

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Uso do inventário florestal como ferramenta de monitoramento da
qualidade silvicultural em povoamentos clonais de *Eucalyptus***

Rodrigo Eiji Hakamada

**Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Ciências, Programa: Recursos
Florestais. Opção em: Silvicultura e Manejo
Florestal**

**Piracicaba
2012**

Rodrigo Eiji Hakamada
Engenheiro Florestal

Uso do inventário florestal como ferramenta de monitoramento da qualidade silvicultural em povoamentos clonais de *Eucalyptus*

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ LUIZ STAPE**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa: Recursos florestais. Opção em: Silvicultura e Manejo Florestal

**Piracicaba
2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Hakamada, Rodrigo Eiji

Uso do inventário florestal como ferramenta de monitoramento da qualidade silvicultural em povoamentos clonais de *Eucalyptus* / Rodrigo Eiji Hakamada. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2012.
114 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Controle de qualidade 2. Eucalipto 3. Índices de uniformidade 4. Inventário florestal 5. Monitoramento 6. Povoamentos clonais I. Título

CDD 634.9734
H155u

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

À Cacília Leonelli, minha mulher, companheira, amiga.

Dedico.

Ao meu pai por ter me ensinado a apreciar a vida com todos os seus simples prazeres.

À minha mãe, sem ela provavelmente não teria seguido os caminhos do saber.

Ao meu tio Machado *in memorium*, pelo exemplo ímpar de humildade, dedicação à família e alegria, que tento seguir a todo momento.

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

À vida, que me proporciona novas descobertas dia após dia.

Ao Prof. Dr. José Luiz Stape, por ter me orientado durante todos estes anos e por todos os conhecimentos que me tem passado. Meus rumos profissionais e intelectuais se devem muito a ele.

À empresa International Paper, pelas incontáveis oportunidades a mim dadas, por meio de Armando Santiago, Luis Fernando Silva e Adriano Almeida. Sempre retribuirei da melhor forma possível.

Ao Prof. Dr. Fernando Seixas, primeiro orientador meu e de todos os alunos de engenharia florestal da ESALQ.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP) e ao Departamento de Ciências Florestais pela formação profissional.

À Cacilia, pelo tempo abdicado para que eu pudesse finalizar mais uma importante etapa da minha caminhada.

Aos amigos e grandes companheiros José Henrique Bazani, Marina Shinkai Gentil, Mateus Peressin, Arthur Vrechi, Carmeni Giunti Neto, Flávio Souza, Luis Migray, Sérgio Ricardo Silva e Renato Meulman. Pessoas incríveis de uma valiosa época de aprendizado, amizade e vivência.

Ao Grupo Florestal Monte Olimpo (GFMO), entidade que me fez uma pessoa apaixonada pelas ciências florestais. Agradeço àqueles que muitas bibliografias me enviaram. Tomara que também tenha servido para a formação de todos.

Aos Engenheiros José Márcio Cossi Bizon, Ernesto Norio Takahashi, Sebastião da Cruz Andrade e David Fernandes, grandes mestres das ciências florestais e importantes tutores, os quais admiro muito profissional e pessoalmente.

Ao grupo BEPP (Produtividade Potencial do *Eucalyptus* no Brasil) e seus mentores (Prof. Stape, Dan Binkley, Mike Ryan), fundamentais na minha formação científica. Fonte inesgotável de informações do dia-a-dia.

Aos colegas (e ex-colegas) da International Paper Simone Takahashi, José Teixeira, Cristiane Zani de Lemos, Carla Garcia, Narcísio Cardoso, Guilherme Batistuzzo, Jair Gabriel, Sebastião Oliveira, Rodrigo Banhara e Pedro Costa, que muito contribuíram neste trabalho.

Ao amigo e (agora) aluno de pós-graduação da NCSU Kevin Hall, pela amizade e apoio no período em que estive em Raleigh, que foi muito importante para este trabalho e para a minha formação pessoal.

Aos grupos de pesquisa e desenvolvimento e seus líderes: Programa Temático de Silvicultura e Manejo PTSM/ESALQ (Prof. Leonardo Gonçalves e prof. Fernando Seixas), EucFlux (Prof. Stape, Jean Paul Laclau, Yann Nouvellon), Forest Productivity Cooperative FPC (Prof. Stape, Tom Fox e Rafael Rubilar), pela oportunidade de interagir e fortalecer a minha base técnico-científica.

Ao Omar Carrero, José Alvarez e Leandra Blevins pelo apoio em Raleigh.

À república USPEÃO, “patrimônio histórico e cultural de Piracicaba”, por todos estes anos de convívio familiar.

A todos que de alguma maneira contribuíram para este trabalho, muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Fatores que determinam a produtividade	15
2.2 Influência da qualidade das recomendações e da execução de operações silviculturais na produtividade	17
2.3 Monitoramento e inventário florestal	20
2.4 Relação entre a produtividade e a uniformidade do povoamento	21
2.5 Formas de detecção da uniformidade	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Etapa 1: Definição do índice de uniformidade	29
3.1.1 Caracterização da área experimental	29
3.1.2 Delineamento experimental	32
3.1.3 Operações de silvicultura	33
3.1.4 Inventário e determinação da produtividade	34
3.1.5 Índices de uniformidade e variáveis dendrométricas a serem testados	35
3.1.6 Análises estatísticas	40
3.2 Etapa 2: Padronização do Intervalo Ótimo de Uniformidade	40
3.2.1 Caracterização da área experimental	40
3.2.2 Delineamento experimental	43
3.2.3 Inventário e produtividade florestal	43
3.2.4 Padronização do Intervalo Ótimo de Uniformidade	44
3.3 Etapa 3: Validação de uso do IOU em escala temporal e espacial	46
3.3.1 Caracterização da área experimental	46
3.3.2 Delineamento experimental	47
3.3.3 Estimativa da produtividade florestal	47
3.3.4 Operações de silvicultura	48
3.3.5 Validação do uso da uniformidade e do Intervalo Ótimo de Uniformidade	51
3.3.6 Análise estatística	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1 Etapa 1: definição dos índices de uniformidade	53

4.2 Etapa 1: análise do comportamento da uniformidade	60
4.3 Etapa 2: determinação do intervalo ótimo de uniformidade	66
4.4 Etapa 3: uniformidade em escala operacional e temporal	68
5 CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS	81
ANEXOS	95

RESUMO

Uso do inventário florestal como ferramenta de monitoramento da qualidade silvicultural em povoamentos clonais de *Eucalyptus*

A produtividade florestal é definida pelo ambiente de produção em que o povoamento está inserido, pela implantação de materiais genéticos superiores e pelo seu correto manejo silvicultural. A correta prescrição de recomendações silviculturais e a execução das operações de maneira padronizada tem por objetivo eliminar ou minimizar as restrições ao crescimento para cada árvore. Apesar das melhorias silviculturais que ocorreram nas últimas décadas, sabe-se que ainda é possível ganhos em produtividade através do monitoramento, detecção e correção precoce de desvios na qualidade silvicultural. Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar um índice para o monitoramento da qualidade silvicultural utilizando uma rede de inventário florestal. Para isto, foram realizadas três etapas de trabalho: i) Definição de índices de uniformidade das variáveis dendrométricas; ii) Padronização dos chamados intervalos ótimos de uniformidade (IOU) e iii) Validação da metodologia via sua aplicação numa rede de inventário florestal para um único clone comercial. Na primeira etapa utilizaram-se três ensaios da rede BEPP (Brasil *Eucalyptus* Produtividade Potencial) com diferentes níveis de produtividade para estabelecer os índices adequados em caracterizar a uniformidade silvicultural. Na segunda etapa utilizaram-se cinco testes clonais de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo para validar o conceito de Intervalo Ótimo de Uniformidade. Na última etapa, os índices e conceito do IOU foram aplicados em escala comercial em uma rede de parcelas de inventário florestal instalada em 12.000 hectares de plantios clonais de *Eucalyptus* no Nordeste do Estado de São Paulo, com cerca de 2 anos de idade, e plantados no período de 1995 a 2009. Na fase de definição, o índice que representa a porcentagem do volume total existente em 50% das menores árvores plantadas (o que inclui as falhas de plantio) (PV50) se mostrou como o que melhor se adequou à proposta do trabalho, pois possui limites finitos (50% a 0%), contempla as falhas de plantio como parte do índice de uniformidade do povoamento e, indiretamente, representa a distribuição de classes de crescimento. As uniformidades aos 5, 9, 12 e 24 meses foram fortemente correlacionadas à uniformidade aos 6 anos ($r^2 > 0,74$) mostrando a possibilidade de monitoramento precoce para detecção de desvios de qualidade na silvicultura. Além disso, o índice PV50 inicial foi altamente correlacionado com a produtividade final ($p < 0,001$). Na fase de padronização, não se detectou diferença estatística (Tukey, 5%) do PV50 entre os testes clonais a despeito de suas distintas produtividades, evidenciando que o índice de uniformidade pode ser generalizado, independentemente da produtividade do sítio. O IOU do PV50 foi de 34 a 50 %, ou seja, parcelas amostrais que possuírem o PV50 dentro deste intervalo podem ser consideradas satisfatoriamente “uniformes”. Na etapa de validação, quando o conceito foi aplicado em escala comercial observou-se uma forte evolução temporal do PV50. Nos plantios realizados em 1995 a média do índice foi de 29% e elevou-se para 42% em 2009. O percentual de parcelas dentro do intervalo ótimo de uniformidade tendeu claramente a se elevar ao longo deste período, devendo estar relacionada com as melhorias nas principais operações silviculturais e seu monitoramento através do controle de qualidade.

Palavras-chave: Índices de uniformidade; Recomendações Silviculturais; Controle de Qualidade; Povoamentos Clonais; Qualidade Silvicultural; Inventário Florestal

ABSTRACT

Using the forest inventory as a tool of monitoring silvicultural quality in *Eucalyptus* clonal plantations

Forest productivity is defined by the environment the population is inserted, by the implementation of genetically superior material and by the correct silvicultural management applied at this material. The correct prescription of technical recommendations and the execution of those operations according to acceptable quality standard are intended to eliminate or minimized the growth constrains. Despite the silvicultural improvements that have occurred in recent decades, it is known that it is still possible to obtain gains in productivity through monitoring, early detection and correction of deviations in the silviculture. The objective of this study was to investigate an index for monitoring the silvicultural quality using forest inventory networks. For this, there were three stages of work: i) Definition of uniformity indexes of dendrometric variables; ii) Standardization of so-called optimal range of uniformity (ORU) and validation of the methodology through its application in a network of forest inventory for a single commercial clone. In the first stage we used three tests of the network BEPP (Brazil Eucalyptus Potential Productivity) with different levels of productivity to establish the appropriate indexes to characterize the silvicultural uniformity. In the second stage we used five clonal test of *Eucalyptus* in Sao Paulo state to validate the concept of Optimum Range of Uniformity. In the last step, the indexes and the concept of IOU were applied on a commercial scale in a network of forest inventory plots installed in 12.000 hectares of *Eucalyptus* clonal plantations in northeastern of São Paulo state, with about 2 years old, and planted within 1995 to 2009. In the definition phase, the index that represents the percentage of the total volume of 50% of smaller trees planted (which includes the planting holes) (PV50) was shown as the best adapted to the purpose of this study because it has finite limits (50% to 0%), includes the holes of planting and indirectly represents the distribution of classes of growth. The uniformity at 5, 9, 12 and 24 months were strongly correlated to uniformity to 6 years ($r^2 > 0.74$) showing the possibility of early monitoring for detection of quality deviations in forestry. Furthermore, the initial rate PV50 was highly correlated with the final yield ($p < 0.001$). At the stage of standardization, there was no statistical difference (Tukey, 5%) of PV50 among clonal tests despite their different yields, showing that the uniformity index can be generalized, irrespective of the productivity of the site. The ORU of PV50 was from 37 to 50%, i.e., sample plots which have the PV50 within this range can be considered satisfactory "uniform". In the validation phase, when the concept was applied on a commercial scale there was a strong temporal evolution of PV50. In the plantations made in 1995 the average of PV50 was 29% and increased to 42% in 2009. The percentage of plots within the optimal range of uniformity clearly tended to rise over this period and could be related to major improvements in forestry operations and their monitoring through quality control.

Keywords: Index of uniformity; Silviculture Recommendations; Quality Control; Clonal plantation; Silvicultural quality; Forestry inventory

1 INTRODUÇÃO

A produtividade de florestas plantadas é definida pelo ambiente de produção em que o povoamento está inserido (BROWN; NAMBIAR; COSSALTER, 1997; NAMBIAR, 1999; STAPE, 2002), pela seleção e implantação de materiais genéticos superiores (FERREIRA et al., 1980; LI; MCKEAND; WEIR, 1999; MCKEAND et al., 2006; STANTURF et al., 2003) e pelo seu adequado manejo silvicultural (GONÇALVES et al., 2008; SIMÕES; LEITE; BRANDI, 1981).

Como reflexo das práticas silviculturais mais adequadas associadas ao aumento no nível de melhoramento dos materiais genéticos, o Incremento Médio Anual (IMA) do *Eucalyptus* no Brasil aumentou de cerca de 10 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ obtido na década de 70 para os atuais 41 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (ABRAF, 2010; CAMPINHOS JR, 1999; SIMÕES; LEITE; BRANDI, 1981). Do ponto de vista silvicultural, a implementação do conceito de cultivo mínimo do solo, a adequação dos programas de fertilização e o efetivo controle de plantas daninhas consistiram nas principais mudanças de manejo ocorridas durante o período (GONÇALVES et al., 2008).

Apesar do significativo incremento em crescimento, diversos autores têm demonstrado que, considerando os materiais genéticos atuais, ainda há espaço para ganho de produtividade através de melhorias na qualidade silvicultural. Ferreira e Stape (2009) avaliaram os ganhos com melhorias na fertilização e ausência de fatores redutores de crescimento (pragas e plantas daninhas) em povoamentos clonais de *Eucalyptus* no nordeste do estado de São Paulo. Encontraram ganhos de até 130% (média de 20%), evidenciando particularidades distintas dos sítios na resposta às práticas silviculturais. Carrero e Stape (2011) encontraram resultados semelhantes em povoamentos de *Eucalyptus* na Venezuela, onde o controle de plantas daninhas em povoamentos adultos resultou em um aumento de 27% no Incremento Corrente Anual.

Assim, um sistema de monitoramento que permita identificar a qualidade das recomendações e da execução das operações silviculturais em escala espacial e temporal mostra-se essencial para que o atual patamar de produtividade do *Eucalyptus* seja mantido ou elevado.

É comum a existência de redes de inventário florestal que monitoram o estoque de madeira ou biomassa nos povoamentos (CAMPOS; LEITE, 2006), porém, estas redes são geralmente subutilizadas para fins de monitoramento silvicultural. Em geral, o inventário de plantios de *Eucalyptus* inicia-se entre 12 e 24 meses, permitindo o seu uso como ferramenta de monitoramento silvicultural, uma vez que o povoamento ainda poderá responder em crescimento a tratos culturais corretivos implementados pela área de silvicultura.

A uniformidade do povoamento está relacionada com a qualidade das recomendações e execução das principais operações silviculturais (ASPINWALL et al., 2011; MUNHOZ, 2011; METSARANTA; LIEFFERS, 2010; SILVA, 2006; STAPE et al., 2010) e pode ser quantificada através de diferentes índices, como o coeficiente de Gini (TOME et al., 1994; DOI et al., 2010), o coeficiente de variação (NILSSON; ALLEN, 2003) e a assimetria (BENDEL et al., 1989) de variáveis dendrométricas de interesse.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo propor uma metodologia de uso de redes de inventário florestal para determinar a qualidade silvicultural através de índices de uniformidade. O trabalho foi dividido em três etapas, que cobriram os seguintes aspectos: 1) Definição do índice adequado para o estudo e análise do comportamento da uniformidade de variáveis dendrométricas das árvores em relação à idade e à produtividade do povoamento; 2) Padronização do conceito de intervalo ótimo de uniformidade para os índices e variáveis definidos; e 3) Validação do uso do índice e intervalo ótimo de uniformidade nas escalas espacial e temporal. Assim, do ponto de vista científico, as seguintes hipóteses foram testadas:

- i) Para um determinado sítio, sua produtividade aumenta com o aumento da uniformidade entre as árvores;
- ii) A uniformidade mínima requerida para um patamar de produtividade aceitável será independente da capacidade produtiva do sítio.

Em se corroborando as hipóteses, vislumbra-se a utilização de índices de uniformidade para quantificação da qualidade silvicultural em plantios monoclonais de *Eucalyptus*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fatores que determinam a produtividade

A evolução da produtividade florestal ocorrida nas últimas décadas no Brasil reflete a implantação de práticas silviculturais adequadas e de materiais genéticos superiores, adaptados às condições sítio-específicas de clima e solo (ABRAF, 2010; CAMPINHOS JR, 1999; MORA, 1999; SIMÕES; LEITE; BRANDI, 1981). Hakamada e Lemos (2010) avaliaram o aumento da produtividade em plantações de Eucalipto no nordeste do estado de São Paulo e encontraram um incremento de cerca de 300% nas últimas três décadas, partindo de um Incremento Médio Anual (IMA) de 11 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em 1974 e atingindo 48 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em 2009.

A qualidade intrínseca do sítio é fator decisivo na produtividade florestal, principalmente em relação à disponibilidade hídrica (PEREIRA; PALLARDY, 1989; STAPE, 2002; STAPE et al., 2010). Gava (2005) estudou o efeito das características do solo na produtividade de *Eucalyptus* e observou uma relação positiva entre o teor de argila no solo e a produtividade, principalmente devido à maior capacidade de retenção de água nos solos argilosos. Relação semelhante foi relatada por Stape (2002) em povoamentos de *Eucalyptus* no norte da Bahia, onde áreas de alta precipitação (média de 1411 mm ano⁻¹) apresentaram produtividade média de 24 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto que áreas de baixa precipitação (média de 897 mm ano⁻¹) a produtividade foi de aproximadamente 12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Em povoamentos de *Pinus taeda* no sul do Brasil, Munhoz (2011) também observou uma relação negativa da produtividade com o déficit hídrico, ou seja, quanto maior o déficit hídrico menor a produtividade. Em relação às características químicas do solo, verificou uma relação positiva da produtividade com o teor de matéria orgânica do solo e a quantidade de nitrogênio disponível.

Os programas de melhoramento genético também são essenciais para o aumento de produtividade, pois proporcionam a introdução de materiais superiores em termos de crescimento e qualidade da madeira, por serem mais adaptados às características edafoclimáticas da região na qual foram selecionados (CAMPINHOS, 1999; CAMPINHOS; IKEMORI, 1988).

No sul dos Estados Unidos, atribui-se aos programas de melhoramento florestal um aumento de produtividade de até 50% em plantios com sementes de terceira geração de *Pinus taeda* (LI; MCKEAND; WEIR, 1999; MCKEAND et al., 2006). No Noroeste desse país estimam-se em 43% os ganhos em florestas de *Pseudotsuga menziesii* (Douglas-fir) devido ao melhoramento genético (CURTIS; MARSHALL; BELL, 1997; STANTURF et al., 2003). No Brasil, além do incremento da produtividade, o melhoramento tem sido uma ferramenta para o aumento da qualidade da madeira. Botrel et al. (2007) encontraram ganhos de 4,2% no rendimento gravimétrico de carvão pela seleção de clones superiores, e estas melhorias na qualidade da madeira foram fundamentais para um aumento de 33% na produção de biomassa (BOTREL et al., 2010).

O manejo silvicultural interfere diretamente na produtividade florestal, pois maximiza a expressão da qualidade do material genético e do potencial intrínseco do sítio através do aumento da disponibilidade de recursos essenciais ao crescimento, principalmente água, luz e nutrientes (NILSSON; ALLEN, 2003; SCHONAU, 1984).

Pallett e Sale (2004) avaliaram o ganho relativo da silvicultura em povoamentos de *Eucalyptus grandis* na África do Sul. Os autores concluíram que o uso de corretas práticas de manejo, como o espaçamento, a fertilização e o adequado preparo de solo contribuíram com 78% de ganho relativo em produtividade. Os outros 22% foram atribuídos aos ganhos com o melhoramento genético. Estudos realizados em povoamentos de *Pinus radiata* na Nova Zelândia (CARSON et al., 1999) geraram resultados semelhantes, com significativos ganhos de produtividade relacionados às melhorias na qualidade silvicultural. Gonçalves e Barros (1999), Gonçalves et al. (2008) e Gonçalves et al. (2004) relatam que a evolução da produtividade em florestas plantadas no Brasil e a sua sustentabilidade são resultados de corretas práticas na determinação de espaçamento, manejo de resíduos florestais, preparo e conservação de solo, fertilização adequada e controle de plantas daninhas.

As práticas de manejo podem não atingir o objetivo de eliminar as restrições ao crescimento quando são recomendadas incorretamente ou quando não são realizadas de maneira uniforme (STAPE; DONATTI, 2011; TRINDADE et al., 2000). Ferreira e Stape (2006) estudaram em povoamentos de *Eucalyptus urophylla* no

nordeste de São Paulo a diferença entre a produtividade real e a atingível, ou seja, aquela que se pode atingir através da correta recomendação e da execução uniforme das operações silviculturais. O aumento do Incremento Médio Anual de $56 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para $64 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ evidencia um ganho atingível através de ajustes na qualidade silvicultural.

Silva (2012) elaborou um estudo em povoamentos de *Eucalyptus* no estado de São Paulo e encontrou uma diferença de 11% entre as produtividades real e atingível. Em povoamentos de *Eucalyptus* na Venezuela a diferença foi de 27%, atribuída em grande parte ao controle da matocompetição (CARRERO; STAPE, 2011).

2.2 Influência da qualidade das recomendações e da execução de operações silviculturais na produtividade

A garantia de plantios florestais com adequado crescimento e uniformidade depende da chamada qualidade silvicultural (TRINDADE et al., 2000), a qual pressupõe que ocorra concomitantemente duas condições: i) a assertividade das recomendações silviculturais (Stape 1997); e ii) a qualidade da execução das recomendações através das operações silviculturais (Trindade et al., 2000).

A existência de recomendações ajustadas para cada sítio é fator fundamental para o alcance da produtividade máxima do sítio. A elevada variabilidade edafoclimática e genética existente em sítios florestais fazem com que as recomendações nem sempre não sejam corretas ou assertivas.

Barros et al. (1992) geraram uma curva de resposta de *Eucalyptus* à adubação potássica no norte de Minas Gerais e obtiveram uma dose ótima de K_2O de 180 kg ha^{-1} para alcance da máxima produtividade, assim uma redução de 20% na dose ideal pode impactar em 5 a 10% a produtividade. Santana, Barros e Comerford (1999) encontraram uma relação crescente da produtividade com o acúmulo de nutrientes na biomassa, principalmente o fósforo e o potássio. Ferreira e Stape (2006) observaram relação direta entre a soma de bases (Ca, Mg e K) do solo e o potencial de resposta à fertilização. Portanto, a assertividade na recomendação

dos nutrientes deve levar em conta o potencial produtivo do sítio, característica que necessita de mapeamentos mais precisos para ser obtida.

Cavichiolo et al. (2005), estudaram o efeito do preparo de solo em talhadia de *Eucalyptus*. Observaram que em solo de textura argilosa o preparo na entrelinha aumentou em 8% o crescimento em altura. Em trabalho realizado no norte da Bahia com o objetivo de basear o processo de recomendação de preparo de solo através de características sítio-específicas, Stape et al. (2002) geraram um modelo de recomendação relacionado com a precipitação e a profundidade da camada de impedimento no solo, de forma que quanto mais seco o ambiente mais profundo deveria ser a subsolagem.

Materiais genéticos respondem de maneira diferente ao nível de matocompetição. Amishev e Fox (2006) observaram diferentes padrões de resposta ao controle de plantas daninhas em quatro diferentes espécies de *Pinus*, que evidencia os diferentes níveis de tolerância e competição por recursos de acordo com a espécie. Portanto, para diferentes condições edafoclimáticas e materiais genéticos distintos, o controle de plantas daninhas deve ser específico. Quando há um aumento da escala, a diversificação de recomendações geralmente não é realizada devido ao maior tempo necessário para a especificação e à necessidade de conhecimento aprofundado da interação planta daninha - árvore.

Modificações aparentemente simples de manejo podem alterar significativamente a produtividade. Hakamada et al. (2010) avaliaram a idade ideal para a realização da desbrota em *Eucalyptus* manejado por talhadia e observaram uma redução de 22% na produtividade final quando a desbrota foi realizada tardiamente.

Binkley (2008) relata que a extrapolação de resultados de manejo silvicultural obtidos em escala de ensaios para áreas comerciais em larga escala deve ser um dos principais pontos de atenção para o silvicultor. O uso em larga escala de resultados experimentais torna-se arriscada quando os resultados a serem extrapolados são específicos, como a resposta de um material genético à fertilização efetuada em apenas um local.

Segundo Trindade et al. (2000), a qualidade da execução das operações silviculturais é fundamental para a garantia da produtividade florestal, pois proporciona homogeneidade no fornecimento de recursos ao crescimento.

Freitas et al. (1980) estudaram o efeito do controle de qualidade de operações florestais sobre a produtividade de *Eucalyptus* plantados na região de Brotas, SP. Em áreas que tiveram as principais operações silviculturais acompanhadas por um sistema de controle de qualidade a produtividade foi 16% maior em relação às áreas sem controle. Neste caso, o controle de qualidade consistiu na verificação do padrão das mudas, quantidade de mudas por hectare, efetividade do combate a formiga e qualidade do preparo de solo. Burdett (1983) cita que a obtenção de um povoamento produtivo é resultado, dentre outros fatores, de um controle de qualidade de mudas para que a sobrevivência seja satisfatória.

Uma substancial evolução no controle de qualidade das operações silviculturais no Brasil foi observada nas últimas décadas (TRINDADE, 2008). Trabalhos desenvolvidos em diversos temas, como o controle no preparo das mudas (CARNEIRO, 1995), manejo de brotação (STAPE et al., 1997), preparo de solo (BARROS, 2001) e plantio manual e mecanizado (FESSEL, 2003) refletem essa evolução. O controle normalmente é realizado através de medições no ato da execução das operações por amostragem, que pode ser aleatória ou sistemática (TRINDADE et al., 2000).

A distribuição do fertilizante ao longo do talhão na operação de adubação de cobertura realizada aos 6 meses foi avaliada por Gonçalves et al. (2010). Os autores verificaram que, em algumas áreas, o percentual de pontos fora da dosagem recomendada chegou a 60%, evidenciando falhas na qualidade da execução das recomendações. Vrechi, Bazani e Stape (2007) obtiveram resultados semelhantes, principalmente pela variação de velocidade na execução da operação e pelos resíduos da colheita, que indiretamente interferem na velocidade.

Apesar da evolução nas recomendações de práticas silviculturais e da execução das operações, pouco se tem estudado em relação ao resultado da qualidade silvicultural na produtividade (STAPE; DONATTI, 2011), mesmo sabendo-se que a relação é direta (GONÇALVES et al.; 2008).

2.3 Monitoramento e inventário florestal

Segundo Paivinen et al. (1994), o monitoramento florestal é definido como a observação periódica de variáveis selecionadas para quantificar as suas mudanças ao longo do tempo. É fundamental em qualquer tipo de produção florestal que o povoamento seja monitorado para que ações corretivas e preventivas no manejo da população possam ser tomadas.

Existem basicamente dois tipos de monitoramento: via presencial, onde se toma uma amostragem representativa da população através de observação direta; e via sensoriamento remoto, feito através de técnicas e ferramentas de observação da floresta de maneira não presencial (CAMPOS; LEITE; 2006; PAIVINEN et al.; 1994).

O uso de técnicas de mensuração de árvores é quase tão antigo quanto o próprio início do ensino das ciências florestais. Registros do séculos XVII já mostravam o uso do inventário florestal como forma de determinação do estoque de madeira na Europa (ASSMAN, 1970). Na América do Norte, o lecionamento da disciplina sobre inventário florestal teve início há mais de um século na Biltmore Forest School (HAILEMARIAN et al., 2007). No Brasil, o primeiro curso de engenharia florestal, criado em 1960 em Viçosa/MG já possuía essa disciplina (PINHEIRO, 2010).

O inventário florestal tem como objetivo principal determinar as características qualitativas e quantitativas de árvores individuais e dos povoamentos florestais (AVERY; BURKHART, 1983), como o estoque de madeira ou biomassa florestal e sua distribuição entre as diversas espécies ou classes de diâmetro (KANGAS; MANTANO, 2006).

Há dois principais tipos de inventário, o de planejamento e o operacional. O inventário de planejamento objetiva estimar o estoque futuro do produto florestal para geração de um planejamento de curto a longo prazo. Já o inventário operacional, como o inventário pré-corte, gera informações imediatas sobre o estoque atual para decisões a curto prazo (FAO, 1992).

O inventário também permite a classificação da qualidade do sítio através do Índice de Sítio (CLUTTER, 1983; HANSON; AZUMA; HISEROTE, 2002). Indiretamente, a produtividade tem auxiliado em trabalhos de classificação de áreas

em unidades homogêneas visando o manejo sítio-específico (BOLOGNA et al., 2009; LAFFAN, 1994; TESCH, 1981). Whiteley (1999) utilizou o inventário como ferramenta para determinação de indicadores da sustentabilidade da produtividade das florestas da Tasmânia.

Quando o conhecimento da qualidade do fuste das árvores é importante, a avaliação qualitativa da forma dos indivíduos é uma prática comum. Benhardt (2003) utilizou o inventário para avaliar a qualidade do fuste da caixeta (*Tabebuia cassinoides* (LAM) DC.), característica desejável para o processamento da espécie. A qualidade do fuste também foi investigada em povoamentos de *Pseudotsuga menziesii* (Douglas-fir) (GARTNER; JONHSON, 2006) e em *Pinus taeda* (STOVALL et al., 2011).

Assim, apesar de extensa quantidade de aplicações, poucos são os trabalhos que utilizam o inventário para avaliação da qualidade silvicultural (STAPE; DONATTI, 2011).

2.4 Relação entre a produtividade e a uniformidade do povoamento

A uniformidade do povoamento é uma forma de avaliação do grau de competição intra-específica (BINKLEY, 2004; FORD, 1975; WEINER, SOLBRIG, 1984) que se inicia logo após o fechamento da copa (LANDSBERG; SANDS, 2011). O aumento da competição intra-específica aumenta o número de indivíduos dominados, que possuem menor eficiência de uso de recursos (BINKLEY, 2004; RYAN et al., 2010), resultando no decréscimo de produtividade do povoamento. Assim, a manutenção da uniformidade do povoamento aumenta a probabilidade de obtenção da produtividade atingível do sítio (STAPE et al., 2010). Efeitos similares foram relatados em outras essências florestais, como em *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. (FORD, 1975), *Pinus rigida* (WEINER, 1984), *Pinus taeda* (NILSSON; ALLEN, 2003).

O suprimento adequado e uniforme dos recursos de crescimento fornecidos pelo manejo silvicultural adequado proporcionaram aumento na sobrevivência, rápido crescimento inicial e aumento na uniformidade em povoamentos de

Eucalyptus em diferentes ambientes de produção (STAPE et al., 2010). Ferreira e Santos (1997) citam que a evolução da produtividade do *Eucalyptus* no Brasil se deve parcialmente à maior uniformidade dos povoamentos.

Perdas de uniformidade podem ser causadas por diversos fatores, entre eles a diferença de idade dos indivíduos que compõe o povoamento (WEINER, SOLBRIG, 1984), ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas (WEINER; SOLBRIG, 1984; LITTLE, VAN STADEN, CLARKE, 2003), variação genética (MCKEAND et al., 2006) e heterogeneidade ou parcialidade no suprimento de recursos para o crescimento das plantas (FERNANDEZ; GYANGE, 2009; WEINER; SOLBRIG, 1984).

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

A fertilização tem como objetivo a redução ou eliminação de restrições nutricionais. No sudoeste dos Estados Unidos, em povoamentos de *Pinus taeda* aos 18 anos, a fertilização de plantio aumentou a produtividade de $11 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para $16 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Ao mesmo tempo o coeficiente de variação de volume individual foi reduzido de 45 para 40% (NILSSON; ALLEN, 2003). Em *Eucalyptus grandis* na África do Sul foi observado o mesmo efeito, onde a aplicação de Nitrogênio foi responsável pela redução da variância do DAP de 31 para 16 cm^2 (DONALD; SCHUTZ, 1977).

O preparo de solo proporciona maior capacidade de retenção de água e maior aeração do solo, incrementando o crescimento radicular. O coeficiente de variação de volume individual de um povoamento de *Pinus taeda* foi significativamente maior em preparo de baixa intensidade (51%) comparado com um preparo intensivo do solo (42%), onde as restrições físicas foram completamente eliminadas (NILSSON; ALLEN, 2003).

Orlander, Nordborg e Gemmel (2002) avaliaram na Suécia o efeito da subsolagem em seis espécies florestais e aos seis anos de idade. Para todas as espécies a realização da subsolagem elevou a uniformidade do povoamento. O

resultado foi atribuído à homogeneização no fornecimento de recursos de crescimento durante a fase inicial (ORLANDER; NORDBORG; GEMMEL, 2002).

A severidade do ataque de ferrugem interferiu diretamente na uniformidade e, conseqüentemente, na produtividade de clones de *Eucalyptus* suscetíveis à doença. O coeficiente de variação de volume individual das árvores foi de 35% no tratamento com controle da doença e 55% no tratamento sem controle. No mesmo estudo, a produtividade aos 3 anos foi 35% maior no tratamento com controle (HAKAMADA et al., 2010).

O espaçamento de plantio e, conseqüentemente, o estoque de plantas, é um dos fatores que mais interferem na uniformidade, já que há o aumento da competição por recursos (FORD, 1975; NILSSON; ALBAUGH; ALLEN, 2002; THOMAS; WEINER, 1986). Diversos estudos mostram que a redução do espaçamento aumenta significativamente o número de árvores dominadas, reduzindo a sobrevivência e podendo resultar em perdas de produtividade (MORA, 1986; SCHONAU, 1984; SILVA, 2006; STAPE, 1995).

O espaçamento e o arranjo de plantio interferiram na uniformidade de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* no nordeste do estado de São Paulo (Silva, 2006). Em espaçamento de 10,5 m² planta⁻¹ a uniformidade ao final do ciclo foi 18% maior do que no espaçamento de 6,0 m² planta⁻¹. Sob um mesmo espaçamento, a uniformidade no tratamento com o espaçamento entrelinhas de 3,0 metros foi 10% superior ao tratamento de espaçamento entrelinhas de 9 metros, devido à maior competição entre as plantas imposta nas linhas de plantio.

Little, Van Staden e Clarke (2003) estudaram o efeito da matocompetição na uniformidade aos 7 anos em *E. grandis* na África do Sul. Observaram uma uniformidade 3 vezes superior no tratamento com total controle de plantas daninhas quando comparado ao tratamento sem controle, diferença atribuída pela competição por água e nutrientes.

Em povoamentos de *E. globulus* em Portugal, Tomé et al. (1994) estudaram o efeito da ausência de déficit hídrico via irrigação e obtiveram um aumento de produtividade de 70%. A ausência de restrição hídrica aumentou a uniformidade inicial do povoamento em 48%.

Para estudar o efeito da uniformidade na produtividade, Stape et al. (2010) induziram heterogeneidade em povoamentos clonais de *Eucalyptus* através do plantio das plantas de forma aleatória dentro de uma mesma parcela experimental. Defasou-se em 40 dias o plantio de três lotes do mesmo clone, realizados com intervalo de 40 dias (0,40 e 80 dias). A perda de produtividade causada pela heterogeneidade variou de 8 a 19% em 6 sítios com diferentes condições edafoclimáticas, sendo as maiores perdas registradas nos sítios mais produtivos, exemplificando como o efeito da baixa de plantio, causado ou por falhas na recomendação ou na execução de operações silviculturais, interfere na uniformidade ao final da rotação.

2.5 Formas de detecção da uniformidade

A elaboração de padrões de uniformidade exige que os índices de uniformidade utilizados possuam algumas características necessárias, a saber: i) ser sensível em capturar diferenças na distribuição dos indivíduos nas diferentes classes da variável dendrométrica de interesse, ii) ser sensível às variações de grandeza da variável de interesse e iii) possuir limites, que facilitem a interpretação do índice quando o objetivo é a elaboração de intervalos fixos.

O coeficiente de variação (CV) de variáveis dendrométricas é o índice de uniformidade mais tradicional, e tem sido largamente empregado no estudo da competição e formação de hierarquias em estudos de essências florestais (LITTLE; van STADEN; CLARKE, 2003; NILSSON; ALLEN, 2003; WEINER, 1984). Apesar de ser um índice amplamente utilizado e possuir um histórico abrangente de uso, não possui limites ($0 \rightarrow \infty$) e é influenciado pela magnitude da média da variável, tornando-o limitado quando o objetivo do trabalho é a criação de padrões. Bendel et al. (1989) recomendam o uso deste índice quando o estudo necessita de um valor relativo e não absoluto. Além disto, o CV não captura com clareza a uniformidade na presença de indivíduos com valores muito extremos, ou seja, parcelas com elevada amplitude. Outra característica relevante do CV é o fato de não considerar falhas (valores iguais a zero) no seu cálculo. Quando há a necessidade de um índice de

uniformidade que pondere todos os indivíduos da amostra, incluindo as falhas, ele não é indicado.

Weiner (1984) propôs que os estudos de dominância e uniformidade utilizem o coeficiente de Gini. Desde então, esse índice tem sido largamente utilizado em estudos envolvendo competição entre plantas e uniformidade de povoamentos (BENDEL et al.; 1989; MESTARANTA; LIEFFERS, 2010; WEINER; SOLBRIG, 1984; WEINER; THOMAS, 1986). O índice foi desenvolvido por Gini (1912 APUD WEINER, 1984) para medir a desigualdade de riqueza dentro de uma sociedade e é obtido pela razão entre as áreas representadas na Curva de Lorenz. O intervalo do coeficiente de Gini vai de 0, onde todos os indivíduos possuem o mesmo valor, a 1, quando todos os indivíduos da população são diferentes entre si. A existência de limites finitos (0-1) facilita a criação de padrões de uniformidade. Bendel et al. (1989) recomenda o uso do índice quando não há muitos valores próximos ou iguais a zero. Caso contrário, ele é muito sensível e pode distorcer a uniformidade.

A assimetria é uma medida de dispersão e caracteriza o grau de afastamento do eixo simétrico da distribuição dos indivíduos. Na prática, a população possui comportamento simétrico quando a média, a moda e a mediana possuem valores idênticos. A diferença da assimetria para os índices anteriores é que, além de ser insensível à escala, também é insensível quanto à posição (BENDEL et al., 1989). Para exemplificar, a assimetria de uma população com uma média de altura de 13 metros e desvio padrão de 10,1 metros pode ser idêntica à assimetria de outra população com média de 9,0 metros e o mesmo desvio padrão, caso a frequência de distribuição dos indivíduos da população seja a mesma. Isto não ocorreria com o coeficiente de Gini e com o coeficiente de variação, que são sensíveis à posição.

A diferença entre a altura máxima e a altura média (Hm) foi um dos índices utilizados por Stape, Rocha e Donatti (2006) em povoamentos clonais de Eucalipto para monitoramento da qualidade silvicultural. Uma característica relevante do Hm é que ele fornece medidas absolutas e, conseqüentemente, a presença de valores extremos distorce a amostra. Por este motivo, o Hm não é recomendado para comparar diferentes idades, pois o incremento em altura ocorre com o aumento da idade.

No mesmo estudo, Stape, Rocha e Donatti (2006) propuseram o uso do índice chamado Pvar50, que é definido como a porcentagem acumulada da variável dendrométrica em 50% das menores árvores plantadas, ou seja, incluindo as falhas de plantio. Além de possuir limites bem definidos (50-0), o Pvar50 captura a distribuição dos indivíduos sem a necessidade de elaboração de histogramas, que em estudos com muitas unidades amostrais se torna laborioso.

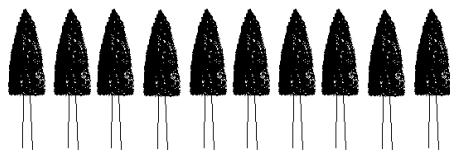
Quatro situações hipotéticas considerando diferentes tamanhos de indivíduos (altura), distribuição e percentual de falhas foram delineadas com o intuito de exemplificar as distinções entre os índices. O primeiro exemplo representa um povoamento clonal com todas as plantas idênticas e sem falhas (Figura 1a). No segundo exemplo as plantas vivas são idênticas, mas a sobrevivência é reduzida (Figura 1b). Indivíduos com diferentes tamanhos e ausência de falhas são mostrados no terceiro exemplo (Figura 1c) e na quarta situação os indivíduos possuem tamanhos diferentes, mas há falhas (Figura 1d). Quando todas as plantas da amostra estão vivas e são idênticas, todos os índices apresentam o valor que representa a uniformidade máxima (Figura 1a).

Quando há a ocorrência de falhas (Figura 1b) o coeficiente de variação e assimetria continuam com o valor zero, pois a falha não é incluída na amostra para determinação da variância e, conseqüentemente, do desvio padrão.

O coeficiente de Gini, o Pvar50 e a assimetria se modificam conforme há alterações na população, tanto em relação à sobrevivência como em relação à média e desvio padrão.

A diferença entre a altura máxima e média (Hm), por ser uma medida absoluta, também não considera as falhas como valores zero e, portanto, não captura integralmente a uniformidade quando há a ocorrência de falhas ou valores extremos.

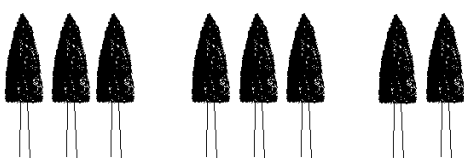
(a)



Altura média: 10 metros
Desvio padrão: 0
Sobrevivência: 100%

Índice	Intervalo [U-H]	Valor
Gini	[0-1]	0
CV	[0-∞]	0
Pvar50	[50-0]	50
Assimetria	∞	0
Hm	[0-h*]	0

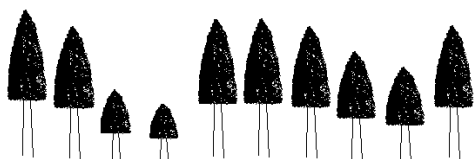
(b)



Altura média: 10 metros
Desvio padrão: 0
Sobrevivência: 80%

Gini	[0-1]	0,2
CV	[0-∞]	0
Pvar50	[50-0]	37,5
Assimetria	∞	0
Hm	[0-h*]	0

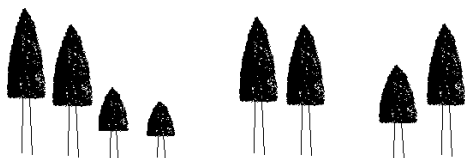
(c)



Altura média: 7 metros
Desvio padrão: 2,1 metros
Sobrevivência: 100%

Gini	[0-1]	0,16
CV	[0-∞]	29,4
Pvar50	[50-0]	37,1
Assimetria	∞	$-8,1 \cdot 10^{-6}$
Hm	[0-h*]	3,0

(d)



Altura média: 7 metros
Desvio padrão: 2,1 metros
Sobrevivência: 80%

Gini	[0-1]	0,13
CV	[0-∞]	31,0
Pvar50	[50-0]	36,1
Assimetria	∞	$-9,0 \cdot 10^{-6}$
Hm	[0-h*]	3,0

Figura 1 - Exemplos hipotéticos do comportamento dos índices de acordo com variações de altura média, desvio padrão e sobrevivência. (a) Indivíduos idênticos; (b) Indivíduos idênticos com falhas; (c) Indivíduos com variação e (d) Indivíduos com variação e falhas. No índice Hm, h representa um valor finito

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Etapa 1: Definição do índice de uniformidade

3.1.1 Caracterização da área experimental

Essa etapa abrangeu três sítios da rede experimental BEPP (Brasil *Eucalyptus* Produtividade Potencial), que foi um projeto de pesquisa cooperativa entre 2 universidades (ESALQ/USP e Colorado State University), 8 empresas florestais (Aracruz, Bahia Sul Celulose, Cenibra, Copener, International Paper, VCP, V&M e Veracel), o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) e a Rocky Mountain Research Station do USDA (United States Department of Agriculture).

O objetivo nessa etapa foi determinar o índice mais adequado ao propósito do estudo e analisar o comportamento da uniformidade em relação à idade e à produtividade.

Os ensaios estavam situados nas empresas Aracruz Celulose S.A (ARA) (atual Fibria), Veracel Celulose S.A (VER) e International Paper (IP) (Figura 2). O sítio ARA foi implantado em área já ocupada por *Eucalyptus*, enquanto os demais sítios (IP e VER) em áreas antes ocupadas por laranja e pastagem, respectivamente. O clima é caracterizado nos sítios ARA e IP 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) (Tabela 1). No sítio VER 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.

Tabela 1 - Características edáficas na profundidade de 0 a 40 cm (Tipo de solo, pH, soma de bases e teor de argila), do sítio (Latitude e longitude, altitude e data de plantio) e climáticas (Temperatura média anual, precipitação e déficit hídrico) dos três ensaios da etapa 1. O sítio ARA está localizado em Aracruz, Espírito Santo, o sítio IP em Mogi Guacu, São Paulo e o sítio VER em Eunápolis, Bahia

Sítio	Latitude, Longitude	Altitude (m)	Tipo de solo	pH (0,1 M CaCl ₂)	Soma de bases (mmol _c kg ⁻¹)	Argila (%)	Data de plantio	Temperatura média anual (°C)	Precipitação (mm ano ⁻¹)	Déficit Hídrico (CAD= 200 mm) (mm)
ARA	19°49'S, 40°05'W	12	Argissolo	4,0	23	37	Março 2001	23,6	1.360	59
IP	22°21'S, 46°58'W	312	Latossolo	6,0	75	45	Outubro 2000	21,6	1.317	36
VER	19°21'S, 39°34'W	187	Argissolo	4,3	35	37	Março 2001	23,0	1.411	7

Fonte: Stape et al. (2010)

As principais diferenças climáticas entre os sítios estão na melhor distribuição de chuvas no sítio VER e na menor temperatura do sítio IP. No tocante ao solo, o sítio IP possui a fertilidade elevada devido às elevadas doses de adubo e calcário, comuns no manejo da laranja, além de ser classificado como um solo eutrófico, ou seja, com a saturação por bases acima de 50%. Neste caso, a soma de bases é praticamente o dobro quando comparada a do sítio VER e três vezes maior que no sítio ARA. Apesar disso, em estudo realizado nos mesmos sítios, Stape et al. (2010) não encontraram respostas à fertilização adicional, mostrando que a adubação convencional foi suficiente para eliminar a restrição nutricional nos três sítios.

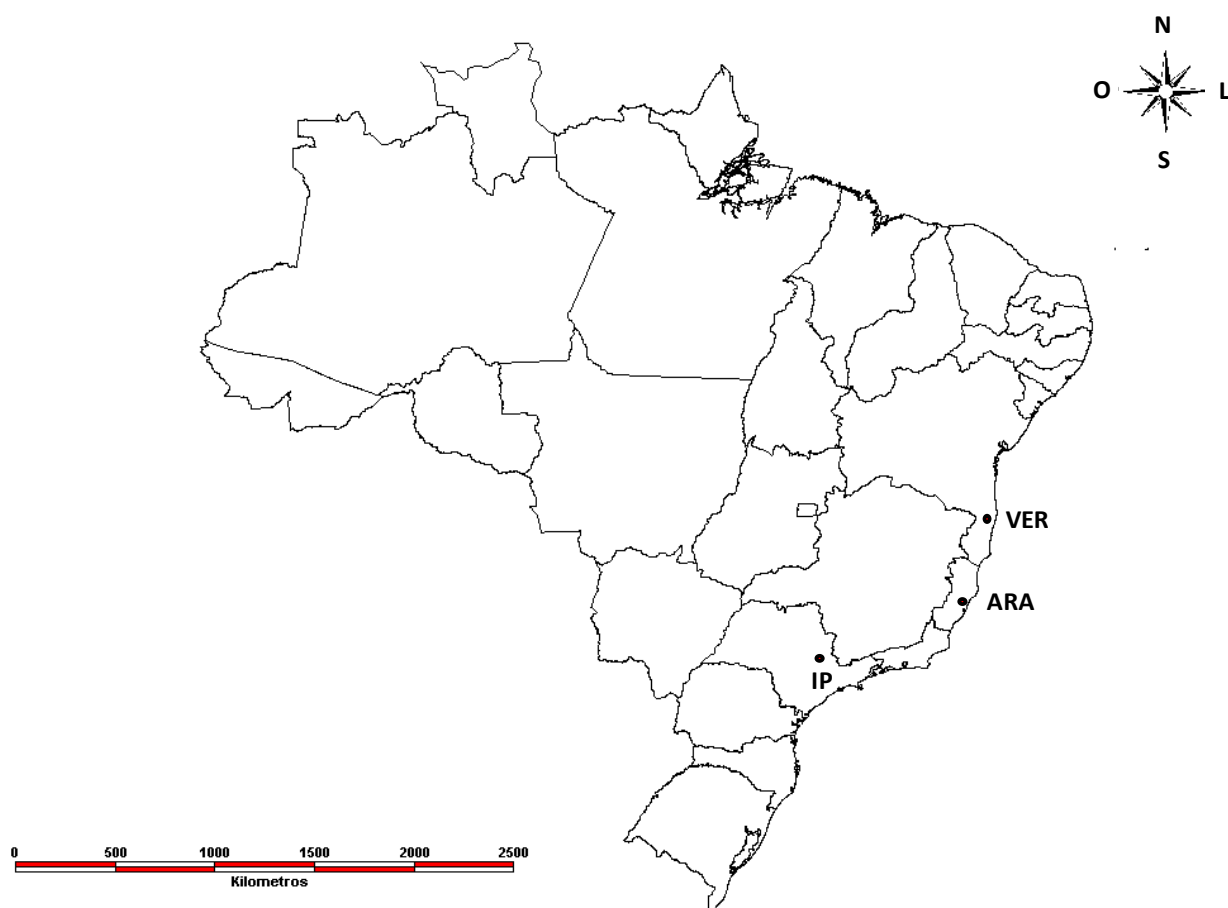


Figura 2 - (a) Localização dos três sítios do projeto BEPP, nos municípios de Aracruz, Espírito Santo (ARA), Mogi Guaçu, São Paulo (IP) e Eunápolis, Bahia (VER)

3.1.2 Delineamento experimental

Para o objetivo dessa etapa, era necessário que houvesse um contraste de tratamentos que possuísem diferenças de uniformidade. Portanto, utilizaram-se dois tratamentos: i) tratamento uniforme, irrigado e com fertilização adicional (FIU) e ii) tratamento heterogêneo, irrigado e com fertilização adicional (FIH).

O tratamento FIH 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 (Figura 3).



Figura 3 - (a) Tratamento uniforme à esquerda da trincheira e heterogêneo à direita da trincheira e (b) vista aérea do ensaio BEPP no sítio IP aos 2,5 anos de idade (Stape et al., 2010)

O delineamento foi em blocos casualizados, com três repetições no sítio ARA e quatro repetições nos sítios IP e VER. Nos três 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.

Nos sítios ARA e VER foram plantados materiais clonais considerados de alta produtividade à época de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e no sítio IP utilizou-se também um material clonal superior de *Eucalyptus urophylla* (Stape et al.2010).

3.1.3 Operações de silvicultura

As operações de silvicultura foram realizadas seguindo rigorosamente as prescrições de preparo de solo, fertilização, plantio, controle de plantas daninhas e proteção das plantas (Tabela 2) baseando-se nos melhores padrões de minimização de limitações hídricas, ambientais e nutricionais (GONÇALVES et al., 2008).

Tabela 2 - Resumo das operações de silvicultura realizadas em povoamentos clonais de *Eucalyptus* na IP, com a descrição da operação, a época como sendo o dia zero o dia da realização do plantio, o(s) insumo(s) utilizado(s) e a dose, em quilos ou litros do insumo por hectare

Operação	Época (dias)	Insumo	Quantidade	Unidade
Combate à formiga	-30; 10	Isca formicida	3	Kg/ha
Aplicação de herbicida	-10	Glifosato líquido	4	L/ha
Aplicação de cinza	-10	Cinza de caldeira	6.000	Kg/ha
Preparo de solo	-5	-	-	-
Plantio manual	0	Mudas	1.212	Unid./ha
Irrigação	0	Água	4	L/planta
Adubação de base	10	Adubo	260	Kg/ha
Replanteio	30	Mudas	~ 30	Unid./ha
Capina química costal	90; 180	Glifosato líquido	4	L/ha
Capina química	180	Glifosato líquido	4	L/ha
Adubação de cobertura	180	Adubo	140	Kg/ha
Combate à formiga	Anual	Isca formicida	3	Kg/ha
Aplicação de composto	1.100	Composto orgânico	10.000	Kg/ha

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 (Tabela 3).

Tabela 3 - Quantidade de água e nutrientes fornecidos via irrigação (mm) e fertilização (kg) nos dois tratamentos do BEPP dos três sítios experimentais

Sítio	Irrigação (mm)	Dose por nutriente (kg ha ⁻¹)					
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Boro
ARA	701	967	374	753	634	40	6
IP	796	640	238	498	996	180	5
VER	846	1012	374	797	1074	180	5

3.1.4 Inventário e determinação da produtividade

As medições ocorreram a cada 3 meses, dos 12 aos 72 meses. No sítio IP houve duas medições extras, aos 5 e 9 meses.

Mediu-se o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura de todas as plantas das parcelas úteis para cálculo do volume individual, conforme equação (1), modelo de Schumacher-Hall (1933).

$$\ln(V) = -10,0495 + 1,8635 \cdot \ln(DAP) + 1,0436 \cdot \ln(H) \quad (1)$$

Onde:

ln: logaritmo neperiano

V: volume individual (m³)

DAP: diâmetro à altura do peito (cm)

H: altura total estimada (m)

Através da soma do volume individual foi obtido o volume por hectare em cada idade. O Incremento Médio Anual (IMA) foi a taxa de crescimento utilizada para determinar a produtividade (2).

$$IMA_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n V_{ij}}{I} \cdot (10000 / A) \quad (2)$$

Onde:

IMA_{ij} : incremento médio anual da parcela i na idade j ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$)

V: volume individual da árvore da parcela i na idade j ($m^3 árvore^{-1}$)

I: idade da parcela (anos)

A: área da parcela (m^2)

3.1.5 Índices de uniformidade e variáveis dendrométricas a serem testados

Bendel et al. (1989) sugerem que a escolha do índice a ser aplicado em estudos de uniformidade deve ser baseada em análise crítica prévia que considere o objetivo do estudo e o padrão de distribuição dos indivíduos na população.

Foram testados os índices mais difundidos em estudos relacionados à uniformidade e dominância de florestas e outras culturas agrícolas, entre eles o coeficiente de variação (CV), o coeficiente de Gini (Gini), o percentual acumulado da variável dendrométrica de interesse em 50% das menores árvores plantadas (Pvar50), a diferença entre altura máxima e altura média (Hm) e a assimetria (As). Também foram utilizados os índices Pvar25 e Pvar75, variações do Pvar50 que representam o percentual acumulado da variável de interesse em 25 e 75% das menores árvores plantadas, e que capturam a representatividade das árvores dominadas (Pvar25) e dominantes (Pvar75) na população.

O coeficiente de variação foi calculado de acordo com a equação (3).

$$CV_{ij} = \frac{s_{ij}}{\bar{x}_{ij}} \quad (3)$$

Onde:

CV_{ij} = coeficiente de variação da variável dendrométrica de interesse da parcela i na idade j

s = desvio padrão da parcela i na idade j

\bar{x} = média da parcela i na idade j

O coeficiente de Gini foi calculado através da curva de Lorenz, onde o eixo X representa o percentual acumulado das árvores e o eixo Y o percentual acumulado da variável de interesse. Graficamente ele pode ser explicado através da relação $a / (a+b)$ (Figura 4).

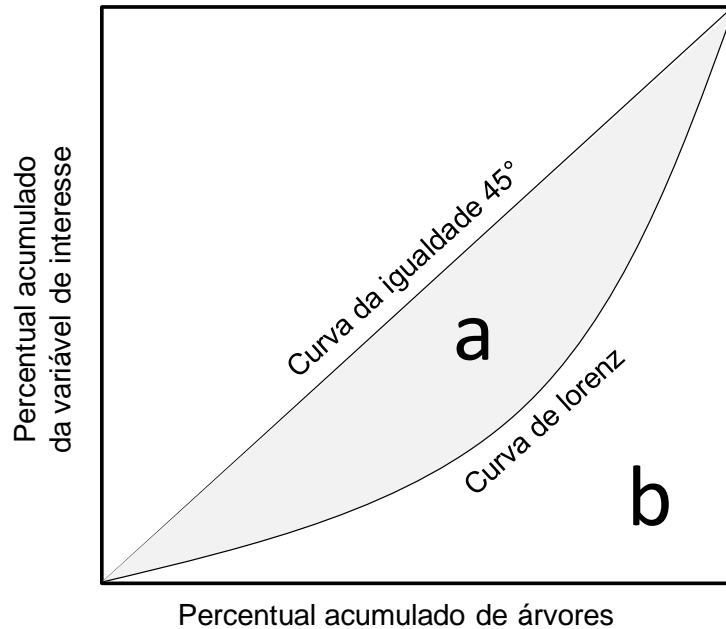


Figura 4 - Representação gráfica do cálculo do coeficiente de Gini, que é igual a $a/(a+b)$. A curva da igualdade representa quando todos os indivíduos são idênticos. A curva de Lorenz é originada pela porcentagem de árvores acumuladas no eixo x e pelo percentual acumulado da variável dendrométrica de interesse

O cálculo do coeficiente de Gini está de acordo com a equação (4):

$$Gini = 1 - \sum_{k=1}^{1-n} (A_{k+1} - A_k)(D_{k+1} - D_k) \quad (4)$$

Onde:

Gini = coeficiente de Gini da variável dendrométrica de interesse

A = proporção acumulada do número de árvores

D = proporção acumulada da variável dendrométrica

A assimetria é utilizada para conhecer a normalidade da distribuição do povoamento e é calculada através da equação (5).

$$Assim = \frac{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^{1-n} (x_i - \bar{x})^3}{\left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^{1-n} (x_i - \bar{x})^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

(5)

Onde:

Assim = assimetria da variável de interesse

\bar{x} = média da variável de interesse

x = valor da variável de interesse

n = tamanho da amostra

Stape, Rocha e Donatti (2006) propuseram o uso da diferença entre a altura máxima e a altura média (Hm) como um índice para determinação da uniformidade. Esse índice foi desenvolvido para utilização em inventários precoces, quando geralmente o DAP não é mensurado.

O Pvar50, também proposto por Stape, Rocha e Donatti (2006), requer o ordenamento das árvores da parcela, e é calculado de acordo com a equação (6).

$$PVar50 = \frac{\sum_{k=1}^{n/2} \text{Variável}_{ij}}{\sum_{k=1}^n \text{Variável}_{ij}} \quad (6)$$

Onde:

PVar50 = Porcentagem acumulada da variável dendrométrica de interesse das 50% menores árvores plantadas

Variável: variável dendrométrica de interesse da parcela *i* na idade *j*

n = número de árvores plantadas ordenadas (da menor para a maior)

O Pvar25 e o Pvar75 representam o percentual acumulado da variável dendrométrica de interesse de 25% e 75% das menores árvores, respectivamente (Figura 5), e foram calculados de maneira semelhante ao Pvar50 pelas equações 7 e 8, respectivamente.

$$PVar25 = \frac{\sum_{k=1}^{3n/4} \text{Variável}_{ij}}{\sum_{k=1}^n \text{Variável}_{ij}} \quad (7)$$

Onde:

PVar25 = Porcentagem da variável dendrométrica de interesse das 25% menores árvores plantadas

Variável: variável dendrométrica de interesse da parcela i na idade j

$$PVar75 = \frac{\sum_{k=1}^{n/4} \text{Variável}_{ij}}{\sum_{k=1}^n \text{Variável}_{ij}} \quad (8)$$

Onde:

PVar75 = Porcentagem da variável dendrométrica de interesse das 75% menores árvores plantadas

Variável: variável dendrométrica de interesse da parcela i na idade j

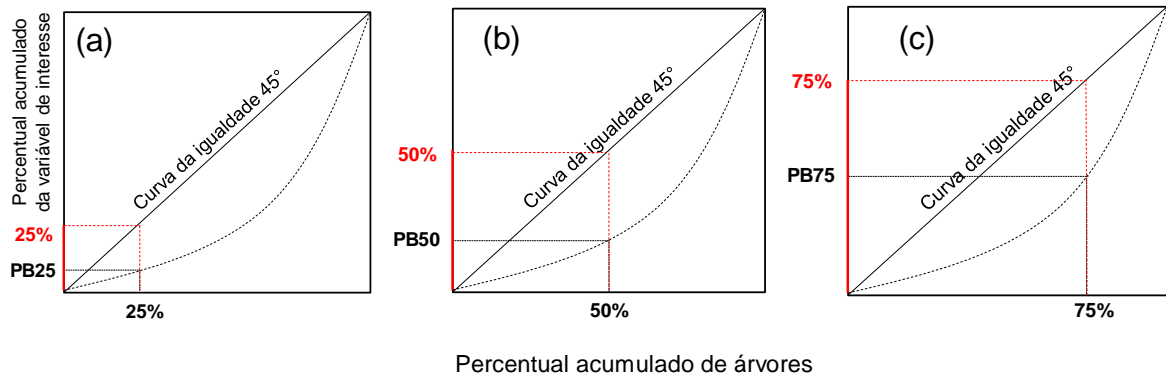


Figura 5 - Visualização da obtenção do Pvar25 (a), Pvar50 (b) e Pvar75 (c). O eixo das abscissas representa o percentual de árvores acumuladas. O eixo das ordenadas representa o percentual acumulado da variável de interesse de estudo

O índice Altura máxima menos a altura média (Hm) foi calculado pela equação (9).

$$Hm_{ij} = H \max_{ij} - Hmed_{ij} \quad (9)$$

Onde:

Hm = Índice que representa a altura máxima menos a altura média

Hmax = Altura máxima das plantas vivas da parcela i na idade j

Hmed = Altura média das plantas vivas da parcela i na idade j

Para cada índice, com exceção do Hm, foram utilizadas as variáveis dendrométricas volume individual (Equação 1), diâmetro à altura do peito (DAP), altura (H), área seccional (g) (Equação 10), volume cilíndrico (Vcil) (Equação 11), DAP³ e H³.

Essas variáveis foram testadas, pois são obtidas mais facilmente do que o volume individual. As variáveis DAP, g e DAP³ não necessitam da altura para serem calculadas, enquanto as variáveis H e H³, não necessitam do DAP.

O uso do DAP elevado ao cubo (DAP³) e a altura elevada ao cubo (H³) foram propostos devido à existência da forte relação hipsométrica entre DAP e altura para *Eucalyptus*, notadamente os clonais.

O volume cilíndrico não preconiza a existência de equações de volume, uma vez que é uma medida direta do DAP e da H (Equação 11). Ele simula uma árvore cilíndrica de diâmetro igual ao DAP multiplicado pela sua altura.

A área seccional (g) foi calculada com base na equação 10.

$$g_{ij} = \sum_{k=1}^{k=1-n} \frac{DAP^2_{ij} * \Pi}{4}$$

(10)

Onde:

g = Área seccional da parcela j na idade i

DAP = Diâmetro à altura do peito (m)

O volume cilíndrico (Vcil) foi calculado utilizando as variáveis altura e DAP (Equação 11).

$$V_{cil} = \Pi * \frac{DAP^2}{4} * h$$

(11)

Onde:

V_{cil} = Volume cilíndrico (m³)

DAP = diâmetro à altura do peito (m)

H = altura (m)

Para a definição do índice mais adequado ao estudo foram utilizadas as 22 parcelas dos 3 ensaios em todas as idades avaliadas, totalizando 460 observações por índice. Utilizaram-se como índice-base o CV, o Gini, a Assimetria, o Hm, o Pvar25, Pvar50 e Pvar75. Para todos os índices utilizou-se a variável volume individual, à exceção do Hm, que utilizou apenas a altura. Todos os índices de todas as variáveis dendrométricas foram correlacionados aos índices-base, com o intuito de comparar a eficácia de cada um em capturar a uniformidade e suas particularidades.

3.1.6 Análises estatísticas

A seleção do índice mais adequado ao estudo baseou-se no coeficiente de correlação (r) e na análise visual da dispersão de erros de regressões lineares entre os índices-base e cada um dos índices.

O comportamento da uniformidade foi relacionado à idade e à produtividade nos três sítios através de regressões, análise estatística descritiva e análise gráfica visual. As análises estatísticas foram desenvolvidas no software Statistica 8.1 (STAT, 2011).

3.2 Etapa 2: Padronização do Intervalo Ótimo de Uniformidade

3.2.1 Caracterização da área experimental

Na segunda etapa, para a determinação do Intervalo Ótimo de Uniformidade (IOU), utilizaram-se cinco testes clonais pertencentes à International Paper do Brasil

situados no nordeste do estado de São Paulo, em sítios com diferentes potenciais produtivos.

Os ensaios abrangeram diferentes tipos de solo, condições climáticas e potenciais produtivos (Tabela 4). O teor de argila, um dos principais indicadores de produtividade do sítio (GAVA, 2005) variou de 11 a 48%. Embora estivessem sob a mesma classificação climática (Cwa, koepfen), há diferenças nas variáveis climáticas (Tabela 5), como o déficit hídrico, que variou de 35,7 a 110,3 mm.

As principais classes de solo presentes na região, o latossolo, o argissolo e o neossolo quartzarênico foram representadas pelos ensaios (Figura 6). Em relação às características químicas do solo, os sítios 4 e 5 se mostraram mais férteis, com um maior teor de matéria orgânica e soma de bases.



Figura 6 - (a) Latossolo, presente nos testes clonais 2 e 4 localizados nos municípios de Aguaí e Mogi Guaçu, (b) Argissolo, presente no teste clonal 5 no município de Mogi Guaçu e (c) Neossolo quartzarênico, presente nos testes clonais 1 e 3, nos municípios de São Simão e Aguaí

Tabela 4 - Características edáficas na profundidade de 0 a 40 cm (Tipo de solo, pH, soma de bases, teor de argila e teor de matéria orgânica) e do sítio (município, latitude, longitude e altitude) dos cinco testes clonais da etapa de padronização

Sítio	Município	Latitude, Longitude	Altitude (m)	Número de clones	Tipo de solo	pH (0,1 M CaCl ₂)	Soma de bases (mmol _c kg ⁻¹)	Argila (%)	Matéria orgânica (%)
1	São Simão	21°38'S 47°39'W	683	5	Neossolo	4,1	11	11	1,3
2	Aguai	22°10'S 47°06'W	660	7	Latossolo	4,2	10	21	1,0
3	Brotas	22°14'S 48°01'W	782	7	Neossolo	4,3	11	18	1,1
4	Mogi Guaçu	22°20'S 46°58'W	644	11	Latossolo	4,7	17	27	1,5
5	Mogi Guaçu	22°22'S 46°51'W	638	10	Argissolo vermelho amarelo	4,7	15	48	1,6

Tabela 5 - Temperatura média, mínima e máxima anual, precipitação, capacidade de armazenamento de água (CAD) e Déficit Hídrico anual do período de 1961 a 1990 dos cinco testes clonais utilizados na etapa de padronização

Sítio	Temperatura anual (°C)			Precipitação (mm ano ⁻¹)	CAD (mm)	Déficit Hídrico (mm)
	Média	Mínima	Máxima			
1	22,0	19,3	23,3	1.280	100	110
2	21,5	18,7	22,9	1.346	150	62
3	21,6	18,8	23,0	1.322	100	46
4	21,7	18,9	22,9	1.278	150	45
5	21,7	18,9	22,9	1.278	200	36

Fonte: Sentelhas et al. (2011)

3.2.2 Delineamento experimental

Nessa etapa foram escolhidos estes 5 testes clonais devido às seguintes razões: i) possuírem plantas geneticamente idênticas, fazendo com que o padrão de uniformidade dentro da parcela seja resultado apenas da qualidade do manejo silvicultural e ii) serem áreas onde houve um acompanhamento detalhado do manejo silvicultural, garantindo que a máxima uniformidade do sítio fosse expressa.

Os testes clonais foram plantados em espaçamento que variaram de 6 a 9 m² planta⁻¹ em parcelas de 7 x 7 plantas, totalizando 49 plantas. O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições. O número de clones por ensaio variou de 5 a 11 (Tabela 6). As operações de silvicultura foram semelhantes à etapa 1 (Tabela 2).

Tabela 6 - Quantidade de clones por espécie nos cinco testes clonais

Quantidade de clones (nº)				
Espécie				
Sítio	<i>E.grandis</i>	<i>E.saligna</i>	<i>E.urophylla</i>	<i>E.grandis</i> x <i>E.urophylla</i>
1	1	1	3	-
2	1	1	3	2
3	1	-	2	8
4	1	-	2	8
5	3	1	1	2

3.2.3 Inventário e produtividade florestal

Utilizou-se a primeira medição realizada nos ensaios, ocorrida por volta de 24 meses, quando foram medidos o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura de todas as plantas das parcelas úteis. O cálculo do volume individual foi feito conforme a equação (11), modelo de Schumacher-Hall (1933) e os parâmetros foram ajustados de acordo com cada material genético.

$$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP) + \beta_2 \cdot \ln(H) \quad (11)$$

Onde:

ln: logaritmo neperiano

V: volume individual (m³)

DAP: diâmetro à altura do peito (cm)

H: altura total estimada (m)

β_0 , β_1 e β_2 : parâmetros caracterizados de acordo com o clone

O cálculo do Incremento Médio Anual (IMA) foi idêntico ao realizado na etapa 1.

3.2.4 Padronização do Intervalo Ótimo de Uniformidade

O conceito de Intervalo Ótimo de Uniformidade (IOU) é aqui proposto e representa o intervalo de valores do índice de uniformidade no qual o povoamento é considerado uniforme, do ponto de vista prático ou operacional. Valores do índice de uniformidade que estejam fora do intervalo caracterizam o povoamento como fora do padrão de uniformidade almejado.

As plantas clonais, por possuírem características genéticas idênticas, teoricamente expressam a uniformidade máxima quando a qualidade silvicultural é adequada.

O IOU representa o intervalo de confiança da média menos uma vez o desvio padrão. Como já possuímos o máximo da uniformidade (50%) podemos dizer que trata-se de um teste estatístico unicaudal, onde será definido apenas o limite inferior através da subtração do desvio padrão.

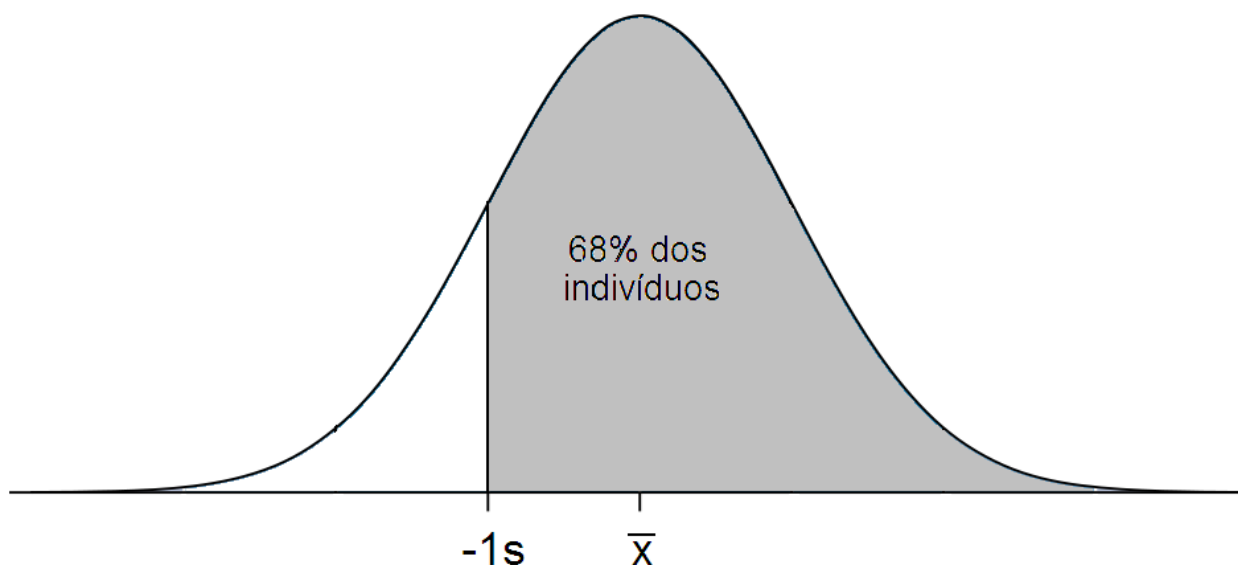


Figura 7 - Exemplo dos indivíduos capturados pelo Intervalo Ótimo de Uniformidade. O eixo das abscissas representa a média (\bar{x}) e subtração de 1 vez o desvio padrão (s). A subtração de 1 vez o desvio padrão comporta 68% dos indivíduos da amostra

Dessa forma, o IOU é expresso pela equação (12).

$$\text{IOU}_{ij} > \bar{x}_{ij} - 1 * s_{ij}$$

(12)

Onde:

IOU: Intervalo Ótimo de Uniformidade da parcela i na idade j

\bar{x}_{ij} : média da variável dendrométrica da parcela i na idade j

s_{ij} : desvio padrão da média da variável dendrométrica da parcela i na idade j

O programa Estatística 8.1 (STAT, 2011) foi utilizado para a elaboração das análises.

3.3 Etapa 3: Validação de uso do IOU em escala temporal e espacial

3.3.1 Caracterização da área experimental

A terceira etapa foi conduzida em plantios comerciais pertencentes à empresa International Paper, onde as parcelas do inventário contínuo representaram em torno de 12.000 hectares de florestas plantadas de *Eucalyptus*. As parcelas estavam presentes em 10 locais do nordeste do estado de São Paulo (Figura 8) em povoamentos com plantios realizados entre 1995 e 2009. Segundo Lemos (2012), a produtividade atingível média na região é de $49 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, considerada elevada para os padrões da silvicultura nacional.

Para que não houvesse confundimento da evolução da qualidade dos materiais genéticos e da qualidade intrínseca do sítio com a qualidade silvicultural, foram selecionadas apenas as parcelas de um único clone de *Eucalyptus urophylla*, plantados em Latossolos.



Figura 8 - Região onde estão inseridos os testes clonais e os povoamentos comerciais de *Eucalyptus*, utilizados nas etapas de padronização e validação

3.3.2 Delineamento experimental

Foram selecionadas 881 parcelas da rede de inventário florestal (Tabela 7). As parcelas possuíam formato circular, com um raio de 11,3 metros, totalizando 400 metros quadrados por parcela. Houve uma menor quantidade de parcelas no início do estudo pelo fato do clone selecionado estar sendo gradualmente implantado. O mesmo ocorreu no final, quando o clone estava sendo substituído por outros materiais genéticos superiores.

Tabela 7 - Quantidade de parcelas por ano de plantio da rede de inventário florestal no sudeste do estado de São Paulo pertencentes à International Paper

Ano de plantio	Quantidade de parcelas
	nº
1995	33
1997	13
1998	72
1999	77
2000	97
2001	56
2002	99
2003	86
2004	139
2005	77
2006	64
2007	47
2008	13
2009	8

3.3.3 Estimativa da produtividade florestal

Utilizaram-se os dados do inventário realizado entre 18 e 30 meses, que é a época da primeira mensuração.

Mediu-se a altura das 15 primeiras árvores da parcela e as quatro árvores dominantes. A altura das árvores restantes foi estimada através de equação hipsométrica (13).

$$HEST = -41,25 + 1,73 \cdot MHDOM + 9,75 \cdot \ln(DAP) + 154,89 \cdot \left(\frac{1}{MHDOM} \right) - 0,02 \cdot (MHDOM^2) \quad (13)$$

Onde:

HEST: altura individual total estimada (m)

MHDOM: média das alturas dominantes da parcela (m)

DAP: diâmetro à altura do peito (cm)

ln: logaritmo neperiano

Utilizou-se do DAP e H para cálculo do volume individual, conforme equação (1), modelo de Schumacher-Hall (1933). O cálculo de Incremento Médio Anual (IMA) foi idêntico à etapa 1.

3.3.4 Operações de silvicultura

As operações de silvicultura foram modificadas ao longo do tempo conforme técnicas de manejo mais aprimoradas foram sendo implementadas. Nessa etapa, as áreas não foram expostas ao rigor experimental de qualidade, o que permite capturar o efeito do aprimoramento das recomendações de manejo e do controle de qualidade ao longo do tempo. Preparo de solo, espaçamento, fertilização, controle de plantas daninhas e controle de qualidade das operações consistiram nas principais mudanças ocorridas no período (Tabela 8).

Até meados de 1996 o preparo de solo era realizado através de grade bedding. De 1997 a 1999 foi utilizada a subsolagem com três hastes e profundidade média de 50 centímetros nos solos argilosos e textura média e com uma haste e profundidade média de 40 centímetros em solos arenosos (teor de argila menor de 15%). A partir de 2000, houve uma mudança na subsolagem de solos argilosos, que passou a ser realizada com uma haste central e na profundidade média de 70 centímetros.

A fertilização sofreu diversas alterações no período estudado. De 1995 a 1997 a mesma fertilização era recomendada para todos os talhões. Em 1998 implementou-se o método de recomendação da fertilização através de unidades de manejo operacionais, que consistiam no agrupamento de áreas com características

de solo e clima semelhantes. A recomendação sítio-específica, baseada na análise de solo e na exportação dos nutrientes pelo ciclo anterior, entrou em vigor em 2008.

No período avaliado, a soma da dose média de nitrogênio, fósforo e potássio aumentou significativamente, saindo de 141 kg ha⁻¹ no início do estudo para 304 kg ha⁻¹ em 2009.

O espaçamento de plantio foi modificado ao longo do período. De 1995 a 1997 o espaçamento médio era de 3 x 2 metros, representando um estoque médio de 1.600 plantas por hectare. De 1998 a 2004 o espaçamento foi aumentado para 3 x 3 metros, compondo um estoque de aproximadamente 1100 plantas por hectare. A partir de 2005 houve um acréscimo no número de plantas por hectare, passando de 1100 para 1250, no espaçamento médio de 3 x 2,5 m.

A capina química, que até 1994 era realizada manualmente, passou por um período de transição e em meados de 1995 passou a ser realizada através de uso de herbicidas até os 9 meses de idade. Em 2008 o período de controle foi alongado, ocorrendo até os 12 meses de idade em área total.

O controle de qualidade também sofreu significativas alterações neste período. Em 1996 iniciou-se o controle de qualidade de maneira esporádica, ou seja, sem uma metodologia e frequência pré-definida e apenas nas operações que utilizavam insumos. A partir de 2004 o controle foi adotado de maneira sistemática em todas as operações de silvicultura, através de metodologia pré-definida, com frequência e método de amostragem. Também se iniciou os registros em sistemas que permitiram o gerenciamento da operação e tomada de ações preventivas e corretivas, uma vez que foi criado um banco de dados com histórico de apontamentos de qualidade.

Tabela 8 - Descrição do manejo conforme o ano de plantio, com detalhamento do tipo de preparo de solo, método de recomendação e dose de fertilização, estoque em número de plantas por hectare, período de controle de plantas daninhas, sistemática de 8 controle de qualidade das operações silviculturais e as principais mudanças ocorridas em cada período nas áreas comerciais da International Paper na região de Mogi Guacu

Ano de plantio	Preparo de solo (Profundidade – cm)	Sistema de fertilização	Dose (NPK, kg ha ⁻¹)	Estoque (Plantas ha ⁻¹)	Período de controle de plantas daninhas	Controle de qualidade	Principal(is) mudança(s)
1995-96	Grade bedding	Adubação de base+cobertura+ Cinza	141	1600	Início da capina química até 9 meses	Ausente	-
1997	Subsolagem: 3 hastes em solo argiloso (~50cm) 1 haste em solo arenoso (~40cm)	Idem 1996	112	1600	Idem 1994	Ausente	Início da subsolagem
1998-99	Idem 1997	Adubação por unidade de manejo (5 unidades)	141	1150	Idem 1994	Ausente	Aprimoramento da fertilização/ espaçamento
2000-04	1 haste em solo argiloso (~70cm) 1 haste em solo arenoso (~40cm)	Adubação por unidade de manejo (6 unidades)	232	1150	Idem 1994	Parcial	Aprimoramento da fertilização/ preparo de solo/Início controle qualidade
2005-07	Idem 2000	Adubação por unidade de manejo (8 unidades)	221	1250	Idem 1994	Total	Aprimoramento da fertilização/ Espaçamento/ controle qualidade
2008-09	Idem 2000	Adubação por talhão, de acordo com análise de solo	304	1250	Capina química até 12 meses	Total	Aprimoramento da fertilização/ capina química

3.3.5 Validação do uso da uniformidade e do Intervalo Ótimo de Uniformidade

Para validar a eficácia da uniformidade e do conceito de Intervalo Ótimo de Uniformidade (IOU) em escala temporal e espacial foi levantado o percentual de parcelas dentro do IOU (%IOU) no intervalo avaliado (1995-2009) e a sua relação com a uniformidade.

A evolução do %IOU foi descrito paralelamente à evolução dos principais grupos de operações silviculturais, que foram o preparo de solo, espaçamento, controle de plantas daninhas, método de recomendação de fertilização, dose de fertilizantes e sistema de controle de qualidade.

Completando a análise, avaliou-se a evolução da produtividade através do Incremento Médio Anual (IMA) aos dois anos.

3.3.6 Análise estatística

Regressões foram utilizadas para obtenção da correlação entre o tempo em anos após o ano-base de análise (1995) com as seguintes medidas i) a uniformidade, representada pelo índice selecionado na etapa 1; ii) o percentual de parcelas dentro do IOU e iii) a produtividade florestal.

As análises estatísticas foram desenvolvidas no software Statistica 8.1 (STAT, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Etapa 1: definição dos índices de uniformidade

Na tabela 9 são apresentados os coeficientes de correlação entre os índices-base e os demais índices de todas as variáveis dendrométricas avaliadas.

Nota-se que os índices-base de volume individual obtiveram um coeficiente de correlação elevado ($r > 0,88$, $p < 0,001$) quando relacionados aos índices homônimos das outras variáveis dendrométricas (DAP, H, g, Vcil, DAP³ e H³). O coeficiente de variação do volume individual (CVV) tem alta relação com os demais coeficientes de variação ($r > 0,95$), porém menor com o Gini e com o Pvar das mesmas variáveis ($r < 0,89$). Resultados semelhantes ocorreram com os outros índices-base.

Bendel et al. (1989) criaram populações hipotéticas com diferentes características, de forma a conseguir capturar as diferenças entre o coeficiente de variação, o coeficiente de Gini e a assimetria. Os autores também aplicaram os três índices em populações de *Festuca idahoensis* e *Bromus tectorum* para avaliar como os índices capturavam a heterogeneidade das plantas utilizando de dados reais. Os autores concluíram que índices de uniformidade em geral possuem características indesejáveis a depender do enfoque do estudo e, por essa razão, torna-se necessário conhecer os objetivos do estudo e a distribuição de classes dos indivíduos para a determinação do índice adequado.

O CV apresentou elevado r com o PV50 ($-0,96$, $p < 0,001$), porém, a análise de resíduos entre os dois índices (Figura 9b) mostra uma concentração de parcelas onde o resíduo é de aproximadamente -10,0%. Essas parcelas representam as unidades amostrais com um percentual de falhas próximo a 10% e também as parcelas com um grande número de indivíduos dominados. Isso ocorre, pois o CV possui a característica de determinar a uniformidade sem capturar as falhas, uma vez que a variância, utilizada para cálculo do desvio padrão, é obtida apenas para indivíduos vivos. Assim, torna-se um índice de uniformidade adequado quando o objetivo é entender o padrão de uniformidade apenas dentro dos indivíduos vivos. Ainda assim, ele não é recomendado quando há a concentração de indivíduos

próximos aos extremos, que alteram significativamente o desvio padrão (Bendel et al., 1989).

Tabela 9 - Índice, variável dendrométrica, código do índice e coeficiente de correlação (r) entre os índices-base e os demais índices de todas as variáveis dendrométricas utilizadas no estudo e as respectivas médias

Índice	Variável dendrométrica	Código	Coeficiente de correlação						
			Índice-base de volume individual						
			CVV	GINI	PV			As	Hm
				25	50	75			
CV	DAP	CVDAP	0,99	0,85	-0,91	-0,95	-0,94	0,51	0,77
	H	CVH	0,95	0,79	-0,85	-0,90	-0,90	0,44	0,71
	V	CVV	1,00	0,85	-0,90	-0,96	-0,96	0,55	0,80
	Vcil	CVVcil	1,00	0,85	-0,90	-0,96	-0,96	0,56	0,81
	DAP ³	CVDAP ³	1,00	0,85	-0,90	-0,96	-0,96	0,58	0,79
	g	CVg	1,00	0,85	-0,90	-0,96	-0,96	0,54	0,80
	H ³	CVH ³	0,97	0,80	-0,86	-0,93	-0,93	0,50	0,69
CV	Média		0,99	0,83	-0,89	-0,94	-0,94	0,53	0,76
Gini	DAP	GiniDAP	0,96	0,96	-0,96	-1,00	-0,98	0,69	0,83
	H	GiniH	0,96	0,96	-0,96	-1,00	-0,98	0,69	0,82
	V	GiniV	0,85	1,00	-0,95	-0,95	-0,92	0,73	0,78
	Vcil	GiniVcil	0,78	0,97	-0,90	-0,91	-0,88	0,72	0,81
	DAP ³	GiniDAP ³	0,96	0,95	-0,96	-0,99	-0,98	0,69	0,81
	g	Ginig	0,94	0,98	-0,96	-0,99	-0,97	0,70	0,81
	H ³	GiniH ³	0,93	0,94	-0,94	-0,98	-0,97	0,68	0,86
GINI	Média		0,91	0,97	-0,95	-0,97	-0,96	0,70	0,82
Pvar25	DAP	PDAP25	-0,74	-0,98	0,93	0,88	0,83	-0,70	-0,70
	H	PH25	-0,69	-0,95	0,88	0,85	0,80	-0,69	-0,70
	V	PV25	-0,90	-0,95	1,00	0,96	0,90	-0,63	-0,76
	Vcil	PVcil25	-0,90	-0,94	1,00	0,96	0,90	-0,62	-0,76
	DAP ³	PDAP ³ 25	-0,90	-0,93	1,00	0,95	0,89	-0,62	-0,73
	g	Pg25	-0,87	-0,97	0,99	0,95	0,90	-0,65	-0,73
	H ³	PH ³ 25	-0,88	-0,94	0,97	0,95	0,90	-0,62	-0,75
Pvar25	Média		-0,84	-0,95	0,97	0,93	0,87	-0,65	-0,73
Pvar50	DAP	PDAP50	-0,88	-1,00	0,95	0,97	0,94	-0,71	-0,80
	H	PH50	-0,82	-0,96	0,89	0,93	0,91	-0,71	-0,76
	V	PV50	-0,96	-0,95	0,96	1,00	0,98	-0,67	-0,84
	Vcil	PVcil50	-0,96	-0,95	0,96	1,00	0,98	-0,67	-0,84
	DAP ³	PDAP ³ 50	-0,96	-0,95	0,96	1,00	0,97	-0,66	-0,82
	g	Pg50	-0,95	-0,97	0,96	1,00	0,97	-0,67	-0,82
	H ³	PH ³ 50	-0,94	-0,93	0,91	0,98	0,97	-0,66	-0,79
Pvar50	Média		-0,92	-0,96	0,94	0,98	0,96	-0,68	-0,81
Pvar75	DAP	PDAP75	-0,90	-0,98	0,92	0,97	0,98	-0,73	-0,82
	H	PH75	-0,84	-0,95	0,88	0,93	0,93	-0,72	-0,72
	V	PV75	-0,96	-0,92	0,90	0,98	1,00	-0,70	-0,83
	Vcil	PVcil75	-0,96	-0,92	0,90	0,98	1,00	-0,70	-0,83
	DAP ³	PDAP ³ 75	-0,96	-0,92	0,90	0,97	1,00	-0,70	-0,82
	g	Pg75	-0,95	-0,94	0,91	0,98	1,00	-0,70	-0,82
	H ³	PH ³ 75	-0,93	-0,90	0,87	0,95	0,97	-0,67	-0,68
Pvar75	Média		-0,93	-0,93	0,90	0,97	0,98	-0,70	-0,79
As	DAP	AsDAP	0,55	0,73	-0,63	-0,67	-0,70	1,00	0,54
	H	AsH	0,60	0,53	-0,51	-0,60	-0,64	0,82	0,54
	V	AsV	0,48	0,42	-0,41	-0,48	-0,51	0,63	0,39
	Vcil	AsVcil	0,51	0,65	-0,54	-0,60	-0,65	0,96	0,49
	DAP ³	AsDAP ³	0,50	0,65	-0,53	-0,58	-0,65	0,92	0,49
	g	Asg	0,45	0,62	-0,50	-0,55	-0,60	0,93	0,48
As	Média		0,50	0,59	-0,51	-0,57	-0,61	0,88	0,46
Hm	H	Hm	0,80	0,78	-0,76	-0,84	-0,83	0,54	1,00

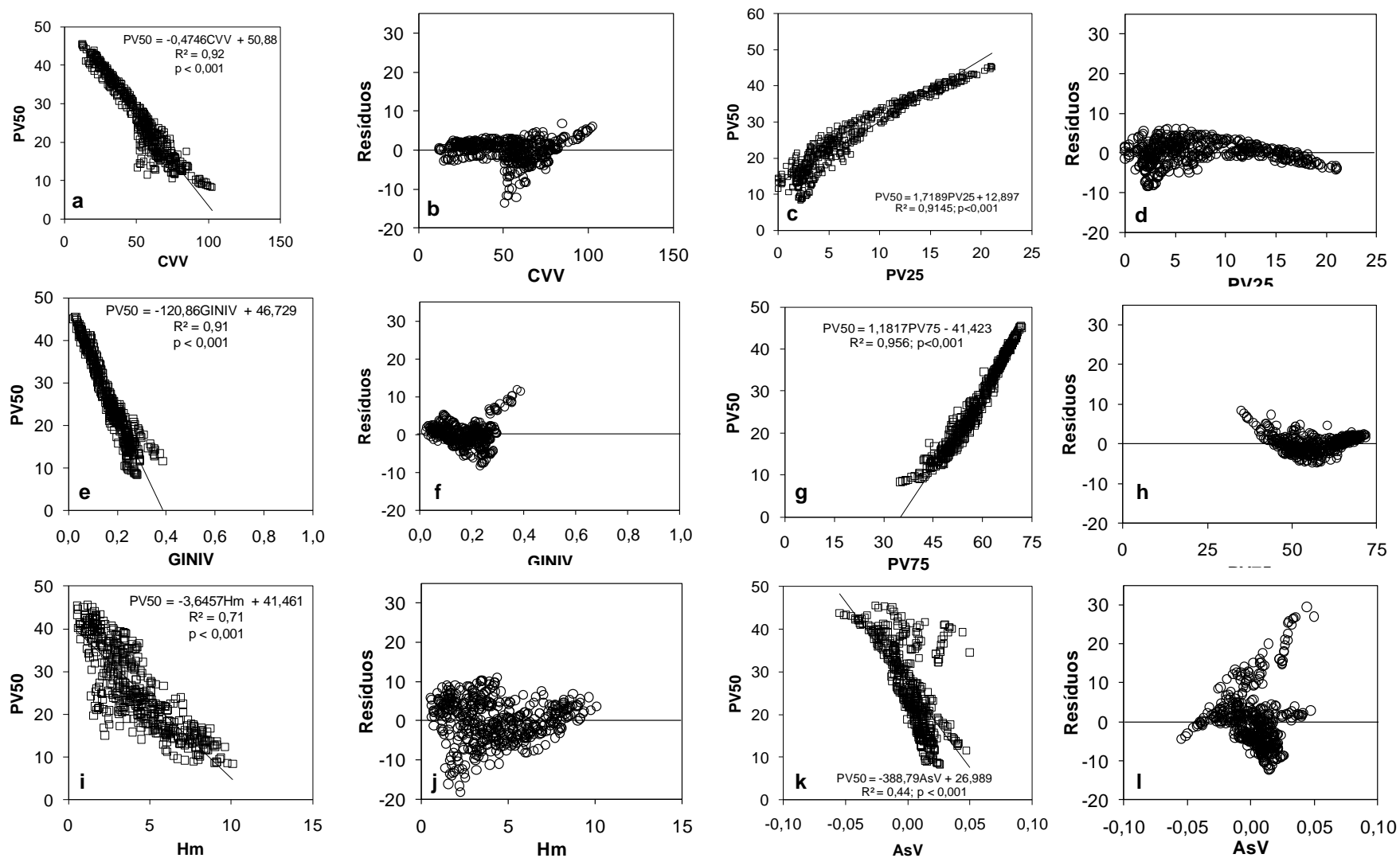


Figura 9 - Relação entre o PV50 com o CVV(a), GiniV(e) e Hm (i) com os respectivos resíduos (b, f e j) e relação entre o PV50 e o PV25(c), PV75 (g) e AsV (k) com os respectivos resíduos (d, h e l). Cada ponto representa uma parcela dos três sítios avaliados do projeto BEPP e contempla as idades de 5 a 72 meses

O coeficiente de Gini de volume individual obteve um elevado r com o PV50 (-0,95), porém, assim como nos resultados encontrados por Bendel et al. (1989), a análise de resíduos mostra que o Gini foi altamente sensível ao aumento de falhas na população. Nas parcelas onde o percentual de falhas foi superior a 10% o Gini obteve uma dispersão dos resíduos próxima de 10% (Figura 9f). Como é comum a existência de falhas, seja na fase implantação do povoamento ou durante o estabelecimento das plantas, devido à interferência de fatores bióticos e abióticos, o uso desse índice é restrito aos povoamentos com elevada sobrevivência.

A assimetria do volume individual foi o índice que obteve o menor r , tanto em relação à assimetria das outras variáveis quanto em relação aos outros índices. O r da Assimetria do volume individual em relação à assimetria das outras variáveis foi, em média, de 0,88. Quando relacionado aos outros índices o r foi ainda menor, variando de 0,53 na correlação com o CV a -0,70 com o P75.

Esse índice foi concebido para capturar a distribuição dos indivíduos na população independentemente da ordem de grandeza dos valores, ou seja, não depende da média e desvio padrão do povoamento e sim da distribuição dos indivíduos nas diferentes classes. A elevada dispersão dos resíduos, chegando próximo a 30 unidades (Figura 9L), evidencia esse comportamento.

Knox e Peet (1989) compararam o coeficiente de variação, o coeficiente de Gini e a assimetria para determinar o comportamento da dominância em povoamentos de *Pinus*. Verificaram que a assimetria não se correlacionou bem com os demais índices, invalidando sua recomendação em estudos com esse objetivo. Adaptando os dados utilizados por Tomé et al. (1994) no estudo do efeito da irrigação e fertilização em *Eucalyptus globulus* em Portugal, observa-se uma forte correlação positiva entre o Gini e o CV ($r^2 = 0,98$), enquanto uma correlação menor destes dois índices foi observado com a assimetria ($r^2 = 0,72$ e $0,88$, respectivamente). Little, Van Staden e Clarke (2003) compararam o coeficiente de variação de altura e DAP com o coeficiente de Gini e observaram elevada correlação entre eles. Concluíram que apesar de conceitualmente diferentes, quando utilizados em banco de dados reais ambos obtiveram resultados semelhantes.

O Hm também apresentou baixa correlação com os outros índices, com um r médio de 0,73 (Tabela 9), que pode ser explicado pelo fato de utilizar valores absolutos no seu cálculo. Segundo Sakai (1992), que estudou a competição intra-específica em *Cryptomeria japonica*, a altura é a variável dendrométrica menos

sensível à competição e, por isso, preferencialmente não deve ser utilizada em estudos de competição e uniformidade. Resultados semelhantes foram encontrados em *E. globulus* por Tomé et al. (2004).

O PV25 obteve elevada correlação ($r > 0,90$) com o GINI (-0,95) e com o PB50 (0,94). Já o PV50 obteve alta correlação ($r > 0,90$) com o CV (-0,94), GINI (-0,97), PV25 (0,93) e com o PV75 (0,97), enquanto o PV75 obteve elevada correlação com o CV (-0,94), GINI (-0,96) e Pvar50 (0,96).

No caso dos PV25, PV50 e PV75, mesmo possuindo formas de cálculo semelhantes (Figura 5), a correlação entre eles não é robusta, evidenciando que conceitualmente capturam uniformidades de formas distintas e que podem ser usadas para diferentes propósitos. Enquanto o PV25 foi desenhado para capturar a contribuição das árvores dominadas para a amostra, o PV50 foi concebido para capturar a uniformidade da amostra inteira e o PV75 possibilita interpretar as plantas dominantes, uma vez que o índice representa as 25% maiores árvores plantadas.

Somada aos resultados dos coeficientes de correlação, que indicaram que cada índice se correlaciona bem com o seu índice-base homônimo (ex. CVDAP e CVV), à exceção da assimetria e do Hm, foi elaborada uma análise crítica em relação às características dos índices que interferem no objetivo do estudo (Tabela 10). Para o presente propósito, o Pvar50 se mostrou o mais adequado, pois considera as falhas como parte do conceito de uniformidade do povoamento e representa indiretamente a distribuição das árvores em diferentes classes de tamanho, além de possuir intervalos fixos (50% a 0%).

Tabela 10 - Classificação dos índices de acordo com a variação em relação à posição e ordem de grandeza, classificação quanto à unidade, intervalo e as restrições para uso no presente estudo

Índice	Símbolo	Descrição	Sensibilidade		Classificação quanto à unidade	Intervalo [Uniforme-Heterogêneo]	Restrições para uso no presente estudo
			Posição	Grandeza			
Coeficiente de Variação	CV	Desvio padrão dividido pela média da variável dendrométrica	Sim	Sim	Relativa	[0-∞]	Não possui limites; Sensível à ocorrência de valores extremos
Coeficiente de Gini	GINI	Relação entre a curva de Lorenz e a curva de igualdade	Sim	Sim	Relativa	[0-1]	Sensível à valores próximo ou igual a zero (falhas)
Altura máxima – altura média	Hm	Diferença entre a altura máxima e a altura média na parcela	Sim	Sim	Absoluta	[0-h*]	Não possui limites; Não permite comparação de diferentes idades
Porcentagem da variável dendrométrica de interesse de 50% das menores árvores	Pvar50	Porcentagem acumulada da variável de interesse em 50% das menores árvores plantadas	Sim	Sim	Relativa	[50-0]	-
Assimetria	Assim	Grau de afastamento do eixo simétrico	Não	Não	Relativa	[0-∞]	Insensível à grandeza; Não possui limites

*h: valor máximo (geralmente entre 1 e 3 metros, a depender da idade e do sítio)

O r entre o PV50 e o Pg50, PVcil50 e PDAP³50 ficaram acima de 0,99 (Tabela 9). A relevância desta informação está na possibilidade de uso de variáveis dendrométricas mais simples quando não se tem equações de volume individual ou de biomassa. Segundo Campos e Leite (2006) a altura é uma variável de acesso mais difícil quando comparado ao DAP, já que o custo para a sua medição é relativamente maior, além de necessitar de técnica e equipamento adequados para a sua obtenção. Em casos em que a altura não é medida, as variáveis dendrométricas área seccional e DAP³ podem ser utilizadas para capturar a uniformidade do povoamento.

Outra dificuldade relacionada ao inventário florestal é a inexistência de equações de volume individual sólido principalmente em regiões sem tradição de cultivo de florestas plantadas (CAMPOS; LEITE; 2006). Nesse caso, o PVcil50 torna-se uma opção.

Dentre as variáveis dendrométricas avaliadas, o PH50 obteve a menor correlação com o PV50, com um r de 0,93 (Tabela 9). Isso ocorre porque geralmente quando há a ocorrência de injúrias causadas por fatores abióticos, como ventos fortes, ou bióticos, como a perda de dominância, causando a bifurcação das plantas, a altura é prejudicada. Ainda assim, a altura é a variável dendrométrica que menos é influenciada pela dominância (MORI, 1987; TOMÉ et al., 1994). Porém, o uso da altura elevada ao cubo (H^3) elevou o r para 0,97 (Tabela 9). Sendo assim, o PH³50 pode substituir o PH50 em levantamentos precoces, quando ainda não é possível a obtenção do DAP.

4.2 Etapa 1: análise do comportamento da uniformidade

Na figura 10 são apresentadas as relações entre as uniformidades inicial e final no sítio de Mogi Guaçu. A uniformidade em idades iniciais obteve um alta correlação com a uniformidade aos 6 anos (Figura 10). O coeficiente de determinação (Figura 10) entre o PH³50 aos 5, 9, 12 e 24 meses e o PV50 aos 6 anos foi de 0,76; 0,72; 0,87 e 0,86, respectivamente. Apesar da relação ser

significativa em todas as idades ($p < 0,001$), o r^2 à partir dos 12 meses foi maior, sugerindo que esta seja a idade mais recomendada para início das mensurações visando o monitoramento da uniformidade.

Fica também evidenciada a importância da manutenção de povoamentos uniformes na fase inicial, antes mesmo do fechamento de copa. Essa informação é de alta relevância para o manejo silvicultural, por duas razões principais: i) elimina a falsa sensação de que a heterogeneidade causada por alguma ação errônea nas operações silviculturais desaparece com o desenvolvimento do povoamento; ii) mostra a possibilidade da realização do levantamento precoce de informações de uniformidade para tomada de decisão com fins silviculturais, como propuseram Stape, Rocha e Donatti (2006). Gonçalves et al. (2008) comentam que as maiores respostas às ações de manejo silvicultural, como a fertilização, o controle de plantas daninhas e o controle de pragas e doenças ocorrem antes do fechamento da copa, entre 1 e 2 anos.

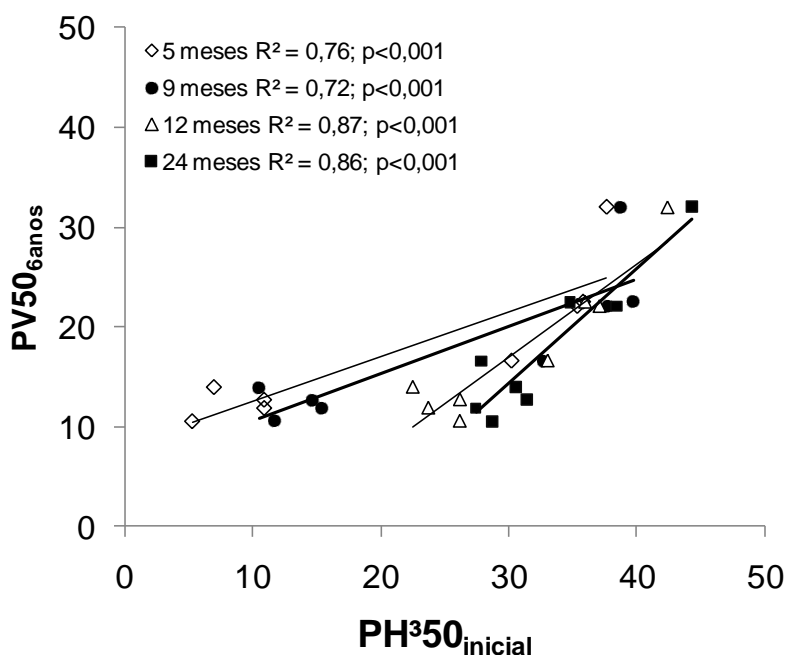


Figura 10 - Uniformidade no final do ciclo (6 anos) capturada pelo Pvar50 do volume individual (PV50 – 6 anos) em função da uniformidade inicial aos 5, 9, 12 e 24 meses para o sítio IP, representada pela altura elevada ao cubo (PH³⁵⁰)

Tabela 11 - Coeficientes de regressão da equação $PV50_{6anos} = \beta_0 + \beta_1 * PH^{350}_{inicial}$ obtida no sítio da International Paper da rede experimental BEPP (Brasil *Eucalyptus* Produtividade Potencial) nas idades de 5, 9, 12 e 24 meses

Idade (meses)	Coeficientes de regressão	
	β_0	β_1
5	0,4463	8,1102
9	0,4717	5,9121
12	0,9381	11,176
24	1,1448	19,931

Em todos os sítios do BEPP houve uma correlação direta entre a produtividade aos 2 anos com a produtividade aos 6 anos (Figura 11). Uma relação semelhante foi observada por Stape et al. (2010) utilizando o Incremento Corrente Anual (ICA) do segundo para o terceiro ano. Também foi detectada uma relação crescente entre a uniformidade inicial (2 anos) e a produtividade final (6 anos).

Esse resultados mostram que as atividades realizadas na fase inicial (GONÇALVES et al., 2000), que representam mais de 70% da demanda de mão-de-obra, máquinas e custos, são de extrema importância para a produtividade final. As corretas recomendações técnicas associadas à qualidade da execução são fatores de sucesso para um povoamento alcançar sua produtividade atingível (STAPE et al., 2010).

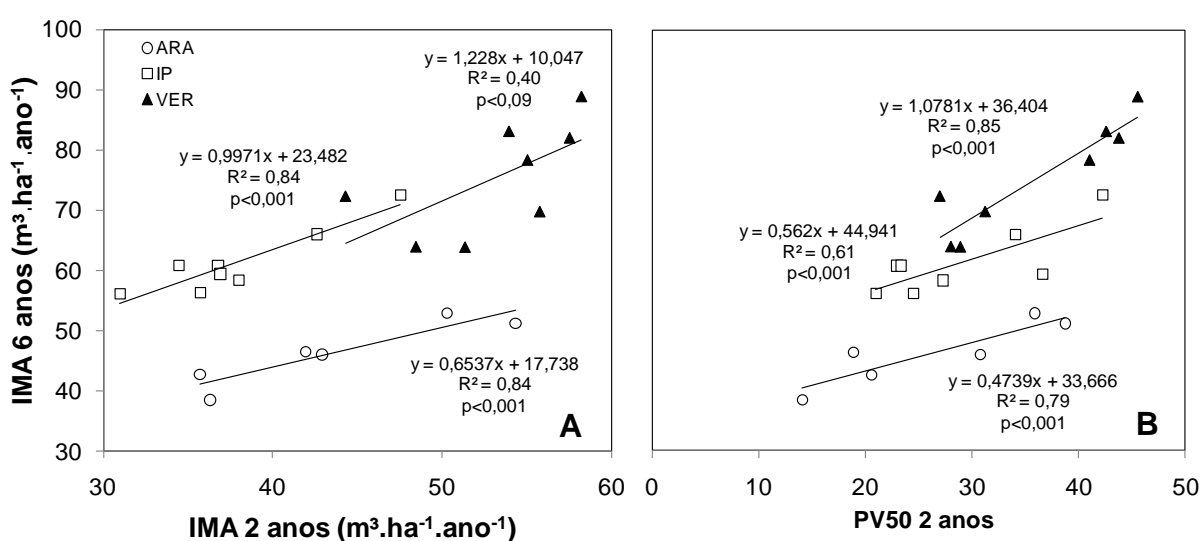


Figura 11 - (a) Correlação entre a produtividade na fase juvenil (2 anos) e no final do ciclo (6 anos) e (b) correlação entre o Pvar50 de volume individual aos 2 anos (PV50 - 2 anos) com a produtividade final (6 anos)

Segundo Binkley et al. (2010), a menor produtividade em povoamentos heterogêneos ocorre devido à menor eficiência de uso dos recursos (água, luz e nutrientes) pelas plantas dominadas. No sítio IP, as plantas dominadas no tratamento uniforme cresceram cerca de 66% do crescimento das plantas dominantes aos três anos. No tratamento heterogêneo, o crescimento das plantas dominadas representou apenas 25% do crescimento das plantas dominantes. Como não houve diferença no suprimento de radiação entre tratamentos, os autores determinaram que o tratamento uniforme foi mais eficiente no uso da luz, uma vez que consegue produzir mais biomassa com a mesma quantidade de luz.

Campoe (2012) obteve resultados semelhantes avaliando a eficiência do uso da luz de povoamentos de *E. grandis* na escala da paisagem, na região central do estado de São Paulo. As 20% maiores árvores do povoamento obtiveram uma eficiência do uso da luz de $1,0 \text{ g MJ}^{-1}$ enquanto que as 20% menores produziram $0,4 \text{ g MJ}^{-1}$ de luz absorvido.

Thomas e Weiner (1989) e Shiwinning e Weiner (1997) definem esse tipo de competição como assimétrica, onde as plantas dominantes crescem proporcionalmente mais do que as plantas dominadas em um mesmo período. O mesmo comportamento foi observado em diversas outras culturas florestais, como em *Pinus banksiana* (METSARANTA E LIEFFERS, 2010) e *Pinus sylvestris* (YASTREBOV, 1996).

Mesmo em povoamentos antigos de *Eucalyptus*, os indivíduos dominados tendem a crescer menos do que os dominantes. Doi, Binkley e Stape (2010) avaliaram o crescimento de povoamentos de *E. saligna* aos 66 e 70 anos no Brasil e no Havai, respectivamente, e encontraram que as 50% menores árvores representaram apenas 18 e 36% do crescimento.

Boyden, Binkley e Stape (2000) comparando a produtividade deste mesmo clone de *Eucalyptus* plantios seminais sugeriram que a maior produtividade dos povoamentos clonais se deu em sua maior parte à maior uniformidade do povoamento, que permite com que a eficiência do uso de recursos seja elevada árvore a árvore.

Outra abordagem em relação ao efeito da qualidade silvicultural na uniformidade pode ser demonstrada através do comportamento do PV50 ao longo do tempo (Figura 12). Nos três sítios observa-se que o tratamento heterogêneo

possui o PV50 menor desde o início das mensurações e a diferença em relação ao tratamento uniforme aumenta com a idade. No sítio de Aracruz, o PV50 aos 9 meses de idade foi de 39% e de 22% nos tratamentos homogêneo e heterogêneo caindo para 26% e de 12% aos 6 anos. Como resultado, a produtividade foi 15% menor no tratamento heterogêneo. Comportamentos semelhantes ocorreram nos outros dois sítios, com a diferença na uniformidade resultando em perdas de produtividade. Na média dos três sítios, a uniformidade foi 53,5% menor no tratamento heterogêneo, resultando em perda média de produtividade de 14,3%.

Nos sítios de Mogi Guacu e Eunápolis (Figura 12) observa-se um aumento do PV50 até cerca de 20 meses e uma redução constante até o final do ciclo. No tratamento heterogêneo, a uniformidade aumenta antes do fechamento da copa, mas não é suficiente para atingir o patamar do tratamento uniforme.

Comportamento semelhante foi observado por Munhoz (2011) em *Pinus taeda* no sul do Brasil. O PB50 (biomassa individual) aumentou até o 4º ano e começou a reduzir, evidenciando o aumento da competição intra-específica após o fechamento da copa do *Pinus*.

Para os três ensaios estudados, a redução média do PV50 no tratamento heterogêneo aos 72 meses foi de 15,1% e o IMA obteve uma redução de $9,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Isso mostra que para cada 1% de redução no PV50 houve uma perda de $0,63 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no IMA.

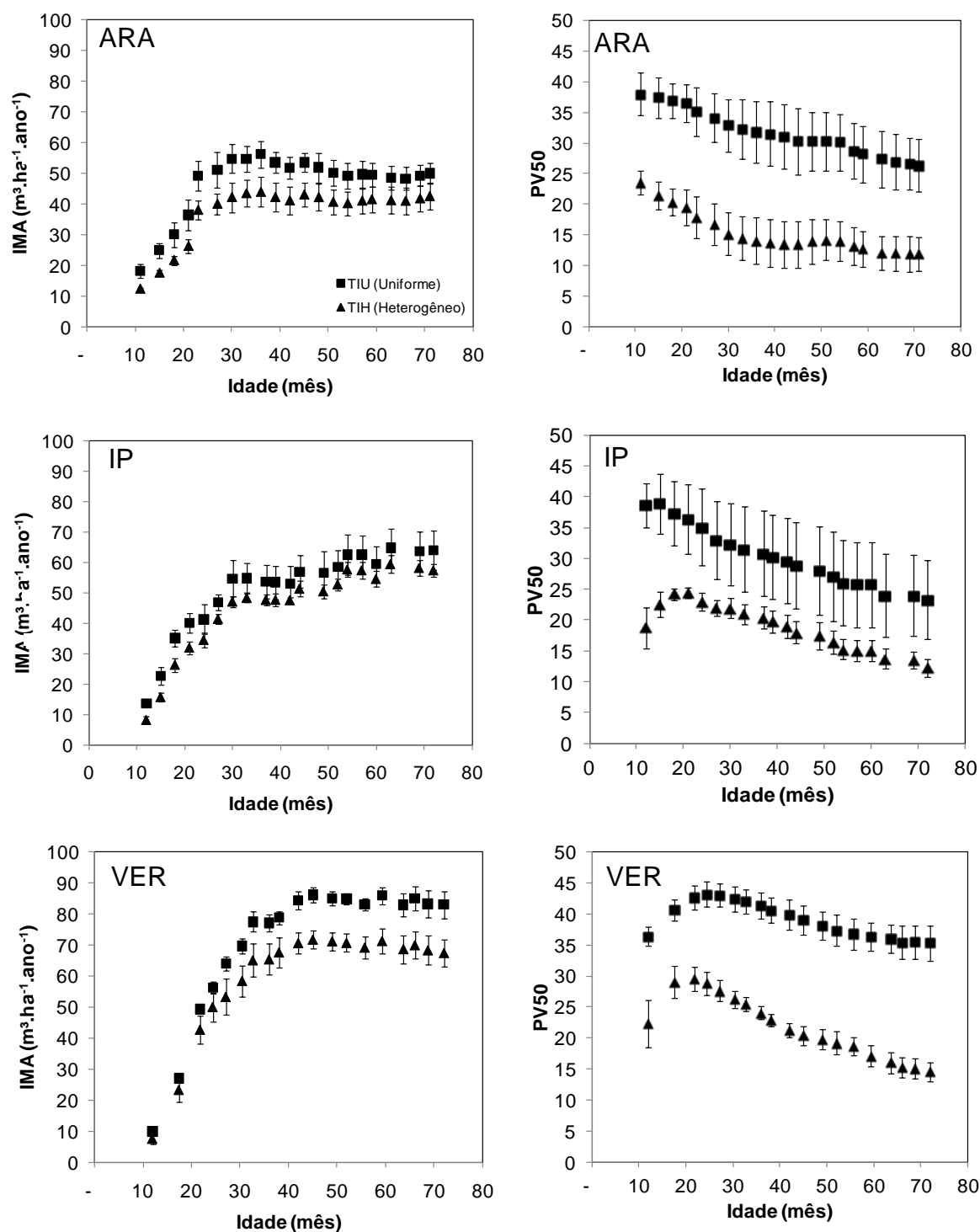


Figura 12 - Comportamento do Incremento Médio Anual (IMA) e do PV50 de volume individual nos sítios de Aracruz (ES), Mogi Guaçu (SP) e Eunápolis (BA) entre 12 e 72 meses

4.3 Etapa 2: determinação do intervalo ótimo de uniformidade

Nos cinco ensaios clonais de *Eucalyptus*, a produtividade aos 2 anos variou de 21 a 46 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e o índice de sítio na idade base de 7 anos de 26 a 33 metros (Figura 13). De acordo com o teste de médias (Teste de Tukey a 5% de significância) os cinco testes clonais se dividiram em três classes de produtividade, definidos neste estudo como sítios de baixa, média e alta produtividade.

A diferença de produtividade pode ser atribuída principalmente às características físicas do solo (Tabela 4), como o teor de argila. Quando os extremos são comparados, o sítio mais argiloso, com 48% de argila, apresentou produtividade aos 2 anos de 46 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto no sítio com o menor teor de argila, 11%, a produtividade aos 2 anos foi de 21 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. O resultado suporta o encontrado por Gava (2005), que observou em povoamentos de *Eucalyptus* plantados na região centro-sul do estado de São Paulo uma relação positiva entre o teor de argila e o potencial produtivo do sítio. Stape et al. (2010) em estudo sobre a produtividade potencial do *Eucalyptus* no Brasil mostraram que a água é o fator mais limitante da produtividade florestal no Brasil. Além da questão hídrica, também devem ser consideradas as características químicas do solo. Munhoz (2011) relatou uma relação positiva de crescimento em povoamento de *Pinus* no sul do Brasil com a matéria orgânica e a quantidade de Nitrogênio disponível, relação também observada nos testes clonais. No sítio mais produtivo o teor de matéria orgânica foi cerca de 60% superior aos sítios menos produtivos (Tabela 4).

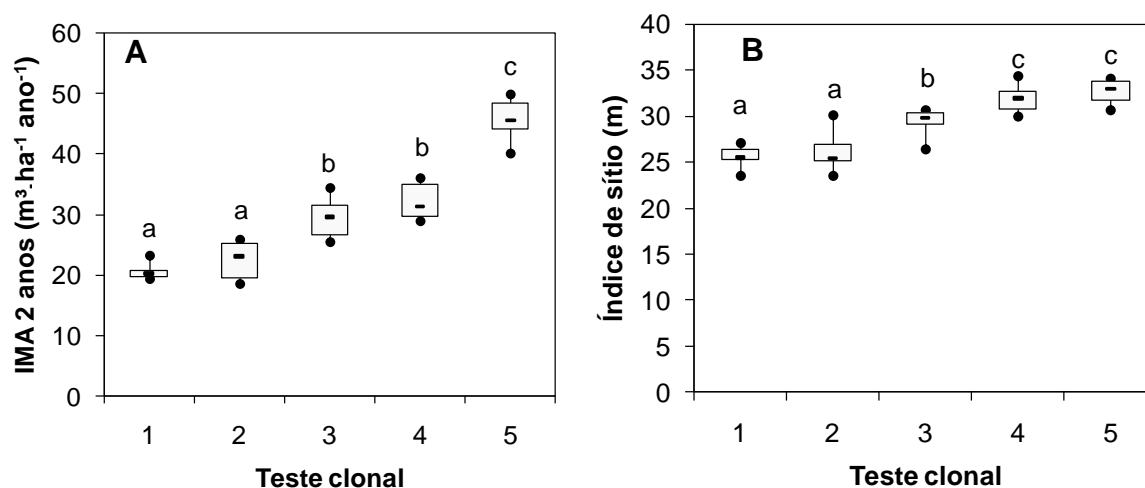


Figura 13 - (a) Incremento médio anual aos 2 anos e (b) Índice de sítio (Idade base 7 anos) em cinco testes clonais de *Eucalyptus* na região nordeste do estado de São Paulo.

O PV50 de volume individual aos 2 anos nos cinco ensaios variou de 39% a 43%, não havendo diferença significativa entre os ensaios (Teste de Tukey a 5% de significância) (Figura 14).

Assim, o intervalo ótimo de uniformidade (IOU) foi estabelecido com o limite inferior de 37% e o limite superior, 50%.

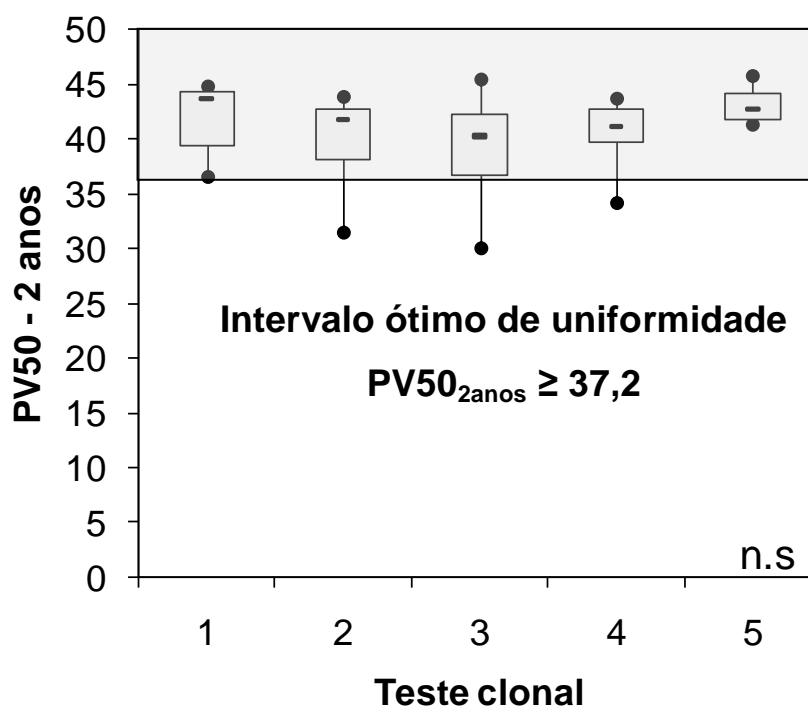


Figura 14 - PV50 aos 2 anos dos cinco testes clonais de *Eucalyptus*. A faixa cinza delimita o intervalo ótimo de uniformidade (IOU) correspondente à média do PV50 menos 1 desvio padrão dos cinco testes clonais

A ausência de diferença de uniformidade entre os testes clonais (Figura 14) mostra que quando as recomendações técnicas e a qualidade da execução das operações são realizadas dentro de um padrão ótimo, como foi o caso dos testes clonais, a uniformidade possui um comportamento padrão independentemente da capacidade produtiva do sítio.

Aspinwall et al. (2011) relataram em um estudo sobre influência do nível de melhoramento genético na uniformidade e produtividade de povoamentos de *Pinus taeda* no sudeste dos Estados Unidos que a uniformidade em povoamentos clonais são dependentes da qualidade silvicultural. Concluíram que o fato das árvores da população serem geneticamente idênticas não garante a elevada uniformidade.

4.4 Etapa 3: uniformidade em escala operacional e temporal

O PV50 médio aos 2 anos de idade foi de 29% no primeiro ano do estudo e atingiu o valor de 42% em 2009 (Tabela 12). O percentual de parcelas dentro do IOU (%IOU) também aumentou significativamente, passando de 39% no início do acompanhamento para 100% no último ano avaliado, apresentando uma alta correlação com o PV50.

Tabela 12 - Produtividade média (Incremento Médio Anual, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), PV50 (%) e percentual de parcelas dentro do intervalo ótimo de uniformidade (%IOU) do PV50 aos 2 anos em povoamentos comerciais de *Eucalyptus* de acordo com o ano de plantio. O tamanho da amostra (n) e a probabilidade da relação entre o ano de plantio e o IMA, o PV50 e o %IOU são apresentadas

Ano de plantio	IMA	PV50	%IOU PV50
	$\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$	[50-0]	%
1995	37,2	28,9	24
1997	41,1	33,0	38
1998	38,4	38,3	71
1999	39,6	39,6	78
2000	40,3	39,3	77
2001	41,1	39,3	79
2002	39,3	37,8	62
2003	42,1	40,0	83
2004	41,0	39,4	78
2005	41,3	40,6	84
2006	45,9	39,9	81
2007	44,6	41,5	91
2008	48,5	37,8	77
2009	47,5	41,6	88
n	881	881	881
p	0,001	0,001	0,001

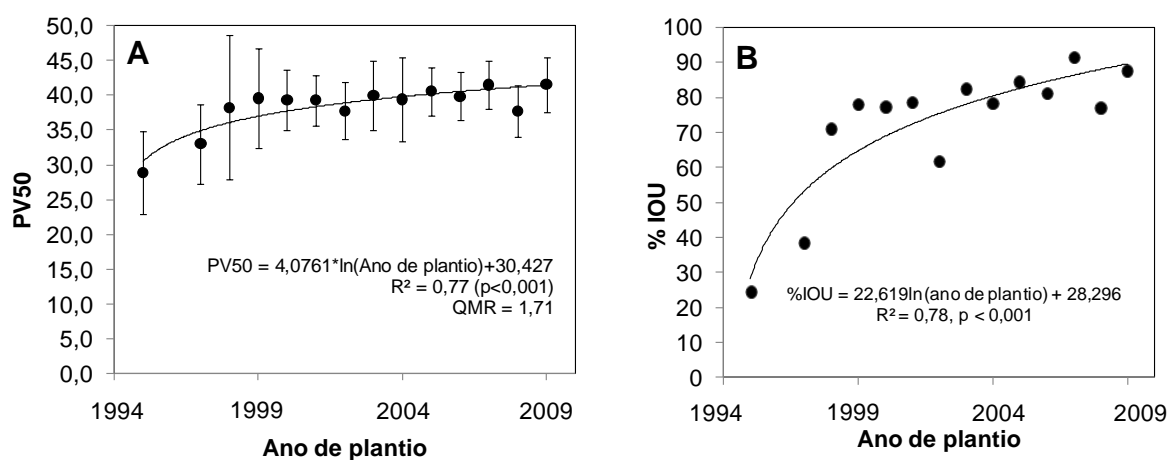


Figura 15 - (a) Uniformidade dos plantios realizados entre 1995 a 2009 mensurada através do PV50 aos 2 anos. A barra representa o desvio padrão. (b) Percentual de parcelas dentro do Intervalo Ótimo de Uniformidade (%IOU)

O coeficiente de determinação (r^2) de 0,97 entre o %IOU a o PV50 aos 2 anos (Figura 16) mostra que o %IOU captura a maior parte da variação da uniformidade e que o aumento da uniformidade se deu na escala da parcela (Figura 15a) e na escala da população (Figura 15B).

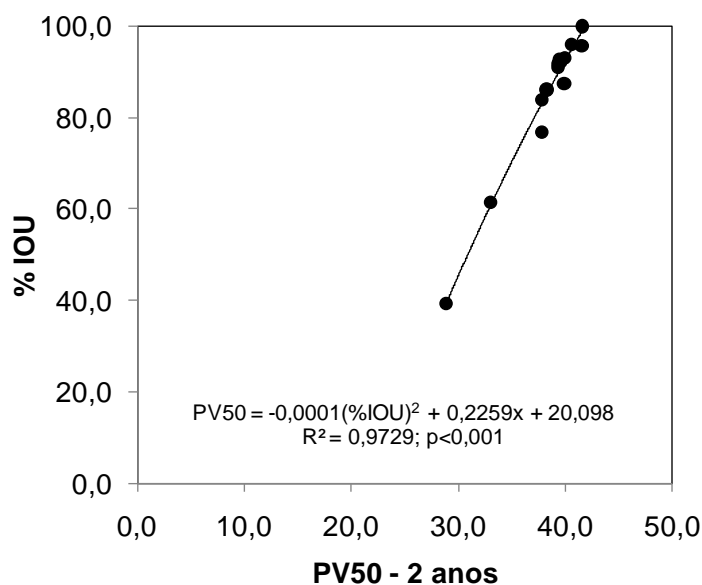


Figura 16 - Relação do percentual de parcelas dentro do Intervalo Ótimo de Uniformidade com o PV50 aos dois anos

O manejo silvicultural possui a função de aumentar a disponibilidade de recursos de crescimento, como água, luz e nutrientes. Cada grupo de operações e a qualidade da sua execução contribuem de maneira diferente para este objetivo (NYLAND, 2007).

A relação do aumento da uniformidade do povoamento, para um mesmo clone, numa ampla área ao longo do tempo de maneira significativa (Figura 14) mostra fortes indícios da melhoria da qualidade silvicultural, tanto em termos de recomendações mais ajustadas de forma a considerar as diferenças sítio-específicas, como na qualidade da execução das operações (Figura 15).

A evolução do percentual de parcelas dentro do IOU apresenta três fases distintas (Figura 17). Na primeira fase, há um crescimento acentuado desse percentual, que passou de 24% para 78% de 1995 a 1998. Uma segunda fase é caracterizada pela manutenção deste patamar, com uma média de 76% de 2000 a

2004. A partir de 2005, deu-se início à terceira fase, onde o patamar foi elevado para uma média de 84% das parcelas dentro do Intervalo Ótimo de Uniformidade.

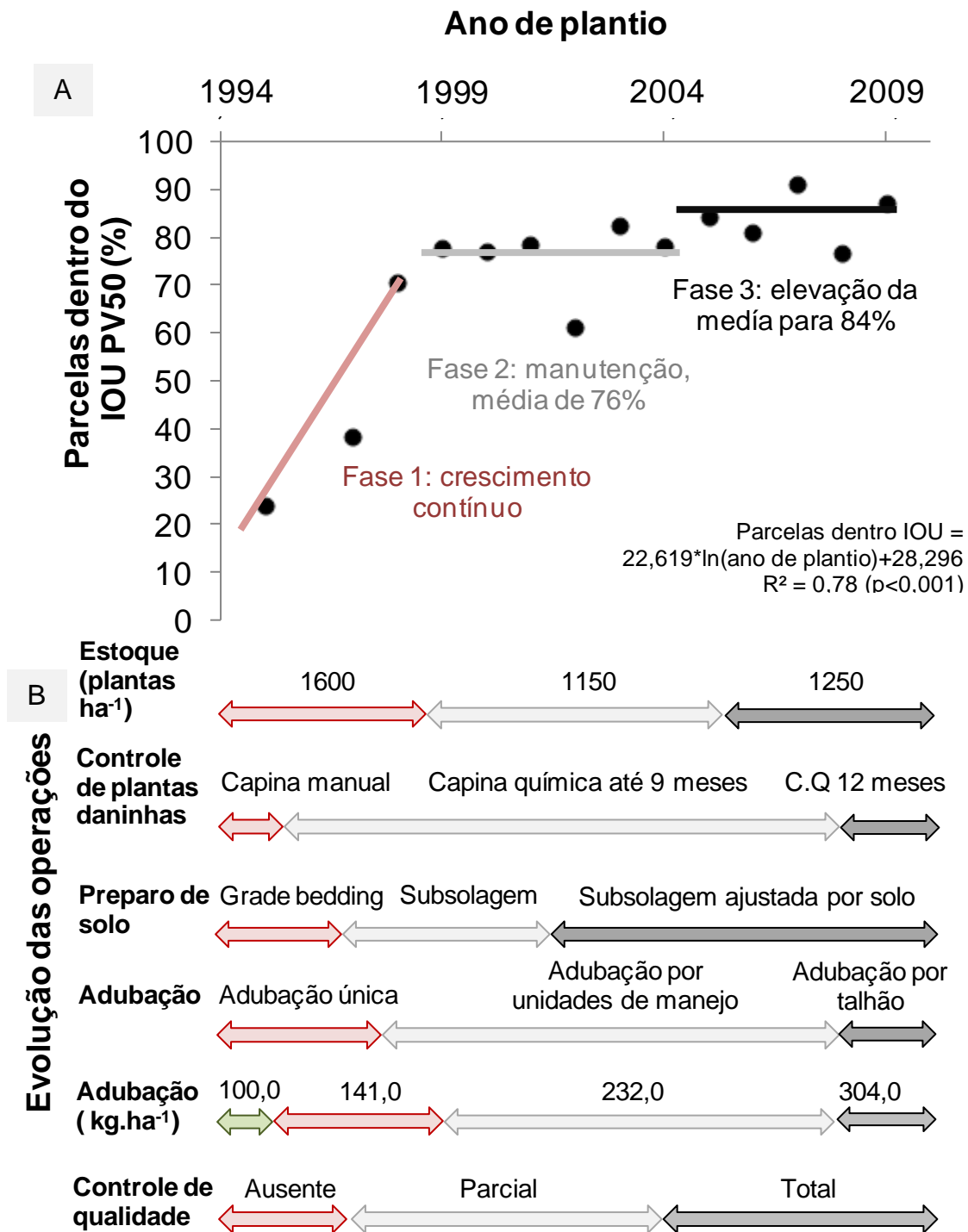


Figura 17 - (A) Percentual de parcelas dentro do intervalo ótimo de uniformidade medidos através do PV50 de volume individual de acordo com o ano de plantio (B) e evolução dos grupos de operações silviculturais ao longo do tempo. A equação utilizada foi a logarítmica, onde %Parcelas dentro do IOU = $22,619 \cdot \ln(\text{ano de plantio}) + 28,296$

De acordo com a figura 17, as principais mudanças de manejo silvicultural na primeira fase foram a implementação da capina química e da subsolagem, caracterizando a substituição do sistema de cultivo intensivo pelo cultivo mínimo do solo.

O preparo de solo tem a função de modificar as suas características físicas, proporcionando condições adequadas para que o povoamento obtenha elevada taxa de sobrevivência e de crescimento, tanto inicial como ao longo do ciclo da floresta (NYLAND, 2007).

A extinção do uso da grade bedding e a implementação definitiva da subsolagem foi provavelmente uma das mudanças que elevaram o PV50 de 33% em 1997 para 38% em 1998. Segundo Gonçalves et al. (2000), o preparo de solo no sistema de cultivo mínimo aumenta a sobrevivência e a uniformidade, quando comparado a um sistema convencional. Sasaki, Gonçalves e Silva (2007) relataram o aumento da produtividade com o aumento do volume de solo preparado na linha de plantio em sistema de manejo de cultivo mínimo.

Até 1994 o controle de plantas daninhas era realizado até os 6 meses através de capina manual. Além de possuir um custo maior, a efetividade dessa atividade em controlar a matocompetição era muito baixa (ZEN, S, 1987, TOLEDO et al., 2000).

Com a introdução da capina química, em 1994, os povoamentos passaram a ter a matocompetição controladas até 9 meses de idade, proporcionando maior tempo sem a presença de plantas daninhas. Toledo et al. (2000) observaram uma produtividade 40% maior em áreas com aplicação de herbicida em comparação à capina manual.

Diversos trabalhos estudaram o período anterior à interferência das plantas daninhas na cultura do Eucalipto (RODRIGUES et al.; 1991; TOLEDO et al., 1996; TOLEDO et al.; 2000) e observaram que períodos de até 140 dias sem matocompetição proporcionaram a máxima produtividade na idade de corte, próximo aos 7 anos.

Na segunda fase, quando as parcelas mantiveram a média do %IOU em 76%, os fatores que mais podem ter contribuído para a garantia da uniformidade foram a mudança de espaçamento de plantio, o aprimoramento da recomendação de adubação e a dose média de fertilizantes aplicados por hectare.

Entre 1995 e 1998, o estoque de plantas era de aproximadamente 1.600 plantas por hectare, 28% maior do que o implantado a partir de 1999. Stape e Binkley (2010) verificaram que em povoamentos de *Eucalyptus dunnii*, no sul do estado de São Paulo, quanto menor o espaçamento, mais rapidamente ocorreu o fechamento do dossel, iniciando a competição intraespecífica principalmente por luz e água. A competição por recursos pode interferir na redução da eficiência do uso da luz (Binkley et al., 2010) causando perdas de produtividade e antecipação da fase de senescência do crescimento, quando a estabilização do incremento corrente anual é iniciada (Avery, 1970).

Segundo Fisher e Binkley (1998), a fertilização em ambientes florestais possui a função de fornecer os nutrientes necessários ao crescimento adequado das plantas, quando estes não podem ser fornecidos via solo. O aprimoramento do método de recomendação da fertilização foi um dos fatores que pode ter contribuído para o aumento da uniformidade no período estudado. Segundo Fox (2000), a adequação sítio-específica dessa prática é fundamental para o alcance de elevadas produtividades e a sua sustentabilidade. Dallamea (2008) obteve um aumento de produtividade na ordem de 15% em culturas agrícolas através do aumento da especificidade da fertilização, ou seja, aplicação de doses variadas de acordo com as características do solo. Vrechi et al. (2006) compararam a produtividade de *Eucalyptus* em áreas com recomendação de fertilização específica baseada na análise química do solo com áreas com a fertilização baseada em uma recomendação única. A diferença foi de 11% quando houve o aumento de especificidade.

O aumento significativo da dosagem ao longo do período estudado também pode ter sido fator fundamental para o aumento da uniformidade. Em 1993 a dose média de K_2O aplicada era de apenas $25,0 \text{ kg ha}^{-1}$. Em 2009 a dose média foi de 180 kg ha^{-1} recomendados conforme análise de solo, realizada em todos os talhões. A mesma evolução ocorreu com o fósforo, que em 1993 era aplicado na dose de 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 e em 2009 a dose média foi de 80 kg ha^{-1} , também recomendado de acordo com a análise de solo. Os padrões atuais de fertilização estão de acordo com resultados de Barros (1992) e Barros (2002), que encontraram uma dose para obtenção da máxima produtividade de *Eucalyptus* de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 180 kg ha^{-1} de K_2O , semelhantes às doses aplicadas a partir de 2008.

A terceira fase foi caracterizada pelo discreto aumento na média do %IOU de 76% para 64%. Nesse período as principais modificações no manejo silvicultural

foram uma discreta redução de espaçamento e a implementação de uma sistemática de controle de qualidade operacional. Ainda assim, a partir de 2008 foram implementadas três mudanças que podem ter proporcionado que em 2009 88% das parcelas ficassem dentro do %IOU. As modificações foram o aumento do período de controle de plantas daninhas, que passou para 12 meses, o aprimoramento da recomendação de adubação, que passou a ser baseada na análise de solo na escala do talhão e o aumento da dose média de fertilizantes, passando de 221 para 304 kg ha⁻¹.

O ajuste do estoque para de 1100 para 1250 plantas por hectare a partir de 2005 pode ter impactado positivamente o aproveitamento da luz (Stape e Binkley, 2010), gerando um incremento no crescimento das plantas e na uniformidade.

A implementação de um sistema de controle de qualidade efetivo pode ter sido fundamental para a garantia da uniformidade (TRINDADE et al., 2000). Freitas et al. (1980) mostraram que talhões de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* que possuíam o controle de qualidade nas operações de silvicultura, tais como preparo de solo, replantio e combate a formiga, tiveram uma produtividade 16% maior em relação aos talhões sem controle.

De 1996 a 2003 o controle de qualidade era realizado apenas de maneira esporádica, ou seja, com uma freqüência e metodologia de amostragem não definidas e apenas nas operações que utilizavam insumos, como a fertilização e o controle de plantas daninhas. A partir de 2004, o controle de qualidade das operações de preparo de solo, plantio, replantio, fertilização, controle de plantas daninhas e combate a formiga foi implementado de maneira sistemática, fato que pode ter contribuído para o aumento da uniformidade a partir deste ano.

A maior assertividade nas recomendações tem o potencial de melhorar a qualidade do sítio. Fox (2000) relatou o efeito do manejo silvicultural intensivo em povoamentos de *Pinus taeda* no sul dos Estados Unidos. O aumento de produtividade, aliada às técnicas de conservação do solo, é uma das maneiras de manutenção da sustentabilidade do sítio, através da maior produção de biomassa (serapilheira, casca, galhos, folhas e raízes).

A produtividade, capturada através do Incremento Médio Anual (IMA) no inventário realizado próximo aos 2 anos, também obteve um acréscimo significativo. Em plantios de 1995, o IMA aos dois anos foi de 37 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e aumentou para

48 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ nos plantio realizados em 2009, representando um incremento de 28% no período (Figura 18).

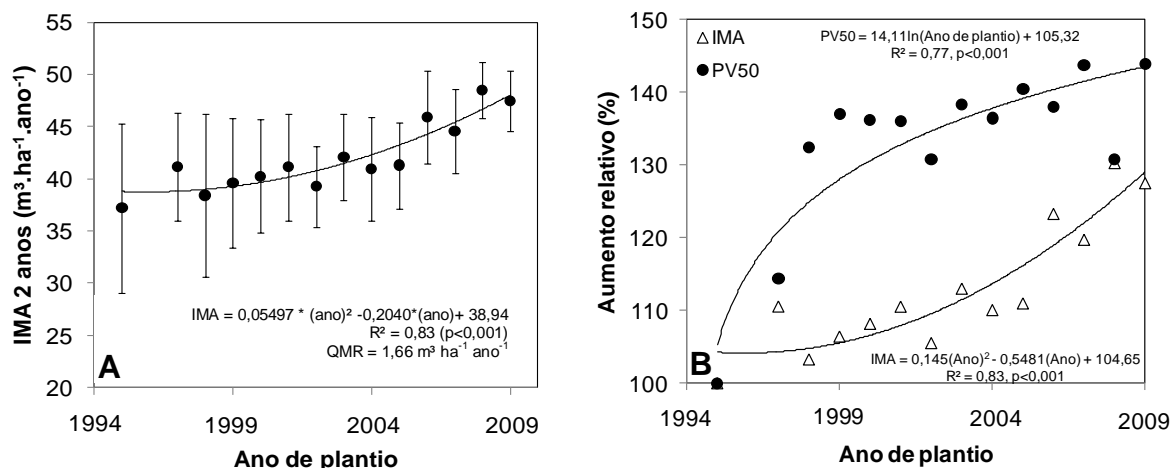


Figura 18 - (A) Evolução do Incremento Médio Anual (IMA) aos 2 anos, em m³ ha⁻¹ ano⁻¹ do clone 1 plantado em latossolos de acordo com o ano de plantio no período entre 1995 e 2009. O ano de 1995 representa o ano 1 na equação. (B) Aumento relativo da produtividade (IMA) e da uniformidade (PV50) em relação ao ano 1

Durante os 14 anos de acompanhamento dos povoamentos comerciais o Incremento Médio Anual (IMA) aumentou em 10,3 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 18) e a uniformidade obteve um aumento de 12,7% no PV50 (Figura 15a). Em termos percentuais, houve um aumento de 28% em produtividade e 44% em uniformidade.

Isto sinaliza que o aumento de 1% no PV50 refletiu em um ganho de 5,1 m³ ha⁻¹ aos 7 anos. O resultado obtido em escala operacional foi semelhante aos resultados da etapa 1, onde comparando os ganhos do tratamento uniforme com o tratamento heterogêneo, a cada 1% de aumento no PV50 trouxe um incremento de 4,5 m³ ha⁻¹ aos 7 anos.

A evolução da produtividade obtida se assemelha ao levantamento realizado pela ABRAF (2011), que relata a evolução da produtividade média em povoamento de *Eucalyptus* no Brasil, partindo de 35 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ na década de 90 e atingindo 45 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ nos povoamentos atuais. Essa constatação nos permite inferir que uma fração considerável do aumento da produtividade do *Eucalyptus* no Brasil ocorrido nesse período tenha uma contribuição significativa do manejo silvicultural.

Assim, mesmo considerando que várias destas abordagens são especulativas, devido ao confundimento de ações ao longo dos anos, é nítida a importância de haver a partir de agora um índice de avaliação da uniformidade (PV50, por exemplo) e um intervalo ótimo para classificar como conforme ou não conforme os povoamentos florestais (IOU).

5 CONCLUSÕES

Com base no estudo de índices de uniformidade de variáveis dendrométricas, que caracterizam a qualidade silvicultural de povoamento monoclonais de *Eucalyptus*, utilizando-se de parcelas de inventário florestal, podemos concluir que:

- A uniformidade se confirmou como variável fundamental para o monitoramento da qualidade operacional de plantios clonais de *Eucalyptus*;
- A percentagem acumulada do volume individual em 50% das menores árvores plantadas (PV50), que inclui as falhas, mostrou-se como o índice mais adequado para expressão desta uniformidade. Na ausência de equações volumétricas ou de biomassa, o uso do volume cilíndrico individual ou do DAP³ mostraram-se também adequados;
- Para inventários precoces, onde apenas a altura é mensurada, a altura elevada ao cubo (H^3), e não apenas a altura, é a variável mais adequada para expressão da uniformidade;
- A produtividade florestal se mostrou positivamente correlacionada com os índices de uniformidade, os quais são influenciados pelas recomendações e qualidade das operações silviculturais;
- Houve elevada correlação entre índices de uniformidade mensurados precocemente com a uniformidade do volume individual na idade de corte, evidenciando a possibilidade da detecção precoce da qualidade silvicultural;
- O chamado Intervalo Ótimo de Uniformidade (IOU) do PV50 se mostrou não influenciado pela capacidade produtiva do sítio, sendo possível estabelecer para os plantios clonais avaliados uma faixa adequada entre 37 e 50%;
- Os índices de uniformidade e o Intervalo Ótimo de Uniformidade (IOU) possibilitaram capturar a evolução da qualidade de plantios comerciais sobre

uma ampla região, possibilitando sua indicação para o monitoramento da qualidade silvicultural em plantios monoclonais.

Retomando as hipóteses iniciais do estudo, verificou-se que:

- i) Para um determinado sítio, sua produtividade aumenta com o aumento da uniformidade de tamanho entre as árvores. CORROBORADA;
- ii) A uniformidade mínima requerida para um patamar de produtividade aceitável será independente da capacidade produtiva do sítio. CORROBORADA.

Como as hipóteses foram corroboradas, pode-se sugerir o uso de índices de uniformidade e do Intervalo Ótimo de Uniformidade como ferramentas para o monitoramento da qualidade silvicultural nas escalas espacial e temporal.

REFERÊNCIAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF**: ano base 2009. Brasília, 2011. 130p.

AMISHEV, D.Y.; FOX, T.R. The effect of weed control and fertilization on survival and growth of four pine species in the Virginia Piedmont. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 236, p. 93-101, Nov. 2006.

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.

ASSMAN, E. **The principles of forest yield study**. Oxford: Pergamon Press, 1970. 506p.

AVERY, T.E.; BURKHART, H.E. **Forest measurements**. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1983. 331p.

BARROS, J.W.D. **Planejamento da qualidade do preparo mecanizado do solo para implantação de florestas de Eucalyptus spp utilizando o método desdobramento da função qualidade (QFD)**. 2001. 117p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; LEAL, P.G.L. Fertilizing eucalypt plantations on the Brazilian savannah soils. **South African Forestry Journal**, Menlo Park, v.160, p.7-12, 1992.

BARROS, N.F.; COMERFORD, N.B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In. ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 692p.

BENDEL, R.B.; HIGGINS, S.S.; TEBERG, I.E.; PYKE, D.A. Comparison of skewness coefficient, coefficient of variation and Gini coefficient as inequality measures within populations. **Oecologia**, Berlim, v. 78, p. 394-400, 1989.

BERNHARDT, R. **Análise quantitativa e qualitativa do crescimento de Caixeta – *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC – em florestas manejadas, no município de Iguape/SP**. 2003. 75p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola

Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

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.

BINKLEY, D.; STAPE, J.L.; RYAN, M.G. Thinking about efficiency of resource use in forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 5-16, 2004.

BINKLEY, D. Three key points in the design of forest experiments. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, p. 2022–2023, 2008.

BINKLEY, D.; STAPE, J.L.; RYAN, M.G.; BARNARD, H.; FOWNES, J. Age-related decline in forest ecosystem growth: an individual-tree stand-structure hypothesis. **Ecosystems**, New York, v. 5, p. 58-67, 2002.

BOGNOLA, I.A.; GAVA, J.L.; FASOLO, P.J.; STOLLE, L. Proposição de uma metodologia para identificação de unidades de manejo produtivas em plantios de *Eucalyptus*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 59, p.27-36, 2009.

BOREHAM, G.R.; PALLETT, R.N. The influence of tree improvement and cultural practices on the productivity of Eucalyptus plantations in temperate South Africa. **Southern Forests**, Menlo Park, v. 71, n. 2, p. 85–89, 2007.

BOTREL M.C.G.; TRUGILHO, P.F.; ROSADO, S.C.S.; SILVA, J.R.M. Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p.391-398, 2007.

BOTREL M.C.G.; TRUGILHO, P.F.; ROSADO, S.C.S.; SILVA, J.R.M. Seleção de clones de *Eucalyptus* para biomassa florestal e qualidade da madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 237-245, 2010.

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.

BROWN, S; GILLESPIE, A.J.R.; LUGO, A.E. Biomass Estimation Methods for Tropical Forests with Applications to Forest Inventory Data. **Forest Science**, Bethesda, v. 35, n. 4, p. 881-902, 1989.

BROWN, A.G.; NAMBIAR, E.K.S.; COSSALTER, C. Plantations for the tropics – their sole, extent and nature. In: NAMBIAR, E.K.S.; BROWN, A.G. (Ed.). **Management of**

soil, nutrients and water in tropical plantation forests. Canberra: ACIAR/CSIRO/CIFOR, 1997. (Monograph, 43).

BURDETT, A.N. Quality control in the production of forest planting stock. **The Forestry Chronicle**, Mattawa, v. 59, p.132-138, 1983.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas.** Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).

CAMPINHOS JR., E. Sustainable plantations of high-yield Eucalyptus trees for production of fiber: the Aracruz case. **New Forests**, Amsterdam, v. 17, p. 129-143, 1999.

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.

CAMPOS, J.C.C.; CAMPOS, A.L.A.S.; LEITE, H.G. Decisão silvicultural empregando um sistema de predição do crescimento e da produção. **Revista Árvore**, Viçosa, v.12, n.2, p. 100-110, 1988.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas.** 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 470p.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR; UENF; FUPEF, 1995. 451p.

CARRERO, O.; STAPE, J.L.; ALLEN, L.; ARREVILLAGA, M.; LADEIRA, M. Monitoring silvicultural and genetic improvements of *Eucalyptus* plantation using inventory data. In: IUFRO CONFERENCE, 2011, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro, 2011.p.167-170.

CARSON, S.D.; KIMBERLEY, M.O.; HAYES, J.D.; CARSON, M.J. The effect of silviculture on genetic gain in growth of *Pinus radiata* at one-third rotation. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 29, n.12, p. 1979-1984, 1999.

CAVICHIOLO, S.R.; DEDECEK, R.A.; GAVA, J.L. Modificações nos atributos físicos de solos submetidos a dois sistemas de preparo em rebrota de *Eucalyptus saligna*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.4, p.571-577, 2005.

CLUTTER, J.L. **Timber management: a quantitative approach**. New York: Wiley, 1983. 250p.

COUTO, H.T.Z.; BATISTA, J.L.F.; RODRIGUES, L.C.E. Mensuração e gerenciamento de pequenas florestas. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v. 5, p. 1-37, 1989.

CURTIS, R.O.; MARSHALL, D.D.; BELL, J.F. LOGS—A pioneering example of silvicultural research in coast Douglas-fir. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 95, p.19–25, 1997.

DELLAMEA, R.B.C. **Eficiência da adubação a taxa variável em áreas manejadas com agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. 2008. 151p. Dissertação (Mestrado de Recursos Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

DOI, B.T.; BINKLEY, D.; STAPE, J.L. Does reverse growth dominance develop in old plantations of *Eucalyptus saligna*? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1815–1818, 2010.

DONALD, D.G.M.; SCHUTZ, C.J. The response of *Eucalyptus* to fertilizer applications at planting. **South African Forestry Journal**, Menlo Park, v. 102, p. 23-28, 1977.

DU TOIT, B.; SMITH, C.W.; LITTLE, K.M.; BOREHAM, G.; PALLETT, R.N. Intensive, site-specific silviculture: Manipulating resource availability at establishment for improved stand productivity. A review of South African research. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1836–1845, 2010.

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. 306p.

FAO. **Manual of forest inventory: with special reference to mixed tropical forests**. Food and agriculture organization of the united nations. Roma, 1981. 213p.

FERNANDEZ, M.E.; GYENGE, J. Testing Binkley's hypothesis about the interaction of individual tree water use efficiency and growth efficiency with dominance patterns in open and close canopy stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 257, p. 1859–1865, 2009.

FERREIRA, M.; HIGA, A.R.; BRUNE, A.; FERREIRA, C.A.; PIRES, C.L.S.; COUTO, H.T.Z.; PIRES, I.E.; SHIMIZU, J.Y.; GURGEL, J.T.A.; INOUE, M.T.; FERNANDES, P.S. **Terminologia de melhoramento genético florestal**. Brasília: EMBRAPA/IBDF, 1980. 88p.

FERREIRA, M.; SANTOS, P.E.T. Melhoramento genético florestal dos *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. **Proceedings...** Colombo: Embrapa, 1997. v.1, p.14-34.

FERREIRA, J.M.A.; STAPE, J.L. Productivity gains by fertilization in *Eucalyptus urophylla* clonal plantations across gradients in site and stand conditions. **Southern Forests**, South Africa, v. 71, n.4, p.253-258, 2009.

FESSEL, V.A.G. **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *Eucalyptus grandis*, implantados com cultivo mínimo do solo**. 2003. 105p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

FISHER, R.F.; BINKLEY, D. **Ecology and management of forest soils**. 3rd ed. New York: Wiley, 2000. 489p.

FORD, E.D. Competition and stand structure in some even-aged plant monocultures. **The Journal of Ecology**, Oxford, v. 63, p. 311-333, 1975.

FOX, T.R. Sustained productivity in intensively managed forest plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 138, p.187–202, 2000.

FREITAS, M.; SILVA, A.P.; CANEVA, R.A.; BEIG, O. Avaliação e controle de qualidade em florestas de *Eucalyptus*. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n.91, p.1-8, fev. 1980.

GAMA J.R.V.; SOUZA A.L.; MARTINS S.V.; SOUZA D.R. Comparação entre florestas de várzea e de terra firme do Estado do Pará. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.4, p.607-616, 2005.

GARTNER, B.L.; JOHNSON, G.R. Is long primary growth associated with stem sinuosity in Douglas-fir? **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 36, p. 2351–2356, 2006.

GAVA, J.L. **Relações entre atributos do solo e qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* para produção de celulose**. 2005. 55p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GONÇALVES, J.L.M.; BARROS, N.F. Improvement of site productivity for short-rotation plantations in Brazil. **Bosque**, Valdivia, v. 20, p. 89–106, 1999.

GONÇALVES, E.L.; HAKAMADA, R.E.; SILVA, R.M.L.; LEMOS, C.C.Z.; LIMA, I.C. Avaliação qualitativa da adubação mecanizada nas áreas da International Paper em Mogi Guaçu, SP. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2., 2011. Campinas. **Anais...** Campinas, 2011.p. 335-336.

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. 1, p. 3 – 55

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; LACLAU, J-P. ; BOUILLET, J-P. ; RANGER, J. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing eucalypt plantations: the Brazilian experience. **Southern Forests**, Menlo Park, v. 70, p. 105-118, 2008.

GONÇALVES, J.L.M. ; STAPE, J.L. ; LACLAU, J-P.; SMETHURST, P; GAVA, J.L. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 45 –61, 2004.

HAKAMADA, R.E.; TAKAHASHI, S.S.; TEIXEIRA, J.S.; LEMOS, C.C.Z. Estratégia de manejo da ferrugem na International Paper. In: REUNIÃO TÉCNICA DO PROTEF,15.,2010. Campinas. **Anais...** Campinas, 2010.

HAKAMADA, R.E.; LEMOS, C.C.Z.; TEIXEIRA, J.S.; TAKAHASHI, S.S.; SILVA, R.M.L. Efeito da altura de desbrota em sistema de talhadia no rendimento operacional e na uniformidade e produtividade do povoamento. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA,2., 2011. Campinas. **Anais...** Campinas, 2011. P. 331-333.

HAKAMADA, R.E.; LEMOS, C.C.Z. Evolução da produtividade da IP: Influência de manejo e do melhoramento genético. In: WORKSHOP DE MELHORAMENTO, 6., REUNIÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA DO PTSM,61., 2010. Botucatu. **Anais...** Botucatu, 2010.

HAILEMARIAM, T.; GOERNDT, M.E.; JOHNSON, G.P.; ADAMS, D.M.; MONSERUD, R.A. Forest Measurement and Biometrics in Forest Management: Status and Future Needs of the Pacific Northwest USA. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 105, n. 5, p. 233-238, 2007.

HANSON, E.J.; AZUMA, D.L.; HISEROTE B.A. **Site Index Equations and Mean Annual Increment Equations for Pacific Northwest Research Station Forest Inventory and Analysis Inventories, 1985-2001**. United States Department of Agriculture. Research Note PNW-RN-533, 2002. 24p.

HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest Mensuration**. 3rd ed. New York: John Wiley, 1993. 402p.

KANGAS, A.; MALTANO, M. **Forest inventory: methodology and applications**. New York: Springer, 2006. 363p.

KNOX, R.G.; PEET, R.K.; CHRISTENSEN, N.L. Population dynamics in loblolly pine stands: changes in skewness and size inequality. **Ecology**, Durham, v.70, p. 1153-1166, 1989.

INOUE, S.; SHIROTA, T.; MITSUDA, Y.; ISHII, Y.; GYOKUSEN, K. Effects of individual size, local competition and canopy closure on the stem volume growth in a monoclonal Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantation. **Ecological Research**, Kyoto, v.28, p. 953-964, 2008.

JACOVINE, L.A.G. **Gestão da qualidade na colheita de madeira em povoamentos equiâneos**. 2000. 136p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

LAFFAN, M.D. A methodology for assessing and classifying site productivity and land suitability for eucalypt plantations in Tasmania. **Tasforests**, Hobart, v. 6, p. 61-67, 1994.

LANDSBERG, J.; SANDS, P. **Physiological ecology of forest production: principles, processes and models**. Amsterdam: Elsevier, 2011. 331p.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Berlin: Springer, 1995. 506p.

LEMOES, C.C.Z. **Aprimoramentos, teste e uso do modelo 3-PG em plantios clonais de Eucalyptus no nordeste do Estado de São Paulo**. 2012. 169p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

LI, B.; MCKEAND, S.E.; WEIR, R.J. Tree improvement and sustainable forestry— Impact of two cycles of loblolly pine breeding in the U.S.A. **Forest Genetics**, Svolen, v. 6, p. 229 –234, 1999.

LITTLE, K.M., VAN STADEN, J. Interspecific competition affects early growth of a *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* hybrid clone in Zululand, South Africa. **South African Journal of Botany**, Scottsville, v.69, n. 4, p. 505–513, 2003.

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.

MARSDEN, C.; LE MAIRE, G.; STAPE, J.L.; SEEN, D.L.; ROUPSARD, O.; CABRAL, O.; EPRON, D.; LIMA, A.M.N.;NOUVELLON, Y. Relating MODIS vegetation index time series with structure, light absorption and stem production of fast-growing *Eucalyptus* plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1741–1753, 2010.

MCKEAND, S.E.; H.L. ALLEN. Summary of IEG-40 meeting: Silviculture and genetic impacts on productivity of southern pine forests. **Southern Journal of Applied Forestry**, Bethesda, v. 29, n.2, p. 17-35, 2005.

MCKEAND, S.E.; JOKELA E.J.; HUBER, D.A.; BYRAM, T.D.; ALLEN, H.L. ; MULLEN T.J. Performance of improved genotypes of loblolly pine across different soils, climates, and silvicultural inputs. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 227, p. 178-184, 2006.

MENDONÇA, A.R.; SILVA, G.F.; ARCE, J.E.; MAESTRI, R. Avaliação de um sistema para otimização do sortimento de *Eucalyptus* sp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 247-258, 2008.

METSARANTA, J.M.; LIEFFERS, V.J. Patterns of inter-annual variation in the size asymmetry of growth in *Pinus banksiana*. **Oecologia**, Berlim, v. 163, n. 3, p. 737-745, 2010.

MORA, A. L. **Interação com espaçamentos e locais em clones de *Eucalyptus* spp. no norte do Estado da Bahia**. 1986. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

MORA, A.L.; GARCIA, C.H. **A cultura do Eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 112p.

MORI, E.S. **Efeitos da competição intra específica na seleção de árvores superiores em *Eucalyptus saligna***. 1987. 97p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

MUNHOZ, J.S.B. **Caracterização da produtividade florestal e dos padrões de crescimento de *Pinus taeda* L. no sul do Brasil através de análise de tronco**. 2011. 116p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

NAMBIAR E.K.S. Productivity and sustainability of plantation forests. **Bosque**, Valdivia, v. 20, p. 9–21, 1999.

_____. Introduction: sustained productivity of plantation forests in the tropics: a decade of research partnership. In: NAMBIAR, E.K.S. (Ed.). Site Management and .In: PRODUCTIVITY IN TROPICAL PLANTATION FORESTS Piracicaba 22–26 Nov. 2004 Bogor. **Proceedings ...** Bogor, Indonesia: CIFOR, 6–9 November 2006. p. 1–3.

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.

NILSSON, U.; ALBAUGH, T.; ALLEN, H.L. Development of size hierarchies prior to the onset of density-dependent mortality in irrigated and fertilized loblolly pine stands. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.32, p. 989-996, 2002.

NYLAND, R.D. **Silviculture: concepts and applications**. Long Grove: Waveland press, 2002. 682p.

ORLANDER, G.; NORDBORG, G; GEMMEL, P. Effects of complete deep-soil cultivation on initial forest stand development. **Studia Forestalia Suecica**, Upsala, v. 213, p.20, 2002.

PAIVINEN, R.; LUND, H.G.; POSO, S.; ZAWILA-NIEDSWIECK, T. **IUFRO International guidelines for forest monitoring**. Vienna: International Union of Forest Research, 1994. 102p. (IUFRO world series report,5.)

PALLET, R.N.; SALE, G. The relative contributions of tree improvement and cultural practice toward productivity gains in *Eucalyptus* pulpwood stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 33–43, 2004.

PEREIRA, J.S.; PALLARDY, S. Water stress limitations to tree productivity. In: PEREIRA, J.S.; LANDSBERG, J.J. (Ed.). **Biomass production by fast-growing trees**. Dordrecht:Kluwer Academic Publisher, 1989. p. 37–56.

PINHEIRO, G. O sistema florestal brasileiro é sustentável. **Revista Opiniões**, Piracicaba, v. 19, p. 30, 2010.

RODRIGUES, J.J.V.; COELHO, J.P.; PITELLI, R.A. Efeitos de períodos de controle de convivência do capim colônia (*Panicum maximum* Jaqc.) na cultura do *Eucalyptus*. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 3., 1991. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1991. p.43-54.

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.

SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; COMERFORD, N.B. Aboveground biomass, nutrient content, and nutrient use efficiency of eucalypt plantations growing in different sites in Brazil. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Scion, v.30, p.225–237, 1999.

SASSAKI, C.M.; GONÇALVES, J.L.M.; SILVA, A.P. Ideal subsoiling moisture content of Latosols used in forest plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 243, p. 75–82, 2007.

SCHONAU, A.P.G. Silvicultural considerations for high productivity of *Eucalyptus grandis*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 9, p. 295–314, 1984.

SCHWINNING, S.; WEINER, J. Mechanisms determining the degree of size asymmetry in competition among plants. **Oecologia**, Berlim, v. 113, p.447-455, 1997.

SCOLFORO, J.R.S.; MACHADO, S.A. Curvas de índice de sitio para plantações de *Pinus taeda* nos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Floresta**, Curitiba, v. 18, p. 159-173, 1992.

SCOLFORO, J.R.S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria florestal**: medição e volumetria de árvores florestais. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 310p.

SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; ALFONSI, R.R.; CARAMORI, P.H.; SWART, S. **Balancos hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras**. Piracicaba: Núcleo de Monitoramento Agroclimático. Disponível em: <http://ce.esalq.usp.br/dce/nurma.htm>, 2001. Acesso em: 12 set. 2011.

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.

SILVA, R.M.L. **Resposta à fertilização de plantios comerciais de Eucalyptus e sua correlação com as características edafoclimáticas e silviculturais em diferentes regiões do estado de São Paulo**. 2012. 120p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

SIMOES, J.W.; LEITE, N.B.; BRANDI, G. **Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento**. Brasília: IBDF, 1981. 131p.

SKOVSGAARD, J.P.; VANCLAY, J.K. Forest site productivity: a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands. **Forestry**, Oxford, v. 81, p. 13–31, 2008.

STANTURF, J.A.; KELLISON, R.C.; BROERMAN, F.S.; JONES, S.B. Productivity of southern pine plantations: Where are we and how did we get here? **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 101, p. 26 –31, 2003.

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. Insights from full-rotation Nelder design trials with Eucalyptus in São Paulo, Brazil. **Southern Forests**, Menlo Park, v. 72, p. 90-97, 2010.

STAPE, J.L. ; BINKLEY, D.; RYAN, M.G. Production and carbon allocation in a clonal Eucalyptus plantation with water and nutrient manipulations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, p. 920-930, 2008.

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.

STAPE, J.L.; DONATTI, Z. Monitoring Silvicultural and Genetic Improvements of Eucalyptus Plantations Using Inventory Data. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS. 2011. Porto Seguro. **Proceedings...** Porto Seguro, 2011.

STAPE, J.L.; GOMES, A.N.; ASSIS, T.F. Estimativa da produtividade de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus grandis* x *urophylla* no Nordeste do Estado da Bahia-Brasil em função das variabilidades pluviométrica e edáfica. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS. 1997. Salvador. **Proceedings...** Salvador: EMBRAPA/CNPQ, 1997. p.192-198.

STAPE, J.L.; ROCHA, J.C.; DONATTI, Z. Indicadores de qualidade silvicultural na Aracruz: 2000 a 2005. **Relatório Técnico IPEF**, Piracicaba, 2006.

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

STOVALL, J.P.; CARLSON, B.C.A.; SEILER, J.R.; FOX, T.R.; YANEZ, M.A. Growth and stem quality responses to fertilizer application by 21 loblolly pine clones in the Virginia Piedmont. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 261, p. 362–372, 2011.

TESCH, S.D. The evolution of forest yield determination and site classification. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v. 3, p. 169—182, 1981.

THOMAS, S.C.; WEINER, J. Including competitive asymmetry in measures of local interference in plant populations. **Oecologia**, Berlim, v. 80, p.349-355, 1989.

TOLEDO, R.E.B.; ALVES, P.L.C.A.; VALLE, C.F.; ALVARENGA, S.F. Comparação dos custos de quatro métodos de manejo de *Brachiaria decumbens* Stapf. em área reflorestada com *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n.3, p.319-330, 1996.

TOLEDO, R.E.B.; VICTÓRIA FILHO, R.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A.; LOPES, M.A.F. Efeito de períodos de controle de plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 3, p.395-404, 2000.

TOMÉ, M.; TOMÉ, J.A.; ARAÚJO, M.C.; PEREIRA, J.S. Intraspecific competition in irrigated and fertilized eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 69, p. 211—218, 1994.

TRINDADE, C. **Desenvolvimento de um sistema de controle de qualidade para a atividade florestal**.1993. 164p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

TRINDADE, C. Controle de qualidade nas operações silviculturais. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, I.,2008. Curitiba, **anais...** Curitiba, 2008. p. 135-144.

TRINDADE, C.; REZENDE, J.L.P.; JACOVINE, L.A.G.; SARTORIO, M.L. **Ferramentas da qualidade**: aplicação na atividade florestal. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 124p.

VANCLAY, J.K. Design and implementation of a state-of-the-art inventory and forecasting system for indigenous forests. In: LUND, H.G.; PRETO, G. (Ed.). **Global natural resource monitoring and assessment: preparing for the 21st century**. 1989, Venice. **Proceedings....** Bethesda: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1989. p. 1072-1078.

VRECHI, A.; STAPE, J.L.; SILVA, S.R.; BAZANI, J.H. **Silvicultura de precisão: oportunidades de ganhos em operações silviculturais**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Florestais, 2007. 87p.

WARING, R.H.; MCDOWELL., N. Use of a physiological process model with forestry yield tables to set limits on annual carbon balances. **Tree Physiology**, Victoria, v. 22, p. 179-188, 2002.

WEINER, J. Neighbourhood interference amongst *Pinus rigida* individuals. **Journal of Ecology**, London , v. 72, p. 183-195, 1984.

WEINER, J.; SOLBRIG, O.T. The meaning and measurement of size hierarchies in plant populations. **Oecologia**, Berlim, v. 61, p. 334-336, 1984.

WEINER, J.;THOMAS, S.C. Size variability and competition in plant monocultures. **Oikos**, Lund, v. 47, p. 211-222, 1986.

WHITELEY, S.B. Calculating the sustainable yield of Tasmania's State forests. **Tasforests**, Hobart, v.11, p. 23-34, 1999.

YASTREBOV, A.B. Different types of heterogeneity and plant competition in monospecific stands. **Oikos**, Lund, v.75, p.89-97,1996.

ZEN, S. Influência da matocompetição em plantios de *Eucalyptus grandis*. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.4, n.12, p.25 – 35,1987.

ANEXOS

Anexo 1 – Média dos índices Coeficiente de Variação (CV), Coeficiente de Gini (GINI), Altura máxima subtraída a Altura média (Hm) das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento heterogêneo (FIH) no sítio ARA na idade de 12 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	CV (% [0- ∞])						Gini (nº, [0-1])				Hm (m, [0-h*])				
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	Hm
FIH	12	29,4	17,3	63,3	65,7	75,4	54,3	45,8	0,35	0,36	0,16	0,09	0,41	0,30	0,25	1,60
FIH	18	34,2	23,1	70,5	72,7	80,9	60,4	56,7	0,39	0,40	0,19	0,12	0,44	0,34	0,31	3,26
FIH	21	31,9	23,1	65,0	66,9	73,4	55,5	54,9	0,36	0,37	0,18	0,12	0,40	0,31	0,30	3,82
FIH	23	34,4	25,3	66,5	68,2	75,2	58,2	55,5	0,37	0,38	0,19	0,13	0,41	0,32	0,30	3,63
FIH	27	40,5	30,3	76,4	78,3	86,0	67,5	65,0	0,43	0,44	0,23	0,17	0,47	0,38	0,36	5,21
FIH	30	41,3	31,0	77,9	79,8	87,4	68,7	66,2	0,45	0,46	0,25	0,19	0,49	0,40	0,37	5,63
FIH	33	43,0	31,4	79,3	81,2	88,8	70,6	66,8	0,46	0,47	0,26	0,19	0,50	0,41	0,38	5,81
FIH	36	43,7	31,8	80,2	82,0	89,3	71,5	67,6	0,46	0,47	0,26	0,19	0,50	0,41	0,38	5,69
FIH	39	43,9	32,9	81,2	83,1	89,8	71,8	69,5	0,47	0,48	0,26	0,20	0,51	0,41	0,40	6,27
FIH	42	43,9	33,4	82,0	83,9	90,9	72,3	70,2	0,47	0,48	0,26	0,20	0,51	0,42	0,40	6,46
FIH	45	41,6	35,2	82,1	84,1	91,2	70,8	72,6	0,47	0,48	0,25	0,21	0,51	0,41	0,41	7,02
FIH	48	39,6	34,5	81,4	83,4	90,4	69,0	72,0	0,47	0,47	0,24	0,21	0,50	0,40	0,41	6,86
FIH	51	38,7	33,5	81,0	83,0	90,1	68,2	71,8	0,46	0,47	0,24	0,20	0,50	0,39	0,41	7,10
FIH	54	36,5	30,2	75,8	77,9	85,4	64,4	65,6	0,43	0,44	0,22	0,18	0,47	0,37	0,37	6,49
FIH	57	39,7	35,1	84,5	86,7	93,6	70,4	76,2	0,48	0,49	0,24	0,21	0,52	0,41	0,43	8,06
FIH	59	40,5	35,5	86,1	88,3	95,7	72,0	76,8	0,49	0,50	0,25	0,21	0,53	0,41	0,43	8,37
FIH	63	41,3	35,7	87,1	89,4	97,4	73,3	76,7	0,50	0,51	0,26	0,22	0,54	0,43	0,44	8,32
FIH	69	42,1	34,8	88,5	90,9	100,4	75,2	75,6	0,50	0,51	0,26	0,22	0,55	0,43	0,43	8,44
FIH	72	42,2	34,5	89,1	91,5	101,1	75,7	75,9	0,50	0,51	0,26	0,22	0,55	0,44	0,44	8,56

* valor finito

Anexo 2 – Média dos índices Pvar25 e Pvar50 das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento heterogêneo (FIH) no sítio ARA na idade de 12 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	Pvar25 (% [25-0])							Pvar50 (% [50-0])						
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³
FIH	12	15,6	19,2	7,2	6,7	5,2	9,2	10,8	37,6	42,9	23,5	22,6	19,2	27,2	30,7
FIH	18	13,7	16,9	4,8	4,4	3,3	6,9	7,1	35,5	40,6	20,4	19,5	16,4	24,3	26,0
FIH	21	14,2	16,7	5,4	5,1	4,2	7,7	7,3	36,6	40,7	22,6	21,9	19,3	26,4	27,0
FIH	23	13,4	15,8	4,6	4,3	3,6	6,9	6,3	35,3	39,9	21,3	20,5	17,8	24,8	26,5
FIH	27	11,2	13,6	2,6	2,3	1,8	4,6	3,7	32,1	37,2	16,7	16,0	13,2	20,3	21,5
FIH	30	10,2	12,3	2,1	1,9	1,4	4,0	3,1	30,6	35,7	15,2	14,5	11,8	18,8	19,8
FIH	33	9,8	12,2	1,9	1,7	1,2	3,6	3,0	29,8	35,7	14,5	13,8	11,1	17,8	19,9
FIH	36	9,6	12,1	1,8	1,6	1,2	3,5	2,9	29,4	35,4	14,0	13,3	10,8	17,4	19,3
FIH	39	9,6	11,9	1,7	1,5	1,2	3,5	2,7	29,4	34,8	13,7	13,0	10,7	17,3	18,3
FIH	42	9,8	11,7	1,7	1,5	1,2	3,6	2,5	29,3	34,5	13,4	12,7	10,4	17,1	18,0
FIH	45	10,7	11,4	2,0	1,8	1,6	4,4	2,2	30,3	33,6	13,4	12,8	10,8	18,0	16,7
FIH	48	11,4	11,6	2,4	2,2	2,0	5,0	2,4	31,2	33,8	13,9	13,3	11,4	18,9	16,8
FIH	51	11,8	12,1	2,6	2,4	2,2	5,3	2,7	31,6	34,1	14,2	13,5	11,7	19,3	16,9
FIH	54	12,5	13,4	3,4	3,1	2,7	6,0	3,9	33,1	36,2	16,8	16,1	14,0	21,5	20,3
FIH	57	11,6	11,9	2,5	2,3	2,1	5,2	2,5	31,3	33,2	13,1	12,5	11,1	18,8	14,9
FIH	59	11,5	11,9	2,4	2,2	2,0	5,0	2,4	31,0	33,0	12,7	12,0	10,6	18,3	14,5
FIH	63	10,9	11,3	2,2	2,0	1,8	4,7	2,2	30,2	32,4	12,1	11,5	9,9	17,5	14,1
FIH	69	10,8	11,5	2,2	2,0	1,8	4,6	2,4	30,0	32,8	11,9	11,2	9,5	17,1	14,6
FIH	72	10,9	11,7	2,2	2,0	1,8	4,6	2,5	29,9	32,9	11,8	11,1	9,3	17,0	14,6

Anexo 3 – Média dos índices Pvar75 e Assimetria das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento heterogêneo (FIH) no sítio ARA na idade de 12 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	Pvar75 (% [75-0])							Assimetria (nº, [0-∞])						
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³
FIH	12	65,8	70,1	53,2	52,2	48,1	56,6	60,4	-0,0015	-0,0146	0,0124	0,0136	0,0185	0,0091	0,0015
FIH	18	64,8	68,6	51,1	50,2	46,9	55,2	56,9	-0,0048	-0,0145	0,0109	0,0121	0,0174	0,0067	0,0019
FIH	21	65,9	68,9	54,0	53,3	50,7	57,7	58,3	-0,0107	-0,0195	0,0042	0,0054	0,0102	0,0003	-0,0022
FIH	23	65,5	69,0	54,6	53,9	50,7	57,3	59,8	-0,0117	-0,0235	-0,0010	0,0002	0,0070	-0,0019	-0,0120
FIH	27	63,0	67,2	49,6	48,7	45,2	53,1	55,7	-0,0069	-0,0185	0,0071	0,0083	0,0142	0,0046	-0,0035
FIH	30	62,0	66,4	48,0	47,1	43,7	51,8	54,3	-0,0063	-0,0181	0,0106	0,0118	0,0174	0,0079	-0,0001
FIH	33	61,6	66,2	47,3	46,5	43,1	51,1	53,9	-0,0063	-0,0180	0,0098	0,0110	0,0166	0,0074	-0,0001
FIH	36	61,3	66,1	47,2	46,3	42,9	50,8	53,7	-0,0063	-0,0173	0,0095	0,0106	0,0160	0,0071	-0,0006
FIH	39	61,2	65,8	46,7	45,8	42,6	50,6	53,2	-0,0059	-0,0162	0,0104	0,0115	0,0164	0,0074	0,0010
FIH	42	61,1	65,7	46,2	45,3	41,9	50,2	53,0	-0,0050	-0,0160	0,0112	0,0123	0,0179	0,0086	0,0004
FIH	45	61,3	65,2	45,8	44,9	41,2	50,1	52,5	-0,0027	-0,0145	0,0118	0,0131	0,0202	0,0110	-0,0002
FIH	48	61,8	65,3	45,9	45,0	41,4	50,5	52,5	-0,0013	-0,0143	0,0132	0,0144	0,0216	0,0124	0,0001
FIH	51	61,9	65,5	45,9	45,0	41,4	50,7	52,6	-0,0005	-0,0128	0,0140	0,0152	0,0224	0,0133	0,0008
FIH	54	63,0	66,8	48,5	47,5	43,7	52,5	55,2	-0,0031	-0,0165	0,0104	0,0117	0,0192	0,0099	-0,0036
FIH	57	61,4	64,5	43,9	42,9	39,6	49,4	49,8	0,0014	-0,0098	0,0166	0,0179	0,0255	0,0158	0,0051
FIH	59	60,9	64,4	43,2	42,2	38,6	48,6	49,7	0,0023	-0,0094	0,0176	0,0189	0,0266	0,0169	0,0053
FIH	63	60,2	64,1	42,2	41,1	37,3	47,5	49,4	0,0030	-0,0097	0,0190	0,0203	0,0280	0,0186	0,0061
FIH	69	59,8	64,4	41,5	40,4	36,0	46,6	49,8	0,0046	-0,0097	0,0204	0,0218	0,0300	0,0206	0,0060
FIH	72	59,6	64,3	41,1	39,9	35,5	46,2	49,5	0,0052	-0,0092	0,0208	0,0221	0,0300	0,0209	0,0065

Anexo 4 – Média dos índices Coeficiente de Variação (CV), Coeficiente de Gini (GINI), Altura máxima subtraída a Altura média (Hm) das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento uniforme (FIU) no sítio ARA na idade de 12 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	CV (% [0- ∞])							Gini (nº, [0-1])						Hm (m, [0-h*])	
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	Hm
FIU	12	14,1	8,6	30,1	31,2	35,3	25,6	24,1	0,17	0,17	0,07	0,04	0,19	0,14	0,12	0,86
FIU	18	16,0	9,9	33,0	34,1	38,9	28,5	26,2	0,18	0,19	0,08	0,05	0,21	0,15	0,13	1,43
FIU	21	15,0	10,5	30,4	31,4	35,9	26,5	25,4	0,16	0,17	0,08	0,04	0,19	0,14	0,11	1,51
FIU	23	23,2	17,7	46,3	47,7	53,4	40,1	38,6	0,25	0,26	0,12	0,09	0,29	0,22	0,20	2,67
FIU	27	20,6	14,5	40,4	41,7	47,2	35,5	32,7	0,22	0,23	0,11	0,06	0,26	0,19	0,16	2,47
FIU	30	22,1	15,9	43,0	44,3	49,9	37,8	34,7	0,24	0,25	0,12	0,07	0,28	0,21	0,17	2,73
FIU	33	23,2	15,7	44,1	45,5	51,5	39,3	34,4	0,24	0,25	0,12	0,07	0,29	0,22	0,17	2,78
FIU	36	24,0	16,2	45,3	46,7	52,5	40,2	35,5	0,25	0,26	0,13	0,08	0,29	0,22	0,18	2,71
FIU	39	24,0	16,6	45,8	47,1	52,7	40,3	36,4	0,25	0,26	0,13	0,08	0,30	0,22	0,19	2,69
FIU	42	24,4	17,0	46,9	48,2	54,0	41,2	37,2	0,26	0,27	0,13	0,08	0,30	0,23	0,19	2,89
FIU	45	23,8	18,9	48,1	49,5	55,0	41,2	40,6	0,27	0,28	0,13	0,09	0,31	0,23	0,21	3,88
FIU	48	23,1	18,8	47,8	49,3	55,0	40,8	39,7	0,27	0,28	0,13	0,09	0,31	0,23	0,20	3,68
FIU	51	22,7	18,6	47,8	49,2	54,7	40,3	40,1	0,27	0,28	0,12	0,09	0,31	0,23	0,21	3,86
FIU	54	20,1	16,8	43,3	44,7	50,7	36,5	35,3	0,24	0,25	0,11	0,08	0,28	0,20	0,18	3,73
FIU	57	23,4	19,9	50,5	52,0	57,6	42,0	43,6	0,28	0,29	0,13	0,10	0,32	0,24	0,23	4,05
FIU	59	24,0	20,0	51,7	53,3	59,2	43,1	43,8	0,29	0,30	0,13	0,10	0,33	0,24	0,23	4,30
FIU	63	24,8	20,2	53,3	55,0	61,4	44,7	44,4	0,30	0,31	0,14	0,10	0,34	0,25	0,24	4,58
FIU	69	25,8	19,9	55,1	56,9	64,7	46,9	44,4	0,31	0,32	0,14	0,10	0,36	0,26	0,24	4,92
FIU	72	26,0	19,9	55,6	57,5	65,3	47,3	44,8	0,31	0,32	0,15	0,10	0,36	0,27	0,24	5,16

* valor finito

Anexo 5 – Média dos índices Pvar25 e Pvar50 das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento uniforme (FIU) no sítio ARA na idade de 12 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	Pvar25 (% [25-0])							Pvar50 (% [50-0])						
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³
FIU	12	19,9	22,1	14,4	14,0	12,6	15,8	17,2	44,9	46,6	38,0	37,6	36,3	40,3	40,1
FIU	18	19,4	21,5	13,6	13,2	11,8	15,1	16,0	44,0	46,4	37,0	36,4	34,1	38,7	39,9
FIU	21	19,7	21,5	14,2	13,9	12,5	15,7	16,2	44,7	46,7	38,7	38,3	36,0	40,0	41,3
FIU	23	17,0	18,7	9,8	9,5	8,5	11,8	11,8	41,1	43,8	31,7	31,2	28,8	34,2	35,1
FIU	27	17,6	20,1	10,8	10,4	9,0	12,5	13,6	42,4	45,3	34,1	33,6	31,0	36,1	38,0
FIU	30	17,0	19,4	9,9	9,6	8,2	11,7	12,5	41,7	44,9	32,9	32,3	29,7	35,1	37,4
FIU	33	16,7	19,5	9,6	9,2	7,8	11,2	12,7	41,3	45,0	32,3	31,7	29,0	34,4	37,6
FIU	36	16,4	19,3	9,2	8,8	7,4	10,9	12,2	41,0	44,7	31,8	31,2	28,6	34,0	36,9
FIU	39	16,3	19,1	9,1	8,7	7,4	10,9	11,9	41,0	44,5	31,5	30,9	28,5	34,0	36,3
FIU	42	16,2	18,9	8,8	8,4	7,2	10,6	11,5	40,8	44,3	31,0	30,4	27,9	33,5	35,8
FIU	45	16,5	18,2	8,5	8,2	7,3	10,9	10,4	40,7	43,7	30,3	29,6	27,3	33,2	34,6
FIU	48	16,8	18,3	8,7	8,4	7,5	11,2	10,6	40,9	43,8	30,3	29,6	27,1	33,3	35,0
FIU	51	17,0	18,3	8,8	8,5	7,7	11,5	10,5	41,0	43,8	30,3	29,6	27,2	33,4	34,7
FIU	54	18,1	19,3	10,5	10,1	9,1	12,9	12,5	42,1	44,8	32,5	31,9	29,3	35,3	37,1
FIU	57	16,9	17,9	8,4	8,1	7,5	11,2	9,7	40,6	42,7	28,7	28,1	26,3	32,7	31,9
FIU	59	16,8	17,8	8,3	7,9	7,2	11,0	9,6	40,3	42,7	28,2	27,5	25,5	32,1	31,9
FIU	63	16,6	17,7	8,0	7,6	6,9	10,7	9,4	39,9	42,5	27,4	26,7	24,5	31,3	31,5
FIU	69	16,4	17,8	7,8	7,5	6,6	10,5	9,5	39,4	42,6	26,6	25,9	23,2	30,4	31,6
FIU	72	16,4	17,9	7,8	7,4	6,6	10,4	9,5	39,2	42,5	26,3	25,6	22,9	30,2	31,1

Anexo 6 – Média dos índices Pvar75 e Assimetria das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento uniforme (FIU) no sítio ARA na idade de 12 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	Pvar75 (% [75-0])							Assimetria (nº, [0-∞])						
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³
FIU	12	71,6	72,6	66,6	66,2	65,1	68,3	67,9	-0,0337	-0,0231	-0,0176	-0,0169	-0,0158	-0,0242	-0,0130
FIU	18	71,1	72,5	65,9	65,5	63,9	67,4	67,8	-0,0340	-0,0344	-0,0195	-0,0184	-0,0133	-0,0223	-0,0208
FIU	21	71,4	72,9	67,0	66,7	64,8	68,0	69,1	-0,0398	-0,0535	-0,0284	-0,0269	-0,0177	-0,0275	-0,0372
FIU	23	68,7	71,1	60,8	60,2	57,5	62,8	64,8	-0,0284	-0,0497	-0,0147	-0,0131	-0,0045	-0,0154	-0,0297
FIU	27	69,9	72,1	63,9	63,4	61,0	65,3	66,9	-0,0322	-0,0535	-0,0188	-0,0173	-0,0090	-0,0194	-0,0325
FIU	30	69,5	72,0	63,0	62,5	60,0	64,5	66,9	-0,0307	-0,0555	-0,0173	-0,0157	-0,0072	-0,0177	-0,0361
FIU	33	69,3	72,0	62,7	62,2	59,4	64,1	66,9	-0,0307	-0,0569	-0,0166	-0,0150	-0,0066	-0,0174	-0,0370
FIU	36	69,1	71,8	62,3	61,7	59,1	63,8	66,5	-0,0308	-0,0545	-0,0160	-0,0145	-0,0065	-0,0173	-0,0350
FIU	39	69,1	71,7	62,1	61,5	59,0	63,7	66,3	-0,0305	-0,0524	-0,0154	-0,0139	-0,0059	-0,0169	-0,0332
FIU	42	68,9	71,6	61,6	61,0	58,4	63,3	66,1	-0,0285	-0,0513	-0,0135	-0,0120	-0,0042	-0,0151	-0,0322
FIU	45	68,7	71,0	60,8	60,2	57,7	63,0	64,3	-0,0235	-0,0460	-0,0105	-0,0090	-0,0010	-0,0112	-0,0246
FIU	48	68,8	71,3	60,8	60,2	57,4	62,9	65,3	-0,0201	-0,0491	-0,0098	-0,0083	0,0009	-0,0087	-0,0296
FIU	51	68,8	71,2	60,7	60,1	57,4	62,9	64,9	-0,0188	-0,0469	-0,0085	-0,0070	0,0015	-0,0078	-0,0271
FIU	54	69,4	71,8	61,9	61,3	58,6	63,9	66,4	-0,0191	-0,0577	-0,0087	-0,0070	0,0029	-0,0070	-0,0338
FIU	57	68,4	70,8	59,4	58,8	55,9	61,9	64,0	-0,0153	-0,0411	-0,0046	-0,0032	0,0063	-0,0036	-0,0211
FIU	59	68,1	70,8	58,8	58,1	55,2	61,4	63,9	-0,0138	-0,0413	-0,0031	-0,0016	0,0073	-0,0023	-0,0214
FIU	63	67,7	70,6	58,1	57,4	54,2	60,7	63,5	-0,0119	-0,0400	-0,0013	0,0001	0,0087	-0,0005	-0,0200
FIU	69	67,3	70,6	57,3	56,5	52,7	59,7	63,3	-0,0085	-0,0380	0,0013	0,0028	0,0113	0,0025	-0,0184
FIU	72	67,1	70,6	56,9	56,1	52,3	59,4	63,1	-0,0081	-0,0365	0,0019	0,0032	0,0115	0,0029	-0,0170

Anexo 7 – Média dos índices Coeficiente de Variação (CV), Coeficiente de Gini (GINI), Altura máxima subtraída a Altura média (Hm) das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento heterogêneo (FIH) no sítio IP na idade de 5 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	CV (% [0- ∞])							Gini (nº, [0-1])					Hm (m, [0-h*])		
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	Hm
FIH	5		46,6					107,5							0,07	1,46
FIH	9		38,2					88,7							0,03	2,01
FIH	12	36,5	22,0	70,9	62,7	83,4	52,8	55,2	0,42	0,44	0,23	0,14	0,46	0,39	0,31	2,04
FIH	18	26,8	16,9	54,2	54,4	63,9	45,2	42,0	0,33	0,34	0,18	0,12	0,38	0,29	0,25	2,62
FIH	21	21,8	14,1	45,3	46,0	52,5	37,7	36,1	0,29	0,30	0,16	0,11	0,32	0,25	0,22	2,76
FIH	24	21,7	20,3	46,0	46,8	51,4	37,5	38,9	0,28	0,29	0,14	0,12	0,30	0,23	0,22	3,07
FIH	27	30,4	19,6	59,0	59,2	68,6	50,1	46,0	0,36	0,37	0,20	0,14	0,41	0,32	0,27	3,76
FIH	30	31,5	19,6	59,0	59,2	69,4	51,4	43,6	0,36	0,37	0,21	0,13	0,41	0,33	0,26	3,81
FIH	33	32,3	19,5	60,0	60,3	70,1	52,4	44,4	0,37	0,38	0,22	0,14	0,42	0,34	0,27	3,99
FIH	37	32,0	20,0	60,6	61,7	70,7	53,4	45,7	0,38	0,39	0,22	0,15	0,43	0,34	0,28	4,35
FIH	39	32,6	20,7	61,9	63,0	71,9	54,4	47,2	0,38	0,39	0,23	0,15	0,43	0,35	0,29	4,34
FIH	42	32,9	21,2	63,2	64,3	73,2	55,3	48,5	0,40	0,41	0,23	0,16	0,45	0,36	0,31	4,60
FIH	44	33,9	22,1	65,1	66,3	74,9	56,8	50,7	0,40	0,42	0,24	0,17	0,45	0,37	0,32	5,12
FIH	49	34,5	23,0	66,9	68,8	76,3	58,7	53,3	0,41	0,42	0,24	0,18	0,46	0,37	0,33	6,01
FIH	52	35,4	24,0	69,5	71,5	79,6	60,8	55,0	0,43	0,44	0,25	0,18	0,48	0,38	0,34	5,97
FIH	54	34,1	23,9	67,7	69,6	76,6	58,7	55,7	0,41	0,42	0,23	0,17	0,45	0,36	0,34	6,29
FIH	57	36,6	25,7	71,9	73,9	81,3	62,6	58,7	0,44	0,45	0,25	0,19	0,48	0,39	0,36	6,70
FIH	60	36,6	25,7	71,9	73,9	81,3	62,6	58,7	0,44	0,45	0,25	0,19	0,48	0,39	0,36	6,70
FIH	63	37,4	28,4	74,7	76,6	83,2	64,2	63,8	0,45	0,46	0,26	0,20	0,49	0,40	0,39	8,06
FIH	69	37,3	29,0	75,4	77,3	84,0	64,4	64,7	0,45	0,46	0,26	0,21	0,50	0,40	0,39	8,20
FIH	72	37,7	29,1	76,5	78,5	85,4	65,4	65,3	0,45	0,46	0,25	0,20	0,49	0,39	0,38	8,38

* valor finito

Anexo 8 – Média dos índices Pvar25 e Pvar50 das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento heterogêneo (FIH) no sítio IP na idade de 5 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	Pvar25 (% [25-0])							Pvar50 (% [50-0])						
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³
FIH	5		10,2							29,1					8,5
FIH	9		10,8							32,0					13,0
FIH	12	11,0	15,4	4,0	3,6	2,3	3,7	7,1	32,9	39,0	18,7	17,9	14,6	20,7	24,6
FIH	18	13,6	16,2	6,8	6,5	5,2	8,4	8,9	36,7	41,1	24,2	23,4	20,5	27,6	30,2
FIH	21	14,4	16,9	8,3	7,9	6,7	9,8	10,8	38,5	41,9	28,3	27,6	25,1	31,1	32,5
FIH	24	15,4	16,0	8,3	8,0	7,6	10,7	10,1	39,5	41,6	28,9	28,3	26,7	32,4	32,9
FIH	27	12,2	15,2	5,1	4,8	3,7	6,8	7,6	35,0	40,3	22,0	21,2	18,1	25,3	28,9
FIH	30	11,7	15,0	4,6	4,3	3,2	6,1	7,5	34,6	40,6	21,9	21,1	17,6	24,7	29,9
FIH	33	11,0	14,5	4,2	3,9	2,9	5,6	6,9	33,7	40,0	20,9	20,1	16,5	23,6	28,9
FIH	37	10,8	13,9	4,0	3,7	2,7	5,5	6,4	33,4	39,3	20,4	19,6	16,1	23,2	27,9
FIH	39	10,7	13,6	3,8	3,5	2,6	5,3	6,0	33,0	39,0	19,8	19,0	15,5	22,7	27,2
FIH	42	10,2	13,0	3,5	3,2	2,3	4,9	5,5	32,5	38,3	19,0	18,1	14,9	22,0	25,9
FIH	44	10,0	12,7	3,3	3,0	2,2	4,8	5,0	32,0	37,7	18,0	17,2	14,0	21,3	24,7
FIH	49	9,9	12,6	3,1	2,8	2,1	4,6	4,8	31,6	37,3	17,4	16,6	13,5	20,8	23,8
FIH	52	9,9	12,3	2,9	2,7	2,1	4,6	4,5	31,2	36,7	16,4	15,6	12,7	20,1	22,6
FIH	54	10,8	13,0	3,5	3,2	2,6	5,4	4,9	32,2	37,0	17,4	16,7	14,2	21,4	22,5
FIH	57	9,7	11,9	2,7	2,5	1,9	4,4	3,9	30,6	35,7	15,0	14,3	11,8	19,2	20,4
FIH	60	9,7	11,9	2,7	2,5	1,9	4,4	3,9	30,6	35,7	15,0	14,3	11,8	19,2	20,4
FIH	63	9,7	11,4	2,4	2,2	1,8	4,3	3,4	30,2	34,4	13,8	13,0	11,1	18,5	17,9
FIH	69	9,8	11,3	2,4	2,2	1,9	4,5	3,3	30,3	34,1	13,6	12,9	11,1	18,5	17,4
FIH	72	9,8	11,3	2,2	2,0	1,9	4,4	3,3	30,1	34,0	12,2	11,5	10,7	18,2	17,2

Anexo 9 – Média dos índices Pvar75 e Assimetria das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento heterogêneo (FIH) no sítio IP na idade de 5 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	Pvar75 (% [75-0])							Assimetria (nº, [0-∞])							
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	
FIH	5		59,0					34,9								0,0307
FIH	9		62,5					43,6								0,0268
FIH	12	63,1	67,9	49,4	48,4	44,8	52,5	56,3	-0,0075	-0,0160	0,0167	0,0122	0,0183	0,0056	0,0055	
FIH	18	66,1	69,4	56,2	55,5	52,0	58,7	61,1	-0,0160	-0,0251	0,0088	0,0034	0,0080	0,0001	-0,0054	
FIH	21	67,7	69,9	59,8	59,2	57,0	62,1	62,5	-0,0237	-0,0274	0,0036	-0,0050	-0,0027	-0,0105	-0,0052	
FIH	24	68,2	69,9	60,3	59,8	57,8	62,7	63,3	-0,0255	-0,0656	-0,0085	-0,0126	-0,0046	-0,0135	-0,0254	
FIH	27	65,3	68,9	55,1	54,3	50,9	57,6	59,9	-0,0158	-0,0303	0,0065	0,0010	0,0064	-0,0022	-0,0056	
FIH	30	65,1	69,3	55,4	54,7	50,9	57,4	61,3	-0,0163	-0,0377	0,0037	-0,0019	0,0041	-0,0040	-0,0138	
FIH	33	64,7	69,1	54,9	54,1	50,4	56,9	61,1	-0,0165	-0,0338	0,0043	-0,0025	0,0029	-0,0047	-0,0142	
FIH	37	64,4	68,7	54,3	53,5	49,8	56,5	60,4	-0,0150	-0,0325	0,0059	-0,0016	0,0040	-0,0037	-0,0136	
FIH	39	64,3	68,4	53,7	52,9	49,4	56,2	59,8	-0,0142	-0,0310	0,0067	-0,0006	0,0052	-0,0029	-0,0128	
FIH	42	63,7	68,1	52,7	51,9	48,2	55,2	59,2	-0,0129	-0,0286	0,0088	0,0006	0,0066	-0,0017	-0,0113	
FIH	44	63,3	67,8	52,0	51,2	47,4	54,7	58,4	-0,0120	-0,0259	0,0094	0,0014	0,0065	-0,0012	-0,0101	
FIH	49	63,1	67,3	51,1	50,3	46,9	54,2	56,9	-0,0111	-0,0236	0,0105	0,0029	0,0070	-0,0005	-0,0063	
FIH	52	62,6	67,1	50,1	49,3	45,5	53,2	56,9	-0,0083	-0,0223	0,0126	0,0056	0,0114	0,0028	-0,0075	
FIH	54	63,4	67,4	51,5	50,7	47,2	54,5	57,4	-0,0094	-0,0200	0,0087	0,0023	0,0073	0,0001	-0,0078	
FIH	57	62,1	66,6	49,1	48,3	44,5	52,4	55,7	-0,0074	-0,0194	0,0118	0,0049	0,0095	0,0024	-0,0057	
FIH	60	62,1	66,6	49,1	48,3	44,5	52,4	55,7	-0,0074	-0,0194	0,0118	0,0049	0,0095	0,0024	-0,0057	
FIH	63	61,8	65,7	48,0	47,2	43,8	51,8	53,7	-0,0061	-0,0170	0,0127	0,0059	0,0105	0,0035	-0,0033	
FIH	69	61,7	65,6	47,6	46,7	43,2	51,5	53,7	-0,0048	-0,0166	0,0133	0,0067	0,0117	0,0047	-0,0033	
FIH	72	61,4	65,5	46,0	45,1	42,4	50,9	53,3	-0,0039	-0,0158	0,0161	0,0078	0,0127	0,0056	-0,0028	

Anexo 10 – Média dos índices Coeficiente de Variação (CV), Coeficiente de Gini (GINI), Altura máxima subtraída a Altura média (Hm) das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento uniforme (FIU) no sítio IP na idade de 5 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	CV (% _v [0- ∞])						Gini (nº, [0-1])					Hm (m, [0-h*])			
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	Hm
FIU	5		14,4					36,2							0,0	0,5
FIU	9		13,1					32,4							0,0	0,9
FIU	12	12,4	13,7	27,5	28,2	30,9	22,2	32,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	1,1
FIU	18	12,5	12,7	29,4	30,2	31,4	22,7	30,8	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	2,2
FIU	21	20,3	15,1	41,3	41,8	48,3	34,7	34,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	2,9
FIU	24	22,6	18,9	46,0	45,7	52,2	37,0	38,5	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	2,6
FIU	27	18,3	15,4	39,0	40,1	43,2	32,2	35,9	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	2,8
FIU	30	20,1	15,3	40,9	42,1	46,7	35,1	34,9	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	3,3
FIU	33	20,6	14,2	41,2	42,5	47,8	35,9	32,5	0,2	0,3	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	3,0
FIU	37	20,5	14,8	41,3	42,6	47,6	35,7	32,8	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	3,1
FIU	39	21,1	14,9	42,4	43,7	49,1	36,8	33,6	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	3,1
FIU	42	21,6	15,7	43,7	45,0	50,0	37,6	35,5	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	3,2
FIU	44	22,1	16,6	45,1	46,4	51,2	38,5	37,9	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	3,9
FIU	49	22,8	17,3	46,6	48,0	53,0	39,8	39,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	4,2
FIU	52	23,5	18,1	48,6	50,0	55,1	41,3	41,0	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2	4,1
FIU	54	26,8	20,4	54,3	55,9	62,2	46,8	44,9	0,3	0,3	0,2	0,1	0,4	0,3	0,3	4,9
FIU	57	25,0	19,4	51,4	52,9	58,4	43,8	43,5	0,3	0,3	0,2	0,1	0,4	0,3	0,3	4,9
FIU	60	25,0	19,4	51,4	52,9	58,4	43,8	43,5	0,3	0,3	0,2	0,1	0,4	0,3	0,3	4,9
FIU	63	25,8	21,4	53,8	55,3	59,9	45,2	47,1	0,3	0,3	0,2	0,1	0,4	0,3	0,3	6,0
FIU	69	26,4	21,5	54,7	56,2	61,4	46,2	47,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,4	0,3	0,3	5,9
FIU	72	27,0	21,5	55,9	57,5	63,1	47,4	47,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,4	0,3	0,3	5,8

* valor finito

Anexo 11 – Média dos índices Pvar25 e Pvar50 das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento uniforme (FIU) no sítio IP na idade de 5 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	Pvar25 (% [25-0])						Pvar50 (% [50-0])							
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³
FIU	5		19,1					12,5		43,9					34,7
FIU	9		20,2					14,1		45,0					37,2
FIU	12	19,9	19,2	15,0	14,8	14,1	16,7	12,8	45,0	44,6	38,6	38,4	37,8	41,2	37,1
FIU	18	19,1	19,4	13,4	13,2	12,8	15,6	13,7	44,3	44,5	37,3	36,9	36,5	40,2	37,1
FIU	21	17,1	19,0	10,9	10,6	9,4	12,5	12,8	41,3	44,1	32,6	32,0	29,5	34,8	35,9
FIU	24	15,6	16,9	8,8	8,5	7,7	10,9	10,1	39,6	42,3	29,3	28,7	26,3	32,2	33,1
FIU	27	17,1	18,2	10,4	10,1	9,3	12,5	11,6	41,8	43,4	33,0	32,5	31,0	35,9	34,7
FIU	30	16,4	18,3	9,8	9,5	8,4	11,6	12,1	41,1	43,7	32,3	31,7	29,4	34,6	35,7
FIU	33	15,8	18,1	9,1	8,8	7,9	11,0	12,2	40,5	43,7	31,5	30,9	28,7	33,9	36,4
FIU	37	15,0	17,0	8,8	8,4	7,4	10,4	11,3	39,7	42,8	30,8	30,2	27,7	33,0	35,5
FIU	39	14,7	16,9	8,5	8,2	7,0	10,1	11,0	39,4	42,7	30,3	29,7	27,2	32,6	34,9
FIU	42	14,6	16,6	8,1	7,8	6,9	9,9	10,3	39,2	42,3	29,6	29,0	26,6	32,2	34,1
FIU	44	14,5	16,2	7,9	7,6	6,7	9,8	9,7	38,9	41,8	28,9	28,3	26,1	31,7	32,8
FIU	49	14,3	16,1	7,6	7,3	6,3	9,5	9,5	38,5	41,4	28,1	27,5	25,2	31,1	31,9
FIU	52	14,2	15,8	7,3	7,0	6,1	9,3	8,8	38,1	41,0	27,1	26,4	24,2	30,2	31,0
FIU	54	13,0	14,5	6,1	5,9	5,1	8,0	7,5	36,1	39,5	23,9	23,2	20,8	27,3	28,5
FIU	57	13,9	15,4	6,7	6,4	5,6	8,8	8,1	37,3	40,4	25,7	25,1	22,7	29,0	29,9
FIU	60	13,9	15,4	6,7	6,4	5,6	8,8	8,1	37,3	40,4	25,7	25,1	22,7	29,0	29,9
FIU	63	13,7	14,7	5,9	5,6	5,3	8,5	7,0	36,8	39,5	24,0	23,3	21,5	28,1	28,1
FIU	69	13,6	14,7	6,0	5,7	5,0	8,3	7,1	36,6	39,5	24,0	23,3	21,0	27,6	28,1
FIU	72	13,5	14,6	5,8	5,5	4,9	8,1	7,0	36,2	39,4	23,3	22,6	20,1	26,9	27,8

Anexo 12 – Média dos índices Pvar75 e Assimetria das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento uniforme (FIU) no sítio IP na idade de 5 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	Pvar75 (% [75-0])							Assimetria (nº, [0-∞])						
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³
FIU	5		70,8					63,4							-0,0042
FIU	9		71,5					65,1							-0,0093
FIU	12	71,6	71,7	66,8	66,5	65,8	68,7	66,4	-0,0377	-0,0496	-0,0153	-0,0185	-0,0111	-0,0232	-0,0282
FIU	18	71,5	71,5	66,7	66,5	66,1	68,7	65,9	-0,0378	-0,0567	-0,0226	-0,0266	-0,0187	-0,0270	-0,0318
FIU	21	69,1	71,2	62,1	61,6	59,3	64,0	65,1	-0,0276	-0,0538	-0,0138	-0,0142	-0,0028	-0,0133	-0,0184
FIU	24	68,4	70,3	60,7	60,2	58,2	63,1	63,6	-0,0310	-0,0663	-0,0052	-0,0091	-0,0038	-0,0125	-0,0188
FIU	27	69,9	70,9	63,6	63,2	62,0	65,8	64,5	-0,0352	-0,0475	-0,0159	-0,0188	-0,0133	-0,0228	-0,0240
FIU	30	69,5	70,9	63,3	62,8	61,1	65,1	64,7	-0,0310	-0,0536	-0,0147	-0,0172	-0,0100	-0,0192	-0,0258
FIU	33	69,1	71,2	62,7	62,2	60,2	64,4	66,0	-0,0297	-0,0597	-0,0122	-0,0166	-0,0086	-0,0178	-0,0370
FIU	37	68,7	70,8	62,4	61,9	59,8	64,0	65,7	-0,0287	-0,0638	-0,0086	-0,0153	-0,0081	-0,0170	-0,0400
FIU	39	68,5	70,6	61,8	61,3	59,1	63,5	65,1	-0,0274	-0,0576	-0,0071	-0,0136	-0,0067	-0,0158	-0,0342
FIU	42	68,3	70,4	61,4	60,9	58,7	63,2	64,4	-0,0273	-0,0538	-0,0072	-0,0136	-0,0071	-0,0158	-0,0300
FIU	44	68,2	70,1	61,0	60,5	58,4	63,0	63,6	-0,0249	-0,0503	-0,0064	-0,0126	-0,0061	-0,0144	-0,0269
FIU	49	68,0	69,9	60,4	59,8	57,9	62,6	63,1	-0,0236	-0,0490	-0,0054	-0,0113	-0,0049	-0,0133	-0,0254
FIU	52	67,6	69,8	59,6	59,0	56,6	61,8	63,2	-0,0210	-0,0451	-0,0034	-0,0091	-0,0024	-0,0107	-0,0246
FIU	54	66,0	69,0	56,6	56,0	52,9	59,0	61,4	-0,0161	-0,0414	0,0022	-0,0039	0,0030	-0,0055	-0,0199
FIU	57	67,1	69,5	58,5	58,0	55,4	60,9	62,2	-0,0181	-0,0408	-0,0012	-0,0066	-0,0001	-0,0083	-0,0210
FIU	60	67,1	69,5	58,5	58,0	55,4	60,9	62,2	-0,0181	-0,0408	-0,0012	-0,0066	-0,0001	-0,0083	-0,0210
FIU	63	66,9	68,9	57,7	57,1	55,2	60,6	61,1	-0,0167	-0,0357	0,0001	-0,0060	-0,0007	-0,0079	-0,0174
FIU	69	66,7	68,9	57,5	56,9	54,6	60,2	61,2	-0,0157	-0,0365	-0,0002	-0,0055	0,0001	-0,0070	-0,0191
FIU	72	66,3	68,9	56,8	56,2	53,5	59,5	61,3	-0,0137	-0,0341	0,0011	-0,0041	0,0018	-0,0053	-0,0183

Anexo 13 – Média dos índices Coeficiente de Variação (CV), Coeficiente de Gini (GINI), Altura máxima subtraída a Altura média (Hm) das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento heterogêneo (FIH) no sítio VER na idade de 12 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	CV (% [0- ∞])							Gini (nº, [0-1])							Hm (m, [0-h*])	
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	Hm	
FIH	12	32,5	22,7	69,0	71,3	78,3	57,4	57,9	0,38	0,39	0,19	0,13	0,43	0,32	0,31	2,19	
FIH	18	24,4	14,1	49,9	51,8	60,3	43,9	35,7	0,29	0,30	0,14	0,08	0,34	0,25	0,19	1,71	
FIH	22	16,2	10,3	33,2	34,4	40,0	29,0	26,5	0,20	0,20	0,10	0,06	0,23	0,17	0,14	1,85	
FIH	25	26,4	15,0	50,7	52,4	60,1	45,3	36,3	0,29	0,30	0,15	0,08	0,34	0,26	0,19	2,50	
FIH	28	27,6	16,6	53,1	54,8	61,7	47,0	40,0	0,30	0,31	0,16	0,09	0,35	0,27	0,22	3,07	
FIH	31	27,1	15,7	52,7	54,4	61,4	46,7	38,9	0,32	0,33	0,18	0,11	0,37	0,29	0,23	3,18	
FIH	33	27,6	16,0	53,7	55,4	62,4	47,5	39,7	0,33	0,34	0,19	0,12	0,38	0,30	0,25	3,97	
FIH	37	28,7	16,8	55,7	57,5	64,8	49,3	41,4	0,35	0,36	0,20	0,13	0,39	0,31	0,26	4,10	
FIH	39	30,0	17,7	58,0	59,8	67,3	51,4	43,1	0,36	0,37	0,21	0,14	0,41	0,32	0,27	4,39	
FIH	43	29,2	18,0	56,9	58,7	66,3	50,3	42,9	0,38	0,39	0,23	0,17	0,43	0,34	0,30	4,56	
FIH	46	28,8	18,5	57,2	59,0	66,2	49,9	44,2	0,39	0,40	0,24	0,18	0,43	0,35	0,32	5,08	
FIH	49	29,2	19,1	58,8	60,7	68,8	51,2	45,4	0,40	0,41	0,24	0,19	0,44	0,36	0,32	5,34	
FIH	52	29,1	19,2	59,5	61,4	69,5	51,5	46,1	0,41	0,41	0,25	0,19	0,45	0,36	0,33	5,51	
FIH	56	29,4	20,7	61,1	63,0	70,5	52,1	49,4	0,41	0,42	0,25	0,20	0,46	0,37	0,35	6,13	
FIH	60	29,2	21,8	61,0	62,9	70,3	51,8	50,5	0,43	0,44	0,27	0,23	0,47	0,38	0,37	6,65	
FIH	64	29,3	21,6	60,8	62,7	70,2	51,9	50,1	0,44	0,45	0,29	0,25	0,48	0,40	0,39	7,06	
FIH	69	28,7	21,9	61,4	63,3	70,6	51,6	51,6	0,45	0,46	0,30	0,26	0,49	0,41	0,40	7,42	
FIH	72	28,7	22,2	61,5	63,4	70,3	51,5	52,1	0,46	0,47	0,31	0,27	0,50	0,41	0,41	7,52	

* valor finito

Anexo 14 – Média dos índices Pvar25 e Pvar50 das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento heterogêneo (FIH) no sítio VER na idade de 12 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	Pvar25 (% [25-0])							Pvar50 (% [50-0])						
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³
FIH	12	13,7	16,9	5,3	4,9	3,9	7,4	7,7	36,4	40,8	22,3	21,6	18,9	26,3	27,1
FIH	18	16,3	19,5	8,8	8,3	6,7	10,5	12,3	39,8	44,2	29,0	28,3	24,9	31,6	35,0
FIH	22	18,5	20,4	13,3	13,0	11,6	14,5	15,0	43,1	45,7	36,1	35,6	33,4	37,8	39,6
FIH	25	15,2	19,0	7,7	7,3	5,6	9,3	11,6	39,2	44,2	28,8	28,1	24,7	31,0	35,3
FIH	28	14,7	18,4	6,9	6,5	5,0	8,6	10,4	38,7	43,4	27,6	26,9	23,8	30,2	33,4
FIH	31	13,2	16,8	6,0	5,6	4,3	7,6	9,5	37,2	42,1	26,2	25,5	22,4	28,8	32,4
FIH	33	12,6	16,2	5,5	5,2	3,9	7,1	8,9	36,6	41,6	25,4	24,7	21,6	28,0	31,7
FIH	37	12,0	15,5	5,0	4,6	3,5	6,5	8,2	35,7	40,9	24,1	23,3	20,2	26,7	30,6
FIH	39	11,7	15,2	4,6	4,3	3,1	6,1	7,6	35,0	40,5	22,9	22,1	19,0	25,7	29,8
FIH	43	9,7	12,5	3,7	3,4	2,6	5,1	5,8	33,2	38,3	21,2	20,5	17,6	24,1	27,6
FIH	46	9,1	11,4	3,4	3,1	2,4	4,7	5,2	32,5	37,1	20,4	19,7	17,0	23,5	26,0
FIH	49	9,2	11,2	3,4	3,2	2,5	4,8	5,0	32,3	36,8	19,9	19,1	16,4	23,1	25,4
FIH	52	8,8	10,7	3,2	3,0	2,4	4,7	4,7	31,8	36,2	19,2	18,5	15,9	22,6	24,6
FIH	56	8,8	10,4	3,1	2,9	2,3	4,6	4,2	31,7	35,5	18,7	18,0	15,6	22,4	23,0
FIH	60	7,2	8,3	2,4	2,3	1,9	3,8	3,1	30,1	33,2	17,1	16,5	14,5	21,0	20,7
FIH	64	6,0	6,9	2,0	1,9	1,6	3,1	2,6	28,6	31,8	16,0	15,4	13,4	19,7	19,6
FIH	69	5,3	6,0	1,8	1,7	1,4	2,8	2,2	27,9	30,6	15,1	14,5	12,9	19,1	17,9
FIH	72	4,9	5,4	1,6	1,5	1,3	2,6	1,9	27,5	30,0	14,7	14,1	12,6	18,7	17,3

Anexo 15 – Média dos índices Pvar75 e Assimetria das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento heterogêneo (FIH) no sítio VER na idade de 12 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	Pvar75 (% [75-0])							Assimetria (nº, [0-∞])						
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³
FIH	12	65,1	68,4	51,5	50,6	47,7	55,9	56,2	-0,0071	-0,0141	0,0165	0,0179	0,0216	0,0087	0,0120
FIH	18	67,8	71,4	58,9	58,2	54,5	61,0	65,0	-0,0124	-0,0247	0,0017	0,0029	0,0092	0,0001	-0,0088
FIH	22	70,2	72,2	64,9	64,4	62,0	66,0	67,5	-0,0189	-0,0348	-0,0021	-0,0013	0,0037	-0,0024	-0,0140
FIH	25	67,8	71,5	59,6	59,0	55,8	61,5	65,5	-0,0185	-0,0318	-0,0043	-0,0032	0,0025	-0,0063	-0,0164
FIH	28	67,6	71,0	58,9	58,3	55,4	61,1	64,4	-0,0183	-0,0285	-0,0045	-0,0035	0,0017	-0,0068	-0,0133
FIH	31	66,8	70,2	58,0	57,4	54,4	60,2	63,2	-0,0178	-0,0259	-0,0001	0,0008	0,0051	-0,0017	-0,0064
FIH	33	66,4	69,8	57,3	56,7	53,8	59,7	62,4	-0,0175	-0,0255	0,0020	0,0028	0,0064	-0,0002	-0,0027
FIH	37	65,7	69,4	56,1	55,4	52,4	58,6	61,6	-0,0164	-0,0260	0,0043	0,0051	0,0092	0,0024	-0,0017
FIH	39	65,3	69,2	55,2	54,5	51,3	57,8	61,1	-0,0151	-0,0256	0,0050	0,0059	0,0103	0,0033	-0,0024
FIH	43	64,2	68,2	54,2	53,4	50,0	56,6	60,5	-0,0165	-0,0309	0,0102	0,0110	0,0159	0,0101	0,0016
FIH	46	63,6	67,4	53,2	52,4	49,1	55,9	59,0	-0,0159	-0,0294	0,0138	0,0146	0,0189	0,0136	0,0067
FIH	49	63,3	67,3	52,3	51,5	47,8	55,1	58,8	-0,0128	-0,0282	0,0160	0,0169	0,0226	0,0165	0,0062
FIH	52	62,9	66,8	51,4	50,6	47,0	54,5	57,9	-0,0113	-0,0268	0,0186	0,0195	0,0250	0,0191	0,0090
FIH	56	62,8	66,3	50,8	50,0	46,6	54,2	56,5	-0,0106	-0,0247	0,0194	0,0203	0,0261	0,0199	0,0101
FIH	60	61,8	65,2	49,7	48,9	45,6	53,2	55,3	-0,0113	-0,0266	0,0228	0,0238	0,0302	0,0243	0,0127
FIH	64	60,9	64,4	48,9	48,1	44,7	52,3	54,6	-0,0117	-0,0282	0,0252	0,0261	0,0325	0,0270	0,0159
FIH	69	60,3	63,5	47,8	47,0	43,7	51,5	52,9	-0,0094	-0,0254	0,0284	0,0292	0,0356	0,0305	0,0199
FIH	72	60,1	63,2	47,4	46,6	43,5	51,3	52,3	-0,0101	-0,0254	0,0291	0,0298	0,0359	0,0311	0,0209

Anexo 16 – Média dos índices Coeficiente de Variação (CV), Coeficiente de Gini (GINI), Altura máxima subtraída a Altura média (Hm) das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento uniforme (FIU) no sítio VER na idade de 12 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	CV (% [0- ∞])							Gini (nº, [0-1])					Hm (m, [0-h*])		
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	Hm
FIU	12	13,8	10,8	33,2	34,4	37,6	26,0	30,7	0,19	0,20	0,08	0,07	0,21	0,15	0,16	1,27
FIU	18	9,3	11,3	23,0	23,6	25,2	17,5	28,8	0,14	0,14	0,05	0,06	0,13	0,09	0,14	1,40
FIU	21	16,9	11,8	34,2	35,2	40,0	29,7	30,1	0,19	0,20	0,09	0,06	0,22	0,16	0,15	1,97
FIU	23	8,1	6,9	17,8	18,4	21,2	15,0	18,2	0,10	0,11	0,05	0,04	0,12	0,09	0,08	1,48
FIU	27	8,5	4,2	17,2	18,0	22,1	15,7	11,1	0,10	0,11	0,06	0,03	0,13	0,09	0,06	0,81
FIU	30	9,2	4,7	18,7	19,5	23,9	16,9	12,3	0,11	0,11	0,06	0,03	0,14	0,10	0,06	1,18
FIU	33	8,6	3,7	17,9	18,8	23,6	16,3	10,8	0,12	0,12	0,06	0,04	0,14	0,10	0,07	1,20
FIU	36	9,4	4,1	19,6	20,6	25,6	17,8	11,8	0,12	0,13	0,07	0,04	0,15	0,11	0,07	1,53
FIU	39	10,0	4,3	21,0	21,9	27,1	18,9	12,4	0,13	0,14	0,07	0,04	0,17	0,12	0,08	1,64
FIU	42	11,1	5,0	23,1	24,2	29,8	20,8	13,9	0,14	0,15	0,08	0,04	0,18	0,13	0,09	1,93
FIU	45	11,7	5,8	25,1	26,2	31,6	22,1	16,0	0,15	0,16	0,08	0,05	0,19	0,14	0,10	2,46
FIU	48	11,8	6,0	26,0	27,2	32,8	22,7	16,9	0,17	0,17	0,09	0,06	0,20	0,15	0,11	2,76
FIU	51	12,6	6,6	28,0	29,3	35,2	24,2	18,5	0,18	0,18	0,09	0,06	0,22	0,16	0,12	3,13
FIU	54	12,9	7,5	29,3	30,5	36,0	24,8	20,8	0,18	0,19	0,10	0,06	0,22	0,16	0,13	3,27
FIU	57	13,3	8,1	30,1	31,4	36,9	25,5	21,9	0,19	0,20	0,10	0,07	0,22	0,16	0,14	3,14
FIU	59	13,7	8,3	30,9	32,2	37,9	26,2	22,3	0,19	0,20	0,10	0,07	0,23	0,17	0,14	3,40
FIU	63	14,3	9,0	32,3	33,6	39,5	27,3	23,7	0,20	0,21	0,10	0,07	0,24	0,17	0,15	3,71
FIU	69	14,4	9,2	32,7	34,1	40,0	27,6	24,2	0,20	0,21	0,10	0,07	0,24	0,18	0,15	3,51

* valor finito

Anexo 17 – Média dos índices Pvar25 e Pvar50 das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento uniforme (FIU) no sítio VER na idade de 12 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	Pvar25 (% [25-0])							Pvar50 (% [50-0])						
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³
FIU	12	19,7	20,8	14,5	14,2	13,3	16,2	15,7	44,2	45,1	36,5	36,1	35,1	39,5	37,1
FIU	18	21,2	20,2	17,0	16,9	16,7	18,8	14,7	46,0	45,5	40,7	40,5	40,0	42,9	39,1
FIU	21	18,6	20,1	13,1	12,9	11,9	14,6	13,6	43,3	45,5	36,1	35,7	33,9	38,1	38,4
FIU	23	21,3	21,7	18,0	17,8	17,1	19,1	18,0	46,5	47,0	43,3	43,0	41,5	43,9	42,9
FIU	27	21,2	22,7	18,4	18,2	16,9	18,9	20,6	46,3	48,0	43,1	42,8	41,1	43,6	45,5
FIU	30	21,0	22,6	18,1	17,8	16,5	18,6	20,2	46,1	47,8	42,5	42,2	40,5	43,2	45,0
FIU	33	20,6	22,2	17,8	17,5	16,1	18,2	20,1	45,8	47,5	42,1	41,8	40,0	42,8	44,6
FIU	36	20,4	22,1	17,2	16,9	15,5	17,7	19,7	45,5	47,4	41,4	41,1	39,2	42,2	44,4
FIU	39	20,2	22,0	16,9	16,6	15,1	17,5	19,6	45,2	47,3	40,7	40,3	38,3	41,6	44,3
FIU	42	19,8	21,9	16,1	15,8	14,2	16,8	19,2	44,8	47,1	40,0	39,6	37,4	41,0	43,8
FIU	45	19,6	21,6	15,5	15,2	13,7	16,4	18,5	44,5	46,8	39,2	38,7	36,5	40,4	43,0
FIU	48	19,0	21,0	14,8	14,5	13,0	15,8	17,7	44,0	46,3	38,2	37,8	35,6	39,6	42,1
FIU	51	18,8	20,8	14,4	14,0	12,6	15,4	17,2	43,6	46,1	37,5	37,0	34,8	39,0	41,5
FIU	54	18,7	20,5	14,0	13,7	12,3	15,3	16,5	43,5	45,7	36,9	36,4	34,3	38,8	40,3
FIU	57	18,6	20,1	13,5	13,2	12,1	15,0	15,6	43,3	45,5	36,5	36,0	33,9	38,4	40,0
FIU	59	18,5	20,1	13,3	12,9	11,7	14,8	15,6	43,1	45,5	36,1	35,6	33,5	38,1	39,8
FIU	63	18,3	19,8	12,9	12,5	11,4	14,5	15,0	42,9	45,3	35,6	35,1	32,9	37,7	39,4
FIU	69	18,3	19,8	12,8	12,5	11,4	14,5	14,9	42,9	45,2	35,5	34,9	32,7	37,6	39,1

Anexo 18 – Média dos índices Pvar75 e Assimetria das variáveis dendrométricas Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura (H), Volume individual (V), Volume cilíndrico (Vcil), DAP³, área seccional (g) e H³ do tratamento uniforme (FIU) no sítio VER na idade de 12 aos 72 meses. Ao lado do índice são apresentados a unidade de medida e o intervalo [uniforme-heterogêneo]

Tratamento	Idade (meses)	Pvar75 (% [75-0])							Assimetria (nº, [0-])						
		DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³	DAP	H	V	Vcil	DAP ³	g	H ³
FIU	12	70,7	71,5	63,9	63,5	62,6	66,7	65,1	-0,0185	-0,0098	0,0106	0,0114	0,0118	0,0007	0,0096
FIU	18	72,1	71,8	67,7	67,5	66,8	69,5	66,3	-0,0217	-0,0383	-0,0003	0,0010	0,0061	-0,0030	-0,0145
FIU	21	70,4	72,1	65,1	64,6	62,6	66,4	67,3	-0,0363	-0,0294	-0,0178	-0,0172	-0,0122	-0,0225	-0,0178
FIU	23	72,7	73,1	70,3	70,1	68,8	70,8	70,2	-0,0359	-0,0400	-0,0230	-0,0221	-0,0114	-0,0184	-0,0214
FIU	27	72,5	73,7	70,0	69,7	68,4	70,4	72,0	-0,0371	-0,0522	-0,0192	-0,0179	-0,0102	-0,0180	-0,0290
FIU	30	72,3	73,6	69,5	69,2	67,8	70,1	71,7	-0,0337	-0,0463	-0,0139	-0,0126	-0,0048	-0,0138	-0,0264
FIU	33	72,2	73,4	69,3	69,0	67,6	69,9	71,4	-0,0201	-0,0151	-0,0011	-0,0007	0,0022	-0,0021	0,0044
FIU	36	72,0	73,3	68,9	68,6	67,0	69,5	71,1	-0,0209	-0,0181	-0,0022	-0,0017	0,0019	-0,0030	0,0030
FIU	39	71,8	73,3	68,3	68,0	66,3	69,0	71,0	-0,0195	-0,0208	-0,0018	-0,0013	0,0022	-0,0022	-0,0001
FIU	42	71,5	73,2	67,7	67,4	65,5	68,5	70,7	-0,0194	-0,0238	-0,0022	-0,0014	0,0039	-0,0020	-0,0025
FIU	45	71,3	72,9	67,0	66,6	64,8	68,0	69,9	-0,0182	-0,0219	0,0001	0,0008	0,0047	-0,0013	-0,0009
FIU	48	70,9	72,7	66,4	66,0	64,1	67,5	69,4	-0,0150	-0,0223	0,0047	0,0054	0,0093	0,0040	0,0024
FIU	51	70,7	72,5	65,7	65,2	63,3	67,0	68,8	-0,0125	-0,0221	0,0069	0,0077	0,0124	0,0062	0,0023
FIU	54	70,5	72,2	65,2	64,8	62,9	66,7	68,2	-0,0121	-0,0236	0,0065	0,0073	0,0122	0,0062	0,0002
FIU	57	70,5	72,3	65,2	64,7	62,7	66,6	68,3	-0,0121	-0,0317	0,0041	0,0051	0,0118	0,0059	-0,0079
FIU	59	70,4	72,2	64,9	64,5	62,4	66,4	68,2	-0,0120	-0,0315	0,0037	0,0046	0,0111	0,0054	-0,0076
FIU	63	70,1	72,1	64,3	63,8	61,6	65,9	67,9	-0,0116	-0,0371	0,0034	0,0044	0,0117	0,0058	-0,0122
FIU	69	70,0	72,1	64,2	63,7	61,4	65,7	67,8	-0,0111	-0,0391	0,0032	0,0044	0,0125	0,0063	-0,0145

ANEXO 19 – Quantidade de parcelas, média, desvio padrão, máximo, mínimo, amplitude e intervalo de confiança (5%) do incremento médio anual (IMA) aos 2 anos; média, desvio padrão, máximo, mínimo, amplitude e intervalo de confiança (5%) do PV50 aos 2 anos e percentual da parcelas dentro do Intervalo Ótimo de Uniformidade (%IOU) no período de 1995 a 2009 nas parcelas de inventário em plantios comerciais de *Eucalyptus urophylla*

Ano de plantio	Quantidade de parcelas (nº)	IMA 2 anos (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)						PV50 2 anos (%)						%IOU
		Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Amplitude	Intervalo de confiança	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Amplitude	Intervalo de confiança	
1995	33	37,2	7,8	53,8	16,0	37,7	34,6 – 39,9	28,9	10,4	43,9	6,9	37,0	25,3 – 32,4	24,2
1997	13	41,1	6,2	49,8	29,7	20,1	37,8 – 44,5	33,0	7,1	41,4	18,4	23,0	29,2 – 36,9	38,5
1998	72	38,4	5,4	52,3	23,1	29,3	37,2 – 39,7	38,3	4,3	43,9	22,0	21,9	37,3 – 39,3	70,8
1999	77	39,6	5,1	51,8	26,9	24,9	38,5 – 40,7	39,6	3,6	45,3	26,6	18,8	38,8 – 40,4	77,9
2000	97	40,3	3,9	48,9	31,4	17,5	39,5 – 41,0	39,3	4,1	45,1	22,3	22,9	38,5 – 40,1	77,3
2001	56	41,1	4,1	50,8	32,5	18,3	40,1 – 42,2	39,3	4,9	45,4	16,6	28,8	38,0 – 40,6	78,6
2002	99	39,3	5,0	49,9	23,2	26,7	38,3 – 40,2	37,8	6,1	45,8	11,8	34,0	36,6 – 39,0	61,6
2003	86	42,1	4,1	51,5	29,5	22,0	41,2 – 42,9	40,0	3,5	45,3	28,7	16,6	39,2 – 40,7	82,6
2004	139	41,0	4,4	54,6	32,5	22,1	40,2 – 41,7	39,4	3,4	46,3	27,9	18,4	38,8 – 40,0	78,4
2005	77	41,3	4,0	49,1	29,0	20,1	40,4 – 42,2	40,6	3,4	45,9	29,2	16,7	39,8 – 41,3	84,4
2006	64	45,9	2,7	54,1	39,0	15,1	45,2 – 46,6	39,9	3,7	45,6	30,5	15,2	39,0 – 40,8	81,3
2007	47	44,6	2,9	50,4	37,3	13,1	43,7 – 45,4	41,5	3,9	46,3	24,8	21,5	40,4 – 42,6	91,5
2008	13	48,5	3,7	54,3	44,1	10,3	46,5 – 50,5	37,8	9,0	44,5	17,1	27,3	32,9 – 42,6	76,9
2009	8	47,5	2,8	51,2	42,8	8,4	45,5 – 49,4	41,6	3,0	44,2	35,6	8,6	39,5 – 43,6	87,5