



CERNE

ISSN: 0104-7760

cerne@dcf.ufla.br

Universidade Federal de Lavras

Brasil

Eiji Hakamada, Rodrigo; Stape, José Luiz; Camargo Zani de Lemos, Cristiane; Amaral  
Almeida, Adriano Emanuel; Silva, Luis Fernando

UNIFORMIDADE ENTRE ÁRVORES DURANTE UMA ROTAÇÃO E SUA RELAÇÃO

COM A PRODUTIVIDADE EM *Eucalyptus* CLONAIS

CERNE, vol. 21, núm. 3, julio-septiembre, 2015, pp. 465-472

Universidade Federal de Lavras

Lavras, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74442824015>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Rodrigo Eiji Hakamada<sup>1</sup>; José Luiz Stape<sup>2</sup>; Cristiane Camargo Zani de Lemos<sup>1</sup>; Adriano Emanuel Amaral Almeida<sup>1</sup>; Luis Fernando Silva<sup>1</sup>

## **UNIFORMIDADE ENTRE ÁRVORES DURANTE UMA ROTAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE EM *Eucalyptus* CLONAIOS**

**Palavras chave:**

Índices de uniformidade  
Recomendações Silviculturais  
Controle de Qualidade  
Povoamentos Clonais  
Qualidade Silvicultural

**Histórico:**

Recebido 14/05/2013  
Aceito 10/08/2015

**Keywords:**

Uniformity Index  
Silvicultural recommendations  
Quality Control  
Clonal populations  
Silvicultural quality

**Correspondence:**

rodrigo.hakamada@ipaperbr.com

**RESUMO:** Indivíduos de povoamentos clonais possuem a mesma capacidade de crescimento. Porém, falhas silviculturais podem levar ao fornecimento parcial ou heterogêneo de recursos, resultando em perdas de uniformidade. Estudos demonstram que a heterogeneidade entre plantas interfere na produtividade. Apesar disso, poucos trabalhos acompanharam a uniformidade do início ao fim da rotação e determinaram se o nível de uniformidade inicial interfere na produtividade na idade de corte. Assim, objetivou-se investigar o comportamento da uniformidade entre árvores ao longo de uma rotação e sua relação com a produtividade em *Eucalyptus* clonais. Replicou-se um ensaio em blocos casualizados em três localidades contrastando um tratamento uniforme, com mudas plantadas no mesmo momento, com um tratamento heterogêneo, onde se plantou cada terço das mudas aleatoriamente aos zero, quarenta e oitenta dias. Incremento Médio Anual (IMA) e o PV50, indicador de uniformidade do povoamento, foram determinadas trimestralmente entre 12 e 72 meses. A uniformidade foi máxima no fechamento da copa e reduziu gradualmente até o final da rotação. Porém, desde o início o tratamento heterogêneo apresentou uniformidade inferior ao uniforme. Ao final da rotação, a diferença média do PV50 entre os tratamentos nas três localidades foi de 119%. A uniformidade inicial (12, 18 e 24 meses) foi correlacionada à uniformidade ( $R^2 > 0,67$ ;  $p < 0,001$ ) e também à produtividade ao final da rotação (72 meses) ( $R^2 > 0,43$ ;  $p < 0,001$ ), sendo as parcelas mais uniformes aquelas mais produtivas. Os resultados apontam para a importância de uma silvicultura que garanta o fornecimento homogêneo de recursos.

## **UNIFORMITY BETWEEN TREES IN A FULL ROTATION AND ITS RELATIONSHIP WITH PRODUCTIVITY IN CLONAL *Eucalyptus***

**ABSTRACT:** Tree clonal plantations have identical growing capability. However, operational failures lead to heterogeneous resources supply, resulting in losses of uniformity. Scientific evidences have shown heterogeneity between plants interfere on wood productivity. Nevertheless, few studies relate uniformity since the beginning of rotation and determine relationship between productivity and uniformity. So, we aim to investigate the behavior of uniformity along a rotation and its relationship with productivity in *Eucalyptus* clonal plantation. For this, a randomized block experiment was replicated in three experimental sites. A uniform treatment, with all seedlings planted at the same time was contrasted with a heterogeneous treatment, where a third of seedlings were randomly planted on days 0, 40 and 80. Productivity and uniformity were determined quarterly from 12 to 72 months. In both treatments uniformity peaked at the time of canopy closure and was gradually reduced until the end of the rotation. However, since the beginning the heterogeneous treatment was less uniform than the uniform treatment for all sites, reaching an average difference of 119% for the PV50 at the end of rotation. Initial uniformity (12, 18 and 24 months) was highly correlated with final productivity (72 months) ( $R^2 > 0,67$ ;  $p < 0,001$ ) and also with final productivity ( $R^2 > 0,43$ ;  $p < 0,001$ ), being the more productive stands the ones with higher uniformity. Results point to the importance of a silviculture management that provides homogeneous resource supply.

<sup>1</sup> International Paper, Mogi Guaçu, São Paulo, Brasil

<sup>2</sup> North Carolina State University, Raleigh, North Caroline, USA

## INTRODUÇÃO

O manejo silvicultural interfere diretamente na produtividade florestal, pois maximiza a expressão da qualidade do material genético e do potencial produtivo intrínseco do sítio através do aumento da disponibilidade de recursos essenciais ao crescimento, principalmente água, luz e nutrientes (NILSSON; ALLEN, 2003; STAPE, 2002).

Em povoamentos clonais todas as plantas possuem a mesma capacidade genética de capturar recursos e convertê-los em estoque de biomassa (ASPINWALL et al., 2011). Porém, o seu suprimento parcial ou heterogêneo por falhas na assertividade das recomendações e na execução das operações florestais pode levar ao crescimento heterogêneo das plantas (STAPE et al., 2010; RYAN et al., 2010).

O aumento no número de plantas dominadas em um povoamento de *Eucalyptus* resulta no decréscimo de produtividade do povoamento, explicado pela redução na eficiência de uso de recursos, principalmente água e luz (BINKLEY, 2006; RYAN et al., 2010). As árvores dominadas possuem menor índice de área foliar e menor quantidade de raízes, reduzindo o acesso das plantas à luz e água. Ainda assim, a taxa fotossintética é reduzida por uma provável redução de atividade da enzima rubisco, causada pela redução de radiação direta na copa (BOYDEN et al., 2008).

Estudos têm demonstrado que atividades silviculturais como preparo de solo (ORLANDER et al., 2002), fertilização (NILSSON; ALLEN, 2003), controle de plantas daninhas (LITTLE et al., 2003) e número de indivíduos por hectare (SILVA, 2006) podem interferir diretamente na uniformidade e, consequentemente, na produtividade.

Apesar disso, há poucos registros de estudos que acompanham a uniformidade ao longo de uma rotação completa e estabelecem uma relação direta entre a uniformidade do início da rotação com a produtividade final (LITTLE et al., 2003). Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento da uniformidade ao longo de uma rotação completa e a sua relação com a produtividade de clones de *Eucalyptus*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área em estudo

O ensaio foi realizado em três sítios localizados em Aracruz (ES), Eunápolis (BA) e Mogi Guaçu (SP). O sítio de Aracruz foi implantado em março de 2001 em área já ocupada por *Eucalyptus*, enquanto os sítios de Mogi Guaçu e Eunápolis tiveram o seu plantio realizado em outubro de 2000 e março de 2001 em áreas antes ocupadas por laranja e pastagem, respectivamente. O clima é caracterizado em Aracruz e Mogi Guaçu como Cwa (Koeppen), com temperatura média de 23,6 e 21°C, respectivamente, e precipitação média anual entre 1.100 e 1.300 mm com cerca de 70-75% concentrada no verão (Outubro-Março). Em Eunápolis o clima é caracterizado como úmido quente e chuvoso (Am segundo Koeppen), com temperatura média de 23,2°C e precipitação anual entre 1.200 e 1.400 mm, bem distribuídos ao longo do ano. Os solos das áreas experimentais são classificados como Argissolo Vermelho Amarelo em Aracruz e Eunápolis e Latossolo Vermelho em Mogi Guaçu (EMBRAPA, 2006).

### Preparo da área

Em todos os sítios foi realizado o combate a formigas sistemático pré-corte, utilizando isca formicida à base de sulfluramida na dose média de 2,0 kg ha<sup>-1</sup>. Após isso foi feita a dessecção em área total das plantas daninhas através de herbicida glyphosate na dose média de 1,44 kg·ha<sup>-1</sup> i.a. e feito o preparo de solo com subsolador a uma profundidade entre 60 e 90 cm. As covas foram marcadas e plantou-se manualmente 1111 mudas por hectare, em espaçamento de 3 x 3 metros. Os ensaios não tiveram qualquer interferência de plantas daninhas, pragas e doenças durante toda a rotação. Além das operações convencionais, a fim de eliminar as restrições hídricas e nutricionais, os tratamentos receberam irrigação de cerca de 800 mm ao ano de forma a exceder a evapotranspiração potencial e fertilização extra a cada 4 meses até os 3 anos de idade. No total aplicou-se em média 640, 238, 498, 634 e 40 kg·ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio, respectivamente.

### Delineamento experimental

Foram instalados dois tratamentos com o intuito de simular condições distintas de uniformidade:

uniforme e heterogêneo.

O tratamento uniforme teve todas as mudas plantadas no mesmo dia. O tratamento heterogêneo consistiu na indução da heterogeneidade através de plantio de um terço das plantas com defasagem de 40 dias em uma mesma parcela experimental e de maneira aleatória. Assim, cada terço das mudas foi plantado nos dias 0, 40 e 80.

O delineamento foi em blocos casualizados, com 3 repetições em Aracruz e 4 repetições em Mogi e Eunápolis. Nos 3 ensaios, as parcelas consistiam em 12 x 12 plantas. Com uma bordadura dupla, a parcela útil foi de 6 x 6 plantas. O espaçamento utilizado foi de 3 x 3 metros.

Em Aracruz e Eunápolis foram plantados materiais clonais considerados de alta produtividade de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e em Mogi Guacu utilizou-se um material clonal superior de *Eucalyptus urophylla*.

### Quantificação do volume de madeira produzido

As medições ocorreram a cada 3 meses entre 12 e 72 meses. Mediu-se o diâmetro à altura do peito (DAP) a partir de 12 meses e a altura de todas as plantas desde o início das mensurações das parcelas úteis para cálculo do volume individual, conforme modelo de Schumacher-Hall (1933) ajustado por clone e usualmente utilizado em cada uma das regiões.

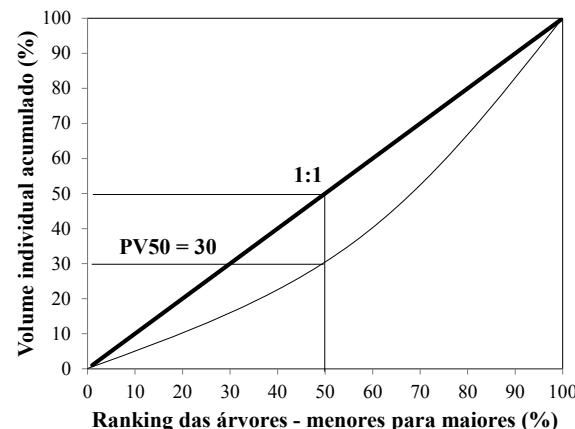
Através da soma do volume individual foi obtido o volume por hectare em cada idade. O Incremento Médio Anual (IMA) foi utilizado para determinar a produtividade.

### Determinação da uniformidade

A uniformidade da parcela foi calculada de acordo com o índice PV50, que consiste na Porcentagem de Volume Acumulado das 50% menores árvores da parcela (PV50). O PV50 requer o ordenamento das árvores da parcela da menor para a maior árvore em volume individual (ou altura elevada ao cubo), e é calculado de acordo com a equação I sendo: PV50 = Porcentagem acumulada do volume individual das 50% menores

árvores plantadas; V: volume individual da parcela  $i$  na idade  $j$ ;  $n$  = número de árvores plantadas ordenadas (da menor para a maior). A representação gráfica ilustra de maneira didática o cálculo do índice (Figura 1). O PV50 representa o percentual acumulado do volume individual de 50% das menores árvores (HAKAMADA, 2012).

$$\text{PV50} = \frac{\sum_{k=1}^{n/2} V_{ij}}{\sum_{k=1}^n V_{ij}} \quad [1]$$



**FIGURA 1** Representação esquemática do PV50. No eixo x são ranqueadas as árvores da menor para a maior e no eixo y são inseridos os valores de volume. A linha em negrito representa a linha da igualdade, onde 50% das árvores seriam responsáveis por 50% do volume da parcela. A linha preta representa um exemplo hipotético, onde 50% das árvores correspondem a apenas 30% do volume da parcela.

**FIGURE 1** Schematic representation of PV50. On the x-axis trees are ranked from smallest to largest and on the y-axis values are individual volumes values. The red line represents equality, where 50% of the trees would be responsible for 50% of the volume of the plot. The black line represents a hypothetical example, where 50% of the trees correspond to only 30% of the volume of the plot

### Análise estatística

Os resultados de crescimento e uniformidade foram interpretados através de estatística descritiva e regressões lineares ao nível de significância de 5% utilizando o programa Statistica 3.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Comportamento da uniformidade e produtividade durante uma rotação

Apesar de haver relatos sobre o impacto da uniformidade na produtividade (STAPE et al., 2010; SILVA, 2006; LITTLE et al., 2003), poucos são os estudos que acompanharam a uniformidade ao longo de uma rotação em áreas de elevado potencial produtivo.

Aqui apresenta-se o comportamento do PV50 de 12 a 72 meses nas três localidades (Figura 2a, b e c). Em Aracruz, o PV50 aos 12 meses de idade foi de 38% e de 24% nos tratamentos uniforme e heterogêneo, respectivamente. Após essa idade, na qual ocorreu o pico do Índice de Área Foliar (STAPE et al., 2010), houve uma redução gradual da uniformidade até os 72 meses, com o PV50 atingindo 26% e 12%, respectivamente (Tabela 1).

Comportamentos semelhantes ocorreram nos outros dois sítios, com a uniformidade atingindo um pico no fechamento da copa e reduzindo até o final da rotação, evidenciando o aumento da competição intraespecífica a partir desse momento (BOYDEN et al., 2008). Houve um distanciamento da diferença média das três localidades de uniformidade entre os tratamentos, que passou de 50% no momento de fechamento da copa para 119% ao final da rotação. Porém, a diferença foi mais acentuada no sítio de Eunápolis, que chegou

à diferença de 143% entre os tratamentos ao final da rotação.

Esse resultado pode ser explicado pelo elevado potencial produtivo do sítio de Eunápolis. A formação de povoamentos heterogêneos nesse tipo de ambiente proporciona às plantas dominantes um maior acesso à luz e água, reduzindo a disponibilidade para os indivíduos dominados. Além disso, as plantas dominantes são mais eficientes em converter esses recursos em assimilados fotossintéticos (BOYDEN et al., 2008; BINKLEY et al., 2006). Com isso, a somatória da produção individual é reduzida quando há a formação de estratos.

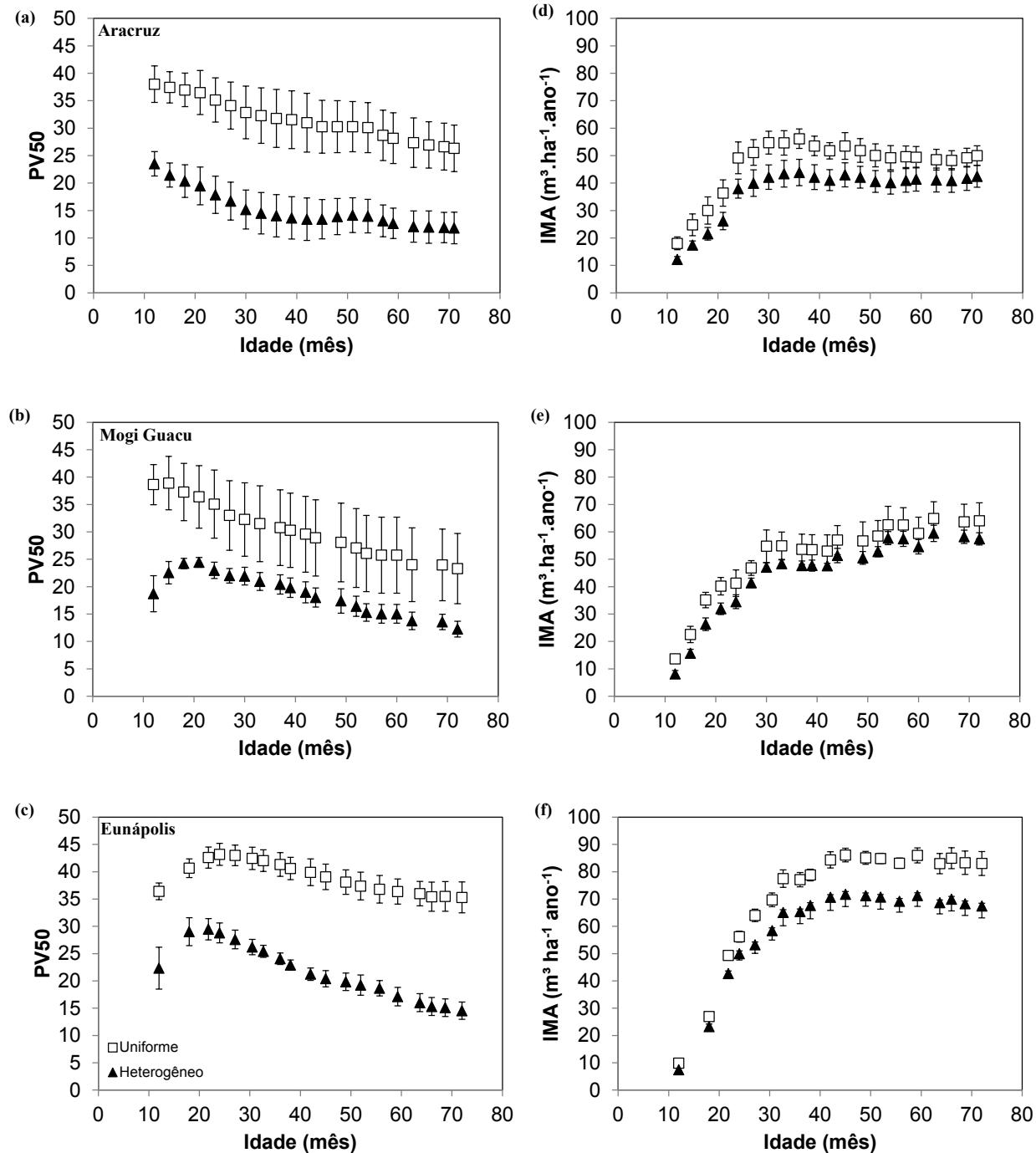
A produtividade do tratamento uniforme foi em média 17% superior ao tratamento heterogêneo aos 72 meses (Figura 2 d, e, f) e em todas as idades e sítios houve diferença estatística a 5% de confiança na análise de variância. Em Aracruz a diferença entre os tratamentos aos 12 meses foi de 48% e decresceu até chegar a 18% aos 72 meses. Em Mogi Guaçu os resultados foram similares, com uma diferença de 68% no início da rotação e de 12% ao final. Em Eunápolis a diferença de produtividade entre os tratamentos com o passar do tempo passou de 40% aos 18 meses para 27% aos 72 meses.

Nos três ensaios a redução média do PV50 aos 72 meses do tratamento heterogêneo quando comparado ao uniforme foi de 15,1% e o IMA reduziu 9,6  $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ . Para cada 1% de redução no PV50 houve uma perda de 0,63  $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$  no IMA.

**TABELA 1** Incremento médio anual (IMA) e porcentagem do volume individual acumulado das 50% menores árvores (PV50) aos 72 meses nos tratamentos uniforme e heterogêneo para os três sítios, com as respectivas diferenças relativas entre os tratamentos.

**TABLE 1** Medium annual increment (MAI) and Percentage of individual volume of the 50% smaller trees (PV50) at 72 months in the uniform and heterogeneous treatments for the three sites, with relative difference between treatments.

Variável	IMA ( $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ )			PV50 (%)		
	Uniforme (U)	Heterogêneo (H)	Diferença U x H (%)	Uniforme	Heterogêneo	Diferença U x H (%)
Aracruz	50 (4)	42 (4)	18	26 (4)	12 (1)	123
Mogi Guaçu	64 (7)	57 (1)	12	23 (6)	12 (1)	90
Eunápolis	83 (4)	67 (4)	23	35 (3)	15 (2)	143



**FIGURA 2** Comportamento do índice de uniformidade PV50 (Porcentagem de volume de 50% das menores árvores) (a, b, c) e do Incremento Médio Anual (IMA) (d, e, f) nos tratamentos uniforme (◻) e heterogêneo (▲) nos sítios de Aracruz, Mogi Guaçu e Eunápolis entre 12 e 72 meses. As barras representam o desvio padrão. Em todas as idades e sítios houve diferença entre os tratamentos a 5% de confiança.

**FIGURE 2** Behavior of uniformity index PV50 (Percentage of individual volume of the 50% smaller trees) (a, b, c) and Mean Annual Increment (MAI) (d, e, f) of the uniform (◻) and heterogeneous (▲) treatments at Aracruz, Mogi Guaçu and Eunápolis sites between 12 and 72 months. Bars represent standard deviation. In all ages and sites there were statistical difference between treatments.

## Relação entre a uniformidade inicial com a uniformidade e produtividade final

Outra abordagem em relação ao efeito da uniformidade inicial (12, 18 e 24 meses) na uniformidade e na produtividade ao final da rotação pode ser demonstrada através de regressão linear entre essas variáveis.

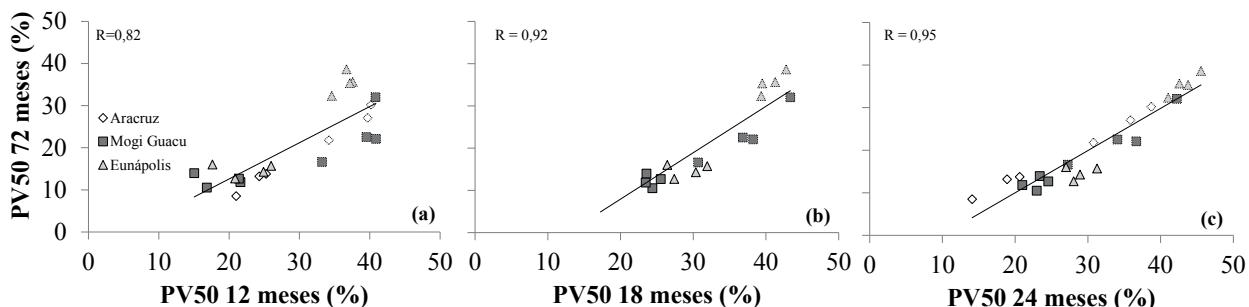
Para isso, o PV50 de todas as parcelas aos 12, 18 e 24 meses foram relacionadas ao PV50 aos 72 meses (Figura 3). Observou-se um coeficiente de correlação significativo ( $R^2=0,67$  aos 12 meses; 0,85 aos 18 meses e 0,90 aos 24 meses;  $p<0,001$ ), aumentando com a idade da floresta, sendo que parcelas mais uniformes no início da rotação foram aquelas com maior uniformidade ao final.

A maior uniformidade inicial também refletiu proporcionalmente na produtividade ao final da

rotação. Houve uma correlação significativa entre a uniformidade aos 18 e 24 meses (ns; 0,43 e 0,57;  $p<0,001$ ) com a produtividade aos 72 meses (Figura 4b e 4c, respectivamente). Aos 12 meses (Figura 4a) não houve significância provavelmente devido à ausência de competição intra-específica, pois ainda não havia ocorrido o fechamento das copas (STAPE et al., 2010).

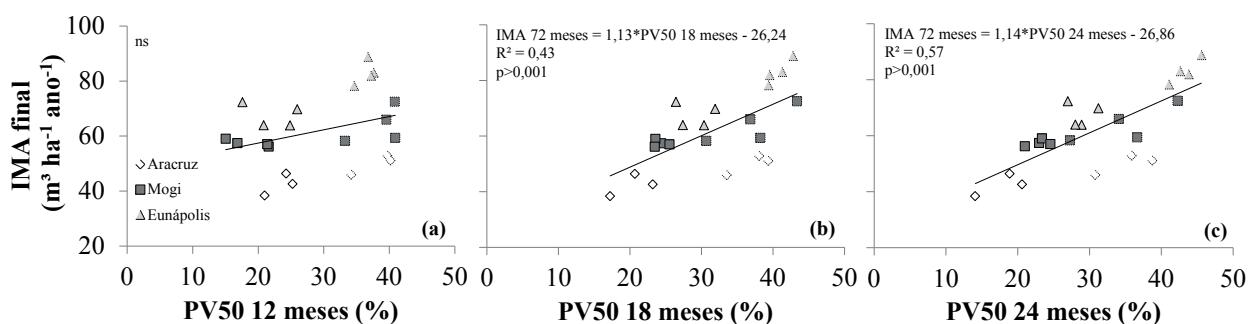
A menor produtividade em povoamentos heterogêneos pode ser explicada pela menor eficiência de uso dos recursos (água, luz e nutrientes) dos indivíduos dominados (RYAN et al., 2010). Resultados semelhantes foram obtidos em povoamento de *E. grandis*, onde as 20% maiores árvores do povoamento obtiveram uma eficiência do uso da luz de  $1,0 \text{ g}\cdot\text{MJ}^{-1}$ , enquanto que as 20% menores produziram  $0,4 \text{ g}\cdot\text{MJ}^{-1}$  de luz absorvida (CAMPOE, 2012).

Os resultados sugerem que as atividades silviculturais realizadas durante o início do estabelecimento do povoamento (GONÇALVES et



**FIGURA 3** Correlação de Pearson entre o índice de uniformidade PV50 aos 12 (a), 18 (b) e 24 (c) meses com a uniformidade (PV50) ao final da rotação (72 meses).

**FIGURE 3** Pearson correlation between uniformity index PV50 at 12 (a), 18 (b) and 24 (c) months with uniformity (PV50) at the end of rotation (72 months).



**FIGURA 4** Correlação entre o índice de uniformidade PV50 aos 12 (a), 18 (b) e 24 (c) meses com o Incremento Médio Anual em volume (IMA) ao final da rotação (72 meses). Os símbolos com a borda tracejada e cheia representam o tratamento uniforme e heterogêneo, respectivamente.

**FIGURE 4** Correlation between uniformity index PV50 at 12 (a), 18 (b) and 24 (c) months with mean annual volume increment (MAI) at the end of rotation (72 months). Symbols with dashed and full border represent uniform and heterogeneous treatments, respectively.

al., 2000), que representam mais de 70% da demanda de mão-de-obra, máquinas, insumos e custos, são de extrema importância para a produtividade final. Corretas recomendações técnicas associadas à qualidade da execução são fatores de sucesso para um povoamento alcançar sua produtividade atingível (STAPE et al., 2010).

## CONCLUSÕES

Povoamentos mais uniformes na fase inicial foram mais produtivos ao final da rotação, indicando que o impacto da heterogeneidade no volume de madeira produzido ocorre desde a fase inicial de crescimento.

Houve elevada correlação entre a uniformidade mensurada precocemente com a uniformidade na idade de corte, evidenciando que a uniformidade não é recuperada ao longo do tempo, ocorrendo, pelo contrário, um declínio com o avanço da idade.

## AGRADECIMENTOS

Ao grupo BEPP (Brasil Eucalyptus Produtividade Potencial) e à International Paper do Brasil, que possibilitaram a execução desse trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ASPINWALL, M.J.; KING, J.S.; MCKEAND, S.E.; BULLOCK, B.P. Genetic effects on stand-level uniformity and above- and belowground dry mass production in juvenile loblolly pine. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 262, p. 609 – 619. 2011.
- BINKLEY, D. A hypothesis about the interaction of tree dominance and stand production through stand development. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 190, p. 265–271, 2006.
- BOYDEN, S.; BINKLEY, D.; STAPE, J.L. Competition among trees depends on genetic variation and resource supply. *Ecology*, Durham, v. 89, p. 2850-2859, 2008.
- CAMPOE, O.C. *Ecologia da produção e da competição intra-específica do Eucalyptus grandis ao longo de um gradiente de produtividade no Estado de São Paulo*. 2012. 175p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Brasília: EMBRAPA Produção de informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.
- HAKAMADA, R.E. *Uso do inventário florestal como ferramenta de monitoramento da qualidade silvicultural em povoamentos clonais de Eucalyptus*, 2012, 115p. Dissertação de mestrado – ESALQ/, USP, Piracicaba.
- GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M., BENEDETTI, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. cap. I, p. 3–55.
- LITTLE, K.M.; VAN STADEN, J.; CLARKE; G.P.Y. *Eucalyptus grandis x E. camaldulensis* variability and intra-genotypic competition as a function of different vegetation management treatments. *New Forests*, Amsterdam, v. 25, p. 227–242, 2003.
- NILSSON, U.; ALLEN, H.L. Short- and long-term effects of site preparation, fertilization and vegetation control on growth and stand development of planted loblolly pine. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 175, p. 367-377, 2003.
- ORLANDER, G.; NORDBORG, G; GEMMEL, P. Effects of complete deep-soil cultivation on initial forest stand development. *Studia Forestalia Suecica*, Uppsala, v. 213, p.20, 2002.
- RYAN, M.G.; STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; FONSECA, S.; LOOS, R.; TAKAHASHI, E.N.; SILVA, C.R.; SILVA, S.; HAKAMADA, R.; FERREIRA, J.M.A.; LIMA, A.M.N.; GAVA, J.L.; LEITE, F.P.; ANDRADE, H.B.; ALVES, J.M.; SILVA, G.G.C. Factors controlling Eucalyptus productivity: how resource availability and stand structure alter production and carbon allocation. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 259, p. 1695–1703, 2010.
- SCHUMACHER, F.X.; HALL, F.S. Logarithmic expression of timber-tree volume. *Journal of Agricultural Research*, Washington, v.7, n., p.19-734, 1933.
- SILVA, C.R. *Efeito do espaçamento e do arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones de Eucalyptus na região Nordeste do Estado de São Paulo*. 2006. 51p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- STAPE, J.L. *Production ecology of clonal Eucalyptus plantations in northeastern Brazil*. 2002. 225p. Thesis (PhD) - Colorado State University, Fort Collins, 2002.

STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G.; FONSECA, S.; LOOS, R.; TAKAHASHI, E.N.; SILVA, C.R.; SILVA, S.; HAKAMADA, R.E.; FERREIRA, J.M.; LIMA, A.M.; GAVA, J.L.; LEITE, F.P.; SILVA, G.; ANDRADE, H.; ALVES, J.M. The Brazil Eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production.

**Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1686–1694, 2010.

STATSOFT. STATISTICA (sistema de análise de dados): versão 8.1, 2011. Disponível em: <<http://www.statsoft.com>>. Acesso: 12 mar. 2012.