

CAROLINE RIBEIRO RODRIGUES

**AVALIANDO A IGUALDADE INICIAL DE PARCELAS GÊMEAS EM
EXPERIMENTOS SOBRE PRODUTIVIDADE FLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

R696a
2017

Rodrigues, Caroline Ribeiro, 1990-
Avaliando a igualdade inicial de parcelas gêmeas em experimentos sobre produtividade florestal / Caroline Ribeiro Rodrigues. - Viçosa, MG, 2017.
x, 62f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.
Orientador: Carlos Pedro Boechat Soares.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.46-53.

1. Florestas - Crescimento. 2. Florestas - Medição.
3. Levantamentos florestais. 4. Economia florestal. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal. II. Título.

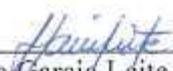
CDD 22 ed. 634.952

CAROLINE RIBEIRO RODRIGUES

**AVALIANDO A IGUALDADE INICIAL DE PARCELAS GÊMEAS EM
EXPERIMENTOS SOBRE PRODUTIVIDADE FLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de maio de 2017.



Helio Garcia Leite
(Coorientador)



Gilson Fernandes da Silva



Carlos Pedro Boechat Soares
(Orientador)

*“Às vezes, a verdadeira vitória não se pode mostrar,
nem a verdadeira coragem é tão visível
ou evidente quanto se pensa”
- O Velho e o Mar*

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade de vida.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF), ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, professores e funcionários pelos ensinamentos, capacitação e contribuições para minha formação.

Ao Professor Carlos Pedro Boechat Soares pela orientação, oportunidade e confiança durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Helio Garcia Leite pela coorientação, contribuições e amizade.

Ao Professor Gilson Fernandes da Silva pela solicitude em participar da banca e pelas contribuições no aprimoramento da dissertação.

Aos meus pais, Divino e Izabel, pelo incentivo, pela fé e orações, por sempre se fazerem presentes em minha vida. Ao Mateus, pela cumplicidade, pelo companheirismo e parceria. À minha família, em especial aos meus avós, madrinha e padrinho pelo incentivo e carinho.

Aos amigos Eliana Boaventura, Diogo Cosenza, Ágatha Kretli, Larissa Carvalho, Aline Jacon, Marcela Oliveira, Indira Comini, Cíntia Ribeiro, Thaisa Ribeiro, Renato Damásio, Simone Silva, Fábio Fernandes, Bruno Schettini, Paulo Henrique Villa, Vicente Júnior pela amizade sincera, colaboração e convivência.

Ao Grupo de Estudos em Manejo Florestal e todos seus membros, agradeço por todos os ensinamentos e contribuições, especialmente à Ana Carolina Albuquerque, Carlos Araújo, Mariana Taquetti e Vinícius Andrade pela amizade e apoio durante o Mestrado.

Ao grupo de estudos GE³, ao *Forest Productivity Cooperative*, à DAP Florestal e à Florestal Jr pelas oportunidades e aprendizados.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos.

À Veracel Celulose pela oportunidade de aprendizado e disponibilidade da base de dados para condução deste estudo.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram e torceram para a conclusão de mais essa etapa em minha vida.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

CAROLINE RIBEIRO RODRIGUES, filha de Divino Gomes Rodrigues e Izabel Ribeiro Rodrigues, nasceu em 14 de novembro de 1990, em São Paulo.

Em 2008, ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em janeiro de 2015.

Em março de 2015, iniciou o curso de Mestrado em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de dissertação em 19 de maio de 2017.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. Crescimento e produção florestal	5
3.2. Arranjo de parcelas gêmeas.....	7
3.3. <i>Check plots</i>	10
3.4. Parcelas trigêmeas	11
3.5. Igualdade inicial entre parcelas	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1. Descrição da área de estudo	15
4.2. Descrição das parcelas do estudo	16
4.3. Coleta e processamento dos dados	20
4.3.1. Estimativas da altura total.....	20
4.3.2. Estimativas de volume individual.....	21
4.4. Avaliação da igualdade das parcelas gêmeas	22
4.4.1. Avaliação por unidade de área.....	22
4.4.2. Avaliação da estrutura interna	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1. Seleção das redes neurais artificiais	31
5.2. Avaliação da igualdade das parcelas por unidade de área.....	36
5.3. Avaliação da igualdade da estrutura interna.....	38
5.3.1. Coeficiente de Gini	38
5.3.2. Aderência das distribuições de diâmetro	40
6. CONCLUSÕES.....	45
7. REFERÊNCIAS	46
ANEXO.....	54

RESUMO

RODRIGUES, Caroline Ribeiro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2017. **Avaliando a igualdade inicial de parcelas gêmeas em experimentos sobre produtividade florestal.** Orientador: Carlos Pedro Boechat Soares. Coorientador: Hélio Garcia Leite.

O arranjo das parcelas gêmeas possibilita avaliar o efeito da aplicação de tratamentos silviculturais na produtividade florestal, abrangendo diferentes sítios. Um importante aspecto a ser considerado, no entanto, consiste em garantir a igualdade entre as parcelas experimentais (gêmeas) pareadas às parcelas de inventário florestal contínuo (IFC) no início das avaliações. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar metodologias para definição da igualdade inicial entre as parcelas do IFC e gêmeas. Foram utilizados dados de inventário de 191 *Cases*, sendo cada *Case* composto por uma parcela gêmea e sua respectiva parcela do IFC. A igualdade entre as parcelas (IFC e gêmea) na primeira medição foi avaliada em termos de produção por unidade de área e de estrutura interna. Para primeira abordagem, a produção em nível de área (m^3ha^{-1}) foi comparada considerando duas alternativas: o teste “t” de *Student* para amostras dependentes e a estatística não paramétrica de Wilcoxon. Em termos de estrutura interna, avaliou-se a heterogeneidade das parcelas por meio do Coeficiente de Gini, calculado para o volume individual das árvores das parcelas; e a aderência das distribuições diamétricas observadas e estimadas pelo ajuste da função Weibull de dois parâmetros, por meio dos testes Kolmogorov-Smirnov, Qui-quadrado e L&O. Em virtude do não atendimento da pressuposição de normalidade, mesmo após

transformação dos dados pelo procedimento de Box-Cox, não foi possível realizar a avaliação da igualdade da produção em nível de área (m^3ha^{-1}) pelo teste “t” de *Student*. Assim sendo, pela aplicação do teste de Wilcoxon, não houve diferença média entre a produção por unidade de área das duas categorias de parcelas ($p > 0,05$). Quanto à estrutura interna dos pares de parcelas (IFC e gêmea), os valores de Coeficientes de Gini evidenciaram diferenças quanto a distribuição dos volumes das árvores dentro dos *Cases*. Haja vista o reduzido número de árvores por parcela (em média 22 árvores) e a distribuição delas nas respectivas classes de diâmetro, não houve aderência das distribuições observadas à função Weibull, nem foi possível realizar os testes de aderência de Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov às distribuições observadas e estimadas. Como alternativa, procedeu-se à avaliação da igualdade das distribuições de diâmetros observadas das parcelas pelo teste L&O, em que foi verificada diferença ($p < 0,05$) para 29 % dos pares de parcelas, na idade inicial. Diante dos resultados, conclui-se que a comparação de produções médias não é suficiente para estudos desta natureza. O teste de Wilcoxon (não paramétrico) também não foi suficiente para garantir a igualdade estatística das parcelas na idade inicial, uma vez que foram observadas desigualdades significativas da estrutura interna das parcelas. Desta forma, ao estabelecer experimentos com parcelas gêmeas, deve-se garantir que estas tenham área suficiente para incluir um número de árvores suficiente para caracterizar e comparar a estrutura interna dos dois tipos de parcelas e, desse modo, permitir concluir corretamente sobre o efeito de tratamentos como a fertilização, matocompetição e irrigação.

ABSTRACT

RODRIGUES, Caroline Ribeiro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2017. **Evaluating the initial equality of twin plots in experiments on forest productivity.** Adviser: Carlos Pedro Boechat Soares. Co-adviser: Helio Garcia Leite.

The twin-plot approach makes possible to evaluate effects of the silvicultural practices at forest productivity, through landscape. A significant feature to be considered, however, is to ensure equality between the test plots (twin plots) that are paired with the forestry continuous inventory plots (FCI), at the first measurement. So, the aim of this study was to evaluate approaches to ensure the equality between the FCI plots and the twin plots, at the first measurement. Were used inventory data of 191 cases, where each case was compounded by a twin plot and your respective continuous inventory plot. The equality between the plots (FCI and twin) at first measurement was evaluated through the production per area unit (m^3ha^{-1}) and through the inner structure. To the first approach, the production per area was compared through two approaches: the Student “t” test for paired samples and the Wilcoxon non-parametric statistic. In terms of the inner structure, was evaluated the plots heterogeneity through the Gini’s Coefficient calculated to the plot trees individual volumes; and the observed and fitted diametric distribution adherence to the 2 parameters Weibull function, through the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test, Chi-Square test and L&O test. Once the normality assumption was not verified, even after the data transformation using the Box-Cox procedure, it was not possible

performed the equality evaluation of the production per area level (m^3ha^{-1}) through the Student “t” test. Therefore, through the Wilcoxon test was verified that the average difference between the production per area unit for the two plots categories is statistically equal to zero ($p > 0,05$). Regarding the plots pairs’ inner structure (FCI and twin), the Gini’s Coefficient values evidenced differences about the trees volumes distribution inside the cases. Due the reduced number of individuals per plot and their distributions at their respectively diameter classes, there was not adherence between the Weibull function to the observed distributions, even was not possible to performed the Chi-Square and Kolmogorov-Smirnov tests to the observed and fitted distributions. As an alternative, the observed diameter distribution equality was evaluated through the L&O test where it was verified statistic difference ($p < 0,05$) to 29 % of the plots pairs, at the first measurement. Before the results, it is concluded that the Student “t” test could not be appropriated to this kind of studies and that the Wilcoxon test (non parametric) it was not enough to ensure the statistic equality between the FCI and twin plots once significatives inequalities were observed to the plots inner structure. This way, once established a trial using the twin plot approach, should be ensure that those plots must have enough areas to include enough trees to characterize not only the production per area unit but also the inner structure, so statistics tests can be applied correctly and that conclusions about the treatments effects may be verified with high confidence level.

1. INTRODUÇÃO

Em povoamentos equiâneos conduzidos para fins comerciais, o conhecimento da resposta à fertilização e ao controle de matocompetição é importante para decisões sobre investimentos em práticas silviculturais (GONÇALVES et al., 2008; HAKAMADA et al., 2015).

Uma alternativa para avaliar o efeito da fertilização e matocompetição na produtividade é a instalação de parcelas “gêmeas” (STAPE et al., 2006). Esses autores propuseram a instalação de parcelas experimentais, pareadas às parcelas de inventário florestal contínuo (IFC), denominando-as de parcelas gêmeas (*twin-plot*), em que as parcelas de IFC constituem as parcelas de controle do experimento.

O estudo de Stape et al. (2006) possibilitou determinar a resposta ao tratamento aplicado, abrangendo vários locais. Porém, não foi possível atribuir especificamente qual fator do tratamento contribuiu para as respostas observadas, isto é, não foi possível, por exemplo, atestar individualmente quanto à contribuição do controle da população infestante nos resultados observados.

Decorrente da limitação observada no trabalho de Stape et al. (2006), foi proposta a alocação de uma terceira parcela experimental, denominada de parcela trigêmea (*triplet-plot*), que por sua vez recebeu apenas o controle intensivo de matocompetição (CARRERO, 2012). Desta forma, em um mesmo talhão, foi possível comparar a produtividade das parcelas, permitindo conhecer a resposta individual à adubação adicional (comparando-se as parcelas gêmeas às trigêmeas) e

ao controle adicional da população infestante (comparando-se as parcelas do IFC às trigêmeas).

Uma característica relevante dos métodos apresentados por Stape et al. (2006) e Carrero (2012), na qual baseiam-se todos os resultados e conclusões, é a pressuposição de igualdade inicial (anterior à aplicação de qualquer tratamento) das parcelas gêmeas e trigêmeas, com suas respectivas parcelas de IFC, sendo muitas vezes esta determinada empregando-se testes para médias, como o teste “t” de *Student* para amostras dependentes.

Tem sido comum a aplicação do teste “t” para amostras dependentes para verificar a igualdade inicial em termos de produção por unidade de área (STAPE et al., 2006; FERREIRA & STAPE, 2009; CARRERO, 2012; LEMOS, 2012). No entanto, para o correto emprego desse teste, há a necessidade de verificar pressupostos como por exemplo, a normalidade de distribuição das variáveis de interesse, sendo necessário em alguns casos realizar a transformação dos dados, procedimento este que pode dificultar a interpretação dos resultados devido à mudança de escala da variável analisada.

Em complemento, muitas vezes as hipóteses testadas nos testes estatísticos não são apropriadas aos objetivos definidos, por se tratar de testes de médias das produções por unidade de área e não considerar a estrutura interna do povoamento. Parcelas experimentais com mesma produção por área podem ter estruturas internas diferentes, isto é, distribuições de diâmetros diferentes, resultando em possíveis crescimentos diferenciados ao longo do tempo, haja vista as diferentes taxas de crescimento em diferentes classes de diâmetro (DEMOLINARI, 2006).

Considerando que a produtividade depende da heterogeneidade estrutural do povoamento (BINKLEY et al., 2002; SOARES et al., 2016; BOURDIER et al., 2016; FORRESTER & BAUHUS, 2016; SOARES et al., 2017), a distribuição de diâmetros em princípio não deve ser ignorada na definição de parcelas gêmeas.

Assim sendo, observa-se a necessidade de estudos para determinar a igualdade das parcelas gêmeas e, ou, trigêmeas, não somente em termos de produção por unidade de área, mas também em termos de estrutura interna das parcelas, para uma

correta definição de igualdade inicial do experimento, em estudos sobre produtividade florestal.

2. OBJETIVOS

Este estudo teve por objetivo avaliar diferentes métodos para definir a igualdade inicial entre parcelas gêmeas, em experimentos sobre produtividade florestal, tanto em termos de produção volumétrica por unidade de área quanto em termos de estrutura interna.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. CRESCIMENTO E PRODUÇÃO FLORESTAL

O Brasil detém a segunda colocação no ranking dos principais destinos dos investimentos em ativos florestais e a liderança no *ranking* global de produtividade florestal de eucalipto, com produção média de 20 ton ha⁻¹ ano⁻¹ de madeira aos 7 anos após o plantio (SILVA et al., 2011; IBA, 2015).

Plantios de eucalipto ocupam áreas em todas as regiões do País, totalizando, em 2015, 5,56 milhões de hectares (71,9% do total da área de árvores plantadas no país). O destaque da indústria de base florestal brasileira é atribuído, entre outros fatores, à alta produtividade dos plantios no País (IBA, 2015).

O crescimento de uma árvore é resultante da interação de diversos processos (fotossíntese, produção foliar, respiração por exemplo) e depende da aquisição de recursos de crescimento (água, radiação solar e nutrientes), da eficiência do uso desses recursos para realização da fotossíntese e subsequente direcionamento da produção para formação de tecidos de madeira (BINKLEY et al., 2010; RYAN et al., 2010). A produção em uma determinada unidade de área, por sua vez, é obtida pela soma do crescimento acumulado das árvores presentes nessa área. Esta produção dividida pela idade define a produtividade média do povoamento até a referida idade, sendo denominada de incremento médio anual (IMA) (CAMPOS & LEITE, 2013).

Em um plantio clonal, assume-se que todos os indivíduos possuem igual capacidade de crescimento (HAKAMADA et al., 2015). No entanto, em virtude da

competição com outras plantas e também da diferença das condições ambientais (como a disponibilidade de nutrientes no solo), as taxas de fornecimento de recursos disponíveis diferem entre árvores e alteram-se de acordo com o tempo.

Aliado ao aumento do nível de melhoramento dos genótipos, o avanço das práticas silviculturais (através da adequação dos programas de fertilização, implementação do cultivo mínimo e controle de plantas daninhas) contribuiu para os ganhos de produtividade dos povoamentos equiâneos nos últimos anos no Brasil (HAKAMADA et al., 2015).

Os plantios de eucalipto são intolerantes à competição por recursos (água, radiação solar e nutrientes) com gramíneas, especialmente no período inicial de desenvolvimento (LONDERO et al., 2012; TIBURCIO et al., 2012). Portanto, para garantir um ótimo crescimento, é desejável manter os plantios livres de matocompetição até que ocorra o fechamento das copas (entre 12 e 18 meses geralmente) (SCHÖNAU, 1984). Ademais, a presença de plantas daninhas no ecossistema aumenta os riscos de incêndios e influencia a resposta dos plantios à aplicação de fertilização (FORRESTER et al., 2010).

A disponibilidade de água e nutrientes influencia na eficiência de conversão da radiação solar em biomassa, sendo este importante fator limitante da produtividade florestal (STAPE et al., 2004; SANTANA et al., 2008). A fertilização mineral em plantios florestais no Brasil é necessária devido a baixa fertilidade natural dos solos e à demanda de nutrientes requerida, como por exemplo, pelas florestas de eucaliptos (FORRESTER et al., 2010; SIMONETE et al., 2013).

Na maioria dos casos, os plantios de eucaliptos são instalados em áreas onde haviam pastagens degradadas, com reserva nutricional deficiente, acidez elevada, altos teores de alumínio e manganês e baixa saturação por bases (GAMA-RODRIGUES et al., 2005; PULROLNIK et al., 2009). Desta forma, as fertilizações de implantação e manutenção são indispensáveis para garantir a produtividade florestal nos padrões desejáveis (FERNANDEZ et al., 2000; STAPE et al., 2006; SIMONETE et al., 2013).

3.2. ARRANJO DE PARCELAS GÊMEAS

A avaliação do efeito do local e de prescrições silviculturais no crescimento de povoamentos requer dados e informações consistentes, na maioria das vezes obtidos em povoamentos já estabelecidos. Nesse caso, em cada local selecionado, é necessária a instalação de parcelas controle (testemunha) e parcelas de tratamentos, permitindo, desta forma, a identificação do crescimento atribuído ao local e às prescrições silviculturais e de manejo (WEISKITTEL et al., 2011).

Em certos casos, os efeitos mencionados são avaliados por meio de experimentos planejados, na maioria das vezes utilizando delineamento em blocos ao acaso (DBC). Se o princípio do controle local não for considerado de modo eficiente, haverá dúvidas ao extrapolar os resultados dos tratamentos experimentais. O emprego de DBC pode resultar em alta precisão na resposta à fertilização em apenas alguns locais (STAPE et al., 2006; FERREIRA, 2007; FERREIRA & STAPE, 2009; SILVA, 2011).

Objetivando determinar a resposta à fertilização abrangendo diversos sítios e, conseqüentemente, as variações de tipos de solos, idades de plantio, e materiais genéticos, Stape et al. (2006) propuseram o método das parcelas gêmeas (*twin-plots*). O experimento envolveu 127 pares de parcelas, distribuídas por cerca de 40.000 ha de plantios de clones de eucalipto, em várias classes de idade, diferentes tipos de solos e índices de pluviosidade. Cada par de parcelas foi constituído por uma parcela permanente da rede de inventário florestal contínuo (IFC) e uma parcela experimental (parcela gêmea). A parcela da rede de IFC correspondeu à parcela testemunha, enquanto a parcela gêmea foi aquela que recebeu os tratamentos silviculturais diferenciados, como fertilização potencial e controle rígido e contínuo de pragas e matocompetição (STAPE et al., 2006; FERREIRA, 2007; SILVA et al., 2010; SILVA, 2011; LEMOS, 2012).

Enquanto os dados das parcelas de IFC fornecem a produtividade “presente ou atual” do povoamento, os dados das parcelas gêmeas fornecem a produtividade “atingível” do local, para aquele tratamento aplicado (SILVA et al., 2010). Segundo Landsberg et al. (2010) e Weiskittel et al. (2011) o método permite, portanto, obter a informação do potencial produtivo, abrangendo diferentes locais, de forma relativamente simples, rápida e não onerosa.

Stape et al. (2006) por exemplo, avaliaram a resposta à fertilização abrangendo períodos seco e chuvoso, solos de diferentes texturas, plantios clonais e seminais, jovens e antigos de *Eucalyptus* spp. no estado de São Paulo. Depois disso, centenas de pares de parcelas gêmeas foram instaladas em diferentes Estados do Brasil em empresas de base florestal (RYAN et al., 2009).

O arranjo das *twin-plots* (parcelas gêmeas) pode ser utilizado também para explorar a resposta à fertilização de nutrientes específicos, individualmente (SILVA, 2011). Permite avaliar a resposta aos tratamentos sob diversos atributos dos indivíduos, como a altura total, biomassa do tronco, concentração foliar de nutrientes e índice de área foliar (CARRERO, 2012). É possível correlacionar a resposta à fertilização com outras características edáficas e climáticas, como a disponibilidade hídrica, por exemplo. Além disso, a instalação das parcelas gêmeas pode resultar em um banco de dados robusto para parametrização e teste de modelos ecofisiológicos, como o modelo 3-PG (LANDSBERG et al., 2010; WARING et al., 2010).

Bown et al. (2013) discutindo acerca dos *inputs* requeridos pelo modelo 3-PG (LANDSBERG & WARING, 1997), propuseram a inclusão de um parâmetro “modificador de fertilidade” (f_N), que estivesse correlacionado às características químicas e físicas do solo, para modelar a eficiência do uso da radiação. Para este fim, foram empregadas cinco pares de parcelas gêmeas, distribuídas em cinco povoamentos de *Pinus radiata*, na Nova Zelândia (BOWN et al., 2013). Antes, Ferreira (2007) e Ferreira & Stape (2009) discutiram sobre a possibilidade do emprego do método integrado com um sistema de informações geográficas para construir mapas de resposta à fertilização.

Para avaliar e quantificar as produtividades atual e potencial de *Pinus taeda*, no Estado da Carolina do Norte, nos Estados Unidos, foram instalados 40 pares de parcelas gêmeas (MEEKS, 2015). O estudo realizou ainda a avaliação do índice de área foliar e a caracterização da vegetação que compunha o sub-bosque do plantio de *Pinus taeda*. O arranjo das parcelas gêmeas fundamentou a discussão acerca da influência da fertilização e o tipo de solo sobre a comunidade infestante. Um ano antes, nesta mesma linha de pesquisa, Maia (2014) avaliou a influência da adubação mineral na qualidade da madeira de clones de eucalipto, aos 4,5 e 5,5 anos de idade, em diversos espaçamentos de plantios em Minas Gerais. A adubação acarretou em

um aumento do potencial energético da floresta onde foram verificados ganhos na massa de carvão e na quantidade de energia estocada por hectare (MAIA, 2014).

No extremo sul da Bahia, Silva et al. (2010) apontaram para uma diferença média de 18% nos valores de incremento corrente aos 12 meses entre as parcelas de IFC ($60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e gêmea ($71 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) em plantios clonais de *Eucalyptus urophylla x grandis*. Excetuando-se a idade de 10 anos, para todas as demais idades consideradas no estudo (4 a 9 anos), a resposta à fertilização foi significativa estatisticamente.

Utilizando a mesma metodologia de parcelas gêmeas, na Venezuela, empregando 53 pares de parcelas (Figura 1), a resposta média de crescimento foi de 6 Mg ha^{-1} (cerca de $12 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) nos primeiros dois anos após a fertilização; muito embora, alguns locais não apresentaram resposta à fertilização enquanto em outros, a resposta alcançou incrementos superiores à 20 Mg ha^{-1} (CARRERO, 2012).



Figura 1- Parcela de inventário (escuro) e parcela gêmea (claro) em *layout* no campo.
Fonte: Adaptado de Carrero (2012).

Também na Venezuela, 74 pares de parcelas gêmeas foram instaladas e avaliadas em áreas da empresa DEFORSA, tendo sido observadas diferenças em diâmetro, altura total e biomassa nos tratamentos aplicados (CARRERO et al., 2011). Em alguns locais, após 18 meses da aplicação dos tratamentos, foi observado um incremento em biomassa superior a $10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em relação às suas respectivas parcelas de IFC. Isto, segundo os autores, sugere que, para estes locais, há presença de fatores limitantes ao crescimento dos povoamentos.

Respostas à fertilização são relevantes para subsidiar a tomada de decisão sobre a recomendação de fertilização das florestas de eucaliptos (FERREIRA & STAPE, 2009; RYAN et al., 2009). No estudo de Carrero (2012), o custo médio do tratamento nas parcelas gêmeas (para ambos, fertilização e controle de matocompetição) foi de cerca de US\$650 ha⁻¹. Já a receita média decorrente do incremento em madeira obtido devido aos tratamentos foi de cerca de US\$470 ha⁻¹ ou seja, insuficiente para propor retorno financeiro ao investimento. No entanto, cerca de 30% dos povoamentos avaliados no estudo responderam fortemente (incremento > 9 Mg ha⁻¹) ao tratamento durante os dois primeiros anos e, para estes casos, constatou-se viabilidade econômica para o projeto, ou seja, os custos de fertilização e controle de matocompetição foram compensados pelo incremento na produção de madeira.

Binkley et al. (2012) destacaram a relevância em se prosseguir avaliando os dados do experimento além dos dois anos iniciais abordados por Carrero (2012), pois há possibilidade da continuidade de crescimento das árvores em resposta à fertilização e, assim sendo, a proporção de locais responsivos ao tratamento aumentariam, ampliando as áreas do projeto com viabilidade econômica.

3.3. CHECK PLOTS

A metodologia descrita por Stape et al. (2006) empregou como tratamento adicional nas parcelas gêmeas a fertilização potencial com macro e micronutrientes: 180 Kg N ha⁻¹, 50 Kg P ha⁻¹, 150 Kg K ha⁻¹, 800 Kg Ca ha⁻¹, 180 Kg Mg ha⁻¹, 180 Kg S ha⁻¹, 5 Kg B ha⁻¹, 27 Kg Zn ha⁻¹, 3 Kg Cu ha⁻¹, 9 Kg Fe ha⁻¹, 6 Kg Mn ha⁻¹ e 0,3 Kg Mo ha⁻¹, como dose inicial no momento de instalação das parcelas pareadas e também três doses adicionais de 180 Kg N ha⁻¹, 35 Kg P ha⁻¹ e 150 Kg K ha⁻¹.

Porém, ressalta-se a possibilidade de fertilizar as parcelas gêmeas apenas com um nutriente específico e assim discorrer sobre a influência de cada nutriente individualmente na produtividade dos plantios (STAPE et al., 2006; SILVA, 2011). Nestes casos, as parcelas gêmeas são chamadas de “*check plots*”, ou parcelas permanentes de monitoramento.

Em alguns casos, parcelas permanentes são instaladas em plantios ainda no primeiro ano de idade. Nessas parcelas, além do inventário florestal contínuo, são realizadas coletas de folhas destinadas ao monitoramento e diagnóstico nutricional

(POGGIANI et al., 1998; HAKAMADA et al., 2015). Essas informações são transformadas em índices, como por exemplo, o Índice DRIS (BEAUFILS, 1973), que categorizam o grau de carência para determinado nutriente na área. Desta forma, espera-se que somente áreas que apresentem menores valores de Índice DRIS respondam de forma positiva à adubação complementar aplicada. Esta verificação é realizada através das *check plots* (LOURENÇO & SILVA, 2014).

Assim, em virtude das respostas observadas através das *check plots*, toma-se a decisão sobre a realização ou não da adubação complementar de determinado nutriente em nível operacional na empresa e valida-se em campo (*in situ*) as informações geradas pelos *softwares* de recomendação e monitoramento nutricional, permitindo aprimorar a calibração desses programas.

3.4. PARCELAS TRIGÊMEAS

O arranjo das *twin-plots* não possibilita conhecer separadamente a influência de cada fator do tratamento (fertilização ou controle adicional de matocompetição, por exemplo) na produtividade. Portanto, derivado do método de Stape et al. (2006), foi proposta a instalação de uma segunda parcela experimental, a parcela trigêmea (“*triplet-plot*”) (CARRERO, 2012).

As *triplet-plots* descritas por CARRERO (2012) receberam apenas o controle adicional de matocompetição, possibilitando a realização de três tipos de comparações para os atributos avaliados no início e ao término do estudo:

Parcela controle	x	Parcela gêmea (<i>twin-plot</i>)
Parcela controle	x	Parcela trigêmea (<i>triplet-plot</i>)
Parcela gêmea (<i>twin-plot</i>)	x	Parcela trigêmea (<i>triplet-plot</i>)

Carrero (2012) avaliou a biomassa do tronco nas parcelas e observou um incremento, após dois anos de aplicação dos tratamentos, de 1,7 e 3,9 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para a parcela trigêmea e parcela gêmea, respectivamente. Através de gráficos de dispersão também foi realizada a avaliação da concentração foliar de fósforo e nitrogênio entre as classes de parcela (*triplet-plot*, *twin-plot* e *control plot*). Desta forma, o método das parcelas trigêmeas demonstrou que ambos tratamentos, fertilização e controle de matocompetição, contribuíram para o aumento da produtividade na área (CARRERO, 2012).

Empregando o modelo 3-PG, Forrester et al. (2015) objetivaram avaliar a dinâmica espacial e temporal e os efeitos da densidade dos povoamentos sobre a interação de espécies em plantios mistos. Os autores destacam que o desenho ideal para este tipo de experimento seria um arranjo que possibilitasse, num mesmo local, a instalação de uma parcela em área de plantio misto composto por duas espécies e uma parcela no plantio puro de cada espécie envolvida. A partir deste ponto, este trio de parcelas, deveria ser replicado em diferentes locais, contemplando variações edáficas e condições climáticas distintas (FORRESTER et al., 2015; FORRESTER & TANG, 2016).

Este trio de parcelas (uma “mista” e duas “puras”) também é referido em literatura como “*triplet plots*” e seu emprego seria similar ao método das parcelas gêmeas proposto por Stape et al. (2006) (FORRESTER et al., 2015; FORRESTER e TANG, 2016).

Para estudar o crescimento de *Pinus sylvestris* L. e *Fagus sylvatica* L. em plantios mistos e puros ao longo do continente Europeu, Pretzsch et al. (2015) empregaram 32 *triplets* ao longo de um gradiente que representasse amplamente as condições ecofisiológicas características da Europa (Figura 2).

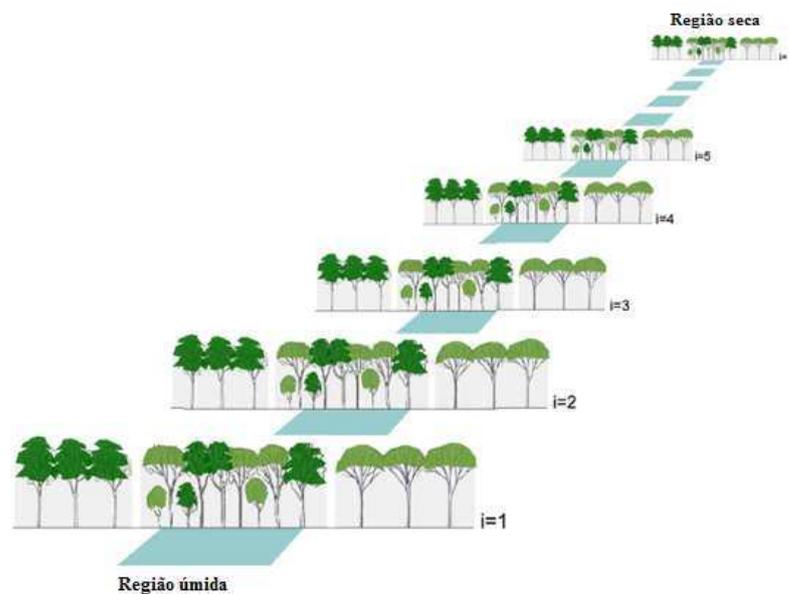


Figura 2 - Representação do transecto do estudo de (PRETZSCH et al., 2015): abrangência de regiões úmidas e secas através de 32 *triplets* ($i = 1, \dots, 32$) compostas,

cada uma, por povoamento misto de *Pinus sylvestris* L. e *Fagus sylvatica* L. e povoamentos puros de *Pinus sylvestris* L. e *Fagus sylvatica* L.

Fonte: Adaptado de Pretzsch et al. (2015).

Uma importante distinção entre os dois estudos (CARRERO, 2012; FORRESTER et al., 2015) é o fato de que as parcelas gêmeas, bem como as parcelas trigêmeas empregadas por Carrero (2012), foram instaladas pareadas às parcelas de inventário; e as *triplet plots* descritas para florestas mistas foram selecionadas dentre as parcelas de inventário já existentes na floresta.

3.5. IGUALDADE INICIAL ENTRE PARCELAS

As designações “*twin/triplet/check-plots*” advêm da condição de igualdade inicial entre as parcelas pareadas. Portanto, no início do estudo, as parcelas devem apresentar densidade populacional e volume de madeira estatisticamente iguais à sua respectiva parcela controle (IFC) (FERREIRA, 2007; SILVA, 2011; LEMOS, 2012). Em todos os trabalhos conduzidos até 2017, a escolha das parcelas gêmeas e trigêmeas foi realizada unicamente por meio de testes de média. No entanto, em parcelas com mesmas produções (m^3ha^{-1}), diâmetros e alturas médias não há garantia de igualdade uma vez que a tendência de crescimento das árvores depende também da heterogeneidade estrutural. Assim sendo, há relevância em garantir a igualdade na idade inicial uma vez que a tendência de crescimento nos anos subsequentes à aplicação dos tratamentos dependerá da condição inicial

Em trabalhos desta natureza (STAPE et al., 2006; FERREIRA, 2007; FERREIRA & STAPE, 2009; SILVA et al., 2010; SILVA, 2011; CARRERO et al., 2011; LEMOS, 2012; MEEKS, 2015), a igualdade inicial entre as parcelas gêmea/trigêmea e a respectiva parcela controle de inventário foi realizada empregando-se o teste “t” de *Student* para amostras dependentes.

Além disso, geralmente o teste “t” de *Student* é acompanhado por gráficos de dispersão construídos com médias de diâmetro, altura e volume por árvore, além da produção (m^3ha^{-1}) das parcelas de IFC e gêmeas, no início do estudo, ou seja, na primeira medição (

Figura 3). Nesses gráficos, a linha de 45° representa a proporção de 1:1. Esse tipo de gráfico sugere uma validação cruzada e aplicação de algum teste apropriado.

Entretanto, nos estudos já conduzidos, a análise das figuras tem sido descritiva, complementada pela aplicação de um teste para média (teste t), que, conforme Leite & Oliveira (2002), não é suficiente para se inferir sobre identidade de tratamentos ou métodos analíticos.

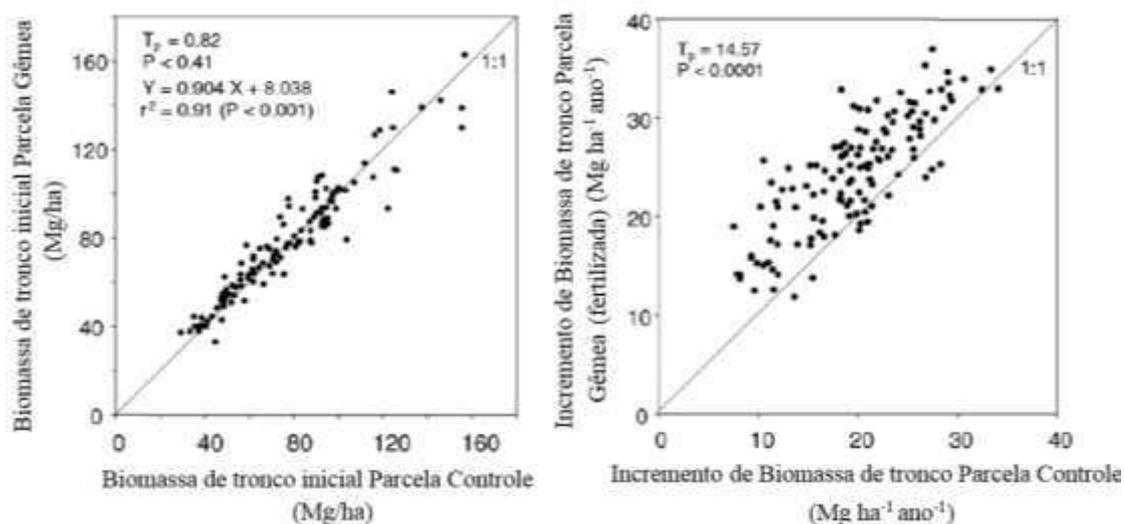


Figura 3 - Parcelas de controle e gêmea não apresentaram diferença em termos de biomassa do tronco antes da fertilização (esquerda), porém após 2 anos foi verificado incremento médio de $4,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (direita).

Fonte: Adaptado de Stape et al. (2006).

No início do estudo, Carrero (2012) apontou que a densidade das parcelas de controle e gêmea foi de 1.060 e 1.054 árvores por hectare, respectivamente, e não foi verificada diferença estatística significativa entre ambas. Para corroborar a igualdade entre as parcelas pareadas, o autor avaliou também a mortalidade verificada nas parcelas no final do estudo e, novamente através do teste “t” de *Student* para amostras dependentes, não foi verificada diferença estatística entre as parcelas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os plantios clonais de eucalipto avaliados neste estudo estão distribuídos no extremo sul do Estado da Bahia, abrangendo cinco municípios: Eunápolis, Guaratinga, Itabela, Itagimirim, e Santa Cruz Cabrália (Figura 4).



Figura 4 - Localização geográfica das áreas de estudo no extremo sul do Estado da Bahia.

Os solos predominantes são os Argissolos (Argissolo Amarelo distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, principalmente) e Latossolos (EMBRAPA, 2006); o clima, segundo classificação de Köppen, é do tipo Af: quente e úmido com ocorrência de pequena estação de seca, temperaturas elevadas variando entre 25 e 27°C; apresenta elevado índice pluviométrico (precipitação pluviométrica anual média de 1256 mm) com chuvas bem distribuídas ao longo do ano com maior intensidade nos meses de novembro a abril (GENTIL, 2010).

4.2. DESCRIÇÃO DAS PARCELAS DO ESTUDO

Foram selecionadas 191 parcelas dentre aquelas que compunham a rede do Inventário Florestal Contínuo (IFC) distribuídas na área de estudo. As parcelas selecionadas possuíam forma retangular e eram compostas por duas fileiras de onze covas, totalizando 22 covas por parcela. Por se tratar de um arranjo com número de covas fixo por parcela, a área da parcela variou dependendo do espaçamento.

Para cada parcela de inventário (IFC) selecionada, foi instalada sua respectiva parcela gêmea (*twin plot*), de mesmo tamanho e forma, conforme Stape et al. (2006), a uma distância de 15 e 30 m. As parcelas gêmeas receberam tratamento silvicultural diferenciado durante o período de condução do experimento: anualmente foram realizadas operações de adubação, conforme descrito na Tabela 1, e controle de matocompetição adicionais.

Tabela 1- Descrição da fertilização adicional aplicada nas parcelas gêmeas

Momento de aplicação	Adubação	
	Parcelas Gêmeas	
Instalação	Calcário	3600 g/arv
	Superfosfato Simples	480 g/arv
	FTE Líder 3	120g/arv
	NPK 20-50-20	600g/arv
12 meses após a instalação	NPK 20-50-20	600g/arv
Anualmente (a partir de 24 meses após o plantio)	NPK 20-50-20	240 g/arv

Para aplicação da adubação adicional foi adotada área correspondente à 4 linhas com 13 covas cada. Já o controle de matocompetição foi realizado em área correspondente à 6 linhas com 15 covas cada (Figura 5). O controle da matocompetição foi realizado através da aplicação mecanizada de *glyphosate*.

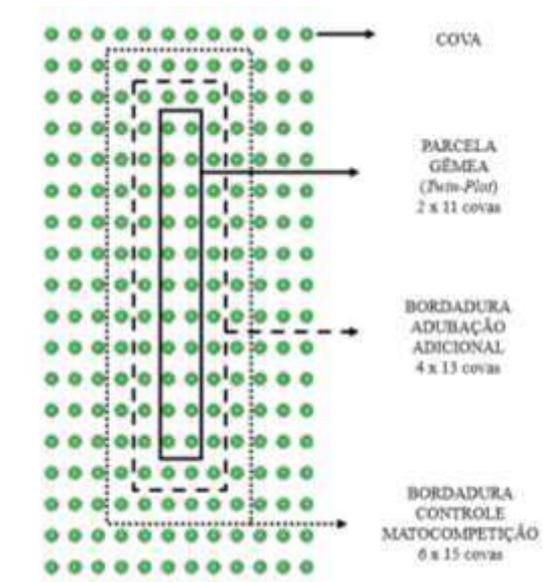


Figura 5 - Croqui representando área de aplicação da adubação e controle adicional de matocompetição nas parcelas gêmeas.

Cada parcela de IFC selecionada e sua respectiva parcela gêmea compunham um “Case” (Figura 6). Foram considerados, portanto, 191 Cases, totalizando 382 parcelas (191 parcelas de IFC e 191 parcelas gêmeas). Essas parcelas contemplaram cinco arranjos espaciais de plantio (espaçamentos 3,0x1,5m, 5,0x2,4m, 4,0x3,0m, 3,5x3,4m e 3,0x4,0m), 18 genótipos e idades de 2 a 13 anos no início das avaliações (Tabela 2).

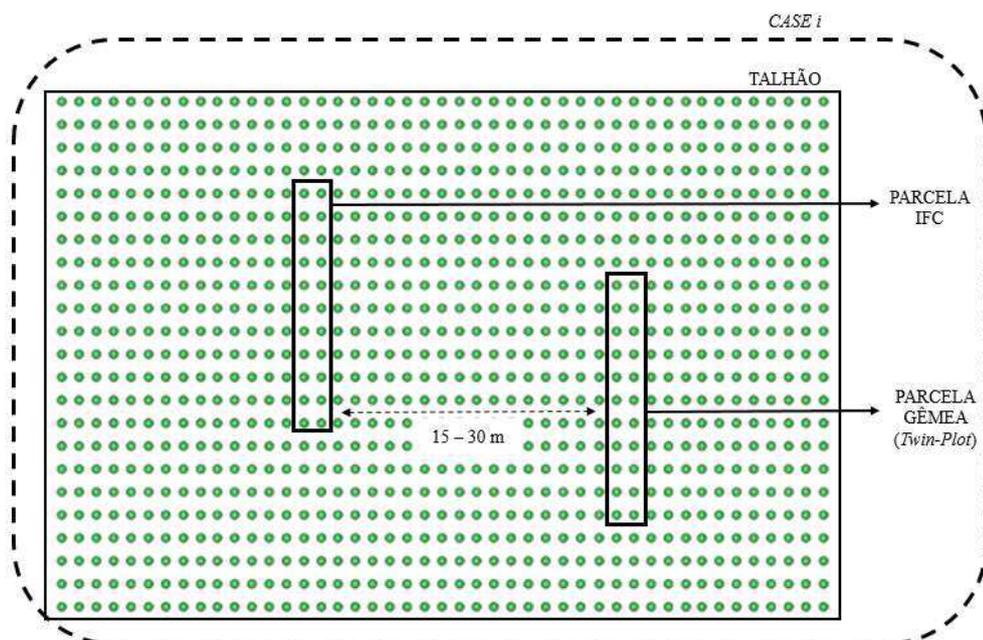


Figura 6 - Esquema representado cada Case, sendo $i = 1, 2, \dots, 191$.

Tabela 2 - Descrição dos “Cases” quanto ao genótipo (G), espaçamento (E) e classe de idade em anos (CI) na primeira medição.

<i>Case</i>	<i>CI</i>	<i>G</i>	<i>E</i>												
1	3	G1	5,0x2,4	31	4	G12	4,0x3,0	61	4	G8	5,0x2,4	91	7	G7	5,0x2,4
2	3	G2	4,0x3,0	32	2	G3	3,0x4,0	62	4	G11	5,0x2,4	92	7	G7	5,0x2,4
3	3	G3	3,5x3,4	33	2	G11	3,0x4,0	63	4	G11	5,0x2,4	93	7	G7	5,0x2,4
4	3	G4	3,0x4,0	34	3	G7	4,0x3,0	64	2	G3	5,0x2,4	94	7	G7	5,0x2,4
5	3	G3	4,0x3,0	35	3	G7	4,0x3,0	65	3	G11	5,0x2,4	95	7	G7	5,0x2,4
6	3	G3	4,0x3,0	36	3	G7	4,0x3,0	66	3	G18	5,0x2,4	96	3	G11	5,0x2,4
7	3	G5	3,0x4,0	37	2	G11	5,0x2,4	67	7	G7	5,0x2,4	97	3	G11	5,0x2,4
8	3	G6	3,0x4,0	38	2	G3	5,0x2,4	68	7	G15	5,0x2,4	98	3	G11	5,0x2,4
9	3	G7	5,0x2,4	39	2	G13	5,0x2,4	69	7	G3	5,0x2,4	99	3	G11	5,0x2,4
10	3	G3	4,0x3,0	40	2	G7	3,5x3,4	70	7	G10	5,0x2,4	100	7	G7	5,0x2,4
11	3	G8	4,0x3,0	41	2	G9	5,0x2,4	71	7	G3	5,0x2,4	101	7	G15	5,0x2,4
12	3	G1	5,0x2,4	42	2	G3	4,0x3,0	72	7	G15	5,0x2,4	102	7	G7	5,0x2,4
13	3	G3	5,0x2,4	43	4	G13	4,0x3,0	73	6	G7	5,0x2,4	103	7	G7	5,0x2,4
14	2	G9	5,0x2,4	44	3	G11	4,0x3,0	74	6	G7	5,0x2,4	104	7	G7	5,0x2,4
15	2	G1	5,0x2,4	45	3	G14	4,0x3,0	75	5	G3	5,0x2,4	105	7	G7	5,0x2,4
16	2	G7	4,0x3,0	46	4	G8	4,0x3,0	76	6	G7	3,0x1,5	106	8	G15	5,0x2,4
17	3	G8	3,5x3,4	47	3	G8	4,0x3,0	77	5	G7	5,0x2,4	107	7	G3	5,0x2,4
18	3	G3	3,5x3,4	48	3	G3	4,0x3,0	78	5	G7	5,0x2,4	108	7	G15	5,0x2,4
19	3	G2	3,0x4,0	49	3	G3	4,0x3,0	79	6	G7	5,0x2,4	109	4	G10	5,0x2,4
20	2	G8	4,0x3,0	50	3	G14	4,0x3,0	80	6	G7	5,0x2,4	110	2	G5	3,0x4,0
21	2	G3	4,0x3,0	51	3	G1	4,0x3,0	81	6	G7	5,0x2,4	111	7	G10	5,0x2,4
22	2	G3	4,0x3,0	52	3	G13	4,0x3,0	82	6	G7	5,0x2,4	112	7	G3	5,0x2,4
23	4	G10	4,0x3,0	53	4	G7	4,0x3,0	83	5	G7	5,0x2,4	113	4	G10	5,0x2,4
24	4	G10	4,0x3,0	54	2	G3	4,0x3,0	84	6	G7	5,0x2,4	114	4	G10	5,0x2,4
25	4	G9	4,0x3,0	55	3	G3	4,0x3,0	85	5	G7	5,0x2,4	115	7	G7	5,0x2,4
26	3	G7	4,0x3,0	56	3	G12	4,0x3,0	86	5	G15	5,0x2,4	116	7	G15	5,0x2,4
27	2	G11	3,0x4,0	57	2	G11	4,0x3,0	87	5	G10	5,0x2,4	117	6	G7	5,0x2,4
28	4	G12	4,0x3,0	58	4	G8	5,0x2,4	88	5	G3	5,0x2,4	118	6	G7	5,0x2,4
29	4	G3	3,0x4,0	59	2	G7	3,0x4,0	89	6	G10	5,0x2,4	119	3	G11	3,0x4,0
30	3	G3	3,0x4,0	60	3	G7	3,0x4,0	90	6	G7	5,0x2,4	120	3	G10	3,0x4,0

Tabela 2 - Continuação

<i>Case</i>	<i>CI</i>	<i>G</i>	<i>E</i>	<i>Case</i>	<i>CI</i>	<i>G</i>	<i>E</i>	<i>Case</i>	<i>CI</i>	<i>G</i>	<i>E</i>
121	3	G10	3,0x4,0	151	4	G10	5,0x2,4	181	5	G3	5,0x2,4
122	3	G11	3,0x4,0	152	5	G10	5,0x2,4	182	5	G7	5,0x2,4
123	7	G15	5,0x2,4	153	5	G10	5,0x2,4	183	5	G3	5,0x2,4
124	7	G3	5,0x2,4	154	4	G5	5,0x2,4	184	5	G3	5,0x2,4
125	3	G11	3,0x4,0	155	4	G8	5,0x2,4	185	5	G15	5,0x2,4
126	3	G11	3,0x4,0	156	3	G10	5,0x2,4	186	5	G10	5,0x2,4
127	5	G10	4,0x3,0	157	7	G7	5,0x2,4	187	6	G7	5,0x2,4
128	7	G7	5,0x2,4	158	7	G15	5,0x2,4	188	5	G10	5,0x2,4
129	3	G8	5,0x2,4	159	7	G7	5,0x2,4	189	5	G3	5,0x2,4
130	2	G3	5,0x2,4	160	7	G3	5,0x2,4	190	5	G10	5,0x2,4
131	3	G11	5,0x2,4	161	7	G15	5,0x2,4	191	5	G10	5,0x2,4
132	2	G3	5,0x2,4	162	7	G10	5,0x2,4				
133	2	G3	5,0x2,4	163	7	G10	5,0x2,4				
134	5	G10	5,0x2,4	164	4	G11	5,0x2,4				
135	5	G10	5,0x2,4	165	4	G10	5,0x2,4				
136	4	G10	5,0x2,4	166	7	G10	5,0x2,4				
137	4	G10	5,0x2,4	167	7	G3	5,0x2,4				
138	4	G5	5,0x2,4	168	7	G16	5,0x2,4				
139	4	G5	5,0x2,4	169	7	G3	5,0x2,4				
140	4	G11	5,0x2,4	170	2	G5	3,0x4,0				
141	4	G10	5,0x2,4	171	2	G5	3,0x4,0				
142	4	G5	5,0x2,4	172	4	G10	5,0x2,4				
143	4	G1	5,0x2,4	173	4	G10	5,0x2,4				
144	3	G10	5,0x2,4	174	2	G5	5,0x2,4				
145	3	G11	5,0x2,4	175	6	G17	5,0x2,4				
146	4	G10	5,0x2,4	176	4	G11	5,0x2,4				
147	4	G1	5,0x2,4	177	3	G10	5,0x2,4				
148	3	G11	5,0x2,4	178	3	G10	5,0x2,4				
149	3	G10	5,0x2,4	179	7	G7	5,0x2,4				
150	5	G10	5,0x2,4	180	5	G7	5,0x2,4				

4.3. COLETA E PROCESSAMENTO DOS DADOS

A instalação das parcelas gêmeas adjacentes às suas respectivas parcelas de IFC foi realizada gradativamente. Algumas ocorrências, como intempéries climáticas e atividades de colheita interferiram no número das parcelas participativas no estudo, que não se manteve constante ao longo do período de avaliação (Tabela 3).

Tabela 3 - Descrição dos anos de coleta de dados de inventário e número de *Cases*

Ano de Medição	Número de <i>Cases</i>
2005	125
2006	125
2007	142
2008	137
2009	65
2010	83
2011	20
2011	48
2012	10
2013	9

Durante o período de avaliação de cada *Case* foram coletados registros da circunferência a 1,3 m de altura (*cap*) e realizada a análise qualitativa (classificação quanto à ocorrência de bifurcações e presença de patógenos) de todas as árvores das parcelas. Além disso, foi medida a altura total (*Ht*) das 10 primeiras árvores e de 4 árvores dominantes (*Hdom*) em cada parcela.

4.3.1. ESTIMATIVAS DA ALTURA TOTAL

As alturas totais das árvores não mensuradas em campo foram estimadas empregando-se uma rede neural artificial (RNA). O banco de dados utilizado para treinamento e validação das redes neurais foi composto por 11.660 valores de altura total coletados em campo, em que 70% dos dados foram utilizados para treinamento, 15% para teste e 15% para validação das redes neurais configuradas. O *software* utilizado para isso foi o NeuroForest (BINOTI, 2012). Foram testadas diferentes combinações de variáveis quantitativas (contínuas) e qualitativas (categóricas) da base de dados para constituição das variáveis de entrada das redes (RNA) (Tabela 4).

Tabela 4 - Variáveis quantitativas (contínuas) e qualitativas (categóricas) testadas para compor as variáveis de entrada das redes neurais artificiais para estimativas de altura total

Variáveis de Entrada	
Contínuas	<i>Idade, dap, dapmax, q, Hdom</i>
Categóricas	Região, Projeto, Ciclo, Clone, Espaçamento, CQ, Classe da Parcela

em que: “Classe da Parcela” refere-se à parcela do IFC ou parcela gêmea; *dapmax* = *dap* máximo em cada parcela (cm); *dap* = diâmetro com casca a 1,30 m de altura (cm); *q* = diâmetro quadrático (cm); *Hdom* = altura dominante (m) e CQ = código inventário de qualidade (se árvore quebrada, morta, bifurcada acima de 1,30 m, bifurcada abaixo de 1,30 m).

Foram testadas RNA de arquitetura *Perceptron* Multicamadas (MLP) com as seguintes funções de ativação para as camadas oculta e de saída: identidade, logística, tangencial hiperbólica e exponencial. O algoritmo de aprendizagem utilizado foi o *Resilient Backpropagation*, RPROD⁺, com taxa de aprendizagem de 0,01, termo momentum de 0,0005. O critério para parada do treinamento foi o número de ciclos = 3000 ou a ocorrência do erro médio = 0,0001 (a condição que ocorresse primeiro).

4.3.2. ESTIMATIVAS DE VOLUME INDIVIDUAL

O volume individual das árvores das parcelas (volume com casca para diâmetro mínimo de 6 cm) também foi estimado por meio de uma rede neural artificial (RNA). Como não ocorreu o abate de árvores-amostra dentro das parcelas, utilizou-se um banco de dados histórico de cubagem disponível para a área do estudo, abrangendo cerca de 12 mil registros para treinamento, teste e validação da RNA. O tipo de rede, funções de ativação e algoritmos de treinamento, bem como o *software*, foram os mesmos descritos para as estimativas da altura. Na Tabela 5, são descritas as variáveis testadas para compor as variáveis de entrada da RNA de volumetria.

Tabela 5 - Variáveis quantitativas (contínuas) e qualitativas (categóricas) testadas para compor as variáveis de entrada das redes neurais artificiais treinadas para estimar o volume individual

Variáveis de Entrada	
Contínuas	<i>Idade, dap, Ht e dap/Ht</i>
Catóricas	Região, Ciclo, Clone, Espaçamento

em que: *dap* = diâmetro com casca a 1,30 m de altura (cm) e *Ht* = altura total (m).

As melhores redes neurais artificiais foram selecionadas para altura e volume com base na correlação entre os valores observados e estimados pela rede (*r*), análise gráfica de dispersão dos resíduos, histograma dos resíduos e através da raiz quadrada do erro quadrático médio (RMSE), dado por:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}$$

em que *Y* = valores observados; \hat{Y} = valores estimados e *n* = número de observações.

4.4. AVALIAÇÃO DA IGUALDADE DAS PARCELAS GÊMEAS

A análise dos dados foi conduzida para verificar a igualdade entre as duas categorias de parcelas (IFC e gêmea) na primeira medição, isto é, antes da aplicação dos tratamentos silviculturais, tanto em termos de unidade de área quanto em termos de sua estrutura interna, por meio da análise da distribuição dos volumes e dos diâmetros das árvores das parcelas.

4.4.1. AVALIAÇÃO POR UNIDADE DE ÁREA

A análise da igualdade das parcelas do IFC e gêmea em termos de produção volumétrica por unidade de área (volume com casca para diâmetro mínimo de 6 cm em m³ha⁻¹) seguiu o seguinte esquema (Figura 7).

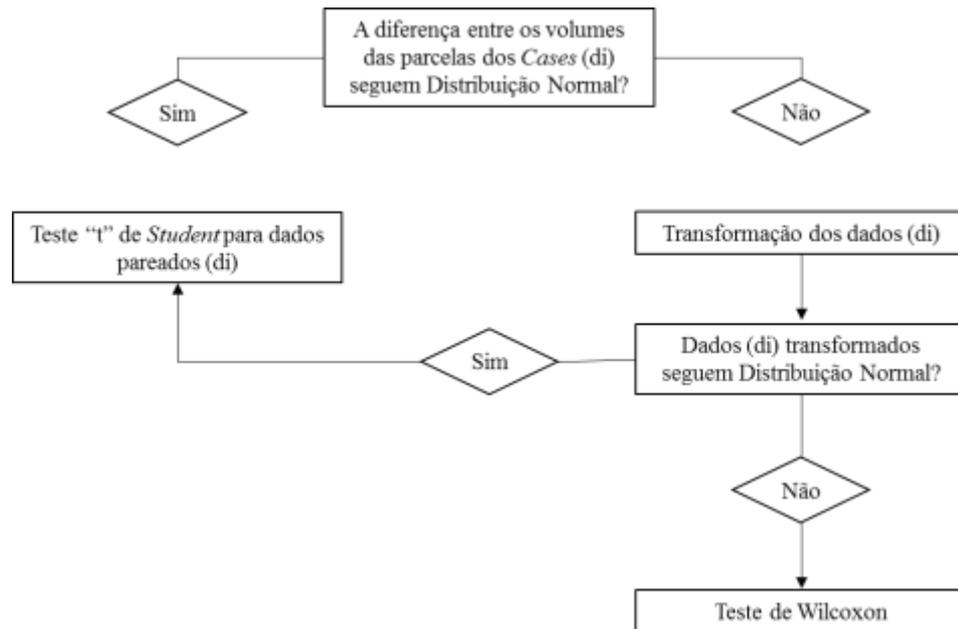


Figura 7 - Fluxograma do esquema de avaliação da igualdade das parcelas gêmeas em termos de produção por unidade de área.

Usualmente emprega-se o teste “t” de *Student* para amostras dependentes para assegurar a igualdade inicial das parcelas de IFC e gêmea em estudos sobre a produtividade florestal. Neste caso, o teste “t” é equivalente à análise de um delineamento em blocos ao acaso (DBC), em que cada *Case* constitui um bloco com dois tratamentos (parcela IFC e gêmea). Assim, para um grau de liberdade para tratamento, o valor da estatística “t” elevado ao quadrado é igual ao valor da estatística F da análise de variância (ANOVA) do DBC (GUJARATI, 1995).

Assim sendo, antes da realização do teste “t” de *Student* avaliou-se a aderência à pressuposição de normalidade da diferença entre os volumes das parcelas do IFC e gêmeas (di) por meio do teste de Lilliefors. No caso de atendimento da pressuposição, seria aplicado o teste, cuja hipótese a ser testada (H_0) é de que a diferença média entre os volumes das duas categorias de parcelas (IFC e gêmea) é igual a zero.

A estatística do teste “t” é dada por (STUDENT, 1908):

$$t_{calc} = \frac{\bar{d}}{\sqrt{\frac{s^2(d)}{n}}}$$

em que: d = diferença entre os volumes das parcelas de IFC e gêmea, na primeira medição; \bar{d} = diferença média; $S^2(d)$ = variância das diferenças e n = número de pares ou diferenças.

Caso o não atendimento da pressuposição de normalidade, os dados originais seriam transformados utilizando o procedimento proposto por Box-Cox (1964) e novamente seria efetuado o teste de Lilliefors para a verificação do atendimento ou não da pressuposição. Em caso afirmativo efetuar-se-ia o teste “t”, conforme descrito anteriormente, caso contrário, o teste não paramétrico de Wilcoxon (WILCOXON, 1945).

4.4.2. AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA INTERNA

A distribuição dos volumes individuais das árvores das parcelas que constituem cada *Case* (parcela do IFC e gêmea) foi comparada por meio do Coeficiente de Gini. As distribuições dos diâmetros foram comparadas por meio da análise de aderência das distribuições diamétricas estimadas e observadas das parcelas (testes Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado) e pelo teste L&O (LEITE & OLIVEIRA, 2002).t

4.4.2.1. COEFICIENTE DE GINI

O Coeficiente de Gini (GINI, 1912) é uma abordagem para verificar o quanto a distribuição de determinada variável em uma dada população difere da distribuição uniforme (igualdade) (CATALANO et al., 2009; FARRIS, 2010, JANTZEN & VOLPERT, 2012). É definido pela relação entre a área delimitada pela Curva de Lorenz (LORENZ, 1905) e a diagonal da Igualdade Perfeita (VALBUENA et al. 2013) (Figura 8). A Curva de Lorenz expressa a distribuição de frequência acumulada da variável mensurada em função da frequência do número de ocorrências (FARRIS, 2010).

Se todas as ocorrências forem idênticas, a Curva de Lorenz seria equivalente à Linha de Igualdade Perfeita. A área entre a Linha de Igualdade Perfeita e a Curva de Lorenz é a área de desigualdade (Figura 8, a-b). A razão entre a área de desigualdade e a área total abaixo da Linha de Igualdade Perfeita determina o valor do Coeficiente de Gini (Figura 8, c). Ou seja, o Coeficiente de Gini ocorre no intervalo de zero

(indicando igualdade de distribuição) até 1 (ampla proporção do recurso está alocado em uma única medida).

O Coeficiente de Gini foi calculado para comparar a desigualdade dos pares de parcelas (IFC e gêmea) na primeira medição. Para seu cálculo, o primeiro passo consistiu em organizar as árvores de cada parcela em ordem decrescente de valor da variável de interesse (no caso, volume com casca de cada árvore individualmente). Logo, a parcela consistiu na unidade para o qual a desigualdade foi calculada.

Em seguida, calculou-se o valor cumulativo do número de árvores e também o valor cumulativo do volume individual das árvores da parcela, permitindo obter os valores cumulativos em termos relativos para o número de árvores e volume das árvores.

A área de desigualdade foi obtida por diferença, subtraindo-se da área total abaixo da Linha de Igualdade Perfeita a área abaixo da Curva de Lorenz (Figura 8, d-e). O cálculo da área abaixo da Curva de Lorenz (A) foi obtido aproximadamente pelo método trapezoidal: soma da área dos n trapézios sob a Curva de Lorenz (Figura 8, f):

$$A = \sum_{i=1}^n (Y_{i+1} - Y_i) \left(\frac{X_i + X_{i+1}}{2} \right)$$

em que $(Y_{i+1} - Y_i)$ = altura do trapézio i ; $(X_i + X_{i+1})$ = base maior e menor do trapézio i , respectivamente e n = número de trapézios.

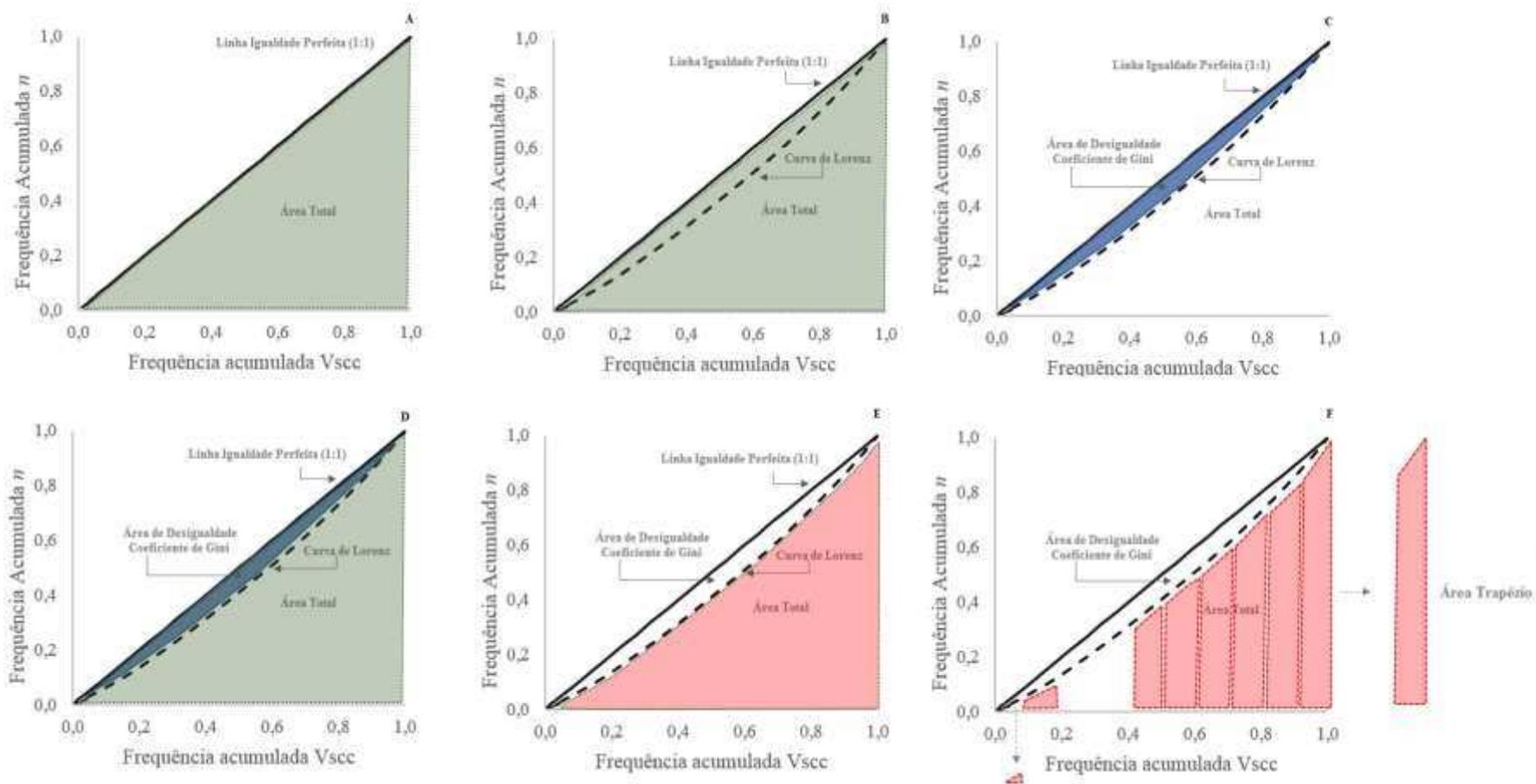


Figura 8 - Etapas para cálculo do Coeficiente de Gini: dada a curva de igualdade perfeita (a), obtêm-se a Curva de Lorenz (b). O Coeficiente de Gini é calculado através da diferença entre a área abaixo da Curva de Lorenz e a área total abaixo da Linha de Igualdade Perfeita (c, d, e). A área aproximada abaixo da Curva de Lorenz é dada pelo método trapezoidal (f).

4.4.2.2. DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

Inicialmente, aos dados de diâmetros de cada parcela do *Case* (IFC e gêmea), considerando os dados da primeira medição (antes da aplicação dos tratamentos silviculturais) foi ajustada à função densidade de probabilidade Weibull com dois parâmetros (CAMPOS & LEITE, 2013).

A função densidade de probabilidade de Weibull com dois parâmetros é dada por:

$$\begin{cases} f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma}} & \text{para } x > 0 \\ f(x) = 0 & \text{para } x = 0 \end{cases}$$

E a função densidade acumulada, por:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma}}$$

em que:

β = parâmetro de escala;

γ = parâmetro de forma e

x = centro de classe de diâmetro, sendo $x \geq 0$, $\beta > 0$ e $\gamma > 0$.

O ajuste da função Weibull foi realizada no *software* FitFD (BINOTI, 2012) empregando o método da máxima verossimilhança. Em seguida, o teste Kolmogorov-Smirnov (KS) (SOKAL & ROHLF, 1969) foi utilizado para verificar a aderência dos ajustes da função aos dados observados em cada parcela. A estatística do teste KS é dada pela diferença máxima absoluta entre as frequências observada e estimada (KOLMOGOROV, 1941):

$$dn = \text{Max } |F_o(x) - F_e(x)|$$

em que:

$F_o(x)$ = frequência acumulada observada até a classe de *dap* x ;

$F_e(x)$ = frequência acumulada estimada pela função Weibull até a classe de *dap* x e

dn = valor calculado da estatística K-S.

As hipóteses testadas foram:

Ho.: a distribuição de diâmetros estimada pela função Weibull não difere da distribuição observada ao nível de significância α igual a 5%;

Ha.: Não Ho.

O teste Kolmogorov-Smirnov também foi utilizado para verificar se as distribuições estimadas dos diâmetros das duas categorias de parcelas (IFC e gêmea), na primeira medição, eram estatisticamente iguais. As hipóteses testadas neste caso foram:

Ho.: a distribuição estimada das parcelas de IFC e gêmea, em cada *Case*, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância;

Ha.: Não Ho.

Alternativamente ao método descrito anteriormente, os dados de *dap* das árvores das parcelas de cada *Case* (IFC e gêmea), na primeira medição, foram agrupados em classes com amplitude de 2,0 cm e as distribuições de diâmetro observadas das parcelas comparadas por meio do teste Qui-quadrado (5% de significância), o qual é dado pela seguinte estatística (PEARSON, 1900):

$$X^2 = \sum_{i=1}^{nc} \frac{(FO_i - FE_i)^2}{FE_i}$$

em que:

FO_i = frequência observada na i-ésima classe de diâmetro na parcela do IFC;

FE_i = frequência observada na i-ésima classe de diâmetro na parcela gêmea;

nc = número de classes de diâmetro.

As hipóteses testadas foram:

Ho.: A distribuição de diâmetros observada na parcela do IFC não difere estatisticamente da distribuição observada da parcela gêmea, em cada *Case*;

Ha.: Não Ho.

Para conhecer a forma da distribuição observada, foram calculadas a assimetria e curtose para os dados de *dap* das árvores de cada parcela parcela na primeira medição. A assimetria (*As*) e curtose (*C*) foram calculadas através das equações 1 e 2, respectivamente:

$$As = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n\sigma^3} \quad (1)$$

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{n\sigma^4} \quad (2)$$

em que:

σ = desvio padrão dos dados de *dap* da parcela;

x_i = *dap* da i-ésima árvore da parcela;

\bar{x} = média de *dap* da parcela e

n = número de árvores da parcela.

Ainda para comparar as distribuições dos diâmetros observadas das parcelas que compõem cada *Case*, os dados de *dap* das árvores foram agrupados em classes com amplitude de 1,0 cm e as distribuições observadas na primeira medição foram comparadas através do procedimento L&O (LEITE & OLIVEIRA, 2002), assumindo a classe de diâmetro para caracterizar a dependência. Para possibilitar a aplicação deste procedimento, cada frequência do número de árvores foi acrescida de 0,1 para evitar a ocorrência de classes de frequência igual à zero.

O procedimento L&O é dado pela combinação do teste F modificado por Graybill, (1976) (F_{Ho}), pelo teste t para o erro relativo médio (t_e) e pelo coeficiente de correlação linear entre os valores observados e estimados (r_{y,y_1}), ou, neste caso, entre as frequências observadas em cada classe de diâmetro nas parcelas do IFC e gêmea de cada *Case*.

A regra de decisão do teste L&O é dada pelas oito possíveis situações descritas abaixo, envolvendo as três estatísticas do teste, sendo apenas a situação 1 aquela na qual conclui-se pela igualdade entre os métodos, ou, neste estudo, a hipótese de igualdade entre as distribuições de diâmetro das parcelas do IFC e gêmea em cada *Case*.

Situação	F(H ₀)	t \bar{e}	$r_{Y_j Y_1}$	Decisão
1	ns	ns	$r_{Y_j Y_1} \geq (1 - \bar{e})$	$Y_j = Y_1$
2	ns	ns	$r_{Y_j Y_1} \leq (1 - \bar{e})$	$Y_j \neq Y_1$
3	ns	*	$r_{Y_j Y_1} \geq (1 - \bar{e})$	$Y_j \neq Y_1$
4	ns	*	$r_{Y_j Y_1} \leq (1 - \bar{e})$	$Y_j \neq Y_1$
5	*	ns	$r_{Y_j Y_1} \geq (1 - \bar{e})$	$Y_j \neq Y_1$
6	*	ns	$r_{Y_j Y_1} \leq (1 - \bar{e})$	$Y_j \neq Y_1$
7	*	*	$r_{Y_j Y_1} \geq (1 - \bar{e})$	$Y_j \neq Y_1$
8	*	*	$r_{Y_j Y_1} \leq (1 - \bar{e})$	$Y_j \neq Y_1$

ns = não significativo e * = significativo

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. SELEÇÃO DAS REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS (RNA)

A descrição das características das redes (RNA) selecionadas para estimar a altura e volume individual das árvores e suas estatísticas associadas à validação encontram-se na Tabela 6. Na Figura 9, são apresentados gráficos de erros relativos percentuais e dispersões entre valores observados e correspondentes estimados pelas redes neurais para altura e volume. Para 90,5% das árvores, o erro relativo ficou entre $\pm 5\%$, sendo este resultado superior quando comparado à resultados encontrados com emprego de modelos de regressão (CAMPOS & LEITE, 2013), que é um procedimento usual. Para volume, verifica-se que além de seguir tendência de distribuição normal, em 65,5% das vezes (árvores) a faixa de erro relativo foi de $\pm 5\%$.

De acordo com os resultados obtidos, as redes neurais selecionadas foram consideradas adequadas para fins de totalização das parcelas devido à exatidão das estimativas. A análise dos três gráficos apresentados para cada variável é importante para evitar equívocos na interpretação. Conforme Campos & Leite (2013), a análise dos erros relativos percentuais, ou resíduos, em uma escala de $\pm 100\%$, pode resultar em interpretações equivocadas. A construção do histograma, com a frequência de casos por classe de erro relativo percentual é sempre necessária, a menos que o número de observações seja muito pequeno.

Tabela 6 - Descrição das variáveis, configurações e estatísticas de validação para as redes neurais selecionadas para estimar a altura total e volume individual, em que: $dapmax$ = dap máximo em cada parcela (cm); dap = diâmetro com casca a 1,30 m de altura (cm); I = Idade (meses); q = diâmetro quadrático (cm); $Hdom$ = altura dominante (m); CQ = código inventário de qualidade; r = coeficiente de correlação entre valores observados e estimados pelas redes; RQME = raiz do erro quadrático médio

Característica	Descrição	
	RNA Altura	RNA Volume
Arquitetura	<i>Multilayer perceptron – MLP</i>	<i>Multilayer perceptron - MLP</i>
Número neurônios nas camadas de entrada, intermediária e de saída, respectivamente	32-8-1	56-25-1
Variáveis Contínuas de Entrada	$I, dap, dapmax, q, Hdom$	I, dap, Ht e relação dap/Ht
Variáveis Categóricas de Entrada	Ciclo, Clone, Espaçamento	Rotação, Ciclo, Clone, Espaçamento
Algoritmo de treinamento	<i>Resilient Propagation</i>	<i>Resilient Propagation</i>
Função de ativação camada oculta	Sigmoide	Sigmoide
Função de ativação camada saída	Sigmoide	Sigmoide
RQME	0,875 m	0,025 m ³
R	0,9904	0,9948

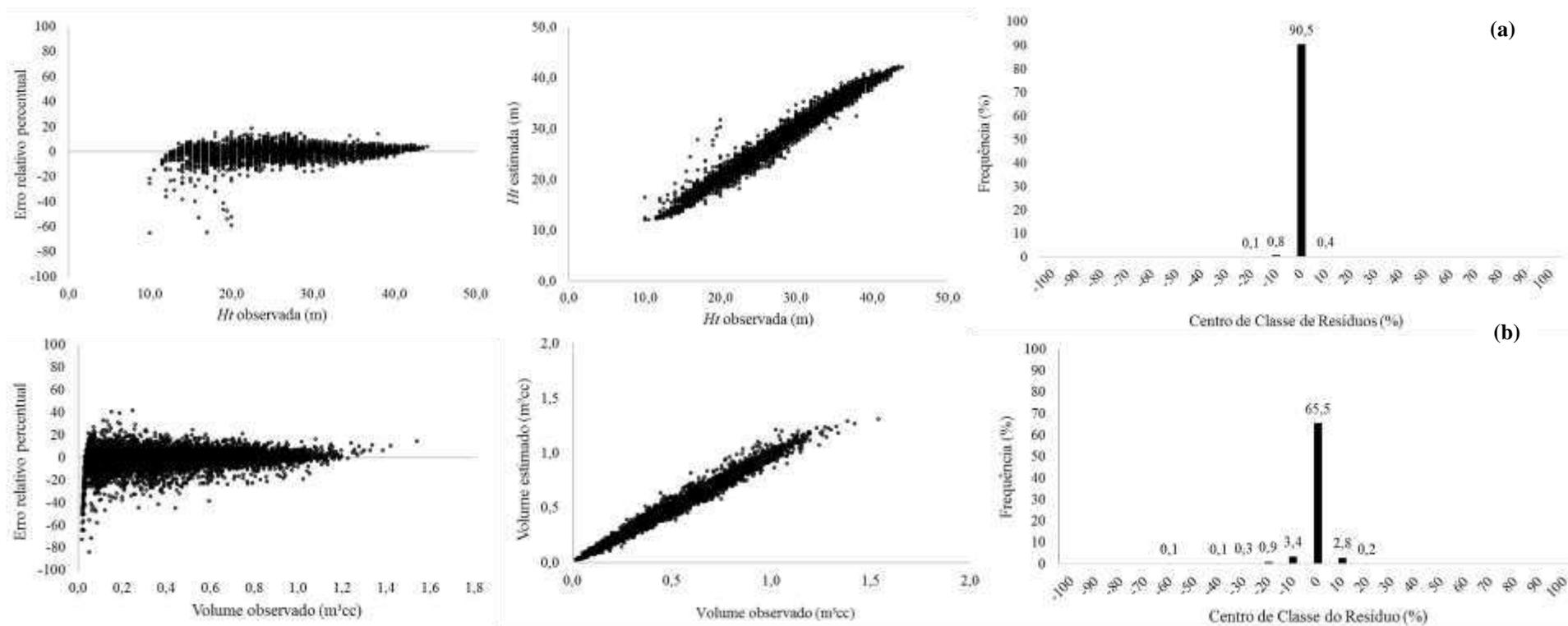


Figura 9 – Gráficos referentes à validação das redes neurais selecionadas para altura (a) e volume individual comercial (diâmetro mínimo de 6 cm) com casca (m³cc) (b). Para os histogramas de resíduos, frequências inferiores a 0,1% foram omitidas.

Na Figura 10, são mostradas as relações observadas entre volume individual (m^3cc), dap (cm) e altura total (Ht , em metros) nas medições inicial e final, para as parcelas de IFC e gêmea. Observa-se consistência nos valores de volume individual estimados pela RNA, nos gráficos de dispersão em relação ao dap e à Ht . As duas categorias de parcelas (IFC e gêmea) apresentam as mesmas tendências de dispersão dos dados, porém há diferenças quanto à amplitude para as duas medições (início de final), conforme esperado, haja vista o crescimento das árvores. A diferença de amplitude entre as medições de início e final é esperada em virtude do crescimento dos indivíduos. Especificamente para os gráficos de dispersão entre o volume individual e dap , as diferentes tendências observadas são decorrentes das variações de espaçamentos entre as *Cases*.

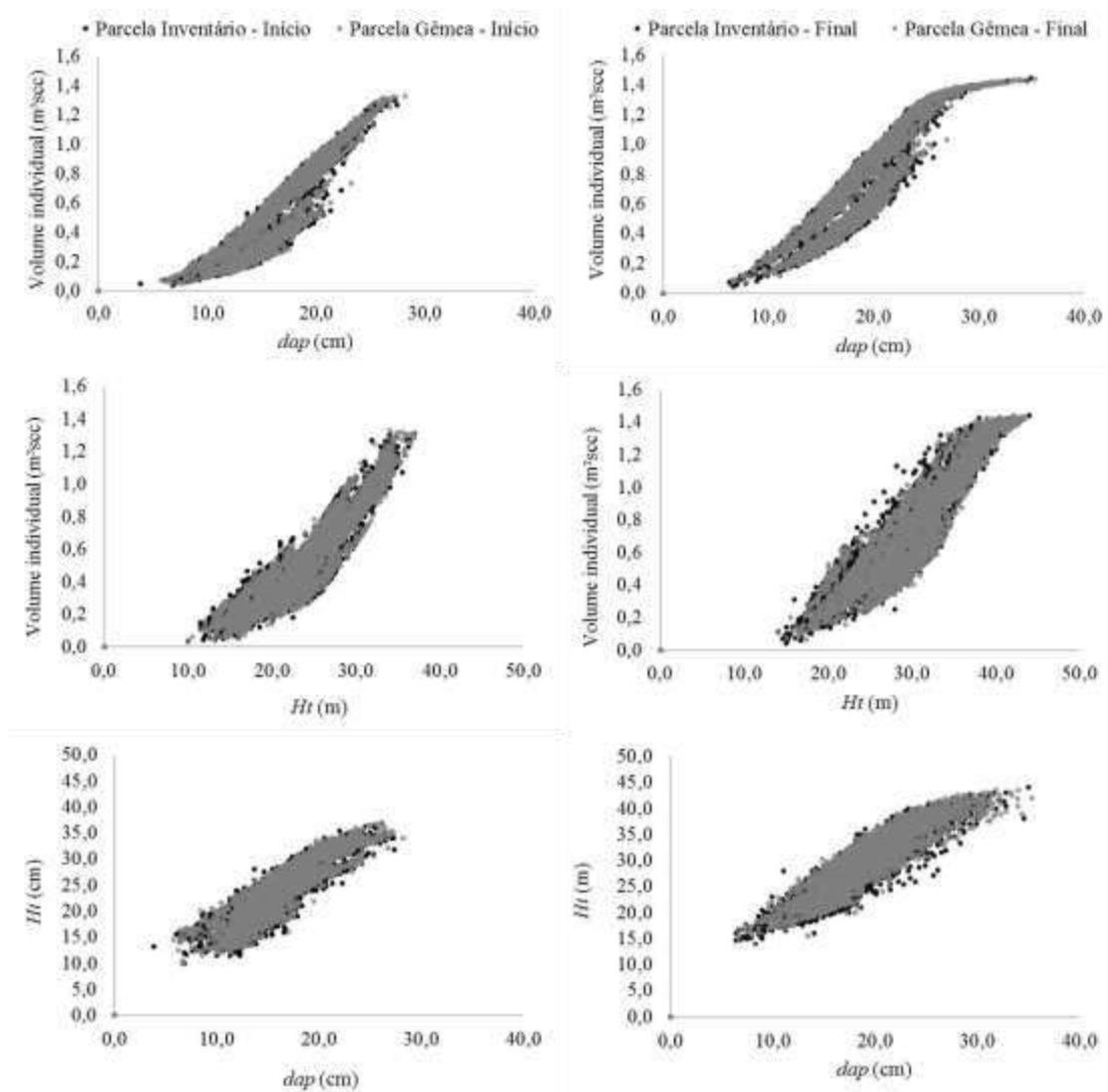


Figura 10 - Relações observadas entre volume individual, dap e altura total, nas medições de início e final da avaliação, para as parcelas de IFC e gêmea.

As relações das principais variáveis dendrométricas entre as duas categorias de parcelas, na primeira medição, é apresentada na Figura 11, em que a linha de 45° representa a proporção 1:1. Uma análise descritiva feita por meio desses gráficos permite visualizar inicialmente onde há maior chance de identidade.

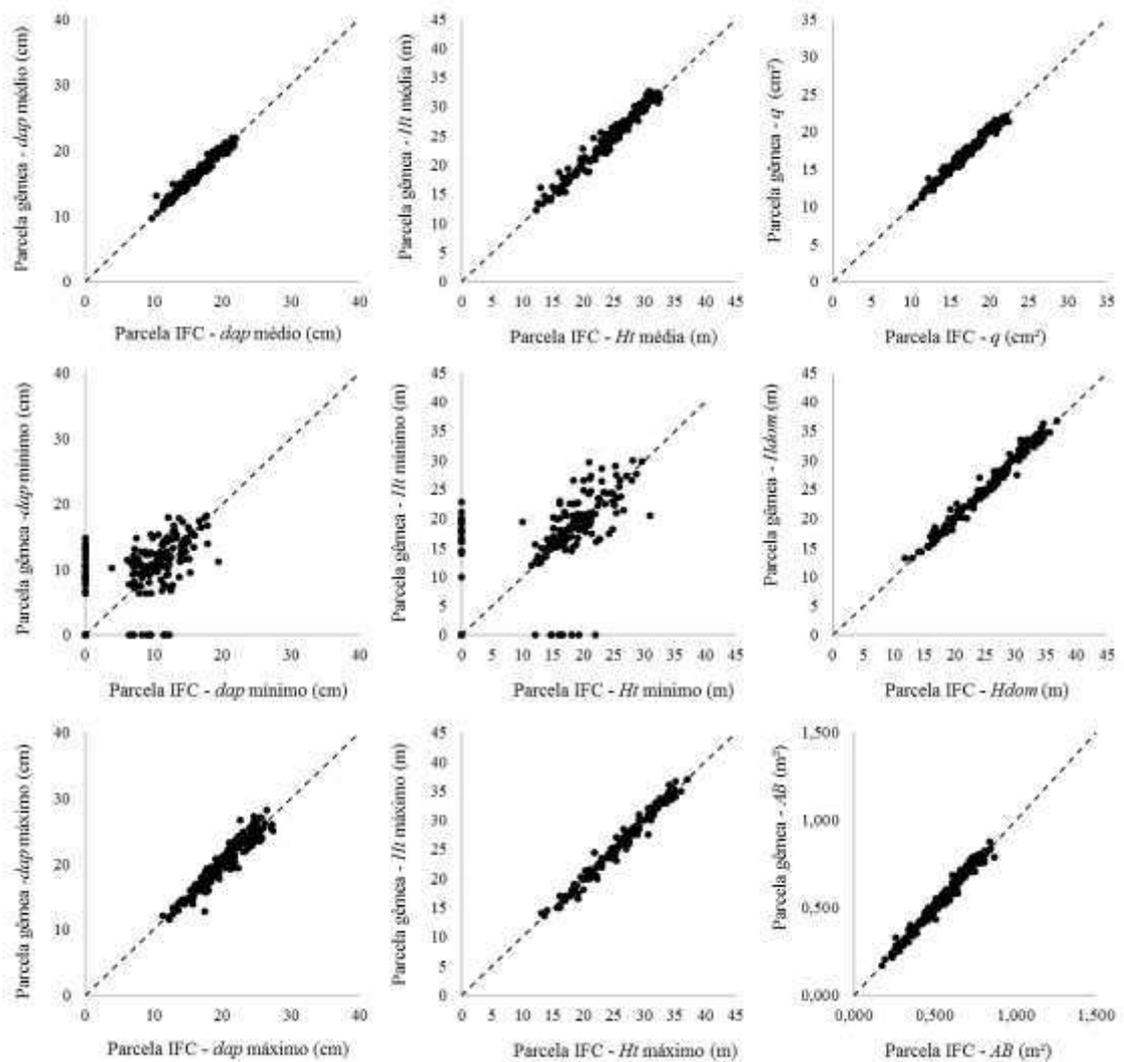


Figura 11 - Dispersão entre valores das variáveis dendrométricas para as parcelas de IFC e gêmea na primeira medição; onde: *dap* médio = diâmetro à 1,30 m de altura médio da parcela, em cm, na primeira medição; *dap* mínimo = diâmetro à 1,30 m de altura mínimo da parcela, em cm, na primeira medição; *dap* máximo = diâmetro à 1,30 m de altura máximo da parcela, em cm, na primeira medição; *Ht* média = altura total média da parcela, em m, na primeira medição; *Ht* mínimo = valor mínimo de altura total, em m, na primeira medição; *Ht* máximo = valor máximo de altura total da parcela, em m, na primeira medição; *q* = diâmetro quadrático da parcela, em cm²,

na primeira medição; H_{dom} = altura dominante da parcela, em m, na primeira medição; AB = área basal da parcela, em m^2 , na primeira medição.

5.2. AVALIAÇÃO DA IGUALDADE DAS PARCELAS POR UNIDADE DE ÁREA

Antes de aplicar o teste t, procedeu-se à verificação da pressuposição de normalidade da diferença entre os volumes das parcelas dos *Cases* (d_i), por meio do teste de Lilliefors. Para as parcelas na primeira medição, não houve aderência à pressuposição de normalidade (Tabela 7).

Tabela 7 - Resultados dos testes para verificação de normalidade (Lilliefors) para os dados (d_i) na primeira medição. Onde: * = significativo a 5% de significância

Teste	Hipótese	p-valor
Lilliefors	Ho: A diferença entre os volumes das parcelas dos <i>Cases</i> pode ser estudados por meio da Distribuição Normal	< 0,01 *
	Ha: A diferença entre os volumes das parcelas dos <i>Cases</i> não pode ser estudados por meio da Distribuição Normal	

Diante deste resultado, foi necessária a transformação dos dados (d_i) seguindo o procedimento proposto por Box-Cox (BOX & COX, 1964). Após aplicação do procedimento, os dados transformados foram novamente testados quanto ao atendimento à pressuposição de normalidade. Ainda assim, rejeitou-se a hipótese H_0 ($p < 0,01$), ou seja, os dados transformados não seguem a distribuição normal (Tabela 8).

Tabela 8 - Resultados dos testes para verificação de normalidade (Lilliefors) para os dados (d_i) na primeira medição após transformação matemática dos dados. Onde: * = teste significativo a 5% de significância

Teste	Hipótese	p-valor
Lilliefors	Ho: A diferença entre os volumes das parcelas dos <i>Cases</i> pode ser estudados por meio da Distribuição Normal	< 0,01 *
	Ha: A diferença entre os volumes das parcelas dos <i>Cases</i> não pode ser estudados por meio da Distribuição Normal	

Quando as pressuposições são violadas, as inferências ao aplicar o teste t são prejudicadas uma vez que há alteração do nível de significância e precisão, afetando a sensibilidade dos testes de hipótese (MONTGOMERY, 1991). Além disso, pode-se inferir que os resultados obtidos no teste de normalidade podem ter sido

influenciados por não se tratar de um delineamento experimental em um *sensu strictu*, mas de um delineamento de amostragem, em que foram utilizadas pequenas parcelas “experimentais” e em número insuficiente para caracterizar cada uma das condições de produtividade, espaçamentos, idades e material genético.

Assim sendo e diante dos resultados do teste Lilliefors, utilizou-se o teste não paramétrico de Wilcoxon (WILCOXON, 1945) para testar a igualdade dos volumes das parcelas (IFC e gêmea) na idade inicial de medição, em que observou-se pela sua estatística que as parcelas são iguais estatisticamente ($p = 0,7379$).

A título de exemplo, aplicando-se o teste t (STAPE et al., 2006), considerando os dados originais de volume, encontrar-se-ia uma estatística para o teste igual a 0,1763, indicando igualdade entre as parcelas de IFC e gêmea na condição inicial de medição ($p > 0,05$) (Figura 12). Os resultados deste teste induzem a atestar a ocorrência da igualdade inicial das parcelas, porém trata-se de uma inferência prejudicada, tendo em vista a não verificação da pressuposição de normalidade dos dados.

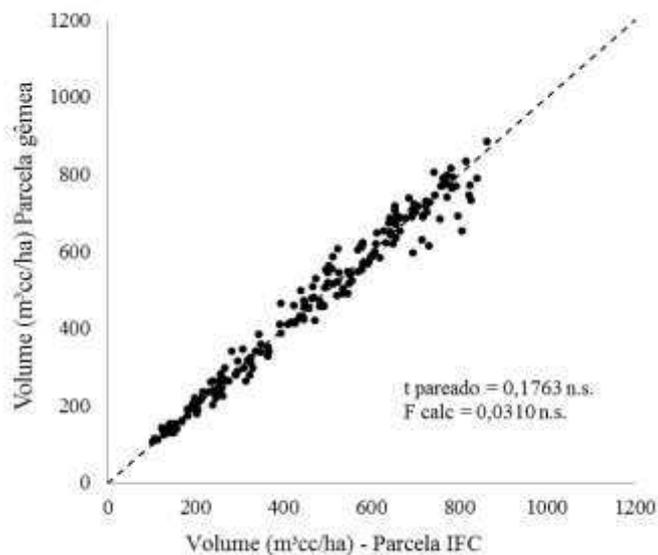


Figura 12 - Gráfico de dispersão, estatística do teste t (teste $F = t^2$) aplicado para as parcelas de IFC e gêmea na primeira medição, onde: n.s. indica $p > 0,05$.

5.3. AVALIAÇÃO DA IGUALDADE DA ESTRUTURA INTERNA

5.3.1. COEFICIENTE DE GINI

Na Ciência Florestal, Weiner (1984) propôs a utilização do Coeficiente de Gini para estudos de dominância e uniformidade de plantios, e, desde então, a abordagem já foi empregada para classificação da estrutura de florestas (RUSSELL et al., 2014), na classificação do fluxo de captação de carbono (SAFI & ZOBITZ, 2016), para avaliar a competição entre plantas, e para avaliar a influência da heterogeneidade no crescimento e na produtividade de plantios de eucalipto (SOARES et al., 2016).

De acordo com a Figura 13, observa-se uma ampla variação dos Coeficientes de Gini entre os *Cases*, indicando heterogeneidade das condições onde eles se encontravam, em conformidade com a descrição apresentada na Tabela 2. Contudo, observa-se, também, diferenças entre os Coeficientes dentro de um mesmo *Case*, mostrando que na condição inicial, algumas parcelas do IFC e Gêmeas não são semelhantes.

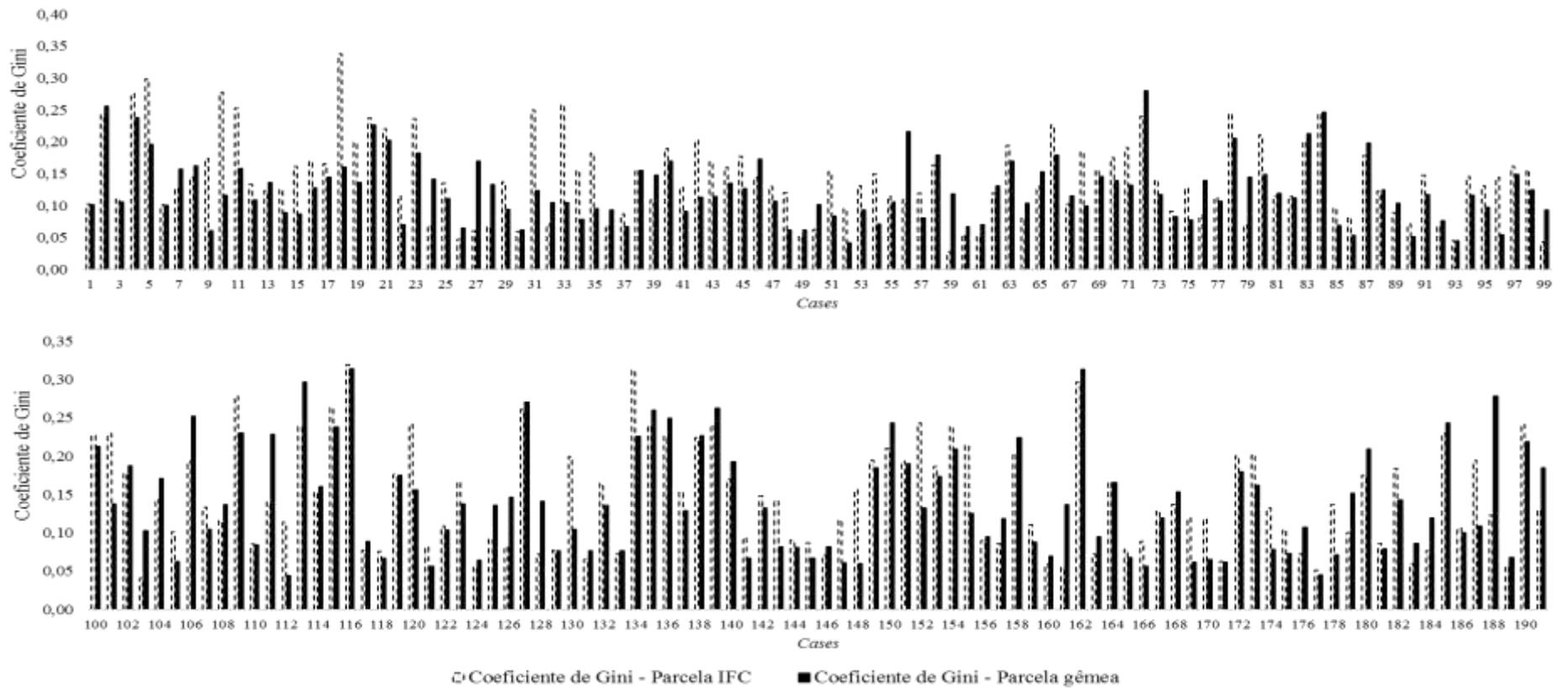


Figura 13 - Coeficientes de Gini calculados para as parcelas do IFC e gêmeas antes da aplicação dos tratamentos (condição inicial).

Em termos percentuais, a diferença entre os Coeficientes de Gini dentro de um mesmo *Case* variou de -65 a 325%, mostrando a amplitude de desigualdade entre as parcelas (Figura 14). Este resultado indica que, no início da implantação das parcelas gêmeas, algumas parcelas do IFC eram mais uniformes do que as parcelas gêmeas e vice-versa. A heterogeneidade estrutural pode resultar em diferentes tendências de crescimento e produtividade (SOARES et al., 2016), ou seja, eventuais diferenças em termos de produtividade após aplicação dos tratamentos podem ser devido à heterogeneidade inicial e não devido aos tratamentos aplicados.

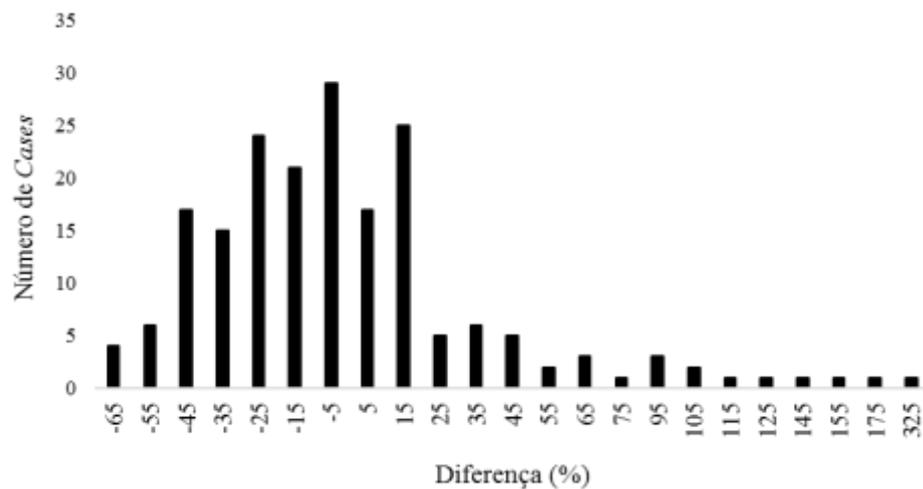


Figura 14 - Distribuição das diferenças em porcentagem entre os Coeficientes de Gini das parcelas do IFC e gêmeas, nos 191 *Cases*.

5.3.2. ADERÊNCIA DAS DISTRIBUIÇÕES DE DIÂMETRO

O teste Kolmogorov-Smirnov foi significativo ($p < 0,05$) para todas as parcelas (IFC e gêmea), ou seja, não houve aderência da função Weibull aos dados observados do número de árvores por classe de diâmetro.

O número reduzido de indivíduos na parcela ($n \leq 22$), foi insuficiente para caracterizar a distribuição de diâmetros e, portanto, uma conclusão imediata para estudos envolvendo parcelas gêmeas é que a área das parcelas deveria ser maior do que aquela utilizada neste estudo, de modo que seja possível caracterizar a distribuição de modo eficiente, nos dois tipos de parcela. Desta forma, não foi possível comparar as distribuições de diâmetros estimadas das parcelas de cada *Case*, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

A reduzida quantidade de indivíduos por classe de diâmetro também inviabilizou também a aplicação do teste Qui-Quadrado para comparar a distribuição de diâmetros das parcelas (IFC e gêmea) em cada *Case*. Além de poucos indivíduos em uma dada classe de diâmetro, há ausência de indivíduos em algumas classes e, ainda, o número de classes não é o mesmo entre as parcelas.

Em virtude de impossibilidade de proceder à avaliação da igualdade de distribuição de diâmetros entre as parcelas através do teste Qui-Quadrado e de uma função densidade de probabilidade, foram calculadas estatísticas descritivas para o diâmetro das árvores de cada parcela (Tabela 1A).

De acordo com as estatísticas apresentadas, verifica-se a dificuldade em assumir a identidade entre as parcelas na idade inicial, mesmo quando a média da característica avaliada nas duas parcelas é semelhante. A exemplo, tem-se a Figura 15, construída para o *Case* 6: apesar de apresentar o mesmo valor médio de diâmetro para as parcelas de IFC e gêmea, os valores de máximo, mínimo, curtose (C) e assimetria (As) diferem entre as categorias de parcelas. Essas discrepâncias reforçam a conclusão de que as parcelas têm estruturas diferentes no início e desta forma, há insegurança ao inferir sobre efeitos dos tratamentos na idade final de medição.

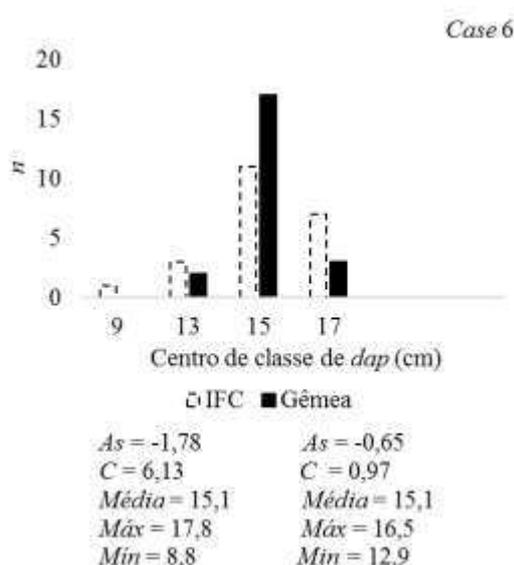


Figura 15 - Frequência observada dos diâmetros e principais estatísticas descritivas, para ambas parcelas (IFC e gêmea), para *Case* 6.

Não foi observada correlação entre a heterogeneidade, calculada através do Coeficiente de Gini, e a distribuição de diâmetros: parcelas com heterogeneidade semelhantes (valores de Coeficiente de Gini próximos) não apresentaram distribuição de diâmetros semelhantes (*Case 84*) (Figura 16). Este resultado deve-se ao fato de que o Coeficiente de Gini foi calculado para o volume individual das árvores da parcela, porém uma única árvore de maior *dap* tem o mesmo volume de várias árvores de pequeno *dap*, por exemplo. Isto mostra que para comparar a identidade entre os dois tipos de parcelas, na idade inicial, é necessário além da comparação das distribuições diamétricas, comparar a estrutura interna pelo Coeficiente de Gini, desde que o número de árvores nas parcelas seja suficiente para caracterizar a distribuição de diâmetros.

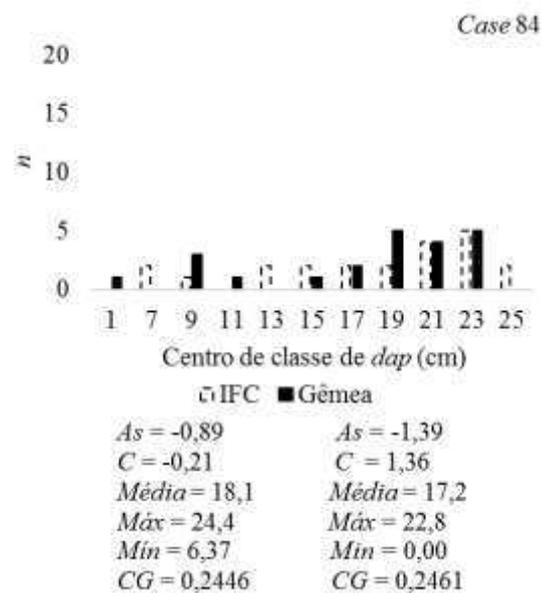


Figura 16: Frequência observada dos diâmetros, Coeficiente de Gini e principais estatísticas descritivas, para ambas parcelas (IFC e gêmea), para *Case 84* na primeira medição.

Uma última alternativa de comparação das distribuições observadas na primeira medição foi a aplicação do procedimento estatístico proposto por Leite e Oliveira (2002), para dados agrupados em classes de diâmetro de 1 cm de amplitude. Entretanto, como ocorreu neste estudo, havendo classes de diâmetro com frequência igual a zero, é necessário adicionar 0,1 às frequências de todas as classes. Isto foi feito neste estudo.

Os resultados são apresentados na Tabela 1A do Anexo, onde se verifica diferença significativa ($p < 0,05$) entre a distribuição de diâmetros para 29 % dos pares de parcelas (*Cases*), na idade inicial. Não houve correlação entre a identidade das parcelas e as características de espaçamento e genótipo (Figura 17).

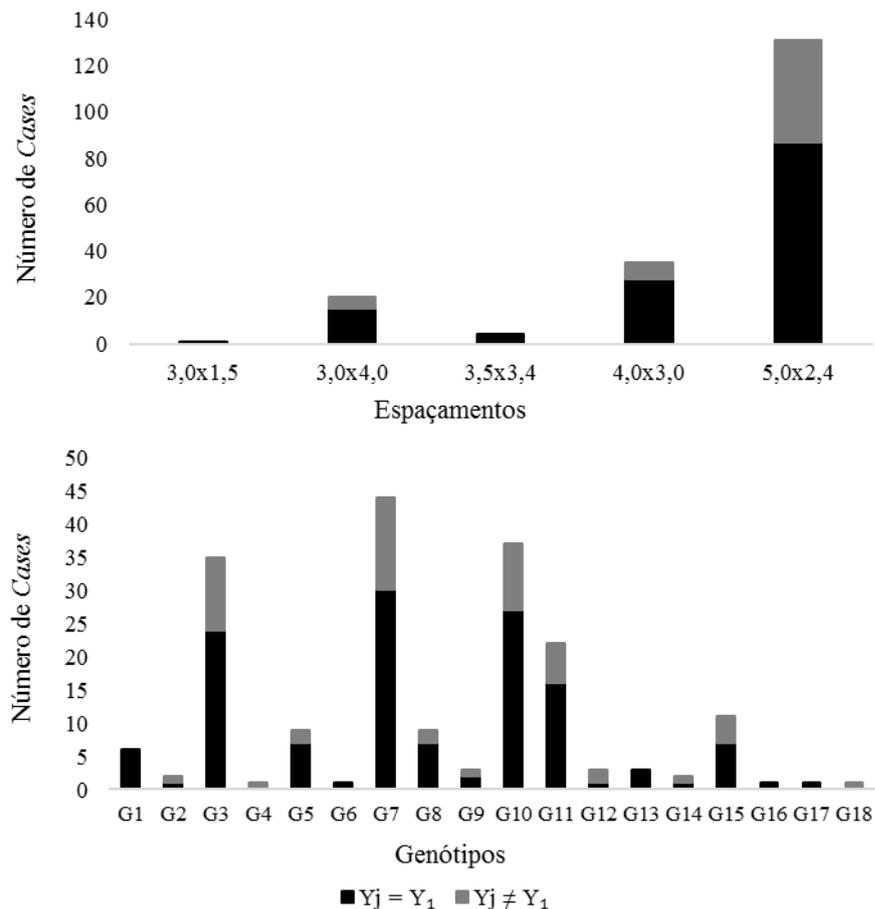


Figura 17: Número de casos em que as parcelas do IFC e gêmea foram iguais e diferentes em termos de estrutura interna, pela aplicação do teste L&O à distribuição de diâmetros (amplitude de 1 cm), para diferentes espaçamentos e genótipos.

Pelo resultado do procedimento L&O e diante das incertezas quanto à identidade inicial entre as parcelas do IFC e gêmea, retoma-se à necessidade de que as parcelas devem possuir área maior do que a observada nesse estudo ($n > 22$). Isto permitirá caracterizar a distribuição de diâmetros de modo consistente e comparar essas distribuições por meio de testes estatísticos. Assim, os testes poderão ser aplicados aos dados observados ou às distribuições ajustadas.

Por fim, com parcelas de área maior, sugere-se a avaliação da hipótese de identidade entre distribuições bivariadas: como análise complementar, pode ser avaliado o crescimento por classe de diâmetro e altura, em cada tipo de parcela, conforme Demolinari (2006) e Medeiros (2016).

A interpretação dos efeitos de tratamentos em experimentos com parcelas gêmeas deve ser feita com muito critério para evitar que as maiores produtividades sejam atribuídas ao efeito de tratamento, quando na realidade, o mesmo se dá em virtude das diferenças iniciais na heterogeneidade estrutural das parcelas.

6. CONCLUSÕES

Ao final do estudo foi possível concluir que:

- (a) o teste t para amostras dependentes pode não ser adequado para a definição da igualdade das parcelas do IFC e gêmeas e que testes não paramétricos devem ser utilizados em sua substituição quando não houver atendimento de pressuposições como a normalidade dos dados;
- b) ao estabelecer experimentos com parcelas gêmeas, estas devem ter tamanho suficiente para conter um determinado número de árvores e, assim, caracterizar a distribuição de diâmetros dos plantios;
- c) diferentes testes estatísticos devem ser utilizados para confirmar o caráter de igualdade entre as parcelas na primeira medição para que conclusões sobre efeitos de tratamentos possam estar corretas;
- d) a igualdade das distribuições de diâmetros das parcelas gêmeas, na primeira medição, deve ser utilizada como critério para definir a igualdade entre as parcelas e
- e) as estruturas internas também devem ser avaliadas, também, pelo Coeficiente de Gini.

7. REFERÊNCIAS

BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. **Soil Science Bulletin**, v.1, 1973.

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

BINKLEY, D.; STAPE, J. L.; BAUERLE, W. L.; RYAN, M. G. Explaining growth of individual trees: Light interception and efficiency of light use by Eucalyptus at four sites in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1704-1713, 2010.

BINKLEY, D.; FISHER, R. **Ecology and management of forest soils**. John Wiley & Sons, 2012.

BINOTI, D. H. B. **Sistemas computacionais aplicados ao Manejo Florestal**. 2012. 113f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

BOURDIER, T.; CORDONNIER, T.; KUNSTLER, G.; PIEDALLU, C; LAGARRIGUES, G.; COURBAUND, B. Tree size inequality reduces forest productivity: an analysis combining inventory data for ten European species and a light competition model. **PLoS ONE**, v.11, n.3, 2016.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society*, v.26, n.2, p.211-252, 1964.

BOWN, H. E.; MASON, E. G.; WATT, M. S.; CLINTON, P. W. A potential nutritional modifier for predicting primary productivity of *Pinus radiata* in New Zealand using a simplified radiation-use efficiency model. *Ciencia e Investigación Agraria*, v. 40, n.2, p. 361-374, 2013.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal – Perguntas e respostas**. Ed. 5. Viçosa: Editora UFV, 2013. 636 p.

CARRERO, O.; STAPE, J. L.; ALLEN, L., ARREVILLAGA, M., & LADEIRA, M. Estimating potential productivity and identifying the factors affecting growth and growth efficiency in forest plantations in eucalyptus stands in Venezuela. In: IUFRO CONFERENCE ON IMPROVEMENT AND CULTURE OF EUCALYPTS, Porto Seguro, BA. **Proceedings .../Piracicaba: ESALQ**, 2011. p.167.

CARRERO, O. **Effects of intensive silviculture on the productivity of eucalyptus in Venezuelan Llanos and a probabilistic analysis of its profitability**. 2012. 213f. Tese (Degree of Doctor of Philosophy) - Forestry and Environmental Resources, North Carolina State University, Raleigh, 2012.

CATALANO, M. et al. Measuring resource inequality: The Gini coefficient. *Numeracy*, v. 2, Article 4, 2009.

DEMOLINARI, R. de A. **Crescimento de povoamentos de eucalipto não-desbastados**. 2006. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FARRIS, F. A. The Gini index and measures of inequality. *The American Mathematical Monthly*, v. 117, n. 1, 851-864, 2010.

FERNANDEZ, J. Q. P; DIAS, L. E.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R.F.; MORAES, E. J. Productivity of *Eucalyptus camaldulensis* affected by rate and placement of two

phosphorus fertilizers to a Brazilian Oxisol. **Forest Ecology and Management**, v.127, n.1, p. 93-102, 2000.

FERREIRA, J. M. de A. **Ganhos de produtividade de plantações clonais de *Eucalyptus urophylla* e suas correlações com variáveis edafoclimáticas e silviculturais**. 2007. 84f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura e Manejo Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FERREIRA, J. M. de A.; STAPE, J. L. Productivity gains by fertilisation in *Eucalyptus urophylla* clonal plantations across gradients in site stand conditions. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v.71, n.4, p.253-258, 2009.

FORRESTER, D. I.; MEDHURST, J. L.; WOOD, M.; BEADLE, C. L.; VALENCIA, J. C. Growth and physiological responses to silviculture for producing solid-wood products from *Eucalyptus* plantations: an Australian perspective. **Forest Ecology and Management**, v.259, n.9, p.1819-1835, 2010.

FORRESTER, D. I.; PRETZSCH, H. Tamm Review: On the strength of evidence when comparing ecosystem functions of mixtures with monocultures. **Forest Ecology and Management**, v.356, p.41-53, 2015.

FORRESTER, D. I.; BAUHUS, J. A review of processes behind diversity – Productivity relationships in Forests. **Current Forestry Reports**, v.2, n.1, p. 45-61, 2016.

FORRESTER, D.I.; TANG, X. Analyzing the spatial and temporal dynamics of species interactions in mixed-species forests and the effects of stand density using the 3-PG model. **Ecological Modelling**, v.319, p. 233-254, 2016.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da; BARROS, N. F. de; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; SANTOS, G. de A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29; n. 6; p. 893-901, 2005.

GENTIL, M. S. **Transpiração e eficiência do uso da água em árvores clonais de *Eucalyptus* aos 4 anos em áreas com e sem irrigação em Eunápolis, Bahia**. 2010.

71f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura e Manejo Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

GINI, C. Measurement of inequality of incomes. **The Economic Journal**, v.31, n. 1, p. 124-126, 1912.

GONÇALVES, J. L. de 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: a Journal of Forest Science**, v.70, n.2, p.105-118, 2008.

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of the linear model**. Belmont Press: Duxbury, 1976. 704 p.

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. Ed. 3. São Paulo: Pearson, 1995. 846p.

HAKAMADA, R. E.; STAPE, J. L.; de LEMOS, C. C. Z.; EMANUEL, A.; ALMEIDA, A.; SILVA, L. F. Uso do inventário florestal e da uniformidade entre árvores como ferramenta de monitoramento da qualidade silvicultural em plantios clonais de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 105, p.27 – 39, 2015.

IBA. **Relatório Indústria Brasileira de Árvores 2015**. São Paulo, 2015.

JANTZEN, R. T. & VOLPERT, K. On the mathematics of income inequality: Splitting the Gini index in two. **The American Mathematical Monthly**, v. 119, p. 824-837, 2012.

KOLMOGOROV, A. N. Confidence limits for an unknown distribution function. **Annals of Mathematical Statistics**, v. 12, n.4, p. 461-463, 1941.

LANDSBERG, J.J.; WARING, R. H. A generalized model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. **Forest Ecology and Management**, v. 95, p.209-228, 1997.

LANDSBERG, J.J.; SANDS, P. **Physiological ecology of forest production: principles, processes and models**. Burlington: Elsevier Science, 2010.

LEITE, H. G.; OLIVEIRA, F. H. T. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, n.7-8, p.1105-1118, 2002.

LEMOS, C. C. Z. de. **Aprimoramentos, teste e uso do modelo 3-PG em plantios clonais de *Eucalyptus* no nordeste do estado de São Paulo**. 2012. 175f. Tese (Doutorado em Silvicultura e Manejo Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

LONDERO, E. K.; SCHUMACHER, M. V.; RAMOS, L. O. O.; RAMOS, G. A.; SZYMCAK, D. A. Influência de diferentes períodos de controle e convivência de plantas daninhas em eucalipto. **Cerne**. v.18, n.3, p.441-447, 2012.

LORENZ, M. O. Methods of measuring the concentration of wealth. **Publications of the American Statistical Association**, v. 9, n.1, p. 209-219, 1905.

LOURENÇO, H. M.; SILVA, S. R. Aspectos do manejo de nutrientes na Veracel. **Série técnica IPEF**, v.18, n.39, p.7-18, 2014.

MAIA, T. A. **Influência da adubação mineral na qualidade da madeira de eucalipto para energia**. 2014. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

MEDEIROS, R. A. **Potencial produtivo, manejo e experimentação em povoamentos de *Tectona grandis* no Estado de Mato Grosso**. 2016. 182f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

MEEKS, A. L. **Understory competing vegetation characterization and assessment in midrotation Loblolly Pine (*Pinus taeda*) stands at Hofmann Forest, NC**. 2015. 125f. Dissertação (Degree of Master of Science) - Forestry and Environmental Resources, North Carolina State University, Raleigh, 2015.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of experiments**. Ed. 3. New York: John Wiley, 1991. 649p.

PEARSON, K. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably

supposed to have arisen from random sampling. **Philosophical Magazine**, v. 5; n. 50; p. 157-175, 1900.

POGGIANI, F.; STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. de M. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. **Série técnica IPEF**, v.12, n.31, p.33-44, 1998.

PRETZSCH, H., et al. Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analyzed along a productivity gradient through Europe. **European Journal of Forest Research**, v.134, n.5, p.927-947, 2015.

PULROLNIK, K.; BARROS, N. F.de; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C. B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagens e cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33; n.5; p.1125-1136, 2009.

RUSSELL, M. B. et al. Beyond mean functional traits: Influence of functional trait profiles on forest structure, production, and mortality across the eastern US. **Forest Ecology and Management**, v. 329, p. 1-9, 2014.

RYAN, M. G., BINKLEY, D.; STAPE, J. L. Why don't our stands grow faster? Control of production and carbon cycling in eucalypt plantations. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v.70, n.2, p. 99-104, 2009.

RYAN, M. G., et al. Factors controlling Eucalyptus productivity: how water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, v.259, n.9, p.1695-1703, 2010.

SAFI, M. N. & ZOBITZ, J. M. Quantifying distribution in carbon uptake and environmental measurements with the Gini coefficient. **Letters in Biomathematics**, v. 3, n. 1, p. 1-12, 2016.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. D.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B.; NOVAIS, R. F. Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Árvore**, v.32, n.4, p.697-706, 2008.

SCHÖNAU, A. P. G. Silvicultural considerations for high productivity of *Eucalyptus grandis*. **Forest Ecology and Management**, v.9, n.4, p.295-314, 1984.

SILVA, P. H. M. da; POGGIANI, F.; SEBBENN, A. M.; MORI, E. S. Can *Eucalyptus* invade forest fragments close to commercial stands? **Forest Ecology and Management**, v.261, n.11, p.2075-2080, 2011.

SILVA, R. M. L. da. **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**. 2011. 118f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura e Manejo Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SILVA, S. R.; GENTIL, M. S.; STAPE, J. L.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, M. Z. Método das parcelas gêmeas para avaliação da resposta do eucalipto à fertilização potencial em povoamentos comerciais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO - FERTIBIO 2010, 8., Guarapari, ES. [**Anais...**]. Guarapari: SBCS, 2010. 1 CD-ROM.

SIMONETE, M. A.; CHAVES, D. M.; TEIXEIRA, C. F. A.; MORO, L.; NEVES, C. U. Fornecimento de cálcio para plantas de *Eucalyptus saligna* por meio de aplicação de resíduo industrial lama de cal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.5, p.1343-1351, 2013.

SOARES, A. A. V.; LEITE, H. G.; SOUZA, A. L.; SILVA, S. R.; LOURENÇO, H. M.; FORRESTER, D. I. Increasing stand structural heterogeneity reduces productivity in Brazilian *Eucalyptus* monoclonal stands. **Forest Ecology and Management**, v. 373, p. 26-32, 2016.

SOARES, A. A. V. **Efeito da heterogeneidade estrutural na produtividade e na dinâmica do crescimento de povoamentos monoclonais de eucalipto**. 2017. 52f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research**. San Francisco: Freeman, 1969. 776 p.

STAPE, J. L.; RYAN, M. G.; BINKLEY, D. Testing the utility of the 3-PG model for growth of *Eucalyptus grandis* x *urophylla* with natural and manipulated supplies of water and nutrients. **Forest Ecology and Management**, v.193, n.1, p. 219-234, 2004.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; JACOB, W. S.; TAKAHASHI, E. N. A twin-plot approach to determine nutrient limitation and potential productivity in *Eucalyptus* plantations at landscape scales in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.223, n.1, p.358-362, 2006.

STUDENT. The probable error of a mean. **Biometrika**, v. 6; n.1; p. 1-25, 1908.

TIBURCIO, R. A. S.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; MACHADO, M. S.; MACHADO, A. F. L. Controle de plantas daninhas e seletividade do flumioxazin para eucalipto. **Cerne**, v.18, n.4, p.523-531, 2012.

VALBUENA, R.; MALTAMO, M.; MARTÍN-FERNANDEZ, S.; PACKALEN, P.; PASCUAL, C.; NABUURS, G. Patterns of covariance between airborne laser scanning metrics and Lorenz curve descriptors of tree size inequality. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 39, n.1, p. 18-31, 2013.

WARING, R. H.; COOPS, N. C.; LANDSBERG, J. J. Improving predictions of forest growth using the 3-PG model with observations made by remote sensing. **Forest Ecology and Management**, v.259, n.9, p.1722-1729, 2010.

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

WILCOXON, F. Individual comparisons by ranking methods. **Biometrics Bulletin**, v.1; n.6, p. 80-83, 1945.

WEISKITTEL, A. R.; HANN, D. W.; KERSHAW JR, J. A.; VANCLAY, J. K. **Forest growth and yield modeling**. John Wiley & Sons, 2011.

ANEXO

ANEXO

Tabela 1A – Na primeira medição, para cada *Case*: Idade (I) em anos, genótipo (G), espaçamento (E) em metros, Coeficientes de Gini (CG) para volume individual, estatísticas descritivas e teste L&O para distribuição de diâmetros das parcelas

Case	G	E	I	CG		Média (cm)		Máximo (cm)		Mínimo (cm)		Assimetria		Curtose		L&O						
				IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	n	F(H ₀)	t _ε	r _{Y_jY₁} ≥ (1- ε̄)	Conclusão		
1	G1	5,0x2,4	2,6	0,103	0,102	12,84	12,71	15,60	14,64	10,57	10,35	0,30	-0,24	0,07	-0,72	6	0,136	ns	0,942	ns	Sim	Y _j = Y ₁
2	G2	4,0x3,0	3,0	0,242	0,256	14,70	14,89	18,14	18,14	8,59	9,82	-0,90	-0,62	0,68	-0,19	11	1,293	ns	1,429	ns	Sim	Y _j = Y ₁
3	G3	3,5x3,4	2,7	0,111	0,106	12,06	12,34	14,32	14,01	9,23	9,07	-0,16	-1,42	-0,06	2,01	6	6,592	ns	1,365	ns	Sim	Y _j = Y ₁
4	G4	3,0x4,0	3,1	0,275	0,238	13,02	12,82	17,03	17,32	0,00	0,00	-1,99	-2,06	2,60	2,89	7	0,689	ns	0,531	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
5	G3	4,0x3,0	2,8	0,299	0,196	11,89	12,92	16,74	17,03	0,00	0,00	-1,56	-2,45	0,84	5,76	8	0,090	ns	0,025	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
6	G3	4,0x3,0	3,2	0,102	0,101	15,10	15,15	17,83	16,55	8,75	12,89	-1,78	-0,65	6,13	0,97	6	23,812	*	1,353	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
7	G5	3,0x4,0	3,4	0,128	0,158	15,80	15,63	17,98	18,94	0,00	0,00	-4,33	-4,03	19,65	17,74	7	0,389	ns	0,999	ns	Sim	Y _j = Y ₁
8	G6	3,0x4,0	3,4	0,145	0,162	15,74	15,65	19,42	19,48	0,00	0,00	-3,40	-2,91	13,79	10,42	9	0,409	ns	0,951	ns	Sim	Y _j = Y ₁
9	G7	5,0x2,4	2,9	0,174	0,061	13,18	14,74	16,87	16,23	0,00	13,05	-2,62	-0,12	6,37	-0,44	7	5,807	*	1,927	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
10	G3	4,0x3,0	3,0	0,278	0,116	12,49	13,27	16,07	15,98	0,00	0,00	-2,22	-4,03	4,52	17,82	8	12,129	*	1,970	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
11	G8	4,0x3,0	3,0	0,252	0,159	12,77	14,82	17,67	18,05	0,00	0,00	-1,62	-3,04	0,95	11,37	9	0,271	ns	0,992	ns	Sim	Y _j = Y ₁
12	G1	5,0x2,4	2,6	0,133	0,109	11,69	12,20	14,10	14,48	0,00	9,71	-3,69	-0,02	15,68	-0,41	7	0,074	ns	0,860	ns	Sim	Y _j = Y ₁
13	G3	5,0x2,4	2,7	0,123	0,136	14,00	14,09	16,87	15,98	9,87	9,71	-0,79	-1,46	0,90	2,99	8	1,275	ns	1,811	ns	Sim	Y _j = Y ₁
14	G9	5,0x2,4	2,2	0,126	0,089	12,47	13,02	15,22	15,92	6,37	11,14	-1,73	0,46	5,03	0,15	7	0,490	ns	1,396	ns	Sim	Y _j = Y ₁
15	G1	5,0x2,4	2,0	0,161	0,087	12,33	12,41	15,60	13,85	3,82	10,19	-2,91	-0,68	11,71	-0,21	7	0,599	ns	1,990	ns	Sim	Y _j = Y ₁
16	G7	4,0x3,0	2,0	0,170	0,128	12,56	12,71	14,32	14,01	9,93	10,50	-0,72	-0,79	-0,47	0,14	6	2,735	ns	1,375	ns	Sim	Y _j = Y ₁
17	G8	3,5x3,4	3,0	0,165	0,144	15,51	15,79	17,92	18,02	11,30	11,86	-0,90	-1,01	1,31	1,30	8	0,232	ns	0,800	ns	Sim	Y _j = Y ₁
18	G3	3,5x3,4	2,7	0,338	0,161	10,36	13,11	15,76	16,23	0,00	0,00	-1,02	-2,79	-0,94	7,01	7	1,121	ns	0,969	ns	Sim	Y _j = Y ₁
19	G2	3,0x4,0	2,7	0,200	0,136	13,34	12,78	16,55	15,92	0,00	0,00	-2,59	-2,84	7,83	8,72	10	5,142	*	1,650	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
20	G8	4,0x3,0	1,7	0,237	0,226	11,40	12,34	14,64	14,48	0,00	9,07	-3,24	-0,63	12,92	-0,37	7	0,725	ns	1,072	ns	Sim	Y _j = Y ₁
21	G3	4,0x3,0	1,7	0,221	0,203	11,41	11,36	13,53	12,89	8,12	7,66	-0,79	-1,69	0,13	4,00	7	2,265	ns	1,783	ns	Sim	Y _j = Y ₁
22	G3	4,0x3,0	1,6	0,116	0,070	11,43	11,17	12,25	11,94	8,83	10,35	-1,93	0,09	6,02	-1,11	3	0,420	ns	0,984	ns	Sim	Y _j = Y ₁
23	G10	4,0x3,0	4,0	0,236	0,182	15,91	16,69	20,85	20,69	0,00	0,00	-2,41	-2,50	5,42	5,61	10	2,944	ns	2,009	ns	Sim	Y _j = Y ₁
24	G10	4,0x3,0	4,3	0,069	0,142	18,04	17,59	20,15	21,33	15,28	9,55	-0,90	-1,43	0,47	3,21	9	0,406	ns	0,147	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
25	G9	4,0x3,0	4,3	0,135	0,111	18,32	18,32	21,65	21,01	12,25	11,46	-1,17	-1,62	0,01	2,50	10	0,055	ns	0,920	ns	Sim	Y _j = Y ₁

Tabela 1A – Na primeira medição, para cada *Case*: Idade (I) em anos, genótipo (G), espaçamento (E) em metros, Coeficientes de Gini (CG) para volume individual, estatísticas descritivas e teste L&O para distribuição de diâmetros das parcelas

Case	G	E	I	CG		Média (cm)		Máximo (cm)		Mínimo (cm)		Assimetria		Curtose		L&O						
				IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	n	F(H0)	tē	$r_{Y,Y_1} \geq (1- \bar{c})$	Conclusão		
26	G7	4,0x3,0	2,7	0,047	0,065	15,47	15,28	16,55	16,87	14,01	12,73	-0,25	-0,97	-0,43	2,08	5	0,334	ns	1,053	ns	Sim	Y _j = Y ₁
27	G11	3,0x4,0	1,8	0,061	0,170	12,41	12,08	13,53	14,01	8,28	0,00	-2,24	-3,88	6,26	16,71	7	0,000	ns	0,835	ns	Sim	Y _j = Y ₁
28	G12	4,0x3,0	4,2	0,067	0,134	16,25	16,74	17,51	18,88	11,84	12,43	-2,14	-0,96	6,33	1,28	7	0,469	ns	1,037	ns	Sim	Y _j = Y ₁
29	G3	3,0x4,0	4,1	0,137	0,094	17,32	18,05	20,59	20,53	0,00	13,37	-3,71	-0,87	15,77	1,65	8	1,989	ns	1,363	ns	Sim	Y _j = Y ₁
30	G3	3,0x4,0	2,5	0,060	0,062	16,25	16,08	17,35	17,83	14,32	14,48	-0,49	0,24	-0,61	-0,53	4	1,198	ns	0,563	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
31	G12	4,0x3,0	4,0	0,250	0,124	13,77	14,86	22,28	19,42	0,00	10,50	-1,25	0,07	5,16	1,45	12	2,655	ns	2,625	*	Sim	Y _j ≠ Y ₁
32	G3	3,0x4,0	2,3	0,071	0,105	14,49	14,44	16,07	15,92	12,41	10,03	-0,55	-2,43	-0,36	8,08	5	0,853	ns	1,535	ns	Sim	Y _j = Y ₁
33	G11	3,0x4,0	2,3	0,258	0,105	14,53	15,18	16,87	16,39	8,16	11,94	-1,40	-1,74	1,30	3,03	6	3,531	ns	1,479	ns	Sim	Y _j = Y ₁
34	G7	4,0x3,0	3,0	0,155	0,078	14,36	14,50	16,07	16,87	11,30	11,78	-0,84	-0,34	0,13	0,93	6	2,130	ns	0,982	ns	Sim	Y _j = Y ₁
35	G7	4,0x3,0	3,0	0,182	0,096	14,12	14,77	17,35	16,30	0,00	0,00	-2,84	-4,27	7,20	19,21	6	0,000	ns	1,090	ns	Sim	Y _j = Y ₁
36	G7	4,0x3,0	3,0	0,069	0,093	14,42	14,29	15,98	16,46	11,14	11,78	-1,34	-0,47	2,44	-0,82	6	1,936	ns	0,682	ns	Sim	Y _j = Y ₁
37	G11	5,0x2,4	1,9	0,087	0,067	11,63	11,75	13,05	12,73	9,77	10,50	-0,39	-0,25	-0,03	-0,61	5	5,098	ns	1,593	ns	Sim	Y _j = Y ₁
38	G3	5,0x2,4	1,9	0,156	0,155	9,71	9,63	12,25	11,52	0,00	0,00	-3,36	-3,42	13,68	13,37	8	1,035	ns	1,427	ns	Sim	Y _j = Y ₁
39	G13	5,0x2,4	2,0	0,109	0,148	11,29	11,33	12,73	12,41	9,55	9,49	-0,75	-1,12	1,41	1,19	4	0,052	ns	0,351	ns	Sim	Y _j = Y ₁
40	G7	3,5x3,4	2,1	0,190	0,169	12,95	13,09	15,92	16,39	0,00	7,64	-2,83	-1,05	10,06	1,49	10	4,065	ns	1,433	ns	Sim	Y _j = Y ₁
41	G9	5,0x2,4	1,8	0,129	0,091	15,60	16,24	18,30	17,35	0,00	13,53	-3,49	-1,41	14,15	2,68	8	12,071	*	2,017	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
42	G3	4,0x3,0	1,8	0,203	0,113	11,44	11,60	12,73	13,37	8,36	9,39	-0,95	-0,21	0,15	-0,34	6	0,013	ns	0,960	ns	Sim	Y _j = Y ₁
43	G13	4,0x3,0	4,0	0,169	0,114	16,12	16,84	17,67	19,26	11,54	12,51	-1,81	-1,58	3,34	5,77	8	0,138	ns	1,302	ns	Sim	Y _j = Y ₁
44	G11	4,0x3,0	3,2	0,161	0,135	16,54	15,58	17,98	18,14	11,54	12,41	-1,93	-0,32	4,09	0,19	7	0,599	ns	1,039	ns	Sim	Y _j = Y ₁
45	G14	4,0x3,0	3,3	0,178	0,127	14,75	15,36	16,55	16,87	9,55	10,87	-1,66	-1,89	3,44	3,81	7	1,025	ns	1,073	ns	Sim	Y _j = Y ₁
46	G8	4,0x3,0	3,9	0,145	0,173	17,57	16,98	20,15	20,56	11,86	13,05	-1,35	-0,30	2,65	-1,30	8	0,230	ns	0,948	ns	Sim	Y _j = Y ₁
47	G8	4,0x3,0	2,6	0,130	0,107	12,85	12,84	14,39	14,01	10,50	9,61	-0,74	-1,74	-0,44	4,66	6	1,657	ns	0,970	ns	Sim	Y _j = Y ₁
48	G3	4,0x3,0	2,6	0,121	0,062	13,19	13,73	15,82	15,28	0,00	12,10	-3,75	-0,17	15,90	-0,84	6	1,333	ns	1,707	ns	Sim	Y _j = Y ₁
49	G3	4,0x3,0	2,6	0,053	0,062	13,08	12,93	14,10	14,55	10,19	10,19	-2,10	-1,43	7,25	3,00	5	0,451	ns	0,397	ns	Sim	Y _j = Y ₁
50	G14	4,0x3,0	3,0	0,063	0,102	13,56	13,51	15,53	15,79	12,13	7,32	0,48	-1,96	0,00	5,98	6	0,197	ns	0,832	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁

Tabela 1A – Na primeira medição, para cada *Case*: Idade (I) em anos, genótipo (G), espaçamento (E) em metros, Coeficientes de Gini (CG) para volume individual, estatísticas descritivas e teste L&O para distribuição de diâmetros das parcelas

Case	G	E	I	CG		Média (cm)		Máximo (cm)		Mínimo (cm)		Assimetria		Curtose		L&O						
				IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	n	F(H0)	tē	$r_{Y_j Y_1} \geq (1- \bar{e})$	Conclusão		
51	G1	4,0x3,0	2,5	0,153	0,084	12,92	12,79	14,74	14,71	9,55	10,82	-1,15	0,08	0,92	-0,52	6	0,283	ns	0,953	ns	Sim	Y _j = Y ₁
52	G13	4,0x3,0	2,5	0,096	0,041	12,66	12,12	17,35	12,73	10,70	10,82	1,79	-1,00	5,83	0,69	5	5,197	ns	1,190	ns	Sim	Y _j = Y ₁
53	G7	4,0x3,0	3,8	0,131	0,093	15,89	15,74	18,46	17,83	11,43	8,44	-1,08	-2,90	4,16	10,83	8	1,533	ns	1,384	ns	Sim	Y _j = Y ₁
54	G3	4,0x3,0	2,4	0,150	0,072	14,36	14,36	17,51	15,60	10,42	12,25	0,02	-0,92	1,30	0,14	6	3,843	ns	1,340	ns	Sim	Y _j = Y ₁
55	G3	4,0x3,0	3,8	0,115	0,106	17,63	17,64	21,33	20,21	11,78	12,19	-0,76	-1,16	1,92	1,15	10	2,704	ns	1,566	ns	Sim	Y _j = Y ₁
56	G12	4,0x3,0	2,6	0,109	0,216	14,27	13,82	16,39	16,71	12,25	0,00	-0,13	-2,89	-0,97	10,14	8	1,242	ns	0,481	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
57	G11	4,0x3,0	2,3	0,119	0,081	16,14	15,92	17,67	17,83	12,49	11,78	-1,41	-1,35	2,14	3,05	6	0,002	ns	0,885	ns	Sim	Y _j = Y ₁
58	G8	5,0x2,4	3,6	0,164	0,179	15,71	15,74	20,05	19,74	8,59	9,55	-0,59	-0,73	-0,05	-1,05	13	5,485	*	1,923	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
59	G7	3,0x4,0	1,6	0,028	0,118	10,51	10,58	11,30	12,10	9,23	8,36	-0,49	-0,87	-0,16	0,83	5	0,534	ns	1,203	ns	Sim	Y _j = Y ₁
60	G7	3,0x4,0	3,3	0,055	0,068	14,05	14,20	15,60	16,23	10,82	12,73	-1,81	0,85	5,39	-0,45	6	0,134	ns	0,908	ns	Sim	Y _j = Y ₁
61	G8	5,0x2,4	3,6	0,052	0,071	17,26	16,87	18,78	19,03	14,01	13,05	-0,98	-1,31	1,68	1,71	7	1,309	ns	1,014	ns	Sim	Y _j = Y ₁
62	G11	5,0x2,4	3,5	0,119	0,131	16,70	16,88	19,10	18,46	13,93	14,64	-0,42	-0,56	-0,77	-0,68	6	5,602	ns	1,066	ns	Sim	Y _j = Y ₁
63	G11	5,0x2,4	3,5	0,194	0,169	15,57	16,31	18,94	20,69	0,00	11,38	-3,04	-0,45	11,08	0,06	11	0,300	ns	1,409	ns	Sim	Y _j = Y ₁
64	G3	5,0x2,4	2,4	0,081	0,104	14,63	13,93	15,92	16,07	11,62	0,00	-1,24	-4,15	0,81	18,51	7	0,027	ns	0,824	ns	Sim	Y _j = Y ₁
65	G11	5,0x2,4	2,9	0,130	0,153	15,52	15,85	18,30	19,58	0,00	0,00	-3,68	-3,84	15,49	16,65	8	3,621	ns	1,255	ns	Sim	Y _j = Y ₁
66	G18	5,0x2,4	2,7	0,226	0,180	13,89	13,57	15,76	15,76	9,66	10,50	-1,51	-0,53	1,67	-0,81	6	0,006	ns	0,305	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
67	G7	5,0x2,4	6,8	0,103	0,115	19,18	19,74	22,28	24,19	12,73	7,64	-1,23	-2,09	1,03	6,43	13	0,005	ns	1,418	ns	Sim	Y _j = Y ₁
68	G15	5,0x2,4	6,8	0,185	0,100	18,40	19,55	23,71	22,60	0,00	11,62	-2,35	-1,96	7,02	5,16	12	7,792	*	2,357	*	Sim	Y _j ≠ Y ₁
69	G3	5,0x2,4	6,8	0,156	0,146	18,97	19,02	22,60	26,74	12,65	12,73	-1,06	0,29	0,52	0,18	13	1,111	ns	1,009	ns	Sim	Y _j = Y ₁
70	G10	5,0x2,4	7,4	0,175	0,139	20,74	21,23	24,99	26,26	13,45	10,19	-1,00	-1,01	0,22	2,11	15	1,822	ns	1,750	ns	Sim	Y _j = Y ₁
71	G3	5,0x2,4	7,4	0,191	0,132	19,29	20,20	25,46	27,06	0,00	0,00	-2,23	-2,87	7,36	11,22	14	6,731	*	1,531	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
72	G15	5,0x2,4	7,4	0,240	0,280	19,70	20,38	24,51	26,42	0,00	13,37	-2,48	-0,60	8,12	-0,98	14	0,217	ns	1,589	ns	Sim	Y _j = Y ₁
73	G7	5,0x2,4	6,2	0,140	0,117	18,56	19,78	22,28	24,19	0,00	0,00	-2,74	-3,36	6,75	13,08	11	0,153	ns	1,347	ns	Sim	Y _j = Y ₁
74	G7	5,0x2,4	6,3	0,091	0,083	20,32	20,82	22,76	23,87	11,46	0,00	-2,34	-4,21	5,15	18,93	9	0,578	ns	2,149	ns	Sim	Y _j = Y ₁
75	G3	5,0x2,4	5,0	0,128	0,078	17,72	18,20	21,49	20,37	12,73	13,21	-0,34	-1,26	-1,30	1,97	10	6,269	*	1,488	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁

Tabela 1A – Na primeira medição, para cada *Case*: Idade (I) em anos, genótipo (G), espaçamento (E) em metros, Coeficientes de Gini (CG) para volume individual, estatísticas descritivas e teste L&O para distribuição de diâmetros das parcelas

Case	G	E	I	CG		Média (cm)		Máximo (cm)		Mínimo (cm)		Assimetria		Curtose		L&O						
				IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	n	F(H0)	tē	$r_{Y_j Y_i} \geq (1- \epsilon)$	Conclusão		
76	G7	3,0x1,5	6,0	0,085	0,140	19,09	18,77	22,44	22,60	15,76	13,37	-0,26	-0,92	0,84	2,58	9	0,000	ns	0,939	ns	Sim	Y _j = Y ₁
77	G7	5,0x2,4	5,1	0,113	0,107	18,11	17,83	21,65	20,21	12,41	7,16	-0,76	-2,67	0,08	9,25	11	2,293	ns	2,094	ns	Sim	Y _j = Y ₁
78	G7	5,0x2,4	5,1	0,244	0,205	15,94	15,82	21,65	20,37	9,07	0,00	-0,43	-2,03	-1,23	3,29	13	4,451	*	2,025	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
79	G7	5,0x2,4	6,4	0,070	0,145	20,53	20,01	23,40	23,08	13,85	13,69	-1,86	-0,86	4,01	0,29	9	1,263	ns	1,606	ns	Sim	Y _j = Y ₁
80	G7	5,0x2,4	6,4	0,211	0,149	19,34	20,01	24,51	27,22	0,00	10,35	-2,58	-0,79	8,34	0,79	14	3,642	ns	1,745	ns	Sim	Y _j = Y ₁
81	G7	5,0x2,4	6,4	0,117	0,119	19,62	19,53	23,71	24,19	6,84	0,00	-2,32	-3,33	7,71	13,46	11	0,115	ns	0,922	ns	Sim	Y _j = Y ₁
82	G7	5,0x2,4	6,3	0,115	0,113	20,39	19,84	25,46	23,55	9,55	0,00	-1,58	-3,36	4,07	12,44	13	2,331	ns	2,574	*	Sim	Y _j ≠ Y ₁
83	G7	5,0x2,4	5,0	0,200	0,213	16,00	16,03	21,49	21,96	0,00	0,00	-1,98	-2,01	4,77	3,76	14	0,523	ns	1,680	ns	Sim	Y _j = Y ₁
84	G7	5,0x2,4	6,1	0,245	0,246	18,06	17,22	24,35	22,76	6,37	0,00	-0,89	-1,39	-0,21	1,36	17	24,770	*	3,014	*	Sim	Y _j ≠ Y ₁
85	G7	5,0x2,4	5,3	0,096	0,069	18,72	19,00	21,33	21,80	12,73	15,76	-1,46	-0,26	1,81	-0,26	8	2,761	ns	1,517	ns	Sim	Y _j = Y ₁
86	G15	5,0x2,4	5,4	0,082	0,053	19,13	18,77	21,65	20,53	16,55	17,35	-0,01	0,08	-1,18	-0,80	6	5,195	ns	1,455	ns	Sim	Y _j = Y ₁
87	G10	5,0x2,4	4,6	0,178	0,198	16,70	16,95	21,49	21,17	11,30	11,78	-0,14	-0,24	-1,08	-1,69	11	8,526	*	1,359	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
88	G3	5,0x2,4	4,9	0,123	0,125	17,78	17,58	20,85	20,85	10,03	10,03	-1,47	-1,60	2,25	2,59	9	1,564	ns	1,455	ns	Sim	Y _j = Y ₁
89	G10	5,0x2,4	6,3	0,089	0,104	19,80	20,06	22,92	24,35	0,00	14,80	-4,17	-0,34	18,62	-0,08	12	0,758	ns	0,677	ns	Sim	Y _j = Y ₁
90	G7	5,0x2,4	6,3	0,072	0,051	18,98	18,69	21,80	20,37	15,44	15,28	-0,53	-0,82	-0,34	1,63	7	9,920	*	1,509	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
91	G7	5,0x2,4	6,6	0,148	0,118	17,83	19,37	21,96	23,71	0,00	0,00	-2,69	-3,40	6,58	13,77	9	0,007	ns	0,191	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
92	G7	5,0x2,4	6,6	0,068	0,076	20,20	20,67	22,76	23,40	13,69	8,91	-1,64	-3,30	4,68	13,33	9	4,835	*	1,775	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
93	G7	5,0x2,4	6,6	0,045	0,045	20,17	20,74	22,76	23,08	17,67	18,14	-0,04	-0,32	-0,04	-0,30	7	0,595	ns	0,936	ns	Sim	Y _j = Y ₁
94	G7	5,0x2,4	6,6	0,146	0,116	18,48	19,16	22,60	23,24	11,14	13,85	-0,97	-0,11	0,06	-1,12	11	1,500	ns	0,990	ns	Sim	Y _j = Y ₁
95	G7	5,0x2,4	6,6	0,131	0,098	19,36	20,34	22,92	23,87	0,00	8,59	-3,03	-2,54	10,81	8,41	13	0,144	ns	2,036	ns	Sim	Y _j = Y ₁
96	G11	5,0x2,4	2,8	0,144	0,055	15,66	16,41	17,98	18,14	9,87	14,80	-1,65	-0,01	4,91	-1,15	6	1,636	ns	1,217	ns	Sim	Y _j = Y ₁
97	G11	5,0x2,4	2,8	0,161	0,149	16,11	15,91	18,78	18,62	10,66	12,25	-1,84	-0,59	6,10	0,81	7	0,319	ns	0,252	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
98	G11	5,0x2,4	2,8	0,157	0,125	16,06	15,60	18,46	18,94	10,11	0,00	-1,77	-3,62	3,28	15,27	8	0,145	ns	0,902	ns	Sim	Y _j = Y ₁
99	G11	5,0x2,4	2,8	0,043	0,093	16,39	16,21	17,35	17,51	14,48	14,64	-1,50	0,02	2,54	-0,68	4	0,100	ns	0,980	ns	Sim	Y _j = Y ₁
100	G7	5,0x2,4	7,3	0,227	0,212	19,91	20,21	25,94	25,46	0,00	0,00	-2,29	-2,37	6,31	6,87	13	0,135	ns	1,342	ns	Sim	Y _j = Y ₁

Tabela 1A – Na primeira medição, para cada *Case*: Idade (I) em anos, genótipo (G), espaçamento (E) em metros, Coeficientes de Gini (CG) para volume individual, estatísticas descritivas e teste L&O para distribuição de diâmetros das parcelas

Case	G	E	I	CG		Média (cm)		Máximo (cm)		Mínimo (cm)		Assimetria		Curtose		L&O						
				IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	n	F(H0)	tē	$r_{Y_j, Y_1} \geq (1- \epsilon)$	Conclusão		
101	G15	5,0x2,4	6,6	0,230	0,138	18,95	19,12	23,71	22,44	10,50	15,04	-1,34	-0,46	2,06	-0,28	10	5,129 *	1,894	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁	
102	G7	5,0x2,4	6,6	0,178	0,188	18,50	18,85	24,51	25,15	0,00	0,00	-1,97	-1,98	6,49	5,30	15	3,823 *	1,802	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁	
103	G7	5,0x2,4	6,7	0,041	0,103	21,65	21,25	23,40	23,71	19,42	16,23	0,04	-1,47	-1,22	2,92	6	2,753	ns	0,583	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
104	G7	5,0x2,4	6,7	0,143	0,171	19,13	19,11	24,35	24,83	0,00	0,00	-2,72	-2,25	8,19	6,85	13	1,909	ns	1,473	ns	Sim	Y _j = Y ₁
105	G7	5,0x2,4	6,7	0,101	0,062	20,71	20,90	25,15	23,55	14,16	17,19	-0,97	-0,34	0,59	-0,52	11	2,046	ns	2,091	ns	Sim	Y _j = Y ₁
106	G15	5,0x2,4	7,6	0,194	0,252	20,50	20,80	24,83	25,15	12,33	10,58	-1,08	-1,60	0,94	2,44	13	7,439 *	2,071	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁	
107	G3	5,0x2,4	7,3	0,133	0,105	19,74	19,81	24,51	24,19	9,55	15,28	-1,05	-0,13	2,21	-0,90	11	2,692	ns	1,431	ns	Sim	Y _j = Y ₁
108	G15	5,0x2,4	7,3	0,116	0,137	20,91	21,11	23,87	25,46	10,19	10,03	-1,88	-1,44	3,39	2,66	13	0,007	ns	1,377	ns	Sim	Y _j = Y ₁
109	G10	5,0x2,4	4,4	0,279	0,230	17,10	16,61	21,49	19,42	9,47	7,56	-1,15	-1,88	0,78	3,24	11	0,074	ns	2,029	ns	Sim	Y _j = Y ₁
110	G5	3,0x4,0	2,3	0,086	0,084	13,09	13,23	14,80	14,64	11,30	10,50	-0,06	-0,84	-0,16	1,04	5	0,593	ns	0,939	ns	Sim	Y _j = Y ₁
111	G10	5,0x2,4	7,1	0,140	0,228	21,36	21,46	26,42	28,17	0,00	0,00	-2,95	-2,16	11,25	5,45	14	3,971 *	1,021	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁	
112	G3	5,0x2,4	7,1	0,114	0,044	21,33	21,83	25,78	23,87	12,10	17,98	-1,36	-1,11	2,01	1,49	11	12,706 *	2,539	*	Sim	Y _j ≠ Y ₁	
113	G10	5,0x2,4	4,2	0,239	0,297	16,03	15,20	21,33	23,08	0,00	0,00	-1,60	-1,31	3,16	1,12	16	1,948	ns	1,796	ns	Sim	Y _j = Y ₁
114	G10	5,0x2,4	4,3	0,153	0,160	16,41	16,15	20,05	20,21	11,46	7,80	-0,48	-1,38	-0,50	2,37	12	0,794	ns	1,358	ns	Sim	Y _j = Y ₁
115	G7	5,0x2,4	6,9	0,263	0,238	20,47	20,66	27,06	25,46	10,03	9,55	-0,93	-1,23	-0,08	0,51	17	3,661	ns	2,493	*	Sim	Y _j ≠ Y ₁
116	G15	5,0x2,4	6,9	0,319	0,314	17,62	17,41	27,22	25,94	0,00	6,68	-1,04	-0,43	0,73	-1,22	20	8,585 *	2,081	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁	
117	G7	5,0x2,4	6,4	0,077	0,088	19,17	19,66	21,96	22,60	15,92	15,12	-0,22	-0,46	-0,89	-0,76	8	0,588	ns	0,417	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
118	G7	5,0x2,4	6,4	0,076	0,067	20,05	20,38	22,60	24,19	15,60	15,44	-0,85	-0,77	0,05	1,83	10	1,682	ns	1,041	ns	Sim	Y _j = Y ₁
119	G11	3,0x4,0	3,1	0,176	0,175	15,38	15,12	17,35	17,67	11,06	10,82	-1,65	-0,53	3,67	-0,40	8	0,000	ns	0,258	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
120	G10	3,0x4,0	3,4	0,242	0,156	15,71	15,98	18,78	18,46	8,20	9,71	-1,40	-1,62	2,16	3,18	8	4,765	ns	1,602	ns	Sim	Y _j = Y ₁
121	G10	3,0x4,0	3,4	0,081	0,056	16,39	16,00	18,46	17,98	11,94	14,16	-1,45	-0,04	3,90	1,57	6	3,048	ns	1,929	ns	Sim	Y _j = Y ₁
122	G11	3,0x4,0	3,3	0,109	0,103	15,66	16,04	18,14	18,30	10,82	11,46	-0,84	-1,01	1,03	0,93	8	0,133	ns	0,908	ns	Sim	Y _j = Y ₁
123	G15	5,0x2,4	6,9	0,166	0,137	19,26	19,59	24,19	25,31	9,87	14,80	-1,17	0,31	2,15	-0,68	13	1,326	ns	1,333	ns	Sim	Y _j = Y ₁
124	G3	5,0x2,4	6,9	0,055	0,065	21,19	20,97	23,87	23,55	17,83	16,71	-0,58	-0,66	-0,04	-0,39	8	0,013	ns	0,911	ns	Sim	Y _j = Y ₁
125	G11	3,0x4,0	3,0	0,092	0,136	15,62	15,54	17,19	17,67	12,10	12,81	-1,06	-0,17	0,44	-0,96	6	2,524	ns	1,006	ns	Sim	Y _j = Y ₁

Tabela 1A – Na primeira medição, para cada *Case*: Idade (I) em anos, genótipo (G), espaçamento (E) em metros, Coeficientes de Gini (CG) para volume individual, estatísticas descritivas e teste L&O para distribuição de diâmetros das parcelas

Case	G	E	I	CG		Média (cm)		Máximo (cm)		Mínimo (cm)		Assimetria		Curtose		L&O				Conclusão		
				IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	n	F(H ₀)	t _ε	r _{Y_jY_i} ≥ (1- ε̄)			
126	G11	3,0x4,0	3,0	0,082	0,147	16,69	16,61	18,78	19,10	14,48	12,57	-0,33	-0,71	-1,04	0,38	7	0,073	ns	0,001	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
127	G10	4,0x3,0	4,6	0,261	0,270	17,00	16,76	21,01	23,24	12,73	11,30	-0,23	0,14	-0,59	-0,64	12	1,961	ns	1,117	ns	Sim	Y _j = Y ₁
128	G7	5,0x2,4	7,1	0,072	0,141	21,09	20,45	24,19	24,83	14,01	15,76	-1,55	-0,27	4,23	-0,96	11	0,402	ns	1,161	ns	Sim	Y _j = Y ₁
129	G8	5,0x2,4	3,3	0,077	0,076	14,87	14,34	17,98	15,92	12,25	10,82	0,04	-1,32	1,35	2,30	7	2,617	ns	1,408	ns	Sim	Y _j = Y ₁
130	G3	5,0x2,4	2,3	0,200	0,104	11,82	0,00	15,28	0,00	0,00	0,00	-3,09	0,00	12,50	0,00	7	4,845	ns	1,207	ns	Sim	Y _j = Y ₁
131	G11	5,0x2,4	2,9	0,065	0,077	16,19	16,47	17,98	18,14	14,01	13,05	-0,31	-1,15	-0,53	0,61	6	0,555	ns	0,385	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
132	G3	5,0x2,4	2,4	0,164	0,136	12,57	13,12	16,55	16,23	0,00	0,00	-2,65	-3,42	6,49	13,61	9	2,032	ns	1,600	ns	Sim	Y _j = Y ₁
133	G3	5,0x2,4	2,4	0,073	0,077	14,32	14,21	15,60	15,76	11,14	11,78	-1,40	-0,52	1,66	-0,15	5	0,163	ns	0,753	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
134	G10	5,0x2,4	4,6	0,312	0,226	15,85	16,88	20,21	20,53	0,00	0,00	-2,08	-3,27	4,66	12,51	10	2,229	ns	1,866	ns	Sim	Y _j = Y ₁
135	G10	5,0x2,4	4,5	0,240	0,259	16,60	16,80	19,89	20,85	0,00	0,00	-2,72	-2,75	8,44	9,56	10	2,721	ns	2,616	*	Sim	Y _j ≠ Y ₁
136	G10	5,0x2,4	4,4	0,226	0,250	17,02	17,17	19,89	21,01	11,06	10,19	-1,45	-1,11	2,11	0,73	11	1,220	ns	1,050	ns	Sim	Y _j = Y ₁
137	G10	5,0x2,4	4,5	0,154	0,129	16,64	17,20	19,74	20,85	0,00	10,82	-2,95	-1,22	10,22	1,17	11	0,770	ns	0,936	ns	Sim	Y _j = Y ₁
138	G5	5,0x2,4	4,5	0,224	0,227	16,02	15,22	20,85	19,74	12,33	6,76	0,43	-1,10	-0,27	1,53	12	2,879	ns	1,088	ns	Sim	Y _j = Y ₁
139	G5	5,0x2,4	3,9	0,241	0,262	14,94	15,01	18,62	19,42	8,75	10,19	-0,61	-0,25	-0,36	-0,80	11	2,141	ns	1,088	ns	Sim	Y _j = Y ₁
140	G11	5,0x2,4	4,2	0,170	0,193	15,94	15,33	18,62	19,58	10,19	9,87	-1,28	-0,53	1,93	0,44	9	0,244	ns	0,279	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
141	G10	5,0x2,4	4,4	0,094	0,067	17,71	17,51	20,37	19,42	14,64	14,80	-0,32	-0,54	-1,16	-0,35	7	5,183	ns	1,154	ns	Sim	Y _j = Y ₁
142	G5	5,0x2,4	3,6	0,148	0,132	15,17	15,27	19,58	17,67	11,14	10,82	-0,02	-0,90	-0,22	0,10	10	5,648	*	1,599	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
143	G1	5,0x2,4	3,5	0,142	0,082	14,54	14,26	17,19	16,55	9,07	10,03	-1,64	-1,37	5,39	4,60	7	0,619	ns	1,450	ns	Sim	Y _j = Y ₁
144	G10	5,0x2,4	3,5	0,091	0,081	15,25	15,33	17,19	17,51	13,85	11,46	0,25	-1,52	-1,59	3,31	6	1,389	ns	0,533	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
145	G11	5,0x2,4	3,4	0,087	0,067	15,13	15,33	17,03	17,19	11,78	12,73	-1,00	-0,41	1,05	0,28	7	0,865	ns	0,977	ns	Sim	Y _j = Y ₁
146	G10	5,0x2,4	4,2	0,072	0,082	16,30	16,20	17,83	18,30	14,16	13,05	-0,46	-0,63	-0,98	0,93	6	0,390	ns	0,180	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
147	G1	5,0x2,4	4,4	0,116	0,061	15,67	16,36	17,19	18,30	12,73	14,64	-1,09	-0,23	3,35	-0,05	6	0,362	ns	0,960	ns	Sim	Y _j = Y ₁
148	G11	5,0x2,4	3,1	0,156	0,060	15,35	15,42	17,83	17,83	5,73	14,01	-3,16	0,76	12,46	0,71	6	2,988	ns	1,740	ns	Sim	Y _j = Y ₁
149	G10	5,0x2,4	3,0	0,194	0,185	15,40	15,60	18,78	19,10	7,48	11,78	-2,06	-0,10	6,41	-1,36	10	0,007	ns	0,909	ns	Sim	Y _j = Y ₁
150	G10	5,0x2,4	4,6	0,210	0,243	16,79	16,70	21,33	23,24	0,00	0,00	-2,53	-1,99	5,85	3,72	12	1,670	ns	1,066	ns	Sim	Y _j = Y ₁

Tabela 1A – Na primeira medição, para cada *Case*: Idade (I) em anos, genótipo (G), espaçamento (E) em metros, Coeficientes de Gini (CG) para volume individual, estatísticas descritivas e teste L&O para distribuição de diâmetros das parcelas

Case	G	E	I	CG		Média (cm)		Máximo (cm)		Mínimo (cm)		Assimetria		Curtose		L&O						
				IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	n	F(H ₀)	t _ē	r _{Y_jY₁} ≥ (1- ē)	Conclusão		
151	G10	5,0x2,4	4,5	0,194	0,190	17,96	17,88	20,69	20,85	9,87	13,53	-1,97	-1,01	4,10	1,02	8	0,000	ns	0,955	ns	Sim	Y _j = Y ₁
152	G10	5,0x2,4	4,5	0,243	0,132	16,67	17,46	21,33	20,37	0,00	11,30	-2,09	-1,99	5,08	6,37	12	20,127	*	3,069	*	Sim	Y _j ≠ Y ₁
153	G10	5,0x2,4	4,5	0,186	0,174	17,96	17,11	20,37	19,74	13,05	12,33	-1,54	-1,14	1,78	2,45	8	3,454	ns	1,967	ns	Sim	Y _j = Y ₁
154	G5	5,0x2,4	4,3	0,239	0,209	14,61	15,96	19,26	20,05	0,00	8,12	-1,97	-1,50	2,61	2,48	11	1,233	ns	1,290	ns	Sim	Y _j = Y ₁
155	G8	5,0x2,4	4,1	0,214	0,125	15,17	16,34	19,58	19,74	0,00	8,91	-2,28	-1,09	7,33	2,06	12	9,682	*	1,796	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
156	G10	5,0x2,4	3,4	0,089	0,095	16,48	16,05	18,62	18,46	7,16	9,55	-3,52	-2,30	14,62	6,59	8	0,058	ns	1,389	ns	Sim	Y _j = Y ₁
157	G7	5,0x2,4	7,2	0,086	0,119	20,18	20,32	24,19	24,99	14,96	14,16	-0,73	-0,50	0,69	-0,62	10	1,192	ns	0,548	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
158	G15	5,0x2,4	7,3	0,203	0,224	20,33	19,46	27,37	24,99	0,00	0,00	-3,25	-2,28	13,40	4,92	12	0,196	ns	1,724	ns	Sim	Y _j = Y ₁
159	G7	5,0x2,4	7,2	0,110	0,087	20,26	20,46	23,71	24,19	12,89	16,71	-1,14	0,27	0,49	-1,17	12	2,126	ns	1,839	ns	Sim	Y _j = Y ₁
160	G3	5,0x2,4	7,4	0,059	0,070	20,29	21,02	22,92	24,83	17,35	17,98	-0,09	0,15	-1,18	-1,04	8	0,521	ns	0,212	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
161	G15	5,0x2,4	7,4	0,055	0,137	20,74	19,79	24,35	23,40	17,83	15,52	0,43	-0,66	2,55	-0,27	10	2,861	ns	0,698	ns	Sim	Y _j = Y ₁
162	G10	5,0x2,4	7,5	0,297	0,313	19,88	20,02	26,10	26,10	11,94	11,78	-0,47	-0,37	-1,02	-1,20	14	10,957	*	1,640	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
163	G10	5,0x2,4	7,5	0,072	0,095	21,60	21,57	25,46	24,83	16,87	16,39	-0,35	-0,85	0,27	-0,36	10	2,145	ns	1,092	ns	Sim	Y _j = Y ₁
164	G11	5,0x2,4	4,0	0,167	0,166	15,94	16,35	19,10	18,78	10,35	11,94	-1,22	-1,01	1,12	0,44	9	0,050	ns	1,413	ns	Sim	Y _j = Y ₁
165	G10	5,0x2,4	3,5	0,078	0,067	16,06	16,45	18,46	18,94	11,94	14,96	-1,56	0,73	4,52	0,30	7	0,927	ns	1,482	ns	Sim	Y _j = Y ₁
166	G10	5,0x2,4	7,1	0,089	0,057	21,93	21,93	24,99	25,62	13,69	17,83	-1,51	-0,09	3,45	1,36	9	4,755	*	1,228	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
167	G3	5,0x2,4	7,1	0,129	0,119	21,66	20,70	25,78	26,90	0,00	0,00	-3,00	-3,06	10,01	12,15	12	9,404	*	1,196	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
168	G16	5,0x2,4	7,1	0,136	0,153	19,95	19,53	23,71	24,35	0,00	0,00	-3,10	-2,65	11,42	8,31	13	0,741	ns	1,359	ns	Sim	Y _j = Y ₁
169	G3	5,0x2,4	7,1	0,119	0,062	18,77	19,25	22,92	21,80	13,05	16,07	-0,64	-0,33	-0,22	-0,59	9	9,612	*	1,938	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
170	G5	3,0x4,0	2,1	0,118	0,065	12,41	12,64	14,48	13,85	8,91	10,98	-0,96	-0,43	1,24	-0,67	6	0,651	ns	1,466	ns	Sim	Y _j = Y ₁
171	G5	3,0x4,0	1,9	0,063	0,062	12,50	12,15	13,53	13,69	10,98	11,14	-0,59	0,21	0,89	0,63	4	0,078	ns	1,240	ns	Sim	Y _j = Y ₁
172	G10	5,0x2,4	4,2	0,201	0,179	0,00	17,94	0,00	21,33	0,00	0,00	0,00	-3,32	0,00	12,62	9	1,287	ns	0,962	ns	Sim	Y _j = Y ₁
173	G10	5,0x2,4	4,2	0,203	0,162	17,23	17,98	20,69	20,85	11,38	11,78	-1,42	-1,21	1,88	1,11	8	1,063	ns	0,996	ns	Sim	Y _j = Y ₁
174	G5	5,0x2,4	2,4	0,133	0,078	14,55	14,28	15,92	15,60	11,62	12,25	-1,22	-0,66	1,41	2,61	4	1,003	ns	0,620	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
175	G17	5,0x2,4	6,4	0,104	0,073	19,00	19,40	23,24	21,80	13,21	15,28	-0,61	-0,81	0,08	0,02	10	2,943	ns	1,877	ns	Sim	Y _j = Y ₁

Tabela 1A – Na primeira medição, para cada *Case*: Idade (I) em anos, genótipo (G), espaçamento (E) em metros, Coeficientes de Gini (CG) para volume individual, estatísticas descritivas e teste L&O para distribuição de diâmetros das parcelas

Case	G	E	I	CG		Média (cm)		Máximo (cm)		Mínimo (cm)		Assimetria		Curtose		L&O						
				IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	IFC	Gêmea	n	F(H ₀)	t _ε	r _{Y_jY_i} ≥ (1- ε̄)	Conclusão		
176	G11	5,0x2,4	3,5	0,073	0,107	15,28	15,31	16,87	17,83	12,41	11,94	-0,78	-0,43	0,87	-0,65	7	0,063	ns	0,414	ns	Não	Y _j ≠ Y ₁
177	G10	5,0x2,4	3,5	0,051	0,045	17,36	17,21	19,58	18,62	15,28	15,92	0,33	-0,06	0,75	-0,44	5	0,811	ns	1,021	ns	Sim	Y _j = Y ₁
178	G10	5,0x2,4	3,5	0,137	0,072	17,79	17,67	21,17	19,26	11,30	13,69	-0,98	-1,04	0,49	0,72	11	9,522	*	1,976	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
179	G7	5,0x2,4	6,5	0,100	0,152	19,96	20,34	24,35	25,78	15,12	11,62	-0,14	-0,56	-1,07	-0,27	14	5,459	*	1,420	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
180	G7	5,0x2,4	5,0	0,175	0,209	18,40	17,64	23,87	23,87	7,80	6,37	-1,26	-1,21	1,10	0,78	15	2,634	ns	1,859	ns	Sim	Y _j = Y ₁
181	G3	5,0x2,4	5,0	0,086	0,079	18,41	18,56	20,69	21,80	13,85	12,25	-0,87	-1,31	-0,25	4,30	9	2,431	ns	1,306	ns	Sim	Y _j = Y ₁
182	G7	5,0x2,4	4,9	0,184	0,143	16,61	17,01	20,53	20,05	9,55	11,94	-0,80	-0,94	0,26	1,04	11	6,422	*	1,885	ns	Sim	Y _j ≠ Y ₁
183	G3	5,0x2,4	5,0	0,060	0,086	19,34	19,34	21,49	21,65	14,64	12,73	-1,35	-1,87	2,72	3,41	8	1,367	ns	1,035	ns	Sim	Y _j = Y ₁
184	G3	5,0x2,4	4,9	0,077	0,119	18,90	18,93	20,85	22,28	12,10	9,23	-2,11	-2,05	4,91	4,27	10	0,039	ns	1,265	ns	Sim	Y _j = Y ₁
185	G15	5,0x2,4	5,3	0,230	0,243	17,99	18,04	22,12	22,92	12,18	11,94	-0,61	-0,51	-0,39	-0,67	11	4,009	ns	1,137	ns	Sim	Y _j = Y ₁
186	G10	5,0x2,4	4,9	0,106	0,100	17,99	18,54	21,80	21,33	13,21	14,80	-0,41	-0,38	0,50	-0,81	9	0,452	ns	1,052	ns	Sim	Y _j = Y ₁
187	G7	5,0x2,4	6,1	0,194	0,109	19,95	20,19	25,15	24,03	11,94	15,28	-0,87	-0,53	-0,29	-0,89	13	2,786	ns	1,989	ns	Sim	Y _j = Y ₁
188	G10	5,0x2,4	4,9	0,122	0,278	17,57	17,01	22,28	23,55	0,00	0,00	-2,30	-1,79	5,23	3,20	14	0,343	ns	1,332	ns	Sim	Y _j = Y ₁
189	G3	5,0x2,4	4,9	0,057	0,068	18,68	18,72	21,65	21,96	14,96	16,39	-0,62	0,29	1,68	-0,84	7	0,109	ns	0,986	ns	Sim	Y _j = Y ₁
190	G10	5,0x2,4	4,6	0,242	0,219	16,98	17,64	23,24	23,40	0,00	8,91	-1,56	-0,76	2,47	-0,50	14	1,877	ns	1,452	ns	Sim	Y _j = Y ₁
191	G10	5,0x2,4	4,6	0,130	0,185	18,17	18,18	21,80	22,44	6,84	7,64	-2,32	-1,79	6,96	5,11	11	0,207	ns	1,356	ns	Sim	Y _j = Y ₁