente relacionados com o crescimento em diâmetro do tronco. O mesmo autor estudando o crescimento diamétrico da *Araucaria angustifolia* encontrou uma correlação de 0,94 entre as variáveis área de projeção da copa e área basal.

Curto (2015) estudando um povoamento superestocado de *Araucaria angustifolia* na Floresta Nacional (FLONA) de Açungui, Campo Largo, PR, relata que o desenvolvimento do diâmetro de copa em relação ao DAP segue padrão linear, ou seja, à medida que as árvores crescem em diâmetro, linearmente aumenta-se o diâmetro de copa, porém em algum determinado momento isto tende a se estabilizar.

O diâmetro de copa apresentou alta correlação com o índice de abrangência, 0,92, assim quanto maior o diâmetro

de copa maior será o índice de abrangência. O índice de saliência mostrou forte correlação com o índice de abrangência indicando uma dependência destas variáveis com o diâmetro de copa.

O volume possui uma correlação negativa moderada com o grau de esbeltez (GE) (-0,640), mostrando um comportamento inverso, isto é, o volume diminui com o aumento do GE.

O volume apresenta alta correlação com a área de proporção de copa (0,79) e diâmetro de copa (0,75), mostrando que essas três variáveis estão relacionadas diretamente e de maneira positiva com o incremento volumétrico e com a produtividade dos indivíduos.

Tabela 2. Matriz com os valores do Coeficiente de Correlação de Pearson

	DAP	Ht	AC	DC	IS	GE	IA	CC	FC	PC	VT
DAP	1,00										
Ht	0,53	1,00									
AC	0,78	0,43	1,00								
DC	0,75	0,45	0,97	1,00							
IS	-0,03	0,06	0,46	0,59	1,00						
GE	-0,82	-0,06	-0,57	-0,58	0,08	1,00					
IA	0,60	0,11	0,85	0,92	0,67	-0,61	1,00				
CC	0,21	0,40	0,23	0,22	0,12	0,04	0,09	1,00			
FC	0,18	-0,05	0,28	0,35	0,30	-0,27	0,43	-0,53	1,00		
PC	0,04	0,10	0,11	0,10	0,15	0,09	0,07	0,93	-0,57	1,00	
VT	0,94	0,58	0,79	0,75	-0,06	-0,64	0,53	0,30	0,08	0,12	1,00

Onde: DAP: diâmetro à altura do peito (cm), Ht: Altura total (m), AC: área de copa (m<sup>2</sup>), DC: diâmetro de copa (cm), IS: índice de saliência, GE: grau de esbeltez, IA: índice de abrangência, CC: comprimento de copa, FC: Formal de copa, PC: proporção de copa (%), VT: volume total (m<sup>3</sup>)

### Conclusões

A análise dos índices morfométricas para *Araucaria angustifolia* mostra ser um bom indicador de desbaste e concorrência, fornecendo resultados para práticas silviculturais.

A correlação entre as variáveis dendrométricas e morfométricas mostrou que o DAP possui uma alta correlação com o grau de esbeltez, área de copa e diâmetro de copa, já altura possui correlações moderadas e fracas com todas as variáveis.

Para aumentar a produtividade nas condições atuais do povoamento é necessário manter uma quantidade aproximada de 165 indivíduos por hectare, com base nos valores encontrados para o índice de saliência, índice de abrangência e área de projeção de copa para a densidade ótima.

### Referências

- Assmann E (1970) *The principles of forest yield study*. Oxford: Pergamon Press.
- Costa EA, Finger CAG, Fleig FD (2016) Influência da posição social nas relações morfométricas de *Araucaria angustifolia*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 225-234, jan.-mar. doi: 10.5902/1980509821116
- Costa EA, Finger CAG, Hess AF (2015) Modelo de incremento em área basal para árvores de araucária de uma floresta inequiânea. *Pesquisa Florestal Brasileira*. Colombo, v. 35, n. 83, p. 239-245. doi: 10.4336/2015.pfb.35.83.792

Curto RA (2015) *Avaliação do crescimento e potencial de manejo em plantio superestocado de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze*. Tese, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 251p.

Durlo MA (2001) Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 141 - 150, jun. doi: 10.5902/19805098501

Durlo MA (1996) *Zuwachsuntersuchungen und Einzelbaumwachstumsmodelle für Cabralea canjerana, cedrela fissilis und Cordia trichotoma in sekundären Laubmischwäldern Südbrasilien*. Dissertation. Institut für Waldwachstumsforschung, Universität für Bodenkultur, Wien. 175p.

Durlo MA, Sutili FJ, Denardi L (2004) Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 79 - 89. doi: 10.5902/198050981808

Durlo MA, Denardi L Morfometria de *Cabralea canjerana* em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul, *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.8, n.1,1998, p.55-66. doi: 10.5902/19805098351

Roman M, Bressan DA, Durlo MA (2009) Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 473-480. doi: 10.5902/19805098901

Silveira BD, Floriano EP, Nakajima NY, Hosokawa RT, Rosot NC, Gracioli CR (2015) Relação da morfometria e competição com o crescimento de *Trichilia clausenii* em um fragmento de Floresta Semidecidual, RS. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 45, n. 2, p. 373 - 382. doi: 10.5380/ufv.45i2.35164

Sterba H (1992) *Forstliche Ertragslehre*. Universitätsfür Bodenkultur. Wien, 160p.

Tonini H, Arco-verde MF (2005) Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v.40, n.7, p.633-638.

Zanon MLB (2007) *Crescimento da Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze diferenciado por dioiccia*. Tese, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria.

Zhao D, Kane M, Borders BE (2012) Crown ratio and relative spacing relationships for loblolly pine plantations. *Open Journal of Forestry*, 2(3): p.110-115.