

**INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO NO AUTODESBASTE DE POVOAMENTO  
MONOCLONAL DE *Eucalyptus saligna* Smith**

**INFLUENCE OF SPACING ON SELF-THINNING OF A MONOCLONAL STAND OF  
*Eucalyptus saligna* Smith**

Paulo Renato Schneider<sup>1</sup> Cesar Augusto Guimarães Finger<sup>2</sup> Paulo Sérgio Pigatto Schneider<sup>3</sup>  
Frederico Dimas Fleig<sup>4</sup> Thiago Augusto da Cunha<sup>5</sup>

**RESUMO**

No presente trabalho foi estudado o efeito do espaçamento inicial sobre a relação entre a densidade de árvores por hectare e o diâmetro médio em povoamentos monoclonais de *Eucalyptus saligna* Smith. Os dados foram obtidos em povoamentos de densidade completa e altamente estocados, monitorados anualmente em parcelas permanentes até os 18 anos. Para isto, foram testados os modelos de densidade de árvores por hectare pelo diâmetro médio, indicado o modelo de autodesbaste de Tang como o mais preciso, para gerar as estimativas dos valores de densidade, apresentando um coeficiente de determinação ajustado de 0,85, erro padrão da estimativa baixo igual a 0,1026, coeficiente de variação igual a 1,39 %, uma tendência mínima igual a -0,0534 e eficiência elevada igual a 0,3903. O autodesbaste ocorre numa dimensão de diâmetro médio diretamente proporcional à densidade inicial de árvores por hectare do plantio. Quanto maior o espaçamento inicial, maior é o diâmetro médio no momento do início do autodesbaste na população. O coeficiente angular da equação de densidade pelo diâmetro foi igual a 1,0124, divergente do valor indicado para espécies florestais na lei de autodesbaste.

**Palavras-chave:** desbaste; densidade; modelos de densidade.

**ABSTRACT**

In the present study the effect of initial spacing on relationship between the density of trees per hectare and the average diameter in monoclonal stands of *Eucalyptus saligna* were investigated. The data used were collected from full stocked stands and highly stored annually, monitored until 18 years old using permanent plots. For that, the density model of trees per hectare by diameter was tested and the self-thinning model of Tang was indicated as the most accurate one and provided great performance statistics, with a coefficient of determination equal to 0.85, lower standard error equal to 0.1026, low coefficient of variation equal to 1.39%, a minimal tendency equal to -0.0534 and high-efficiency equal to 0.3903. The self-thinning occurs in a diameter directly proportional to the initial density of trees per hectare of plantation. As great is the initial spacing greater is the mean diameter in the moment of initiation of self-thinning of the population.

1 Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Brasil. paulors@smail.ufsm.br

2 Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Brasil. finger@smail.ufsm.br

3 Engenheiro Florestal, Doutor em Manejo Florestal pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Rua Alameda Sibipiruna, 420, CEP 97095-660, Santa Maria (RS), Brasil. paulosergiopigatoschneider@gmail.com

4 Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Brasil. dimasfleig@gmail.com.br

5 Engenheiro Florestal, Dr., Professor da Universidade Federal do Acre, Campus Universitário, BR 364, Km 04, Distrito industrial, CEP 69920-900, Rio Branco (AC), Brasil. etsfor@yahoo.com

The slope of the equation of density and diameter was equal to 1.0124 diverging from the value indicated for forest species in the law of self-thinning.

**Keywords:** thinning; density; density models.

## INTRODUÇÃO

Em populações florestais homogêneas, as árvores tendem a expandir suas copas, tanto no sentido horizontal como vertical, interceptando uma maior quantidade de energia solar à medida que se desenvolvem. Por isto, numa população, a competição entre os indivíduos aumenta com a idade, culminando com a dominação de árvores e morte de outras, o que é convencionado de autodesbaste. No processo de competição intraespecífica, estabelece-se em algum momento o autodesbaste no povoamento, mas somente a sua determinação é insuficiente para otimização do manejo dos povoamentos. A competição intraespecífica é um importante fator no manejo por afetar diretamente o tamanho médio das plantas, por isto é que muitos estudos têm sido realizados para descrever a relação entre o tamanho das plantas com a densidade da população e a sua evolução no tempo.

Por outro lado, a produção qualitativa e quantitativa de madeira dos povoamentos florestais está, em sua maioria, relacionada ao sítio, tratos silviculturais, densidade da população e outros fatores ambientais. Por isto, deve-se considerar que o número de árvores provoca um aumento da área basal, até o momento em que inicia a competição entre as árvores, quando é estabelecido o início da mortalidade natural de árvores na floresta e, com isso, tem-se a manutenção ou em certos casos a redução da área basal.

A maioria das espécies de *Eucalyptus* é intolerante à competição, ocorrendo uma rápida segregação em estratos, dependente do espaçamento, espécie, qualidade do sítio e interação entre estes fatores. Esta estratificação é produto da habilidade competitiva das árvores, que ocorre tanto entre as espécies como entre as árvores da mesma espécie. Existem algumas espécies de *Eucalyptus* mais tolerantes à competição e, por isto, possuem baixa taxa de autodesbaste, mesmo em povoamentos homogêneos. No caso, o *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus maculata* são mais tolerantes ao autodesbaste, enquanto que, o *Eucalyptus pilularis* seria tolerante e o *Eucalyptus regnans* é intolerante (HILLIS e BROWN, 1978).

O grau de autodesbaste ou percentagem

de árvores dominadas pode também ser produto do grau de melhoramento genético em que se encontra a espécie. Em povoamentos implantados em espaçamento reduzido, o *Eucalyptus saligna* apresenta um maior número de plantas dominadas, falhas e mortas do que o *Eucalyptus grandis*. Porém, em espaçamentos mais amplos, estas diferenças entre as espécies praticamente desaparece. Sobre isto, Guimarães (1960) descreveu que a sobrevivência do *Eucalyptus saligna*, aos 8 anos de idade, foi afetada pelo espaçamento, sendo que, em espaçamentos inferiores a 2 m<sup>2</sup>/planta, a sobrevivência foi de 38% e com 4,5 m<sup>2</sup>/planta foi de 56%.

De acordo com Reineke (1933), em povoamento com densidade de árvores completa, a relação entre o diâmetro médio quadrático das árvores e o seu número de árvores por hectare (N) é linear numa escala de duplo logaritmo. O autor considera que os parâmetros da equação são independentes da idade e qualidade do sítio, por isto, usou esta equação para estimar a densidade populacional como uma função do diâmetro médio quadrático. Postulou que, numa escala logarítmica, a relação entre o número de árvores por hectare e o diâmetro médio quadrático em povoamento sem tratamento é uma linha reta, com um valor constante do coeficiente angular de -1,605. Porém, em estudo realizado recentemente por Del Rio et al. (2001), sobre o coeficiente angular ou taxa de autodesbaste, esses autores constataram uma variação do coeficiente angular com a espécie e muitas vezes com a idade, com valores entre -2,33 e -1,54.

Yoda (1963) adicionou na equação de densidade de Reineke um termo quadrático do diâmetro ( $d_g$ ) para representar a distribuição de densidade de árvores (N) em função do diâmetro médio de área basal ( $d_g$ ). Del Rio et al. (2001) analisaram a relação densidade populacional e diâmetro médio, e o autodesbaste em povoamento equiâneo não desbastado de *Pinus silvestris* L., na Espanha. Os resultados indicam que o autodesbaste segue uma linha côncava e um incremento do coeficiente angular com o aumento da densidade do povoamento, assumindo uma assíntota diretamente na linha de densidade máxima. O coeficiente angular obtido nesta linha para povoamentos de *Pinus silvestris* foi igual a -1,75.

A lei do autodesbaste, definida por Yoda et al. (1963) e propagada pelos pesquisadores Tang et al. (1994), determina qual é o peso médio de árvores sobre o número de árvores sobreviventes para um diâmetro médio, sendo ambas variáveis determinadas em unidade logarítmica, que resulta numa relação linear, com descendente comum de potência  $-3/2$ . Assim, quando ocorre o autodesbaste, tem-se a expressão:  $W = K.N^{-3/2}$ , sendo que,  $W$  é o tamanho médio das árvores, podendo ser expresso em massa, volume, altura, área basal, diâmetro, etc.;  $N$  é a densidade populacional expressa em número de árvores por hectare; e  $K$  é uma constante considerada como uma medida de uma taxa requerida para sustentar a área de copa estabelecida, que varia com as condições do dossel (YODA et al., 1963). O limite do autodesbaste para *Nothofagus solandri* mostrou um expoente de  $-1,13$ , com intervalo de  $-1,25$  a  $-1,02$ , para uma probabilidade de 95% de confiabilidade, diferente do valor convencional de expoente  $-3/2$ . Porém, para *Pinus densiflora*, o coeficiente indicado não foi diferente do valor proposto igual a  $-3/2$  (OSAWA e ALLEN, 1993). Por outro lado, para populações de *Pinus taeda*, o coeficiente angular foi igual a  $1,6523$  (SCHNEIDER et al., 2009).

Porém, segundo Prodan et al. (1997), à medida que o tamanho médio das árvores aproxima-se do tamanho máximo da espécie, a relação deixa de valer. Por isto, esta lei do autodesbaste tem sido contestada por muitos pesquisadores, que chegaram a resultados diferentes aos mencionados originalmente. Embora esta polêmica tenha persistido, é significativo o número de estudos que chegaram ao mesmo valor do coeficiente angular. Por outro lado, Smith e Hann (1986) comprovaram a validade desta lei do autodesbaste para estimar o número de árvores e a biomassa por hectare, mas rejeitaram a validade para o volume por hectare. Por outro lado, Tang et al. (1995) detectaram para populações de *Eucalyptus regnas*, que o índice de máxima densidade e o índice de autodesbaste do modelo de autodesbaste do povoamento não é afetado pela densidade inicial do povoamento.

Tange et al. (1994) estenderam a teoria do autodesbaste para povoamentos em densidade completa e subestocados e constataram que o autodesbaste começa antes de o povoamento atingir a máxima densidade, e que a taxa de autodesbaste incrementa com a densidade, atingindo o máximo na densidade máxima da população. A lei do autodesbaste tem sido objeto de pesquisas e de

discussões acerca da sua eficiência, por vários pesquisadores, tais como: Reineke (1933), Yoda et al. (1963), Westoby (1981), West e Bourough (1983), Zeide (1985, 1987, 1991, 1995), Smith e Hann (1986), Laasasenaho e Koivuniemi (1990), Sterba e Monserud (1993), Tang et al. (1994), Osawa e Allen (1993), Tang et al. (1995), Del Rio et al. (2001), Schneider et al. (2009), entre outros.

Barrreto (1994) estudou a clarificação do autodesbaste e desbaste utilizando modelos derivados da teoria unificada, que estabelecem, para povoamentos puros autodesbastado e regulares no processo de autodesbaste, os efeitos dos desbastes no crescimento e estrutura do povoamento. Sustentou que o autodesbaste atua como um desbaste neutro, sendo a árvore média do autodesbaste igual à árvore média do povoamento, quando este ocorre, e que os povoamentos puros e autodesbastados são fractais. Isto porque apresentam infinitos detalhes, geralmente autossimilares e independem de escala, que em muitos casos pode ser gerados por um padrão repetido, constituindo-se tipicamente num processo recorrente ou iterativo.

Assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar o comportamento do modelo de densidade e diâmetro para a determinação do momento de ocorrência do autodesbaste em povoamentos homogêneos monoclonais de *Eucalyptus saligna*.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados nesta pesquisa tiveram origem em áreas de reflorestamentos localizados a  $30^{\circ}20'$  de latitude sul e  $51^{\circ}31'$  de longitude oeste do meridiano de Greenwich, constituída de povoamentos do clone 4013 de *Eucalyptus saligna*, distribuídos na região da Serra do Sudeste do Estado do Rio Grande do Sul.

O clima geral na região é caracterizado como Cfa, mesotérmico subtropical, com verões quentes e sem estação seca; com precipitação média anual de 1.500 mm, com máximas ocorrendo nos meses de julho, agosto e setembro. A temperatura média anual é de  $16^{\circ}\text{C}$ , com temperatura média do mês mais quente de  $20^{\circ}\text{C}$  e do mês mais frio de  $10^{\circ}\text{C}$  (MORENO, 1961).

Os solos encontrados nesta região são classificados de cambissolos e neossolos, podendo ocorrer gleissolos e planossolos, característicos da região litorânea e, também, nitossolos e argissolos (EMBRAPA, 1999).

Os dados dendrométricos utilizados têm origem em parcelas permanentes instaladas em povoamentos de densidade completa sob manejo convencional e de testemunha de experimento de desbaste. A implantação das florestas ocorreu em 1990, em espaçamento 3 x 2 m. As observações foram realizadas em parcelas de 30 x 21 m, com bordadura de uma linha de árvores o que resultou numa área total de 972 m<sup>2</sup>, com limites de 36 x 27 m. Cada parcela foi identificada por plaquetas de alumínio, com registro do número da parcela e tratamento. Estas foram medidas periodicamente, sendo tomado: diâmetro, altura, caracterização do fuste e posição sociológica das árvores no dossel. Além disto, para complementação da amostragem foram também utilizados dados dendrométricos de 238 parcelas permanentes de densidade completa, estratificadas em sítios naturais sobre povoamentos comerciais dessa espécie, implantados em espaçamento de dimensão reduzida.

A relação da densidade de árvores pelo diâmetro médio foi estudada através do número de árvores por hectare e o correspondente diâmetro médio aritmético das árvores do povoamento, sendo testadas as equações:

Modelo da densidade e diâmetro de Reineke (1933)

$$\ln(N) = b_0 - b_1 \cdot \ln(d)$$

Modelo da densidade e diâmetro de Yoda et al. (1963)

$$\ln(N) = b_0 - b_1 \cdot \ln(d) - b_2 \cdot (\ln(d))^2$$

Modelo do autodesbaste de Tang et al. (1994)

$$\ln N(t) = \ln S_f - \frac{1}{\gamma} \ln \left[ (d(t)/d_0)^{\beta\gamma} + (S_f/N_1)^\gamma - (d_1/d_0)^{\beta\gamma} \right]$$

Em que, t é a idade do povoamento (ano);  $\beta$  é a taxa máxima de autodesbaste sobre um povoamento de densidade completa; N(t) é a densidade de árvores por hectare do povoamento no tempo; d(t) é o diâmetro médio das árvores no tempo t (cm);  $S_f$  é índice mínimo de densidade do povoamento;  $\gamma$  é o índice de autodesbaste;  $d_0$  é o diâmetro básico padrão (25 cm);  $N_1$  os valores iniciais de densidade do povoamento; e,  $d_1$  do diâmetro médio inicial ( $d_1$ ).

A validação dos modelos de densidade de árvores por hectare pelo diâmetro médio do

povoamento foi realizada através dos critérios estatísticos, recomendados por Palahi et al. (2002) e Cellini et al. (2002) definidos pela tendência (bias), eficiência, coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa e coeficiente de variação.

As regressões lineares foram ajustadas pelo procedimento PROC REG e as não lineares pelo procedimento PROC NLIN com o método Gauss-Newton, no pacote Statistical Analysis System - SAS (1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 foram relacionados os dados dendrométricos médios empregados totalizando 238 pares de dados originados de parcelas permanentes em densidade completa, medidas com periodicidade variada entre as idades de 3 a 18 anos. O diâmetro médio da amostra foi igual, a 17,8 cm, mínimo de 10,3 cm e máximo de 40,2 cm. A área basal média foi de 33,9 m<sup>2</sup>/ha, com variação de 11,2 a 74,1 m<sup>2</sup>/ha, com densidade populacional média de 3.831, com variação de 1.019 a 6.643 árvores por hectare.

Os resultados estatísticos das equações de densidade de árvores por hectare testado em função do diâmetro médio encontram-se discriminados na Tabela 2.

Comparativamente, os resultados das equações de densidade testadas presentes na Tabela 2 mostram que o modelo de Tang apresentou resultados estatísticos que espelham melhores estatísticas, com coeficiente de determinação de 0,85, erro padrão da estimativa de 0,1026 e coeficiente de variação igual a 1,39. Por outro lado, a análise da eficiência (E) definiu para o modelo de Tang um parâmetro estatístico igual a 0,2903 como o de melhor desempenho, assim como em relação a Bias com valor de -0,0534. Os valores residuais de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro, em escala logarítmica, obtida no modelo de Tang, são apresentados na Figura 1.

Observa-se na Figura 1 que o modelo de Tang selecionado apresentou uma boa regularidade na distribuição dos resíduos, indicando sua adequação para a estimativa do número de árvores por hectare em função do diâmetro médio da população. Isto é reforçado pela precisão e praticidade do modelo, o que confirma a seleção deste modelo para estimar o número de árvores por hectare pelo diâmetro médio da população.

Ainda se deve ressaltar que o modelo de Tang apresentou um valor do coeficiente  $\beta$  igual a

TABELA 1: Dados dendrométricos das parcelas permanentes em povoamentos de *Eucalyptus saligna*, clone 4013.TABLE 1: Dendrometric data from permanent plots of *Eucalyptus saligna*, clone 4013.

Variáveis	Nº Obs.	Média aritmética	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Diâmetro médio (cm).	238	17,8	5,7	10,3	40,2
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	238	33,9	11,3	11,2	74,1
Número de árvores (ha).	238	3.831	-	1.019	6.643

TABELA 2: Estatísticas dos modelos de densidade de árvores para povoamentos de *Eucalyptus saligna*, clone 4013.TABLE 2: Statistics of tree density models for *Eucalyptus saligna* stands (clone 4013).

Modelos	Coeficientes			R <sup>2</sup>	S <sub>yx</sub>	CV (%)	Bias	E
	$S_f / b_0$	$\beta / b_1$	$\gamma / b_2$					
Tang	1162,5	1,0124	37,7627	0,85	0,1026	1,39	-0,0534	0,2903
Reineke	7,4882	-0,1335		0,58	0,1048	1,46	-0,0934	0,4490
Yoda	6,9378	0,2285	-0,0594	0,68	0,1034	1,44	-0,0865	0,4495

Em que: R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; S<sub>yx</sub> = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação em %; Bias = tendência; E = eficiência; S<sub>f</sub>, b<sub>0</sub>,  $\beta$ , b<sub>1</sub>,  $\gamma$ , b<sub>2</sub> = coeficientes das equações correspondentes.

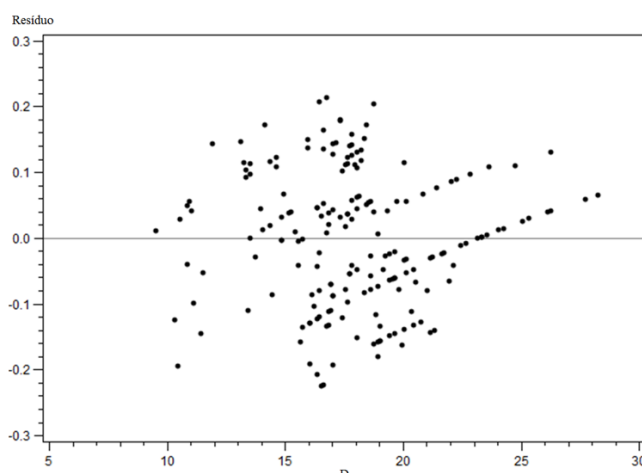


FIGURA 1: Dispersão dos resíduos da densidade de árvores por hectare pelo diâmetro para o modelo de Tang.

FIGURE 1: Residual dispersion of tree density per hectare by diameter for the Tang model.

1,0124, que diverge do valor de  $-3/2$  definido como indicativo do autodesbaste para espécies florestais. Isto indica que o autodesbaste nos povoamentos deste clone apresenta comportamento diferente ao que normalmente é citado para outras espécies e para o próprio *Eucalyptus*, para várias regiões do mundo. Isto pode ser verificado pelo valor do parâmetro do gradiente que expressa a média de indivíduos nestas populações monoclonais de *Eucalyptus saligna*, representada pela linha média de densidade de árvore por hectare em função do diâmetro médio.

Com a equação de Tang foi gerada a linha média de máxima densidade, que representa a dinâmica média da densidade com o crescimento diamétrico populacional, e representa a máxima taxa de estoque de árvores por hectare e o momento em que ocorre o autodesbaste na população. Estas linhas mostraram coerência com a linha de máximo obtida com parcelas permanentes com máxima densidade de árvores por hectare, com dados de povoamentos implantados em espaçamento de 1,5 x 1,0 m. Esta linha de máxima densidade



populacional, evidentemente se constitui numa situação indesejada para o manejo, devido ao início de ocorrência de mortalidade natural, indicando que as intervenções de desbaste devem ser antecipadas a este momento.

Na linha de máxima densidade observa-se que o autodesbaste tem início cedo, quando o povoamento atinge um diâmetro médio em torno de 5 cm, com espaço vital de 1,5 m<sup>2</sup>, indicando ser este momento em que começa a haver mortalidade de indivíduos, devido à concorrência por elementos essenciais como luz, água e nutrientes do solo. À medida que estes elementos tornam-se escassos, devido à concorrência mais acentuada, os indivíduos debilitados ou dominados, naturalmente vão sucumbindo da população. A partir deste momento, surge com maior intensidade a mortalidade de indivíduos, caso não haja intervenção com desbaste para redução da densidade populacional.

Na Tabela 3 encontram-se relacionados os valores de densidade nominais de árvores por hectare por diâmetro médio, estratificados por espaçamentos iniciais, expressos em espaço vital de: 1,5 m<sup>2</sup>, 4,0 m<sup>2</sup>, 6,0 m<sup>2</sup> e 9,0 m<sup>2</sup>.

TABELA 3: Densidades de árvores por hectare estimadas para os povoamentos implantados em vários espaçamentos e diâmetros médios.

TABLE 3: Densities of trees per hectare estimated for stands implanted to various spacing and mean diameter.

DAP médio (cm)	Espaçamento inicial em m <sup>2</sup>			
	1,5	4,0	6,0	9,0
2	6.666	2.500	1.666	1.111
4	6.666	2.500	1.666	1.111
6	4.930	2.500	1.666	1.111
8	3.685	2.500	1.666	1.111
10	2.939	2.500	1.666	1.111
12	2.444	2.421	1.666	1.111
14	2.091	2.091	1.666	1.111
16	1.826	1.826	1.665	1.111
18	1.621	1.621	1.608	1.111
20	1.457	1.457	1.457	1.111
22	1.323	1.323	1.323	1.111
24	1.212	1.212	1.212	1.110
26	1.117	1.117	1.117	1.094
28	1.036	1.036	1.036	1.035
30	967	967	967	966
32	905	905	905	905
34	852	852	852	852

Analisando estas densidades nominais de árvores por hectare pelo diâmetro médio observa-se um gradiente decrescente de densidade com aumento do diâmetro médio. Na fase inicial de desenvolvimento de um povoamento, quando as árvores ainda são pequenas, o espaço vital disponível é abundante e até excessivo, que vai diminuindo com o crescimento das árvores. Consequentemente, isto provoca um aumento da competição entre os indivíduos da população, até chegar a um estágio de desenvolvimento em alta competição, quando inicia a mortalidade natural de indivíduos, caracterizando o autodesbaste. Esta tendência natural pode ser visualizada na Figura 2.

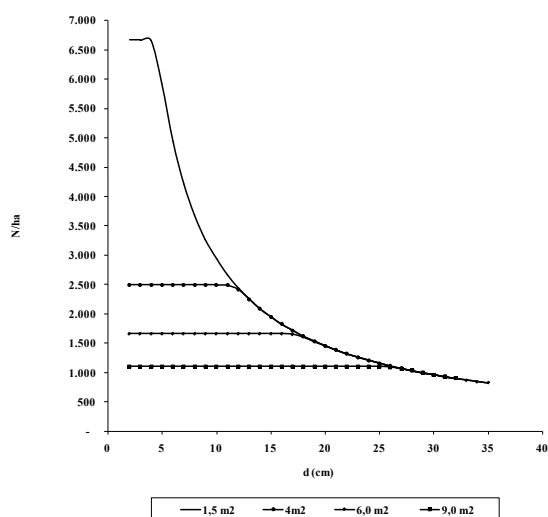


FIGURA 2: Momento da ocorrência do autodesbaste para povoamentos implantados em espaçamentos de 1,5 x 1 m (1,5 m<sup>2</sup>), 2 x 2 m (4 m<sup>2</sup>), 2 x 3 m (6 m<sup>2</sup>) e 3 x 3 m (9 m<sup>2</sup>).

FIGURE 2: Moment of self-thinning occurrence for a stands implanted in spacing of 1.5x1 m (1.5 m<sup>2</sup>), 2x2 m (4 m<sup>2</sup>), m 3x2 (6 m<sup>2</sup>) and 3x3 m (9 m<sup>2</sup>).

O momento da ocorrência do autodesbaste tem uma relação direta com a densidade inicial de árvores por hectare. Portanto, a utilização de espaçamentos iniciais mais amplos permite que o autodesbaste venha a ocorrer mais tarde, por conseguinte, com um maior diâmetro médio. Por outro lado, o contrário ocorre quando o espaçamento inicial for mais reduzido, ocorrendo mais cedo o autodesbaste e, por consequência, um menor diâmetro médio da população.

No espaçamento inicial de 1,5 x 1 m (1,5 m<sup>2</sup>) o autodesbaste ocorre cedo, quando o

diâmetro médio é cerca de 5 cm e o número de árvore é igual 6.598 ha<sup>-1</sup>; no espaçamento de 2 x 2 m (4 m<sup>2</sup>) com um diâmetro médio de 11 cm e número de árvore é igual 2.495 ha<sup>-1</sup>; no espaçamento de 2 x 3 m (6 m<sup>2</sup>) com diâmetro médio de 16 cm e número de árvore é igual 1.665 ha<sup>-1</sup>; e, no espaçamento de 3 x 3 m (9 m<sup>2</sup>) com diâmetro médio de 24 cm e número de árvore é igual 1.110 ha<sup>-1</sup>. Por exemplo, neste último espaçamento, com um espaço vital de 9 m<sup>2</sup>, o primeiro desbaste deveria ser realizado em um momento no qual o diâmetro médio da população fosse então inferior a 24 cm, o que evitaria a ocorrência de mortalidade natural decorrente da competição por luz, água e nutrientes entre os indivíduos da população.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo sobre a influência da densidade de árvores por hectare pelo diâmetro sobre o autodesbaste permitiram concluir que:

a) O modelo de autodesbaste de Tang apresentou um bom desempenho estatístico, com um coeficiente de determinação ajustado igual a 0,85, baixo erro padrão da estimativa igual a 0,1026 e baixo coeficiente de variação de 1,39;

b) A dimensão do diâmetro médio de início do autodesbaste de indivíduos da população varia consideravelmente com a densidade de árvores por hectare do momento de plantio, portanto, do espaçamento;

c) O momento da ocorrência do autodesbaste é diretamente relacionado ao espaçamento inicial, aumentando com o espaço vital, o que se traduz numa maior dimensão de diâmetro médio da população;

d) Quanto maior o espaçamento inicial utilizado maior é o diâmetro médio no momento da ocorrência do início do autodesbaste na população, que naturalmente tem a sua ocorrência em um momento mais tardio;

e) Para os espaçamentos de plantio analisados foi encontrado um coeficiente angular igual a 1,0124, que diverge do valor estabelecido pela lei do autodesbaste.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

BARRETO, L. S. The clarification of self-thinning and thinning. A simulation approach. *Silva Lusitana*, Lisboa, v. 2, n. 2, p. 233-238, 1994.

CELLINI, J. M.; PASTEUR, G. M.; WADO, E. Modelos de perfil de tronco en *Nothofagus pumilio* (Polpp. et Endl.) Krasser y su utilización en el cálculo del volumen total. **Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v. 11, n. 2, p. 245-261, 2002.

DEL RIO, M.; MONTERO, G.; BRAVO, F. Analysis of diameter-density relationships and self-thinning in non-thinned even-aged Scots pine stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 142, p. 79-87, March, 2001.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 1999, 412 p.

GUMARÃES, R. F. Observações sobre diâmetro, altura, sobrevivência e peso de madeira de *Eucalyptus saligna* em vários espaçamentos. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**. Rio de Janeiro, n. 17, p. 31-45, 1965.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production**. Melbourne, CSIRO, 1978. 433 p.

LAASASENAHO, J.; KOIVUNIEMI, J. Dependence of some stand characteristics on stand density. **Tree Physiology**, Oxford, v. 7, p. 183-187, 1990.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura - Diretoria de Terras e Colonização, 1961, 42 p.

OSAWA, A.; ALLEN, R. B. Allometric theory explains self-thinning relationships of mountain beech and Red pine. **Ecology**, n. 74, v. 4, p. 1020-1032, Apr. 1993.

PALAHÍ, M.; MIIMA, J.; MONTERO, E. Stand-level yield model for scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in north-east Spain. **Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v. 11, n. 2, p. 409-424. 2002.

PRODAN, M. et al. **Mensura Forestal**, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 1997. 586 p.

REINEKE, L. H. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. **Canadian Agricultural Research**, Ottawa, n. 46, p. 627-638, 1933.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT user's guide**. Version 8 (computer manual). SAS Institute Inc., Cary. N.C. 1999.

SCHNEIDER, P. S. P. et al. Diagrama de manejo da densidade para povoamento de *Pinus taeda* L. conduzido sem desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 433-447, out.-dez., 2009.

SMITH, N. J.; HANN, D. W. A growth model based on the self-thinning rule. **Canadian Journal**

- of Forest Research**, New Westminster, v. 16, n.2, p. 330-334, Apr. 1986.
- STERBA, H.; MONSERUD, R. A. The maximum density concept applied to uneven-aged mixed-species stands. **Forest Science**, Bethesda, v. 39, n. 3, p. 432-452, Aug. 1993.
- TANG, S.; MENG, C. H.; MENG, F. R., A growth and self-thinning model for pure even-age stands: theory and applications. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 70, p. 67-73, Dec. 1994.
- TANG, S.; MENG, F. R.; MENG, C. H. The impact of initial stand density and site index on maximum stand density index and self-thinning index in a stand self-thinning model. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 75, p. 61-68, June 1995.
- WEST, P. W.; BOROUGH, C. J. Tree supervision and the self-thinning. Rule in a monoculture of *Pinus radiata* D. Don. **Annals of Botany**, Oxford, v. 52, p. 149-158, 1983.
- WESTOBY, M. The place of the self-thinning rule in population dynamics. **American Naturalist**, The University of Chicago Press, v. 118, n. 4, p. 581-587, Oct. 1981.
- YODA, K. et al. Self-thinning in over crowded pure stands under cultivated and natural conditions. **Jor. Biol.** Osaka City, v. 14, p. 107-129, 1963.
- ZEIDE, B. Tolerance and self-tolerance of trees. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.13, p. 149-166, Nov. 1985.
- ZEIDE, B. Analysis of the 3/2 power law of self-thinning. **Forest Science**, Bethesda, v. 33, n. 2, p. 17-537, June, 1987.
- ZEIDE, B. Self-thinning and stand density. **Forest Science**, Bethesda, v. 37, n. 2, p. 517-523, June 1991.
- ZEIDE, B. A relationship between size of trees and their number. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 72, p. 265-272, Apr. 1995.