



GETÚLIO CAIXETA FERREIRA

**ALTERNATIVA PARA AJUSTE DE ESTANDE EM TESTES
DE PROGÊNIES E CLONAIS NA CULTURA DO EUCALIPTO**

Lavras-MG

2018

GETÚLIO CAIXETA FERREIRA

**ALTERNATIVA PARA AJUSTE DE ESTANDE EM TESTES DE PROGÊNIES E
CLONAS NA CULTURA DO EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

Orientador

Lavras-MG

2018

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Ferreira, Getúlio Caixeta.

Alternativa para ajuste de estande em testes de progênies e
clonais na cultura do eucalipto / Getúlio Caixeta Ferreira. - 2018.
47 p. : il.

Orientador(a): Magno Antonio Patto Ramalho.

.
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Biometria. 2. Genética quantitativa. 3. Melhoramento do
eucalipto. I. Ramalho, Magno Antonio Patto. . II. Título.

GETÚLIO CAIXETA FERREIRA

**ALTERNATIVA PARA AJUSTE DE ESTANDE EM TESTES DE PROGÊNIES E
CLONAIS NA CULTURA DO EUCALIPTO**

**ALTERNATIVE FOR STAND ADJUSTMENT IN PROGENIES AND CLONAL
TESTS IN EUCALYPTUS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de junho de 2018.

Dr. Aurélio Mendes Aguiar FIBRIA

Dr. José Luís Lima FIBRIA

Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho
Orientador

LAVRAS-MG

2018

Aos meus pais Luiz Humberto e Nilda,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Luiz Humberto e Nilda, e à minha família pelo amor e apoio incondicional e por torcerem e acreditarem no meu sucesso, apesar da distância.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pela oportunidade.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudo.

À Fibria Celulose S.A. por disponibilizar os dados para a realização deste trabalho. Em especial ao Aurélio e Bruno, pela disponibilidade para responder dúvidas.

Ao Professor Magno pela orientação, por todo conhecimento compartilhado, por sempre estar presente e disposto a ajudar e, acima de tudo, por ser um exemplo de comprometimento e dedicação profissional.

À Ângela pela amizade, pela ajuda e por toda experiência e conhecimento prático de melhoramento de plantas transmitidos.

A todos amigos do GEN, em especial, Bola, Brena, Carioca, Flavinha, Gui, Helô, Indalécio, Maiara e Roxane, pelo convívio diário, por todos os momentos alegres e pelo grande apoio na rotina de estudos.

Aos colegas do Grupo do Feijão pelo trabalho em equipe e momentos de descontração.

Aos professores do Programa e aos funcionários do departamento, por toda ajuda, e por serem os grandes responsáveis pela excelência do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas.

Aos membros da banca examinadora Aurélio e José Luís pelas contribuições dadas ao trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho, muito obrigado.

RESUMO

A eficiência na avaliação das progênies e/ou clones de eucalipto depende de alguns fatores, que envolvem: a escolha do delineamento experimental; o número de ambientes; as ferramentas de análise de dados; e principalmente o rigor na condução e tomada dos dados experimentais. Nesse contexto, a perda de plantas nas parcelas experimentais é um dos principais problemas de todos os melhoristas de plantas. Esse problema, em se tratando de plantas perenes, é ainda mais sério devido ao maior tempo de exposição da planta vizinha à uma ou mais falhas, além de que nos testes de progênies a unidade seletiva é o indivíduo. Assim, o objetivo desse trabalho foi: estimar o efeito de falhas ou de plantas dominadas nos experimentos de avaliação de progênies ou clones conduzidos com a cultura do eucalipto; verificar se utilizar a área disponível por planta é uma boa estratégia para mitigar o efeito das falhas; avaliar se o efeito das falhas varia em se utilizar parcelas com várias plantas ou de uma única planta e finalmente aferir se a associação entre o desempenho da planta no teste de progênie (TP) e o seus clones no teste clonal (TC) é afetada pela existência de falhas ou plantas dominadas nos experimentos. Foram utilizados cinco TPs e quatro TC conduzidos no estado de São Paulo pela empresa Fibria Celulose S.A. Dos TPs, três foram com progênies de irmãos germanos e dois de meios irmãos. As plantas dos TPs foram avaliadas aos cinco anos e dos TCs aos três anos. A característica avaliada foi a circunferência à altura do peito (CAP) em cm, do qual se estimou o diâmetro à altura do peito (DAP). Para se realizar o ajuste foi utilizado a área disponível às plantas, vizinhas às falhas. Também foi considerado no ajuste as plantas dominadas, com o DAP um ou dois desvios padrões abaixo da média. Constatou-se que: com níveis de falhas inferiores à 20% nos experimentos o ajuste utilizando a área disponível às plantas não melhorou a eficiência da seleção nos testes de progênies e clonais, independente se o experimento é com uma ou várias plantas por parcela; a estratégia de considerar no ajuste não só as falhas, mas também as plantas dominadas, não é vantajoso principalmente quando se considera como dominadas árvores com DAP um desvio padrão abaixo da média; tanto o emprego das estimativas de BLUP como o fenótipo dos indivíduos nos TPs foram de baixa eficiência na identificação dos clones superiores nos TCs, sem ou com o ajuste das falhas.

Palavras-chave: Biometria; Genética quantitativa; Melhoramento do eucalipto.

ABSTRACT

Efficiency in the evaluation of eucalyptus progenies and/or clones depends on some factors, which involve: the experimental design choice; the number of environments; data analysis tools; and especially the rigor in conducting and getting the experimental data. In this context, plants loss, in experimental plots is one of the main problems of all plant breeders. For perennial crops, this problem is even more serious due to neighboring plant longer exposure time to one or more failures, also because the selective unit in progeny tests is the individual. Thus, the objective of this research was: to estimate the effect of failures or dominated plants in progenies or clones tests conducted with the eucalyptus crop; verifying if the available area per plant is a good strategy to mitigate the effect of failures; evaluate if the effect of failures varies when using plots with single or multiple plants; and finally to verify if the association between the performance of the plant in the progeny test (PT) and its clones in the clonal test (CT) is affected by the existence of failures or dominated plants in the experiments. Five PTs and four CTs were conducted in the state of São Paulo by the company Fibria Celulose S.A. Of the PTs, three were progenies of full sibs and two of half sibs. PT plants were evaluated at five years and CTs at three years. The evaluated characteristic was the circumference at breast height (CBH) in cm, from which the diameter at breast height (DBH) was estimated. In order to carry out the adjustment, the area available to the plants, neighboring the failures, was used. The dominated plants were also considered in the adjustment, with the DBH one or two standard deviations below the mean. It was found that: in experiments with failure levels lower than 20% the adjustment using the area available to the plants did not improve the selection efficiency in progeny and clonal tests, regardless of whether the experiment is carried out with one or several plants per plot; the strategy of considering in adjustment not only the failures, but also the dominated plants, is not advantageous especially when we consider as dominated trees with DBH a standard deviation below the mean; both the use of the BLUP estimates and the individuals phenotype in the PTs were of low efficiency in the identification of the superior clones in the CTs, with or without the adjustment of the failures.

Keywords: Biometrics; Quantitative genetics; Eucalyptus breeding.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	A situação da produção de papel e celulose no Brasil	11
2.2	Melhoramento do eucalipto no Brasil	12
2.3	Análise de experimentos com desuniformidade de estande	14
2.4	Associação entre testes de progênie e teste clonal	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Teste de Progênie (TP)	19
3.2	Teste clonal (TC)	20
3.3	Análises Estatísticas	20
3.4	Análise dos dados ajustados em função do estande	22
4	RESULTADOS	24
4.1	Testes de Progênies (TPs)	24
4.2	Testes Clonais (TCs)	33
5	DISCUSSÃO	39
6	CONCLUSÕES	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

O melhoramento da cultura do eucalipto no Brasil tem sido muito eficiente, sobretudo no que se refere ao volume de madeira. Contudo, a continuidade na obtenção de ganhos genéticos adicionais irá exigir que a etapa de avaliação das progênies e/ou clones seja a mais eficiente possível, principalmente porque as diferenças a serem detectadas no futuro deverão ser menores.

Essa maior eficiência na avaliação das progênies e/ou clones pode ser obtida de alguns modos, entre eles: escolha mais criteriosa do delineamento experimental; avaliações conduzidas em maior número de ambientes para mitigar a interação genótipos x ambientes; utilização de todas as ferramentas disponíveis para a análise dos dados obtidos; e maior rigor na condução e tomada dos dados experimentais.

No contexto de manejo dos experimentos com a cultura do eucalipto um dos aspectos que tem sido pouco explorado é a frequente perda de plantas devido ao não vingamento das mudas e outros fatores que impedem o seu crescimento/desenvolvimento, causando sua morte ou fazendo com que fiquem “dominadas” – crescimento bem inferior às demais -. Essa diferença no estande deve afetar a interpretação dos resultados obtidos.

No caso dos experimentos de avaliação de progênies visando a identificação dos indivíduos a serem clonados, a questão da falha ou de plantas dominadas, aparentemente deve ter um reflexo bem expressivo. Tem sido constatado que a correlação entre o desempenho das plantas no teste de progênies e o desempenho dos clones delas derivados nos testes clonais tem sido muito baixa. Existem algumas razões para essa correlação baixa, como por exemplo a interação genótipos x ambientes – anos e/ou locais -. Outra razão seria o provável efeito de falhas ou de plantas dominadas vizinhas à planta selecionada para ser clonada. Nesse último caso não foi encontrado nenhuma referência a respeito.

Nos estudos envolvendo estande o foco de ajuste tem sido sempre a questão do número de plantas faltantes. Procurando, sobretudo, também avaliar o efeito compensatório que o indivíduo próximo da falha pode realizar. Não foi encontrado nenhum relato utilizando como covariável a área disponibilizada aos indivíduos vizinhos de uma ou mais falhas. Também não foram encontrados relatos do efeito de plantas dominadas, isto é, aquelas plantas que por problemas de manejo ou até mesmo genótipo não desenvolveram acompanhando os demais

indivíduos próximos. Nessa condição essas plantas provavelmente exercem menor competição do que as demais, e os seus vizinhos podem ser beneficiados.

Do exposto, foi realizado o presente trabalho com o objetivo de: estimar o efeito de falhas ou de plantas dominadas nos experimentos de avaliação de progênie ou clones conduzidos com a cultura do eucalipto; verificar se utilizar a área disponível por planta é uma boa estratégia para mitigar o efeito das falhas; avaliar se o efeito das falhas varia em se utilizar parcelas com várias plantas ou de uma única planta e finalmente aferir se a associação entre o desempenho da planta no teste de progênie e o seus clones no teste clonal é afetada pela existência de falhas ou plantas dominadas nos experimentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A situação da produção de papel e celulose no Brasil

A utilização do eucalipto para produção de celulose faz do Brasil um grande competidor no mercado mundial. O eucalipto possui um ciclo médio de produção de sete anos, enquanto que o pinus, predominantemente usado por outros países produtores de celulose, gira em torno de 15 a 20 anos. Esse fato, aliado ao clima favorável, faz com que o Brasil tenha o menor custo de produção global e a maior produtividade entre os produtores mundiais de celulose, com uma média de 39 m³/ha/ano (DEPEC-BRADESCO, 2018).

A produção de celulose no Brasil teve um aumento de cerca de 224% no período de 1995 a 2017 passando de aproximadamente 6 milhões para 19,5 milhões de toneladas. A produção de papel, no entanto teve um aumento relativamente menor, de 75% no mesmo período, sendo que, em 1995, a produção de papel era semelhante à de celulose, cerca de 6 milhões de toneladas, passando para 10,5 milhões em 2017. O maior aumento da produção de celulose em relação ao de papel se deve principalmente às exportações (DEPEC-BRADESCO, 2018).

Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor de celulose do mundo, com produção de 18,8 milhões de toneladas em 2016, ficando atrás apenas dos EUA que produziu 48,5 milhões de toneladas no mesmo ano. A produção brasileira se concentra em celulose de fibra curta. Isso se deve ao predomínio do plantio de eucalipto, que produz esse tipo de celulose. Já nos demais países produtores predomina plantios de pinus que produzem celulose de fibra longa. Com relação ao papel, o Brasil assume a 8ª posição com 10,3 milhões de toneladas produzidas em 2016. A China é o maior produtor com 111,2 milhões de toneladas de papel produzidos (DEPEC-BRADESCO, 2018).

A celulose produzida no Brasil tem como principal destino o mercado externo correspondendo à 69% da produção. Os principais países consumidores da celulose brasileira são: China (26,04%), Holanda (20,29%) e EUA (19,35%). Apesar do grande volume exportado, o Brasil também importa celulose, essas importações representam cerca de 7% do consumo interno, concentradas principalmente em celulose de fibra longa. Ao contrário da celulose, a produção de papel é destinada em sua maioria ao mercado interno (80%) (DEPEC-BRADESCO, 2018).

2.2 Melhoramento do eucalipto no Brasil

Os estudos sobre as espécies do gênero *Eucalyptus* se iniciaram no Brasil em 1904 pelo pesquisador Edmundo Navarro de Andrade, na Companhia Paulista de Estradas de Ferro, com a introdução de várias espécies do gênero oriundas da Austrália. Desde então o interesse pelo estudo das espécies de *Eucalyptus* aumentou, devido à sua fácil adaptação às condições existentes no Brasil (CASTRO et al. 2016).

Inicialmente os plantios com essas espécies possuíam baixa qualidade. Foi então iniciado, em 1941, o programa de melhoramento genético de eucalipto no Instituto Agrônomo de Campinas pelo pesquisador Carlos Arnaldo Krug. Os principais objetivos do programa eram: melhorar a uniformidade das plantações; reduzir falhas; melhorar características morfológicas das plantas; melhorar a capacidade de brotação e; aumentar a produtividade de madeira. Para isso, a principal estratégia adotada pelo programa foi a da seleção massal em campos de produção de sementes (Vencovsky & Ramalho, 2000).

A partir de 1960, com a iniciativa de empresas privadas, o melhoramento passou a ser realizado de forma mais sistemática, com novas introduções, seleção massal de indivíduos e seleção com famílias de meios-irmãos.

Em 1967, com a criação da lei de incentivo ao reflorestamento no Brasil, houve um grande aumento da demanda por sementes de eucalipto e das pesquisas na área de melhoramento da cultura (CASTRO et al. 2016). Para atender a demanda do programa anual de reflorestamento, foi criado o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) em 1968, com o objetivo de desenvolver programas de produção de sementes melhoradas, estudos de espécies e procedências e manejo silvicultural (FERREIRA, 1992).

Até 1970 as produtividades médias das empresas associadas ao IPEF estavam em torno de 17 a 30 m³/ha/ano. Nesse ano foram iniciados os plantios da espécie *Eucalyptus grandis* com sementes australianas, que elevaram a produtividade para 30 a 50 m³/ha/ano, aumentando o interesse pelos estudos de procedência das sementes de *Eucalyptus* sp. (FERREIRA, 1992).

A grande proporção de indivíduos susceptíveis ao cancro (*Cryphonectria cubensis*), observada em plantios de *E. grandis*, da Aracruz Celulose S. A. no Espírito Santo, levou à necessidade de se trabalhar com a espécie *Eucalyptus urophylla* que apresentava, além de boa produtividade, resistência à essa doença. Em 1974 foi mostrado que a utilização de híbridos

interespecíficos de *E. grandis* e *E. urophylla* é uma boa combinação para produção de celulose (COSTA, 2008).

Ainda na década de 70, pesquisas relacionadas à estimativa de parâmetros genéticos visaram aumentar a eficiência dos experimentos com *Eucalyptus sp.* A partir de então, o melhoramento pelo método da hibridação, com avaliações em testes de progênes ganhou importância (CASTRO, 2016). Analisando o ganho obtido nas populações e comparando com o esperado, foi observado que estes nem sempre eram consistentes. Esse fato levou os pesquisadores a realizar estudos sobre efeitos ambientais e de interação genótipos x ambientes (SANTOS et al, 1990).

Nas décadas seguintes se intensificaram os estudos sobre a propagação clonal do eucalipto. Essa técnica permitiu um avanço na seleção por meio de avaliações clonais, além da obtenção de maior uniformidade nos plantios comerciais (CASTRO, 2016).

Com a possibilidade de propagação vegetativa, e a utilização de clones nos plantios comerciais, se intensificaram as avaliações clonais dentro dos programas de melhoramento, e o sucesso dessa seleção, como relatou Gonçalves et al. (2001) foi função principalmente ao aumento da quantidade de clones avaliados.

Posteriormente, com o desenvolvimento de técnicas biométricas e de genética molecular, Grattapaglia, (2004), relata a importância de se aliar estas novas tecnologias às técnicas de melhoramento clássico, principalmente devido à importância econômica do *Eucalyptus ssp.* Apesar de terem sido identificados QTLs para algumas características em eucalipto, como resistência à doenças e propriedades da madeira, Resende et al. (2008) relata a dificuldade de sua utilização para caracteres de baixa herdabilidade.

Por outro lado, a utilização da Seleção Genômica Ampla (GWS) mostrou melhores resultados com caracteres de alta e baixa h^2 (RESENDE, et al. 2008). Resende, et al. (2012) relatam a possibilidade de redução do ciclo seletivo de 18 para 9 anos no desenvolvimento de um clone elite, eliminando as etapas de teste de progênes e teste clonal primário com a utilização da seleção genômica (GS) para características de crescimento e propriedades da madeira.

Ao longo de várias décadas do melhoramento do eucalipto no Brasil, muito sucesso foi obtido, dessa forma existe uma tendência das diferenças a serem detectadas entre os tratamentos

genéticos serem cada vez menores, exigindo uma maior precisão experimental. Segundo Andrade (2002), para aumentar a precisão experimental alguns fatores devem ser considerados pelos melhoristas, tais como: escolha do delineamento mais adequado, visando diminuir as variações ambientais; utilização de tamanho de parcela adequado, para reduzir o efeito de competição entre parcelas e; controle da desuniformidade de estande, que pode levar à uma incorreta interpretação dos resultados, que é o foco desse trabalho.

2.3 Análise de experimentos com desuniformidade de estande

Quando é realizado um experimento, seja de plantas anuais ou de plantas perenes o que se deseja é que todas as parcelas possuam o mesmo número de plantas. Nessa condição a competição entre elas torna-se mais representativa, ou seja, contribui para que o experimento seja mais preciso. Contudo, quase nunca isso é possível. E assim a desuniformidade no estande passa a ser um dos grandes problemas na análise e interpretação dos resultados de experimentos.

A literatura, sobretudo de décadas passadas deu ênfase em alternativas para mitigar o efeito de estande, especialmente em espécies anuais, como o milho, sorgo e feijão (VERONESI et al. 1995; PIANA et al. 2007; SILVA et al. 2014). Nesse último caso, constatou-se, que o feijoeiro tem grande capacidade de compensação de falhas (RIBEIRO et al. 2004).

Com o objetivo de amenizar os efeitos do estande em experimentos, várias metodologias foram desenvolvidas. A regra de três é uma forma de correção do rendimento da parcela considerando que as falhas teriam uma produção igual à média das plantas restantes, desconsiderando o efeito compensatório destas plantas. No entanto, estudos mostram a existência do efeito compensador dentro de uma parcela com falhas e, portanto, a correção do estande por regra de três seria inadequada, levando à uma superestimação do rendimento da parcela (VENCOVSKY & CRUZ, 1991).

As plantas de milho possuem compensação de cerca de 30% no rendimento, foi proposto então, por Zuber (1942, citado por ANDRADE et al., 2006), o acréscimo de 70% da média das plantas da parcela para cada falha. Esse ajuste é, no entanto, criticado por não considerar a disposição das falhas dentro da parcela e nem as eventuais diferenças de compensação existente entre os genótipos e os ambientes utilizados (VENCOVSKY & CRUZ, 1991). Já na cultura do

arroz, Gomez & De Datta (1972) utilizaram a correção por regra de três considerando apenas as plantas competitivas, ou seja, excluindo aquelas imediatamente ao lado de uma falha.

Outra metodologia frequentemente empregada para correção da produtividade em experimentos com falhas é a análise de covariância. Nesse método, o estande é utilizado como covariável, e então a produção da parcela é ajustado para o estande ideal utilizando a equação: $Y_i' = Y_i - b(X_i - H)$ ou para o estande médio, pela equação: $Y_i' = Y_i - b(X_i - \bar{X})$, em que: Y_i' é a produção da parcela “i” corrigida pelo estande, Y_i é a produção obtida na parcela “i”, b é o coeficiente de regressão linear, X_i é o estande da parcela “i”, H é o estande ideal, e \bar{X} é o estande médio. O ajuste nesse caso só deve ser realizado quando não exista diferença significativa entre os tratamentos para o estande (STEEL, TORRIE & DICKEY, 1997). CRUZ (1971), propôs o ajuste pela covariável estande utilizando a produção ajustada por regra de três como variável dependente. Desta forma é possível remover o efeito da compensação das plantas dentro da parcela, que foi descrito como um problema no ajuste por regra de três, com o uso da análise de covariância.

Muitos trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de comparar estes métodos. Vencovsky & Cruz, (1991), com esse objetivo, simularam o rendimento de 1800 parcelas em 180 experimentos em diferentes combinações de parâmetros: coeficiente de variação de 8%, 12%, 16% e 20%, estande médio de 82%, 74% e 66% e capacidade de compensação de rendimento de 0,1 a 0,9. Os autores concluíram que o método de correção de rendimento pela covariável estande, para estande ideal foi o mais eficiente em todas as situações.

Utilizando 49 cultivares de milho, em 19 ensaios, Veronesi et al. (1995), também compararam métodos de correção para estande variável. Os autores usaram como parâmetro de comparação os valores de coeficientes de variação experimental e os valores da estatística F utilizada no teste de significância entre tratamentos. Segundo os autores os métodos que apresentaram melhores resultados foram o de análise de covariância e o método de Zuber (1947) modificado, substituindo o coeficiente de compensação 0,3 pelo estimado com base nos dados experimentais, como descrito por Vencovsky & Cruz (1991).

Schildt et al. (2001), propuseram uma outra metodologia utilizando a análise de covariância estratificada. Os autores agruparam os tratamentos com base na média por meio do teste de Scott & Knott (1974) e realizaram a análise de covariância para cada grupo, o ajuste então foi realizado pela equação: $Z_{ijk} = Y_{ijk} - b_k(X_{ijk} - H)$, em que Z_{ijk} é o rendimento

corrigido da i -ésima cultivar na j -ésima repetição no k -ésimo grupo; Y_{ijk} é o rendimento antes da correção da i -ésima cultivar na j -ésima repetição no k -ésimo grupo; b_k é o coeficiente de regressão linear do k -ésimo grupo; X_{ijk} é o estande da i -ésima cultivar na j -ésima repetição no k -ésimo grupo; e H é o estande ideal. O método proposto foi comparado aos descritos anteriormente utilizando 33 cultivares de milho em oito ambientes e foi considerado pelos autores como o mais eficiente.

No feijoeiro, apesar da grande capacidade de compensação de perda de plantas da cultura (RIBEIRO et al. 2004), como foi comentado anteriormente, foi constatada a importância de se realizar o ajuste do rendimento pelo estande (PIANA et al., 2007). Os trabalhos realizados pelos autores foram realizados com base em dados de 33 ambientes, sendo que estes compreendem 16 locais e oito anos. Foi utilizada a análise de covariância para componentes lineares e quadráticos e foi observado que em 64% dos ambientes o efeito linear foi significativo e em 18% o efeito quadrático foi significativo. Adicionalmente os autores relatam a importância de se realizar o ajuste para a média do estande da cultivar ou para grupos de cultivares, quando este diferir significativamente entre os tratamentos.

A comparação entre oito métodos de análise de experimentos com estande variável foi realizada por Silva et al. (2014), na cultura do sorgo granífero, sendo eles: Sem correção; Correção com regra de três; Correção pela fórmula proposta por Zuber (1942); Correção pela covariância com o estande médio; Correção pela covariância com a população ideal; Correção utilizando-se a análise de covariância estimada segundo modelo proposto por Cruz (1971); Correção por um fator de compensação estimado a partir dos dados experimentais, segundo o modelo proposto por Vencovsky e Cruz (1991); e Correção estratificada, proposta por Schmildt et al. (2001). No trabalho foram utilizados 25 híbridos de sorgo granífero avaliados em sete ambientes, e como resultado os autores relatam que os métodos de correção pela covariância com estande médio e com estande ideal e de Vencovsky & Cruz (1991) foram os mais eficientes com relação à redução do coeficiente de variação, porém, essas diferenças não foram expressivas.

Com relação aos efeitos do estande nos experimentos com a cultura do eucalipto existem poucos relatos na literatura. Em um dos trabalhos, Andrade et al. (2006) conduziram experimentos em dois locais com sete clones de *Eucalyptus urophylla*, simulando cinco níveis de falhas, variando de 10% a 50%. Para simular as falhas foi realizado o sorteio das plantas e

aos três meses de idade estas plantas foram eliminadas. Após a obtenção dos dados, foi feita a análise de covariância para efeitos lineares e quadráticos do estande, sendo que na maioria dos casos a resposta foi linear. Como a interação estande x clones foi significativa, foi decomposto o efeito de estande dentro de cada clone e estimado o coeficiente linear da regressão para cada um deles para então ajustar os dados. Como resultado, os autores relatam que a correção do estande por regressão foi eficiente para identificar os melhores clones e que a capacidade de compensação difere com relação aos clones e condições edafoclimáticas.

Um outro aspecto a ser considerado quando se tem experimentos com plantas perenes, é quando se utiliza parcelas com uma planta. Quando uma planta morre, é considerada uma parcela perdida, não sendo possível fazer o ajuste da parcela. Contudo, o efeito dessa planta ausente no desempenho de outras plantas/parcelas vizinhas não tem sido considerado.

Considerando que os experimentos com plantas perenes, nem sempre tem as plantas no mesmo espaçamento e que as falhas ocorrem de modo aleatório em termos de disposição e número. Seria importante, como já mencionado na introdução, utilizar como covariável a área disponível para cada planta nos diferentes tipos de ocorrência de falhas no experimento, tendo parcelas com várias plantas ou com apenas uma. Infelizmente nenhum relato utilizando essa estratégia para corrigir o estande foi encontrado na literatura.

2.4 Associação entre testes de progênies e testes clonais

No melhoramento do eucalipto, uma importante etapa é a avaliação em testes de progênies, onde é realizada a seleção de indivíduos superiores para os testes clonais. É necessário saber, no entanto, se essa etapa está sendo eficiente, pois nela é investido uma quantidade relativamente grande de tempo e recursos.

Alguns trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de avaliar o desempenho de indivíduos no teste de progênies e seus clones no teste clonal. Em um deles, Costa (2008) avaliou 196 progênies de irmãos germanos em três locais, com cinco repetições e cinco plantas por parcela totalizando 12.300 indivíduos (nem todas progênies foram avaliadas nos três locais). Com base no desempenho individual foram selecionadas as 173 melhores árvores para implantação do teste clonal. Após a avaliação do teste clonal foi estimada a correlação genética do volume (m^3 /planta) no teste de progênie e no teste clonal e a herdabilidade realizada. A

correlação obtida foi baixa (0,121), no entanto a herdabilidade realizada superior a 50% mostra que a seleção é eficiente.

Em outro trabalho realizado por Reis et al. (2011), foi avaliado 2.382 indivíduos no teste de progênie dos quais foram selecionados os 497 melhores. O valor de correlação genética, apesar de superior ao obtido no trabalho anterior, também foi considerado de baixa magnitude (0,2695). Os resultados destes trabalhos indicam que a intensidade de seleção não deve ser muito elevada, sob o risco de eliminar bons indivíduos no teste de progênies.

As possíveis causas dessa baixa correlação são: interação genótipos x ambientes, sobretudo a interação genótipos x anos; a baixa precisão dos testes de progênie para seleção individual, já que o indivíduo não possui repetição e; a ocorrência de falhas nos experimentos, que pode ter grande efeito quando se avalia plantas individualmente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os dados experimentais utilizados foram gentilmente cedidos pela empresa Fibria Celulose S.A. Os experimentos foram todos conduzidos no estado de São Paulo, nos municípios de Jacareí, a 733m de altitude, 23° 18' latitude Sul e 45° 58' longitude Oeste e Capão Bonito, a 690m de altitude, 23° 59' latitude Sul e 48° 21' longitude Oeste.

Foram utilizados dois grupos de experimentos: os testes de avaliação de progênies (TPs) e de avaliação de clones (TCs).

3.1 Testes de Progênies (TPs)

Os testes de progênies foram implantados em cinco áreas experimentais da empresa, sendo os TPs 1, 2, 3 e 4 em Jacareí e TP 5 em Capão Bonito. Os TPs 4 e 5 foram plantados no ano de 2002, TPs 1 e 2 em 2004, e TP 3 em 2005. Nos TPs 1, 2 e 3 foram avaliadas progênies de irmãos germanos, obtidas de cruzamentos controlados entre indivíduos de *Eucalyptus grandis*. Nos TPs 4 e 5 foram avaliadas progênies de meios irmãos, obtidas de cruzamentos entre indivíduos de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus sp* (Tabela 1).

Os TPs 1, 4 e 5 foram implantados no delineamento experimental de blocos casualizados com seis repetições, sendo os TPs 1 e 4 com parcelas constituídas de oito plantas e o TP 5 com parcelas de dez plantas. No TP 2 foi utilizado o delineamento em látice 10 x 7 com oito repetições e parcela de seis plantas. Já no TP 3 o delineamento foi em látice 8 x 11 com 30 repetições e parcela de uma planta (Tabela 1). Em todos os experimentos foi utilizado o espaçamento 3m x 2m.

Tabela 1 Especificações utilizadas nos experimentos de testes de progênies (TP).

TP	Progênies	Delineamento	Repetições	Tratamentos	Parcela
1	Irmãos Germanos	DBC	6	33	Oito plantas
2	Irmãos Germanos	Látice 10 x 7	8	70	Seis plantas
3	Irmãos Germanos	Látice 8 x 11	30	88	Uma planta
4	Meios-Irmãos	DBC	6	30	Oito plantas
5	Meios-Irmãos	DBC	6	30	Dez plantas

Aos cinco anos de idade, foram coletados dados de circunferência a altura do peito (CAP), em centímetros, de todos os indivíduos nos TPs, sendo usado para analisar o diâmetro a altura do peito (DAP), em centímetros.

3.2 Testes clonais (TCs)

Os melhores indivíduos, selecionados nos testes de progênies, foram clonados e avaliados em quatro TCs plantados em Jacareí no ano de 2012. Os quatro experimentos foram implantados sob delineamento experimental de blocos incompletos com parcelas de uma planta (Tabela 2). Em todos os experimentos foi utilizado o espaçamento 3m x 2m. Aos três anos de idade, foram coletados dados de CAP, em centímetros, de todos os indivíduos, e estimado o DAP, em centímetros.

Tabela 2 Detalhes experimentais dos testes clonais (TCs) e origem dos clones com relação aos testes de progênies (TPs) em que eles foram identificados.

TC	Delineamento	Repetições	Nº de Clones	Origem (TP)				
				1	2	3	4	5
1	Látice 9 x 10	30	90	-	-	-	19	22
2	Látice 10 x 11	25	110	36	48	16	-	-
3	Látice 9 x 10	24	90	-	-	-	22	21
4	Látice 9 x 9	30	81	-	-	-	14	13

3.3 Análises Estatísticas

Nos testes de progênies, os dados de DAP foram analisados via modelos mistos REML/BLUP por meio do programa computacional SELEGEN, para obtenção dos BLUPs individuais. Foi utilizado o modelo 33 para o TP 1 (RESENDE, 2007). O modelo estatístico adotado foi:

$$y = Xr + Za + Wp + Tf + e,$$

em que y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como

aleatórios), p é o vetor dos efeitos de parcela (aleatórios), f é o vetor dos efeitos de dominância de família de irmãos germanos (aleatórios), e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

Para o TP 2 foi utilizado o modelo 38 em que:

$$y = Xr + Za + Wp + Sf + Tq + e,$$

em que y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, a é o vetor dos efeitos genéticos individuais (assumidos como aleatórios), p é o vetor dos efeitos de parcela (aleatórios), f é o vetor dos efeitos de família de irmãos germanos (aleatórios), q é o vetor dos efeitos de bloco (aleatórios), e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). Para TP 3 foi usado o modelo 35, com o modelo estatístico:

$$y = Xr + Za + Wf + Sq + e,$$

em que y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, a é o vetor dos efeitos genéticos individuais (assumidos como aleatórios), f é o vetor dos efeitos de família de irmãos germanos (aleatórios), q é o vetor dos efeitos de bloco (aleatórios), e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). Já para os TPs 4 e 5 foi usado o modelo 1, com o modelo estatístico:

$$y = Xr + Za + Wp + e,$$

em que y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, a é o vetor dos efeitos genéticos individuais (aleatórios), p é o vetor dos efeitos de parcelas (aleatórios), e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). Para os TCs foi utilizado o modelo 16 do programa:

$$y = Xr + Za + Wq + e,$$

em que y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), q é o vetor dos efeitos de blocos (assumidos como aleatórios), e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas em todos os modelos representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

3.4 Análise dos dados ajustados em função do estande

Como já mencionado tanto nos TPs como nos TCs o espaçamento entre plantas foi de 3 x 2 m, isto é cada planta teoricamente explorou uma área de 6m². No caso de falhas, a área da planta que constitui uma falha foi distribuída igualmente entre as plantas vizinhas (Figura 1).

Figura 1 Esquema das áreas disponíveis por plantas. a) Na ausência de falhas/planta dominada; b) com uma falha/planta dominada; c) com duas falhas/plantas dominadas.

a)	6,00	6,00	6,00	6,00	b)	6,75	6,75	6,75	6,00	c)	6,00	6,86	6,86	6,86
	6,00	6,00	6,00	6,00		6,75	X	6,75	6,00		6,86	7,71	X	6,86
	6,00	6,00	6,00	6,00		6,75	6,75	6,75	6,00		6,86	X	7,71	6,86
	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00	6,00	6,00		6,86	6,86	6,86	6,00

Foram consideradas também as plantas dominadas. O critério utilizado para considerar o indivíduo dominado foi plantas com DAP dois desvios padrões abaixo da média ou um desvio padrão abaixo da média. Nesse contexto foram realizados três níveis de ajustes: nível 1, apenas ausência das plantas; nível 2, ausência das plantas mais todos os casos em que a planta apresentou DAP dois desvios padrões abaixo da média; e nível 3, ausência das plantas mais todos os casos em que a planta apresentou DAP um desvio padrão abaixo da média.

A partir da planilha de campo foi possível identificar por indivíduo o seu DAP (Y) e a área disponível em cada nível (X). Utilizando esses dados foi estimada a equação de regressão linear entre a variável dependente Y e a independente X.

Posteriormente foi obtida a estimativa do DAP ajustado (Y_c), em cada nível, pelo estimador: $Y_c = Y - b(X - 6)$, em que Y é o valor de DAP (cm) obtido na avaliação, b é o coeficiente angular da regressão linear (cm/m²) e X é a área ocupada pela planta (m²). Com os dados do DAP ajustado, foram realizadas para cada nível uma nova análise utilizando os mesmos procedimentos já descritos anteriormente para o DAP sem ajuste.

Do exposto foram obtidos para cada indivíduo no experimento quatro estimativas de BLUP, ou seja, sem ajuste e ajustado nos níveis 1, 2 e 3 em função das falhas/plantas dominadas. Os efeitos dos ajustes foram estimados por algumas alternativas. A primeira por meio da acurácia experimental ($r_{gg'}$); a segunda estimando a correlação (r_{fb}) e o índice de coincidência (IC_{fb}) entre os valores fenotípicos observados dos indivíduos e as estimativas dos

BLUPs; a terceira, pela correlação (r_{aj}) e o índice de coincidência (IC_{aj}) entre as estimativas dos BLUPs sem e com o ajuste pela covariável, área, em cada nível de ajuste; e finalmente, por meio da estimativa das correlações (r_{pc}) dos valores fenotípicos e dos BLUPs entre os indivíduos selecionados nos TPs e seus clones nos TCs. Em todos os casos foram consideradas todas as opções de ajustes tanto nos TPs como nos TCs.

4 RESULTADOS

4.1 Testes de Progênies (TPs)

Constatou-se que a porcentagem de falhas, variou entre os TPs. No nível 1 variou de 10 a 20% das plantas, o que é um valor expressivo. Veja também, como era esperado, que a porcentagem no nível 2 aumentou, exceto nos TP 1 e 5. Nesses dois casos foi observado quantidades mínimas de plantas dominadas, cuja performance ficou dois desvios padrões abaixo da média, de 1% no TP 5 e abaixo disso no TP 1 (Figura 2). Quando se considera o nível de ajuste 3 o incremento foi bem mais expressivo, dobrando e até triplicando a porcentagem de falhas (Tabela 3). Isso era esperado porque nesse caso foi considerado como dominadas todas as plantas com um desvio padrão abaixo da média.

Tabela 3 Porcentagens de falhas e estimativas das médias de DAP (cm), aos cinco anos, dos testes de progênies (TP) nos três níveis de ajuste.

TP	Nível de ajuste					
	1		2		3	
	Falhas (%)	Média	Falhas (%)	Média	Falhas (%)	Média
1	15	12,86	15	12,88	35	14,66
2	20	13,75	21	14,49	36	15,79
3	10	12,46	12	12,96	28	14,06
4	10	12,16	12	12,32	27	13,25
5	12	14,03	12	14,07	27	15,14

As distribuições de frequências de DAP (cm), aos cinco anos, de indivíduos e médias de progênies dos TPs estão apresentadas nas Figuras 2 e 3. As estimativas das médias experimentais variaram de 12,92 cm, no TP 3, a 14,23 cm no TP5. Os limites máximos de DAP no nível de ajuste 2 foram entre 1,93 cm e 4,80 cm e no nível 3 entre 7,70 e 8,94 cm. Como era esperado, o fato de considerar dois ou um desvio padrão tem diferença expressiva. E essa diferença evidentemente repercutiu na porcentagem de indivíduos considerados dominados. Essa porcentagem também variou entre os TPs, contudo ficou entre 0 e 2% no nível de ajuste 2 e entre 17% e 24% no nível 3 (Figura 2).

Tabela 4 Estimativas das médias do DAP (cm), aos cinco anos, obtidos nos diferentes testes de progênies (TP) e DAP máximo abaixo do qual as plantas foram consideradas dominadas. Nível 2, dois desvios padrões abaixo da média e nível 3 um desvio padrão abaixo da média.

TP	Média	Nível de ajuste 2 ¹	Nível de ajuste 3 ²
1	13,48	1,93	7,70
2	14,42	3,47	8,94
3	12,92	3,36	8,14
4	12,41	4,80	8,61
5	14,23	3,55	8,89

¹ média – 2 desvio padrão; ² média – 1 desvio padrão.

As estimativas do coeficiente da regressão linear (b) entre DAP, variável dependente (Y) e a área disponível para os indivíduos, variável independente (X) estão apresentadas na tabela 5. Como era esperado as estimativas de b variou entre os níveis de ajuste. Veja que quando se considerou apenas as falhas, nível 1 as estimativas de b foram sempre de maior magnitude, exceto no TP 5. A maior estimativa de b foi obtida no TP 3, nível 1 ($b = 0,99$). Esse valor indica que para cada metro quadrado adicional que a planta tem a sua disposição ela tem seu diâmetro aumentado em 0,99 cm. Já a menor estimativa de $b = 0,18$ no TP 4, nível 3. Observou-se também que todas as estimativas de b foram consideradas diferente de zero, exceto no TP 5, nível 1 de ajuste.

As estimativas de acurácia seletiva ($r_{gg'}$) dos experimentos sem ajuste foram, de forma geral, de grande magnitude, acima de 0,87. Indicando em princípio que a precisão experimental foi boa independente de ter realizado o ajuste pela covariável. Constatou-se também que as estimativas de $r_{gg'}$, quando se utilizou a covariável, praticamente não alterou em relação à sem o ajuste. Inclusive nos casos em que as estimativas diferiram mais, o emprego da covariável foi no sentido de reduzir $r_{gg'}$, como ocorreu nos TPs 1 e 2, no nível 3 de ajuste (Tabela 6).

Figura 2 Distribuição de frequências de DAP (cm) por planta nos testes de progênes (TP). Dados obtidos aos cinco anos, nos cinco TPs realizados.

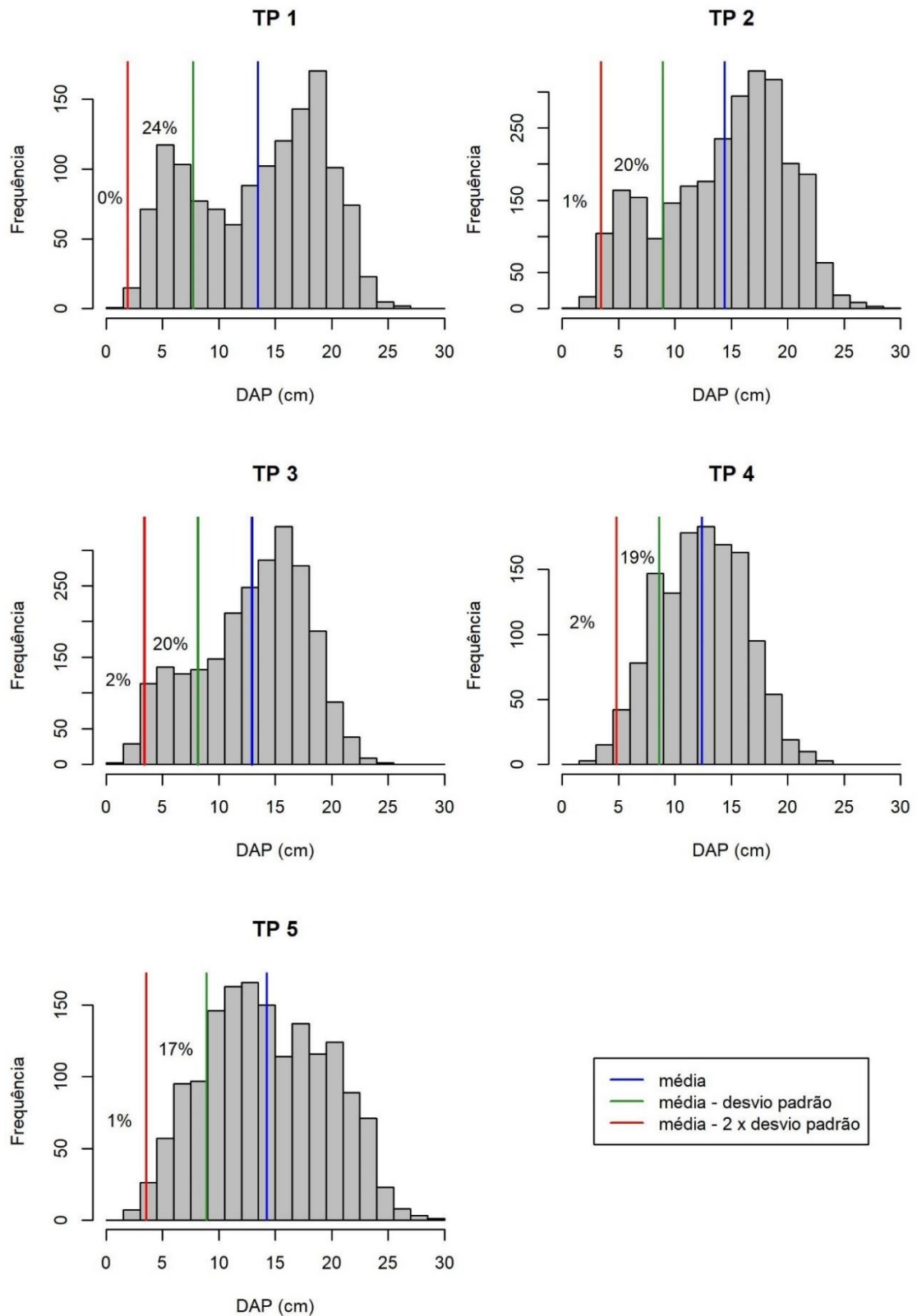


Figura 3 Distribuição de frequências do DAP médio (cm) de progênies. Dados obtidos aos cinco anos, nos cinco testes de progênies (TP).

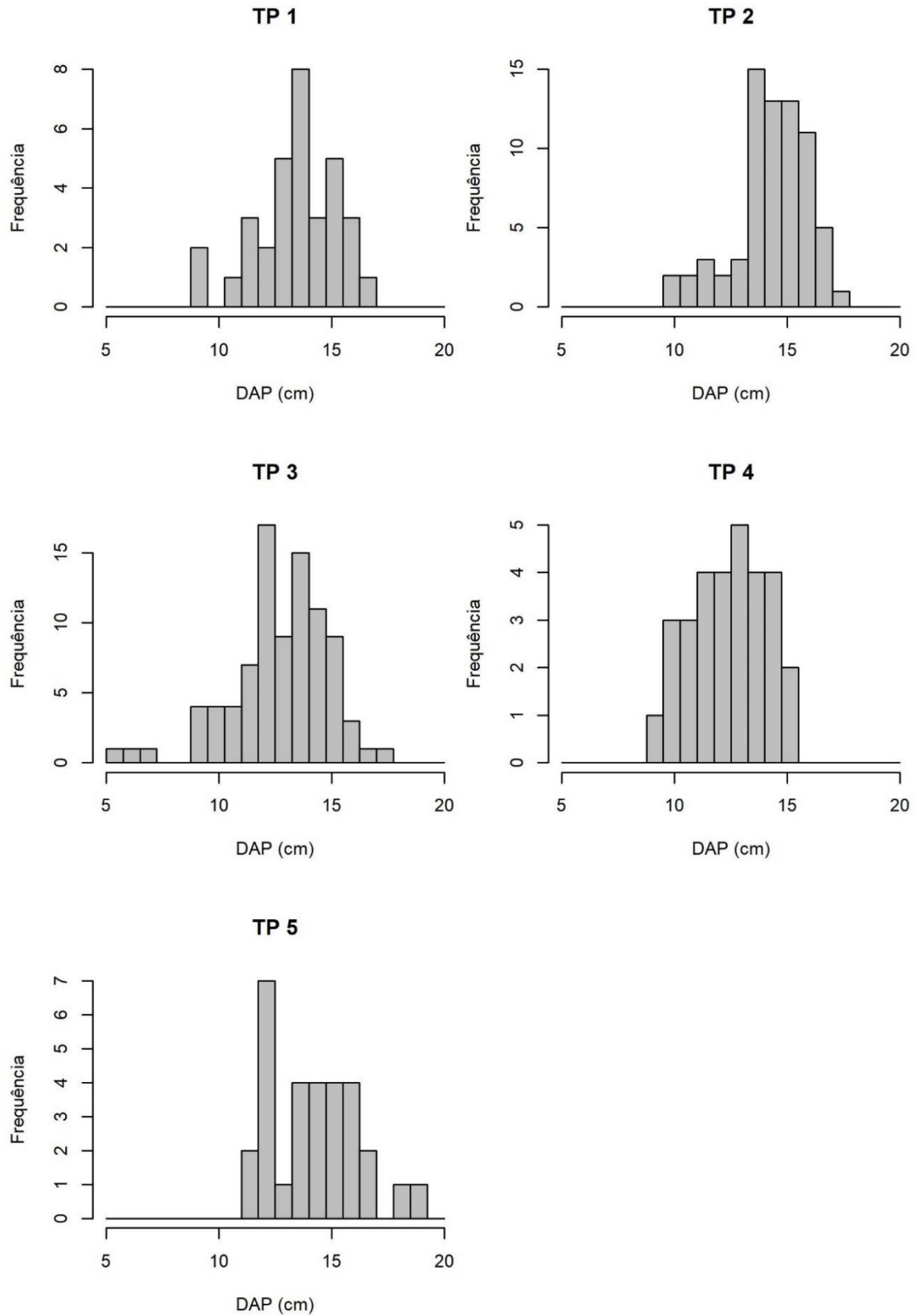


Tabela 5 Estimativas do coeficiente da regressão linear (b) entre DAP, variável dependente (Y) e a área disponível para os indivíduos, variável independente (X) e erros padrões (se) nos cinco testes de progênies (TP) utilizados para se avaliar os três níveis de ajuste do DAP.

TP	Nível de ajuste	b	se	Pr(> t)
1	1	0,59	0,1834	$1,35 \times 10^{-03}$ *
	2	0,58	0,1816	$1,50 \times 10^{-03}$ *
	3	0,46	0,0675	$1,92 \times 10^{-11}$ *
2	1	0,71	0,1073	$3,93 \times 10^{-11}$ *
	2	0,50	0,0838	$2,96 \times 10^{-09}$ *
	3	0,41	0,0408	$2,73 \times 10^{-23}$ *
3	1	0,99	0,1766	$2,37 \times 10^{-08}$ *
	2	0,74	0,1306	$1,38 \times 10^{-08}$ *
	3	0,55	0,0658	$9,07 \times 10^{-17}$ *
4	1	0,32	0,1149	$5,04 \times 10^{-03}$ *
	2	0,27	0,1012	$8,29 \times 10^{-03}$ *
	3	0,18	0,0556	$1,54 \times 10^{-03}$ *
5	1	0,26	0,1677	$1,27 \times 10^{-01}$
	2	0,33	0,1573	$3,63 \times 10^{-02}$ *
	3	0,37	0,0734	$5,33 \times 10^{-07}$ *

* significativo à 5% de probabilidade.

Tabela 6 Estimativas de acurácia ($r_{gg'}$) do DAP (cm) obtidas nos testes de progênies (TP), considerando os diferentes níveis de ajuste pela área disponível às plantas.

TP	Nível de ajuste			
	0	1	2	3
1	0,87	0,87	0,87	0,62
2	0,84	0,84	0,75	0,63
3	0,91	0,91	0,89	0,83
4	0,95	0,95	0,96	0,93
5	0,94	0,94	0,94	0,97

As estimativas das correlações (r_{fb}) entre o fenótipo do indivíduo e a estimativa do seu BLUP variou entre os TPs (Tabela 7). Ela foi de menor magnitude nos TPs 1 e 2 que foram os de maior número de falhas (Tabelas 3). Veja que quando as porcentagens de falhas estavam próximas de 10%, o valor fenotípico do indivíduo forneceu praticamente a mesma informação do BLUP, sobretudo quando o teste envolveu progênie de meios irmãos, TPs 4 e 5, ($r_{fb} = 0,99$). Foi observado também, especialmente nos TPs 1 e 2, que a magnitude de r_{fb} diminuiu com o aumento do nível de ajuste, especialmente no nível 3. Este resultado é semelhante ao comentado anteriormente, pois no nível 3 o número de falhas/plantas dominadas é bem superior aos dos níveis 1 e 2. Depreende-se que o ajuste pela covariável reduziu a associação entre o fenótipo do indivíduo e sua estimativa do BLUP, evidentemente podendo afetar o resultado da seleção realizada.

Tabela 7 Estimativas de correlações (r_{fb}) entre valores fenotípicos e BLUPs nos testes de progênie (TP).

Nível de ajuste	TP				
	1	2	3	4	5
0	0,78	0,67	0,92	0,99	0,99
1	0,78	0,70	0,92	0,99	0,99
2	0,78	0,59	0,91	0,99	1,00
3	0,48	0,61	0,82	0,99	0,97

Neste trabalho o maior interesse foi verificar o possível efeito do ajuste devido as falhas ou plantas dominadas na seleção que será realizada pelos melhoristas, visando a identificação dos indivíduos que irão para os testes clonais. Esse efeito pode ser avaliado pelas estimativas dos BLUPs com e sem ajustes (Tabela 8). Constatou-se que as estimativas das correlações entre BLUPs sem ajuste e BLUPs ajustados foram de $r_{aj} = 1$ ou próximas de 1, nos níveis 1 e 2, indicando que apesar do efeito da regressão linear entre a área e o DAP ter sido significativa, o ajuste pela covariável resultaria em pouca alteração na seleção. Já no nível 3 de ajuste, o r_{fb} foi inferior principalmente nos TP 1 e 2, indicando que neste nível as consequências do ajuste pela área explorada pelas plantas teriam maior efeito na seleção.

Tabela 8 Estimativas das correlações (r_{aj}) entre os BLUPs sem ajuste e com os ajustes nos três níveis. Dados obtidos para o DAP nos cinco testes de progênies (TP).

Nível de ajuste	TP				
	1	2	3	4	5
1	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00
2	1,00	0,97	0,99	0,99	1,00
3	0,84	0,74	0,92	0,99	0,93

Uma outra alternativa para verificar o possível efeito do ajuste realizado em função da ausência das plantas vizinhas ou plantas dominadas seria por meio do índice de coincidência (IC) entre uma determinada porcentagem de plantas que deveriam ser selecionadas no TP. Como esperado, os ICs variaram com o número de indivíduos selecionados. De modo geral, ele cresceu com o incremento no número de indivíduos selecionados. Quando se considerou o índice de coincidência do valor fenotípico e de BLUPs (IC_{fb}), os resultados foram bem coincidentes com os anteriormente relatados por meio das estimativas da correlação, ou seja, o IC_{fb} foi de maior magnitude nos TP 4 e 5 (Tabela 9).

O mesmo foi observado para índice de coincidência entre os BLUPs sem ajuste e os BLUPs com ajuste (IC_{aj}) (Tabela 10). Assim como nas estimativas de correlações, nos TP 1 e 2, nível de ajuste 3, foram observados os menores IC_{aj} . No entanto, deve ser salientado o que ocorreu no TP 2, nível 3, em que, como a seleção de 10 indivíduos a coincidência foi alta, equivalendo com os observados nos TP 3, 4 e 5, o que não havia ocorrido nas estimativas da correlação (Tabela 8).

Tabela 9 Índices de coincidência (%) na seleção se fosse considerado os valores fenotípicos ou BLUPs (IC_{fb}). Dados obtidos considerando diferentes números de indivíduos selecionados em cada um dos cinco TPs e com os diferentes níveis de ajustes realizados.

Nível de ajuste	Nº de indivíduos selecionados	TP				
		1	2	3	4	5
0	10	10	10	40	80	60
	20	10	15	40	85	80
	30	17	20	50	90	87
	40	22	15	50	92	78
	50	36	14	58	90	80
1	10	20	20	30	80	70
	20	15	15	55	95	75
	30	23	13	53	90	87
	40	32	15	45	92	82
	50	30	12	52	92	74
2	10	20	20	40	90	70
	20	15	20	25	90	90
	30	23	17	30	93	93
	40	32	15	42	90	90
	50	30	16	50	86	86
3	10	10	40	30	90	70
	20	10	30	40	90	75
	30	17	20	27	97	83
	40	12	18	38	92	78
	50	16	16	42	92	72

Tabela 10 Índices de coincidência na seleção se fossem consideradas as estimativas dos BLUPs com e sem ajuste (IC_{aj}). Dados obtidos considerando diferentes números de indivíduos selecionados em cada um dos cinco TPs e com os diferentes níveis de ajustes realizados.

Nível de ajuste	Nº de indivíduos selecionados	TP				
		1	2	3	4	5
1	10	70	80	70	90	90
	20	70	85	80	90	90
	30	70	83	83	93	97
	40	85	80	80	98	90
	50	84	82	78	96	90
2	10	70	50	80	80	90
	20	70	70	85	90	80
	30	70	67	83	90	90
	40	85	65	78	95	85
	50	84	66	74	92	84
3	10	0	80	80	90	50
	20	10	50	75	85	50
	30	10	50	70	93	67
	40	13	45	68	90	53
	50	22	44	64	90	52

Os índices de coincidência dos indivíduos que seriam selecionados pelos valores fenotípicos, BLUPs, com aqueles indivíduos efetivamente selecionados (IC_{ef}) para o teste clonal são apresentados na Tabela 11. Como era esperado os maiores valores na maioria dos experimentos são os de BLUPs, pois são os utilizados pela empresa para se realizar a seleção. No entanto, mesmo essa sendo a principal informação utilizado para seleção, a coincidência ainda é baixa, isso se deve ao fato do DAP não ser a única característica avaliada para a seleção, são considerados também a forma, a presença de galhos e a sanidade das arvores, além disso, nem todos indivíduos selecionados podem ser clonados, devido à problemas de brotamento e enraizamento.

Tabela 11 Índices de coincidência (%) entre os BLUPs ou valores fenotípicos, com e sem ajustes com os indivíduos que foram efetivamente clonados (IC_{ef}). Dados obtidos considerando diferentes números de indivíduos selecionados em cada um dos cinco TPs.

	TP				
	1 (36) ¹	2 (48)	3 (16)	4 (22)	5 (22)
BLUPS	58	35	13	32	9
Valores Fenotípicos	8	17	0	32	23

¹ Número de indivíduos selecionados para o teste clonal.

4.2 Testes Clonais (TCs)

As médias de DAP, aos três anos, dos experimentos clonais bem como as porcentagens de falhas e ou falhas/plantas dominadas estão na tabela 15. Constata-se que ao contrário do TP, a variação na ocorrência das falhas entre os TCs foi pequena. Além do mais, em média, ocorrência de falhas foi menor nos TCs do que nos TPs. A mesma observação dos TPs com relação às plantas dominadas, níveis 2 e 3, são válidas aqui, embora as porcentagens sejam maiores no nível 3 em relação ao 2, a diferença entre eles, no caso do TC, foi menor. Em princípio esse fato indica que o número de indivíduos no intervalo de um a dois desvios padrões abaixo da média foi pequeno.

Tabela 12 Porcentagem de falhas e estimativas das médias de DAP, aos três anos, dos testes clonais (TC) nos três níveis de ajuste.

TC	Nível de ajuste					
	1		2		3	
	Falhas (%)	Média	Falhas (%)	Média	Falhas (%)	Média
1	4	11,76	9	12,03	17	12,30
2	8	11,57	12	11,90	22	12,53
3	9	9,03	13	9,33	22	9,66
4	7	12,36	12	12,74	20	13,08

As distribuições de frequências de DAP (cm), aos três anos, de indivíduos e das médias de clones nos TCs estão apresentadas nas Figuras 4 e 5. As estimativas das médias experimentais e os limites máximos de DAP para plantas consideradas dominadas nos níveis de ajuste 2 e 3, estão demarcadas na Figura 4 e apresentados na tabela 12. As estimativas das médias experimentais variaram de 9,20 cm, no TC 3, a 12,39 cm no TC 4. Os limites máximos de DAP no nível de ajuste 2 foram entre 4,76 cm e 6,98 cm e no nível de ajuste 3 entre 6,98 cm

e 9,68 cm. A porcentagem de indivíduos considerados dominados variou entre 4 e 5% no nível de ajuste 2 e entre 13% e 16% no nível 3 (Figura 4).

Tabela 13 Estimativas das médias de DAP (cm), aos três anos, obtidos nos diferentes testes de clonais (TC) e DAP máximo abaixo do qual as plantas foram consideradas dominadas. Nível 2, dois desvios padrões abaixo da média e nível 3 um desvio padrão abaixo da média.

TC	Média	Nível de ajuste 2	Nível de ajuste 3
1	11,86	6,77	9,32
2	11,60	5,39	8,49
3	9,20	4,76	6,98
4	12,39	6,98	9,68

As estimativas do coeficiente angular da regressão (b) e seu erro padrão (se) de cada experimento em cada nível de ajuste, estão apresentados na Tabela 14. As estimativas de b foram significativas a 5% de probabilidade, com exceção do TC 4 e nível de ajuste 1 no TC 2. As estimativas de b nos TCs variaram de 0,04 a 0,38, valores inferiores aos estimados nos testes de progênies.

Tabela 14 Estimativas do coeficiente da regressão linear (b) entre DAP, variável dependente (Y) e a área disponível para os indivíduos, variável independente (X) e erros padrões (se) nos quatro testes clonais (TC) utilizados para se avaliar os três níveis de ajuste do DAP.

TC	Nível de ajuste	b	se	Pr(> t)
1	1	0,38	0,0995	$1,36 \times 10^{-04}$ *
	2	0,36	0,0544	$6,61 \times 10^{-11}$ *
	3	0,26	0,0335	$4,27 \times 10^{-14}$ *
2	1	0,07	0,1032	$4,79 \times 10^{-01}$
	2	0,14	0,0663	$3,25 \times 10^{-02}$ *
	3	0,07	0,0367	$4,69 \times 10^{-02}$ *
3	1	0,31	0,0640	$1,65 \times 10^{-06}$ *
	2	0,17	0,0481	$5,70 \times 10^{-04}$ *
	3	0,13	0,0287	$3,29 \times 10^{-06}$ *
4	1	0,07	0,1070	$4,99 \times 10^{-01}$
	2	0,04	0,0671	$5,32 \times 10^{-01}$
	3	0,08	0,0432	$6,48 \times 10^{-02}$

* significativo à 5% de probabilidade

Figura 4 Distribuição de frequências de DAP (cm), por planta nos testes clonais (TC). Dados obtidos aos três anos, nos cinco TCs realizados.

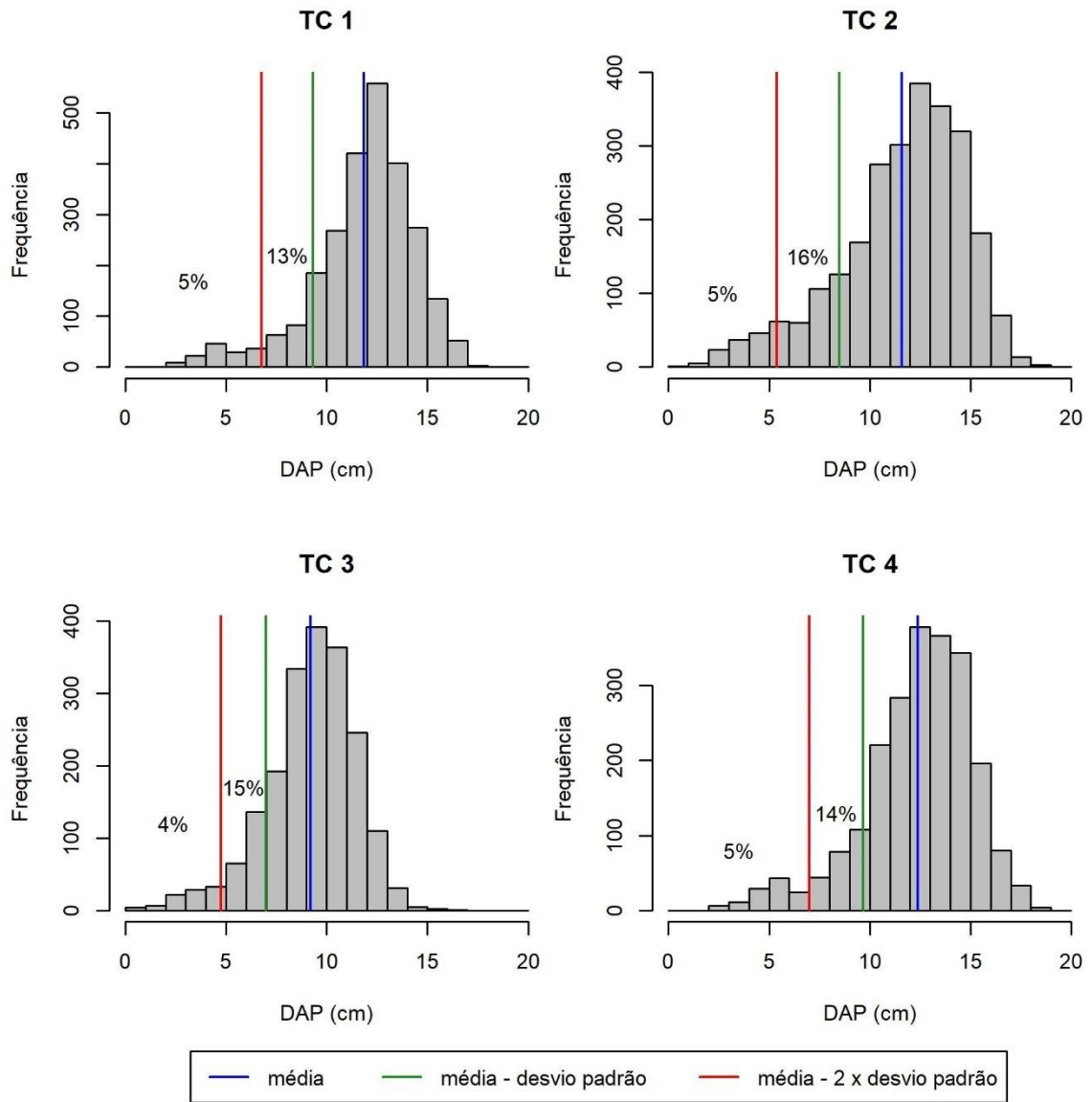
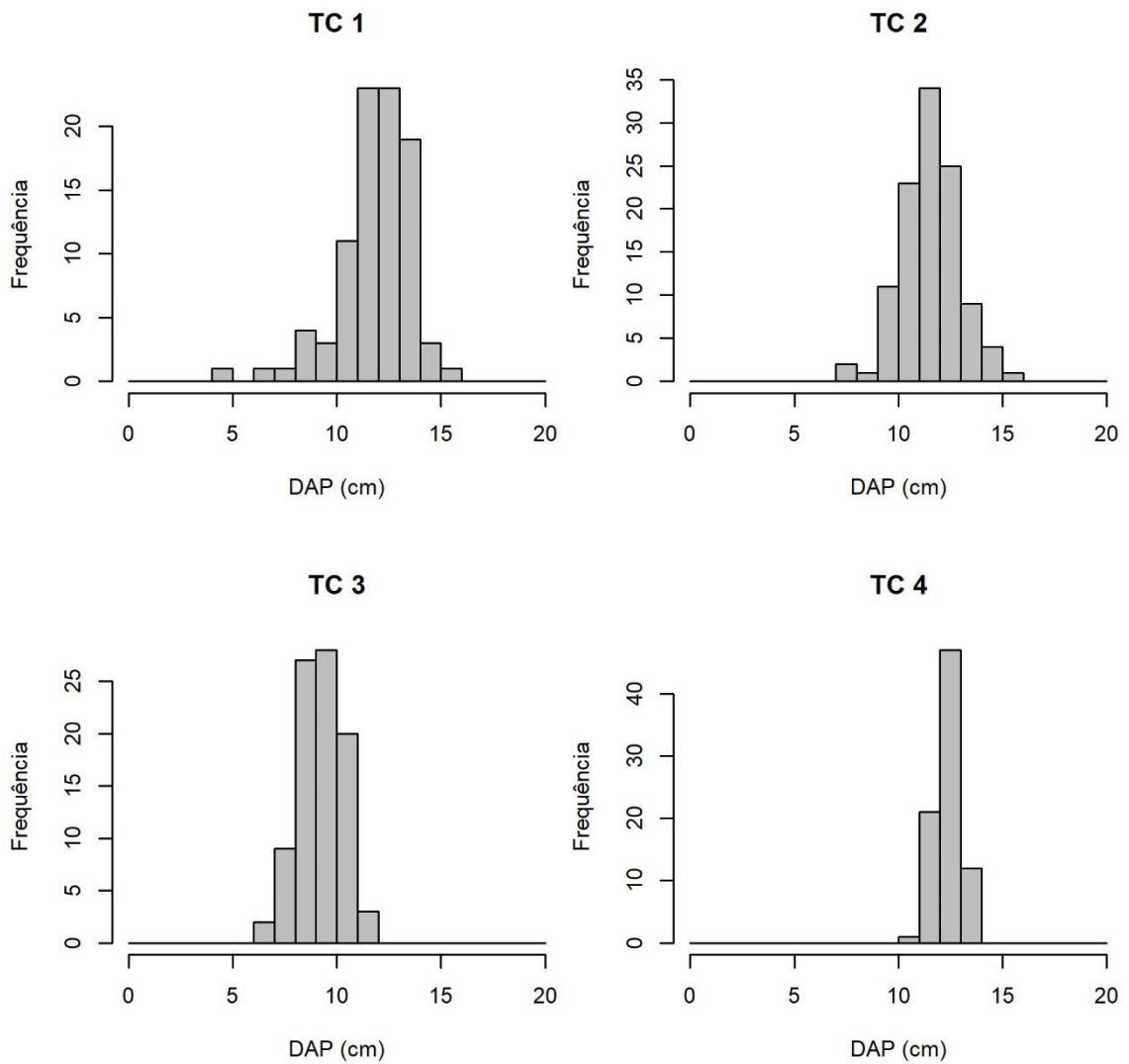


Figura 5 Distribuição de frequências do DAP médio (cm) de clones. Dados obtidos aos três anos, nos quatro testes de clones (TC).



As estimativas de acurácia seletiva (r_{gg}) dos experimentos sem ajuste foram de grande magnitude, nos TC 1, 2 e 3, acima de 0,90, e de média magnitude no TC 4, 0,65. Essas estimativas após os ajustes níveis 1, 2 e 3, praticamente foram as mesmas do nível 0, sem ajuste, exceto no TC 4, níveis 2 e 3.

Tabela 15 Estimativas de acurácia ($r_{gg'}$) do DAP (cm) obtidas nos testes clonais (TC), considerando os diferentes níveis de ajuste pela área disponível às plantas.

TC	Nível de ajuste			
	0	1	2	3
1	0.97	0.98	0.97	0.97
2	0.90	0.90	0.89	0.90
3	0.93	0.93	0.93	0.91
4	0.65	0.65	0.59	0.53

As estimativas das correlações entre médias dos clones e os respectivos BLUPs (r_{fb}) foram todas iguais a 1 quando não se procedeu o ajuste, indicando que as estimativas das médias dos clones forneceram a mesma informação de seus BLUPs (Tabela 16). O ajuste realizado, independentemente do nível, também não alterou as correlações entre as médias ajustadas e os BLUPs.

As estimativas das correlações entre BLUPs sem ajuste e BLUPs ajustados (r_{aj}) (Tabela 17), assim como nos testes de progênies, foram de $r_{aj} = 1$, no nível 1, indicando que o ajuste pela covariável, quando se considerou apenas as plantas ausentes, não resultaria em alteração na seleção. Já no nível de ajuste 2, ao contrário do observado nos TPs as estimativas das correlações reduziram, diminuindo ainda mais no nível 3. Nesses níveis as consequências do ajuste pela área disponível às plantas teriam maior efeito na seleção.

Tabela 16 Estimativas de correlações entre médias fenotípicas e BLUPs de clones nos testes clonais (r_{fb}).

Nível de ajuste	TC			
	1	2	3	4
0	1,00	1,00	1,00	1,00
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	1,00	1,00	0,99	1,00
3	0,99	1,00	0,99	1,00

Tabela 17 Estimativas das correlações entre os BLUPs sem ajuste e com os ajustes nos três níveis (r_{aj}). Dados obtidos para o DAP nos quatro testes clonais (TC).

Nível de ajuste	TC			
	1	2	3	4
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,85	0,96	0,96	0,86
3	0,78	0,89	0,89	0,69

Na tabela 18 estão apresentadas as estimativas das correlações entre valores fenotípicos e BLUPs entre os indivíduos selecionados nos TPs e seus clones nos TCs (r_{pc}). De modo geral não ocorreu diferença expressiva entre as estimativas de r_{pc} entre TPs, embora os TPs 4 e 5 usando BLUP ou fenótipo e TP 1 usando fenótipo apresentaram tendência de estimativas de r_{pc} de maior magnitude. Quando se compara a eficiência de usar o BLUP na escolha dos indivíduos a serem clonados com a fenotípica, verifica-se que ela foi praticamente a mesma nas duas condições. Também não houve nenhuma tendência de que determinado nível de ajuste fosse mais apropriado e nem que os níveis de ajuste contribuíssem para maior eficiência da seleção em relação a ausência do referido ajuste.

Tabela 18 Estimativas de correlações do caráter DAP (cm) entre valores fenotípicos ou BLUPs entre os indivíduos selecionados nos testes de progênies (TP) e seus clones nos testes clonais (TC) (r_{pc}). Estimativas envolvendo os diferentes níveis de ajustes de falhas/plantas dominadas. Dados de DAP obtidos aos cinco anos nos TPs e aos três anos nos TCs.

Nível de ajuste ¹	TP					Média	
	1 (36) ²	2 (48)	3 (16)	4 (22)	5 (22)		
BLUP	0	0,11	-0,01	-0,08	0,15	0,26	0,09
	1	0,19	-0,01	-0,12	0,12	0,28	0,09
	2	0,21	0,05	-0,03	0,12	0,28	0,13
	3	0,04	0,10	0,14	0,17	0,31	0,15
Valor Fenotípico	0	0,24	-0,17	-0,04	0,16	0,29	0,10
	1	0,30	-0,23	-0,19	0,14	0,31	0,07
	2	0,32	-0,26	-0,14	0,15	0,31	0,08
	3	0,25	-0,26	0,14	0,17	0,29	0,12

¹0: sem ajuste pela área; 1: ajuste pela área em função de plantas ausentes; 2: ajuste pela área em função de plantas ausentes mais plantas dominadas, considerando dois desvios padrões abaixo da média; 3: ajuste pela área em função de plantas ausentes mais plantas dominadas, considerando um desvio padrões abaixo da média. ² número de indivíduos.

5 DISCUSSÃO

O ideal em experimentos com qualquer espécie é que o número de indivíduos avaliados seja constante para todos os tratamentos, progênies ou clones. Contudo, não ter falhas é praticamente impossível. Nesse trabalho por exemplo a porcentagem de falhas variou de 10 a 20% nos TPs e de 4 a 9% nos TC (Tabelas 3 e 15). Considerando que foram avaliadas em média 35 plantas por progênies e 50 progênies, em média, nos TPs (Tabela 1), ou seja, 1750 indivíduos. Assim 10% irá corresponder à 175 perdas de plantas.

Um aspecto que não foi encontrado relato na literatura, é a questão das plantas consideradas dominadas em experimentos de melhoramento. Elas apresentam crescimento bem inferior às demais e, conseqüentemente, devem exercer menos competição em relação às plantas vizinhas, dependendo do crescimento o comportamento pode ser semelhante à ausência completa de planta. O difícil é estabelecer o que seria uma planta dominada. Nesse trabalho optou-se por considerar duas situações. Na primeira só seriam consideradas dominadas plantas cujo DAP fosse dois desvios abaixo da média (nível 2) e na segunda, plantas com um desvio padrão abaixo da média (nível 3). Nesse último caso, por razões óbvias, seriam considerados dominados um maior número de indivíduos. Por exemplo, considerando que o DAP tivesse uma distribuição normal perfeita, seria esperado 15,85% das plantas com um desvio padrão abaixo da média e 2,3% dois desvios padrões abaixo da média (STEEL, TORRIE & DICKEY, 1997).

Nos TPs a porcentagem de indivíduos considerados dominados, com dois desvios abaixo da média, foi de 1,2%, ou seja, metade do valor esperado. Já com um desvio padrão abaixo da média foi de 20%, portanto, valor superior ao esperado (Figura 2). Depreende-se que essa diferença é função de desvio observado em relação à distribuição normal perfeita, e também que considerar um desvio padrão abaixo da média superestima o provável número de plantas dominadas. De modo geral, as diferentes estimativas utilizadas para avaliar o ajuste realizado neste trabalho apontam nessa direção.

O que se espera é que as plantas vizinhas à uma falha ou de uma planta dominada possuam maior espaço para se desenvolver. Esse espaço pode ser no solo a ser explorado ou na parte aérea tendo maior superfície para o crescimento da copa. Por essa razão optou-se por estimar a regressão linear que tivesse como variável independente (X) a área disponível à planta e a dependente (Y), o DAP obtido. Desse modo, pode-se estimar quanto que as plantas vizinhas

se beneficiam, em média, da maior área disponível. As estimativas do coeficiente de regressão linear (b) foram variáveis. A estimativa de b foi maior nos TPs do que nos TCs (Tabelas 5 e 14). A comparação, contudo, não é muito apropriada porque o DAP nos TPs foi obtido aos cinco anos e nos TCs aos três anos. Adicionalmente nos TCs a porcentagem de falha foi menor. As estimativas de b variaram nos TPs, contudo na média dos cinco experimentos apenas considerando as falhas – nível 1, foi de 0,57 cm. Isso é, cada metro quadrado a mais disponível para as plantas elas aumentam seu DAP, em média, em 0,57 cm. Valor esse que corresponde a 4,2% da média geral do DAP. Infere-se que a planta, dispondo de maior espaço, pode se beneficiar incrementando em 4,2% sua média por metro quadrado disponível, aos cinco anos. No caso dos TCs as estimativas de b foram, em média, 0,21 cm isto é 1,9% da média geral. Não foi encontrado nenhum relato a esse respeito na literatura. Andrade et al. (2006) estimaram equação de regressão linear utilizando como variável independente o número de falhas que foram artificialmente produzidas. Constataram que as estimativas de b variaram com os sete clones avaliados e em média foi de 5,92% do desempenho médio.

Como já mencionado anteriormente nas plantas anuais a estimativas da regressão são obtidas considerando o número de falhas. No caso da cultura do milho foi constatado que as plantas restantes nas parcelas chegam a compensar 30% (ZUBER, 1942, citado por ANDRADE et al., 2006). A situação nas plantas anuais é diferente da constatada para eucalipto, pois a área ocupada por planta é bem maior. Além do mais o que interessa é o comportamento do conjunto de plantas na parcela, por isso utiliza-se a expressão que as plantas vizinhas às falhas compensam a falha produzindo mais. No caso do eucalipto a unidade seletiva é a planta e, portanto, o que se estima é o quanto ela foi beneficiada pela falha.

Um outro aspecto importante é se o ajuste seria o mesmo quando se usa parcelas de mais de uma planta ou de uma única planta, que são estratégias experimentais frequentes nos experimentos de TP ou TC em eucalipto. No caso dos TPs, um dos experimentos foi de uma única planta por parcela (TP 3) e os demais foram com seis, oito ou dez plantas por parcela. A estimativa de b foi de 0,99 com uma única planta, e na média dos experimentos com mais de uma planta, praticamente a metade (0,47 cm). Embora as progênies sejam diferentes, pode-se inferir que a compensação em alocompetição – uma planta por parcela – é maior do que a em autocompetição parcial, pois em alguns TPs a parcela era de uma única linha. Não foi encontrado nenhum relato a esse respeito. O que existe é o comportamento de clones em experimentos de parcelas de uma planta (STP) e os mesmos clones em parcelas quadradas (SP).

Nunes (2018) mostrou que o crescimento dos clones mais agressivos avaliados em STP foi maior que em SP. No entanto não é apropriado afirmar que em STP eles se beneficiam mais na presença de falhas do que em SP.

Um questionamento que poderia ser realizado é o porque na redução nas estimativas de b quando se realizou o ajuste considerando plantas dominadas, níveis 2 e 3. A mais provável explicação pode ser obtida por meio da estimativa de b , ou seja: $b = COV_{XY}/V_X$, em que o X , como já comentado, é a área disponível por planta, Y o DAP; a COV_{XY} é obtida por: $COV_{XY} = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})/n - 1$, em que: X_i é a área disponível ao indivíduo i ; \bar{X} é a área médias disponível aos indivíduos; Y_i é o DAP do indivíduo i ; \bar{Y} é o DAP médio dos indivíduos; e n é o número de indivíduos. Observe que, \bar{X} e \bar{Y} aumentam quando se desconsidera as plantas dominadas. Assim, a COV_{XY} é reduzida e consequentemente a estimativa de b deve reduzir.

As estimativas de acurácia seletiva ($r_{gg'}$), superiores à 0,8 em todos os experimentos, com exceção do TC 4 (0,65), podem ser consideradas de alta magnitude (RESENDE & DUARTE, 2007). Este parâmetro foi uma das opções para avaliar se a metodologia de ajuste foi eficiente, visto que ele é considerado uma medida de precisão experimental. Contudo, é necessário salientar que a acurácia só é válida como critério de precisão experimental se os tratamentos, no caso progênies ou clones sob avaliação forem diferentes. Caso contrário, tem-se estimativa de $r_{gg'}$ de pequena magnitude não em função do erro experimental. No caso de comparar o ajuste no nível 1, com o dois e três, entra um outro componente que pode inviabilizar as inferências a serem feitas. Isto porque, não considerando as plantas dominadas, certamente a variância genética diminui. Assim essa redução pode diminuir ou até mesmo eliminar o possível efeito na redução do erro experimental devido ao ajuste das falhas/plantas dominadas.

Na literatura não foi encontrado nenhum relato do emprego de $r_{gg'}$, para avaliar a eficiência de diferentes métodos de mitigar o efeito das falhas nos experimentos. O que tem sido utilizado amplamente, sobretudo, com espécies anuais é o coeficiente de variação (CV) (VENCOVSKY & CRUZ, 1991; VERONESI, et al. 1995; SCHMILDT, et al. 2001; PIANA, et al. 2007; SILVA, 2014). No entanto, este parâmetro é função da média geral do experimento, e como os métodos utilizado neste trabalho eliminam dados de plantas consideradas dominadas, ou seja, desempenho anormalmente inferior, levando ao aumento da média experimental, o CV não seria um bom parâmetro para comparação.

Outra alternativa utilizada para verificar o efeito do ajuste foi as correlações entre as estimativas dos BLUPs obtidas em cada caso. Inicialmente é preciso comentar a correlação obtida entre os fenótipos dos indivíduos e o BLUPs sem ajuste (r_{fb}). As estimativas de r_{fb} foram muito altas quando o TP envolveu o emprego de progênies de meios irmãos. Para o melhorista está implícito que BLUP e fenótipo do indivíduo apresentou classificação praticamente igual. Assim serão selecionados os indivíduos com maior expressão fenotípica, no caso, os de maior DAP. Depreende-se que para esses TPs com r muito alto, o ajuste não terá contribuição expressiva.

No caso do TP 3 que foi com progênies de irmãos germanos as estimativas de r_{fb} foram todas altas, exceto no nível 3 de ajuste. Nesse caso também, o provável benefício do ajuste não tem como ser detectado. O TP 2 foi o de maior discrepância, coincidentemente o de maior proporção de falhas, 20%. Nesse caso o ajuste pelas falhas apresentou uma melhoria na correlação BLUPs e fenótipos (r_{fb}). Nos outros dois níveis as estimativas de correlação foram até inferiores. Mostrando que não teve benefício. Novamente é preciso saber que não foram encontrados nenhum relato, mesmo com plantas anuais, em que fosse feita referência, de que o ajuste das falhas só se justifica a partir de uma determinada proporção de plantas ausentes.

Finalmente o que realmente interessa é se o ajuste das falhas/plantas dominadas nos TPs contribui para a melhor correspondência no desempenho dos indivíduos nos TP e o clone respectivo no TC. As estimativas das correlações (r_{pc}) foram todas de pequena magnitude (Tabela 18). A maior estimativa não considerando o ajuste, foi pelo fenótipo no TP 5 (0,29) e com o BLUP (0,26) no mesmo teste de progênie. O comportamento das estimativas de r_{pc} com o ajuste foi errático, isto é, não teve repetibilidade suficiente entre os TPs para indicar uma possível vantagem. Na literatura não foi encontrado referência a respeito do possível efeito das falhas nas estimativas de correlação entre o desempenho do indivíduo no TP e no TC. Contudo, existem relatos, que independente do ajuste a correlação foi baixa, como ocorreu nesse trabalho, Reis et al. (2011) obtiveram $r = 0,27$ e Costa (2008) a estimativa foi de $r = 0,12$. Isto é, o desempenho dos clones no TC foi pouco determinado pelo comportamento do indivíduo no TP. Deve-se ressaltar, contudo, que nem sempre os melhores indivíduos no TP é que efetivamente vão para o TC (Tabela 11).

Qual seria a principal causa dessa baixa estimativa de correlação entre TP e TC? A principal causa é a interação dos genótipos x ambientes que tem sido muito estudada para a

cultura do eucalipto (MORI et al., 1986; MORI et al., 1988; SANTOS et al., 1990; RESENDE et al., 1999; NUNES et al., 2002; ROSADO et al., 2012; SANTOS et al., 2015; SOUZA et al., 2017). Em um desses trabalhos, Souza et al. (2017) analisaram experimentos conduzidos em oito ambientes localizados nos estados da Bahia, Espírito Santo, São Paulo e Mato Grosso do Sul, sendo avaliados 49 clones de diferentes espécies de *Eucalyptus*. A autora relata interação clones x ambiente expressiva, que levou ao comportamento não coincidente dos clones ao longo dos ambientes. No caso da associação indivíduo no TP e no TC, além da interação genótipos x locais, ocorre a interação genótipos x anos e genótipos x locais x anos. Infelizmente com a cultura do eucalipto não foram encontrados relatos a esse respeito. Em espécies anuais, há relatos que a interação genótipos x anos é mais expressiva, em muitas situações, do que a genótipos x locais (FERREIRA, 2014).

De tudo que foi exposto, ficou evidente que a correção para área disponível às plantas devido às falhas/plantas dominadas, na maioria dos casos não propiciou benefício que justifique sua implementação. O emprego dos testes de progênies tem eficiência questionada. O que se infere, a partir desses resultados e outros disponíveis, é que a seleção nos TPs não deve ser de alta intensidade. Dizendo de outro modo o número de indivíduos a serem selecionados para o TC devem ser o maior possível.

6 CONCLUSÕES

Com níveis de falhas inferiores à 20% nos experimentos o ajuste utilizando a área disponível às plantas não melhorou a eficiência da seleção nos testes de progênies e clonais, independente se o experimento é com uma ou várias plantas por parcela.

A estratégia de considerar no ajuste não só as falhas, mas também as plantas dominadas, não é vantajoso principalmente quando se considera como dominadas árvores com DAP um desvio padrão abaixo da média.

Tanto o emprego das estimativas de BLUP como o fenótipo dos indivíduos nos testes de progênies foram de baixa eficiência na identificação dos clones superiores nos TCs, sem ou com o ajuste das falhas.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, H. B. **Eficiência dos experimentos com clones na cultura do eucalipto**. 2002. 162 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- ANDRADE, H. B. et al. Alternativas para atenuar a diferença de estande nos experimentos de avaliação de clones de *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, p.11-18, 2006.
- CASTRO, C. A. O. et al. Brief history of *Eucalyptus* breeding in Brazil under perspective of biometric advances. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.9, p.1585-1593, 2016.
- COSTA, R. R. G. F. **Performance de indivíduos nos testes de progênies e os respectivos clones de eucalipto**. 2008. 66p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- CRUZ, V. F. da. **Estudo sobre a correção de produção de parcelas em ensaios com milho**. 1971. 143p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1971.
- DEPEC-BRADESCO. Papel e Celulose. **Economia em dia**. 2018. Disponível em: https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_papel_e_celulose.pdf
Acessado em: 15/03/2018.
- FERREIRA, M. Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. **IPEF**, Piracicaba, n. 45, p. 22-30, 1992.
- FERREIRA, R. A. D. C. **Implicações do número de anos na recomendação de cultivares de feijoeiro**. 2014. 66p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- GOMEZ, K. A.; DE DATTA, S. K. Missing hills in rice experimentation plots. **Agronomy Journal**, Medison, n.64, p.163-164, 1972.
- GONÇALVES, F. et al. Progresso genético por meio de seleção de clones de eucalipto em plantios comerciais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.25, p.295-301, 2001.
- GRATTAPAGLIA, D. Integrating genomics into *Eucalyptus* breeding. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.3, n.3, p.369-379, 2004.
- MORI, E. S.; KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Variação genética e interação progênies x locais em *Eucalyptus urophylla*. **IPEF**, Piracicaba, v. 39, p. 53-63, 1988.
- MORI, E. S.; LELLO, L. R. B. de; KAGEYAMA, P. Y. Efeitos da interação genótipo x ambiente em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, v. 33, p. 19-26, 1986.
- NUNES S, G. H. de et al. Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, 2002.
- NUNES, A. C. P. **Análises biométricas na otimização do melhoramento genético de *Eucalyptus spp.*** 2018. 115 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

- PIANA, C. F. de B.; SILVA, J. G. C. da; ANTUNES, I. F. Adjustment of the yield for the stand variation in common bean genetic breeding experiments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1667-1696, 2007.
- REIS, C. A. F. et al. Correspondence between performance of Eucalyptus spp. trees selected from family and clonal tests. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 10, n. 2, p. 1172-1179, 2011.
- RESENDE, M. D. V. de; FERNANDES, J. S. C.; SIMEAO, R. M. BLUP individual multivariado em presença de interação genótipo x ambiente para delineamentos experimentais repetidos em vários ambientes. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 17, p. 209-228, 1999.
- RESENDE, M. D. V. et al. Genome wide selection (GWS) and maximization of the genetic improvement efficiency. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.63, 2008.
- RESENDE, M. D. V. et al. Genomic selection for growth and wood quality in Eucalyptus: capturing the missing heritability and accelerating breeding for complex traits in forest trees. **New Phytologist**, v. 194, n. 1, p. 116-128, 2012.
- RESENDE, M. D. V. **Software Selegen – REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, 2007.
- RIBEIRO, N. D. et al. Alterações em caracteres agromorfológicos em função da densidade de plantas em cultivares de feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.10, p.167-173, 2004
- ROSADO, A. M. et al. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 966-973, 2012.
- SANTOS, G. A. et al. Interação genótipos x ambientes para produtividade de clones de Eucalyptus l'hér. no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 1, 2015.
- SANTOS, P. E. T. et al. Potencial para programas de melhoramento, estimativas de parâmetros genéticos e interação progênes x locais em populações de Eucalyptus urophylla ST Blake. **IPEF**, Piracicaba, n.43/44, p.11-19,1990.
- SCHMILDT, E. R.; et al. Avaliação de métodos de correção de estande para estimar a produtividade em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.1011-1018, 2001.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v.30, n.3, p.507-512, 1974.
- SILVA, K. J. da. et al. Comparação de métodos de correção de estande para estimar a produtividade de sorgo granífero. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, 2014.
- SOUZA, T. S. et al. Performance of Eucalyptus clones according to environmental conditions. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 116, p. 601-610, 2017.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics**. 3rd ed. New York: McGraw Hill Book, 1997. 666p.

VENCOVSKY, R., RAMALHO, M. A. P. Contribuição do melhoramento genético de plantas no Brasil. In: PATERNIANI, E. (ed.). **Agricultura brasileira e pesquisa agropecuária. Brasília**: EMBRAPA, 2000. p.57-89.

VENCOVSKY, R.; CRUZ, C. D. Comparação de métodos de correção do rendimento de parcelas com estandes variados: I. Dados simulados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.647-657, 1991.

ZUBER, M. S. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniform trial data. **Journal of the American Society of Agronomy**, Medison, v. 34, n. 1, p. 30-47, 1942.