



HELOISA GUIMARÃES SANTOS

**AVALIAÇÃO GENÉTICA DE PROGÊNIES DE CEDRO
AUSTRALIANO**

LAVRAS - MG

2017

HELOISA GUIMARÃES SANTOS

AVALIAÇÃO GENÉTICA DE PROGÊNIES DE CEDRO AUSTRALIANO

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

Profa. Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves

Orientadora

Dr. Lucas Amaral de Melo

Coorientador

LAVRAS - MG

2017

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

Santos, Heloisa Guimarães.

Avaliação genética de progênies de cedro australiano / Heloisa Guimarães Santos. - 2017.

40 p. : il.

Orientadora: Flávia Maria Avelar Gonçalves.

Coorientador: Lucas Amaral de Melo.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. *Toona ciliata*. 2. Correlações. 3. Interação genótipos x idades. I. Gonçalves, Flávia Maria Avelar. II. Melo, Lucas Amaral de. III. Título.

HELOISA GUIMARÃES SANTOS

AVALIAÇÃO GENÉTICA DE PROGÊNIES DE CEDRO AUSTRALIANO

GENETIC EVALUATION OF AUSTRALIAN CEDAR PROGENIES

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 22 de agosto de 2017.

Dr. Alisson Moura Santos

Embrapa Florestas

Dr. Cristiane Aparecida Fioravantes Reis

Embrapa Florestas

Prof. Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves
Orientadora

Dr. Lucas Amaral de Melo
Coorientador

LAVRAS - MG

2017

Aos meus pais, José Roberto e Miracy,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me guiar e me dar forças, principalmente, nos momentos difíceis, em que me senti desanimada.

Agradeço ao meu pai, por tanto ter me ensinado a amar os livros e por todos os incentivos que me permitiram chegar aqui. À minha mãe, exemplo de força e fé que tanto confiou em mim, me aconselhou e me apoiou quando mais precisei. Ao meu irmão e minha madrinha por fazerem o meu papel, cuidando dos meus pais enquanto precisei me ausentar.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras e, em especial, ao programa de Genética e Melhoramento de Plantas junto a todos os seus professores que tanto contribuíram pela minha formação profissional.

A minha orientadora, Flávia, por toda paciência e atenção dedicada. Ao meu coorientador, Lucas, e aos membros da banca, Cristiane e Alisson, pelas críticas e sugestões que enriqueceram este trabalho.

Aos membros do grupo de melhoramento de plantas perenes por todos os momentos compartilhados e, em especial, agradeço ao Lucas Rosado e ao Vítor Carioca. Ao Lucas, pelo enorme apoio, encorajamento e ajuda, sem ele não seria possível realizar esta dissertação. Ao Vítor, por ter acreditado no meu potencial mais que eu mesma, me acalmando e me aconselhando durante os processos seletivos em que o desespero me assombrava.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida e à Bela Vista Florestal por conceder e ajudar na coleta de dados.

Aos membros do GEN por toda a amizade, pelos momentos de descontração e por tornarem meus dias mais alegres.

À minha turma de mestrado, Paula Furtado, Paula Henrique, Dyanna e Marcela pelos incansáveis dias de estudo.

Ao pessoal da biblioteca, às secretárias Lílian, Rafa e Zélia que tornaram meus dias mais fáceis e ao pessoal da limpeza Dona Iron e Patrícia. Sem vocês, essa universidade não funcionaria.

Ao pessoal do terço da Igreja do Rosário por tanta sabedoria compartilhada, sabedoria esta que não encontraria em nenhum outro lugar. Ao “Seu Antônio”, “Seu Paulo” e Silvana, por tanto torcerem por mim e pelos preciosos ensinamentos. É um privilégio conviver com pessoas “santas” em vida. Sem dúvidas, vocês foram a melhor parte da minha vida, o que sou hoje, devo em grande parte a vocês.

A todos os meus amigos e pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação profissional e pessoal.

Por último e não menos importante, agradeço a todos os brasileiros, principalmente os mais honestos, que com o suor do seu trabalho financiaram por meio de altos impostos os meus estudos.

MUITO OBRIGADA!

“Bendize a Deus em todo o tempo, e pede-lhe que dirija os teus passos, de modo que os teus planos estejam sempre de acordo com a sua vontade. ” (Tb, 4,20)

RESUMO

Os objetivos foram estimar os parâmetros genéticos de progênies de cedro australiano em várias idades; estudar a idade ideal para se realizar seleção de progênies e verificar o tipo de interação presente. Utilizou-se 66 progênies de 12 procedências oriundas da Austrália. O experimento foi implantado no delineamento experimental de blocos completos casualizados, com três repetições e 16 plantas por parcela. As progênies foram avaliadas quanto ao diâmetro à altura do peito (DAP) e altura (ALT) em quatro idades (31, 54, 74 e 99 meses). Os parâmetros genéticos e a predição dos valores genotípicos foram estimados pelo método REML/BLUP por meio do software Selegen. Foram também estimadas as correlações fenotípicas e genotípicas para todas as idades e entre os caracteres, índices de coincidência, interações, ganhos de seleção e herdabilidade realizada. A interação genótipos x idades foi decomposta em parte simples e complexa. A herdabilidade foi baixa para DAP e ALT. Houve diferenças significativas entre as progênies nas diferentes idades avaliadas e ocorreu predominância da interação do tipo simples em três pares de idade (31/54, 31/74 e 31/99) para ambos caracteres. As correlações foram altas e positivas para todos os caracteres e em diferentes idades, mostrando eficiência de seleção, a partir dos 31 meses. A maior percentagem de coincidência obtidas foi entre os 74 e 99 meses para DAP e ALT.

Palavras-chave: *Toona ciliata*. Correlações. Interação genótipos x idades.

ABSTRACT

The objectives of this paper were to estimate the genetic parameters of Australian Cedar progenies at distinct ages; to study the ideal age for selection; and to verify the type of interaction present. Sixty-six progenies derived from 12 locations in Australia were used. The experiment was implanted in a completely randomized blocks design, with three replicates, and 16 plants per plot. The progenies were evaluated regarding diameter at breast height (DBH) and height (HGT), at ages of 31, 54, 74 and 99 months. The genetic parameters the genotypic values were estimated by the REML/BLUP method using the Selegen software. Phenotypic and genotypic correlations were also estimated for all ages and between traits, coincidence indexes, interactions, selection gain and realized herdability. The genotype x age interaction was decomposed into simple and complex. Herdability was low for DBH and HGT. There were significant differences between the progenies at the distinct ages evaluated, with predominance of interaction of the simple type in three pairs of ages (31/54, 31/74 and 31/99) for both traits. The correlations were high and positive for all traits, and in distinct ages, demonstrating selection efficiency from 31 months and higher. The highest coincidence percentage obtained was between 74 and 99 months for DBH and HGT.

Keywords: *Toona ciliata*. Correlations. Genotype x age interaction.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Cedro australiano – <i>Toona ciliata</i>	13
2.2	Melhoramento de espécies florestais	15
2.3	Interação genótipos por ambientes	16
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Local.....	19
3.2	População base	19
3.3	Condução do teste de procedência/progênes	20
3.4	Análises estatísticas dos dados	20
3.4.1	Parâmetros genéticos e fenotípicos.....	20
3.4.2	Correlações	22
3.4.3	Interação genótipos x idades.....	22
3.4.4	Índice de coincidência.....	22
3.4.5	Ganho de seleção e herdabilidade realizada	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1	Parâmetros genéticos e fenotípicos.....	24
4.1.1	Correlações	27
4.1.2	Interação genótipos x idades	29
4.1.3	Índice de coincidência.....	32
4.1.4	Ganho de seleção e herdabilidade realizada	34
5	CONCLUSÕES.....	36
	REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos florestais madeireiros e não-madeireiros aliada à preservação e à conservação ambiental tem despertado interesse por espécies de rápido crescimento com alto potencial produtivo e elevado retorno econômico. Esse fator torna-se mais relevante, devido à redução da oferta por madeiras nativas, decorrentes da elevada exaustão das florestas e as restrições legais do uso.

Um modo de contornar o problema, é por meio de buscas por tecnologias viáveis para implantação de florestas plantadas. No Brasil, essas florestas plantadas são constituídas, principalmente, por espécies exóticas, como *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.*. Esses gêneros alcançaram alta produtividade, com espécies e cultivares adaptadas a diversas regiões e utilizadas no abastecimento de matéria-prima para os mais diversos setores, em especial, o de carvão vegetal, celulose e resina. O desenvolvimento tecnológico obtido nesses gêneros, é, sem dúvidas, um exemplo a ser seguido em outras espécies florestais, pois apesar de toda evolução silvicultural e genética alcançada nas últimas décadas no país, novos estudos devem ser realizados visando à obtenção de uma maior diversificação à exploração florestal.

Contudo, existem inúmeros desafios a serem vencidos, quando se objetiva trabalhar com uma nova espécie, pouco estudada e/ou exótica. Seleção de materiais mais produtivos e adaptados, resistência a pragas e doenças, desenvolvimento de melhores técnicas de produção sexuada e assexuada, estudos em manejo e nutrição são apenas alguns pilares essenciais para o sucesso de um empreendimento florestal.

Nesse cenário, uma espécie que tem se mostrado promissora, é o cedro australiano (*Toona ciliata M. Roem var. australis*), pertencente à família Meliaceae que se caracteriza pela excepcional qualidade da sua madeira, com destaque pela granulação fina, cor e alta durabilidade. Ela tem sido, amplamente, utilizada para fabricação de móveis de luxo, detendo, dessa forma, alto valor agregado.

É importante ressaltar que, qualquer programa de melhoramento, em especial, para espécies perenes, demandam tempo e dispêndio de recursos. Por essa razão, ele deve ser o mais eficiente possível. Parâmetros como herdabilidade, correlação genética e ganhos genéticos são de suma importância para o melhoramento uma vez que visam a diminuir o tempo para completar um ciclo de seleção e possibilita a maximização do ganho genético.

Além do que foi comentado sobre a dificuldade em se trabalhar com novas espécies, um outro fato importante que não pode ser deixado de lado é o efeito da idade de avaliação dos caracteres, que pode refletir, diretamente, na eficiência da seleção. Um ponto importante,

também, é verificar o quanto da interação genótipos por idades advém da parte complexa ou simples. Salienta-se que se a interação for predominantemente complexa, o trabalho do melhorista torna-se laborioso, uma vez que os genótipos se comportam de maneira diferente com o decorrer da idade, ou seja, ocorre uma inversão no ranqueamento dos genótipos de uma idade para outra.

No caso de cedro australiano são escassos os estudos sobre interações, correlações e ganhos genéticos. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivos estimar os parâmetros genéticos de progênies de cedro australiano em várias idades, verificar qual o tipo de interação presente no decorrer dos anos em progênies de cedro australiano, e estudar a idade ideal para se realizar seleção de indivíduos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cedro australiano– *Toona ciliata*

A *Toona ciliata* M. Roem var. *australis*, popularmente denominada como cedro australiano, é, amplamente, conhecida pelo seu belo tom avermelhado e pela excepcional qualidade da sua madeira, para a produção de móveis de luxo. Ela pertence a uma das famílias tropicais mais valiosas do mundo, a Meliaceae, na qual se encontram espécies importantes como a *Cedrela fissilis* (cedro branco), a *Swietenia macrophylla* (mogno brasileiro) e a *Khaya senegalensis* (mogno africano) (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005; SOUZA; LORENZI, 2008).

A espécie foi, exaustivamente, explorada na Austrália, durante o século XVIII, após a conjectura do seu potencial para construção de embarcações e, mais tarde, para a construção civil e de móveis. Sua quantidade nas florestas tropicais da região diminuiu de tal forma que ela passou, rapidamente, a ser conhecida como ouro vermelho, e hoje, encontra-se protegida na Austrália, em parques e áreas de pesquisa (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005).

É originária da Índia, sudeste da Ásia e Austrália e possui boa adaptação às condições de solo e clima em diferentes regiões, pode ser considerada uma espécie pantropical (PINHEIRO; LANI; COUTO, 2003; MURAKAMI, 2008). Essa espécie, é pouco tolerante à acidez do solo, preferindo solos calcários, profundos e com maior disponibilidade de água e nutrientes (PINHEIRO; LANI; COUTO, 2003). Possui crescimento satisfatório em áreas de 0 a 1500 metros de altitude e regime pluviométrico de 750 a 4000 mm.

Na América do Sul, a espécie encontrou excelentes condições para o seu desenvolvimento, apresentando bom crescimento vegetativo e adaptação às condições de solo e clima das diferentes regiões (NASSUR et al., 2013).

Foi introduzida, no Brasil, em 1973, no estado do Espírito Santo, pela empresa Aracruz Celulose que, apesar de não optar pelo seu cultivo em larga escala, vislumbrou a espécie como de elevado potencial e, em 1989, distribuiu mudas para técnicos agrícolas, escolas rurais, reservas ecológicas e para quem mais explanasse interesse, iniciando-se o desenvolvimento de plantios no país (SOUZA; BARROSO; CARNEIRO, 2010). No Brasil, seu cultivo se iniciou na região do Cerrado adaptando-se bem às regiões Sudeste e Sul da Bahia (PINHEIRO; LANI; COUTO, 2003; BRAGA; FURTINI NETO; OLIVEIRA, 2015). E tem-se desenvolvido tanto em solos planos quanto em solos com declividade acentuada (MURAKAMI, 2008). Tem sido plantado na Zona da Mata de Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo (KALIL FILHO; WENDLING, 2012).

Em Minas Gerais, destaca-se o seu plantio na cidade de Campo Belo, situada a 945 m de altitude e regime pluviométrico de 1250 mm, onde tem sido realizadas diversas pesquisas sobre a espécie. O cedro é uma árvore decídua com boa tolerância à sombra, capaz de sobreviver a geadas, incêndios e secas, brotando a partir de qualquer parte afetada, além disso, é passível de ser consorciada, com espécies como o café (MÜLLER et al., 2004; BYGRAVE; BYGRAVE, 2005).

Uma possível hipótese do sucesso da espécie na América do Sul é decorrente da ausência, até o momento, de ataques de *Hypsipyla robusta* ou *Hypsipyla grandella* em plantações comerciais (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005). Essas pragas afetam, consideravelmente, o plantio em monocultivo, quando em área de ocorrência natural, reduzindo, drasticamente, a taxa de crescimento das árvores e depreciando a forma do fuste, fato que faz com que o plantio dessa espécie seja pouco expressivo, em seu local de origem. (NASSUR et al., 2013). Contudo, os plantios mistos, mesmo em área de ocorrência natural, apresentam melhor desenvolvimento devido a menor ocorrência de ataques de fungos e insetos (BRISTOW; ANNANDALE; BRAGG, 2005).

A praga *H. robusta* é comumente encontrada na África, Madagascar, Sudeste da Ásia, Índia, algumas ilhas do pacífico e da Austrália, atacando, preferencialmente, as espécies do gênero *Toona*, *Khaya* e *Chukrasia*. Já a espécie *H. grandella* oriunda das Américas, ataca o cedro brasileiro (*Cedrella odorata* e *Cedrella fissilis*) (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005). Infelizmente, o controle químico, biológico ou a seleção de genótipos resistentes por melhoramento genético ainda não é eficiente. Desse modo, a utilização do cedro australiano como porta enxerto de *Cedrella odorata* e *Cedrella fissilis* seria uma forma de contornar o problema, uma vez que os compostos químicos, tóxicos ao inseto que estão presentes nas espécies do gênero *Toona* são translocados para o enxerto (PEREZ et al., 2010; NASSUR et al., 2013).

O inseto é atraído por compostos químicos específicos e deposita seus ovos na árvore. A larva cava túneis no interior do caule, alimentando-se da ponta (botão apical de crescimento). Desse modo, o crescimento da planta é reduzido, drasticamente, em especial, pela perda da emissão de ramos abaixo do ponto de ataque, gerando uma árvore com múltiplos galhos e baixo valor comercial. O ataque de *H. robusta* acontece, preferencialmente, em indivíduos jovens sob pouca sombra, corroborando com a hipótese de que os insetos preferem atacar árvores de maior vigor do que aquelas que possam estar sob estresse (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005).

A espécie apresenta resistência moderada a cupins e boa durabilidade. Sua madeira é considerada leve com densidade de $0,30 \text{ g/cm}^3$ aos quatro anos de idade, e pode chegar a $0,45 \text{ g/cm}^3$, quando em idade adulta (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005; RIBEIRO et al., 2011). A idade de corte é de 15 anos, pode ser antecipada ou adiada, conforme as condições específicas dos sítios de plantio, dos objetivos e da necessidade do produtor. Rende em média de 150 a 390 m^3 de madeira por hectare, o valor da madeira é cotado em R\$ 850,00/ m^3 . Em Minas Gerais, ela pode atingir, em 12 anos, 20 metros de fuste e 40 cm de diâmetro (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005; MURAKAMI, 2008).

É uma espécie alógama como flores morfológicamente bissexuais, porém, funcionalmente unissexuais, possui estaminoides ou pistiloides nas flores funcionalmente femininas ou masculinas, respectivamente (PINHEIRO; LANI; COUTO, 2003; GOUVÊA; DORNELAS; RODRIGUEZ, 2008).

Inúmeros trabalhos têm sido realizados nessa espécie. Rosado (2015) constatou que a espécie possui boa adaptação às condições edafoclimáticas no município de Campo Belo-MG e que as correlações entre diâmetro à altura do peito (DAP), altura (ALT) e volume (VOL) são altas, enquanto as correlações entre DAP x forma e ALT x forma são medianas.

Farias (2013) constatou que indivíduos provenientes do norte da Austrália se desenvolveram melhor do que os indivíduos oriundos do Sul da Austrália, em plantios realizados no sudeste do Brasil.

Vieira (2013), estudando grãos de pólen em cedro australiano, constatou que o estágio de flor fechada é o mais propício para a coleta de grãos de pólen para a utilização em polinização controlada em programas de melhoramento genético. Verificou, também, que a viabilidade do grão de pólen é alta mesmo após um ano de armazenamento.

2.2 Melhoramento de espécies florestais

O tempo demasiadamente longo demandado para completar um ciclo seletivo em espécies florestais e a impossibilidade de se pensar, em curto prazo, em muitos ciclos recorrentes de seleção, destacam a importância da determinação dos parâmetros genéticos que são, frequentemente, visados nos estudos envolvendo progênies (KAGEYAMA; VENCOSKY, 1983).

Os testes de progênies obtidos por meio de cruzamentos controlados ou por meio de sementes de polinização livre representam uma das mais relevantes ferramentas do melhoramento florestal. Ele permite a determinação do valor reprodutivo dos indivíduos

selecionados e a estimativa dos parâmetros genéticos, visando à seleção de indivíduos superiores (KAGEYAMA; VENCOVSKY, 1983; RESENDE, 2002).

Segundo Robinson e Cockerham (1965), os principais parâmetros genéticos de interesse a serem estimados são as variâncias genéticas aditivas e não aditivas, o coeficiente de herdabilidade no sentido amplo e restrito e as interações dos efeitos genéticos e ambientais. A seleção dos valores aditivos é realizada quando a finalidade é a propagação sexuada dos indivíduos e a seleção por meio dos efeitos não aditivos ocorre quando a propagação pode ser efetuada por meio da clonagem (NASS et al., 2001).

A herdabilidade corresponde à proporção da variação fenotípica que pode ser explicada pela variação genética, e sua estimativa é um dos parâmetros mais úteis para o trabalho do melhorista, uma vez que permite inferir sobre a quantidade de esforços que deve ser despendido em cada uma das características a serem melhoradas (RAMALHO et al., 2012). Dessa forma, ela é essencial no programa de melhoramento florestal em que, devido ao longo ciclo e características específicas, o enfoque é mais para a sofisticação nos métodos de seleção do que nos métodos de melhoramento (KAGEYAMA; VENCOVSKY, 1983).

O fenótipo do indivíduo é influenciado pelo genótipo que é a sua constituição genética e pelo ambiente que é o conjunto das condições que afetam o crescimento e o desenvolvimento do organismo (RAMALHO et al., 2012). Contudo, os efeitos ambientais mascaram o valor genético dos indivíduos, de forma que, quanto maior a proporção da variabilidade decorrente dos efeitos ambientais em relação à variabilidade total, maior será a dificuldade em selecionar genótipos superiores (BORÉM, 2001). Assim, o conhecimento dos efeitos ambientais sobre as estimativas dos indivíduos é de fundamental importância para a condução de um programa de melhoramento e a tomada de decisões (RESENDE, 2002).

2.3 Interação genótipos por ambientes

O caráter de um indivíduo é o conjunto de informações que o identifica, e as diferentes manifestações de um dado caráter definem o fenótipo. O fenótipo é influenciado pelo genótipo que se refere à constituição genética e o ambiente que é o conjunto de todos os fatores que afetam o crescimento e o desenvolvimento do organismo, exceto os de causa genética, pode ser um ano, um local, um sistema de manejo ou, até mesmo, a ação simultânea de todos esses fatores (RAMALHO et al., 2012).

Ao se comparar vários genótipos em diversos ambientes, surge um terceiro componente do fenótipo que é a interação genótipos x ambientes. Essa interação corresponde à alteração na performance relativa dos genótipos em virtude de diferenças ambientais, e para

detectá-la, é necessário que diferentes genótipos sejam avaliados em dois ou mais ambientes diferentes (locais, anos, sistema de manejo etc.), a fim de separar com segurança as variâncias genéticas das variâncias devido à interação (BORÉM, 2001).

As condições ambientais que contribuem para essas interações, afetando o desenvolvimento fenológico das plantas, podem ser agrupadas em dois grupos, os fatores permanentes do ambiente, denominados previsíveis (fotoperíodo, tipo de solo, fertilidade, toxicidade por alumínio, época de semeadura, práticas agrícolas) ou as variáveis de ambiente, denominados imprevisíveis (distribuição pluviométrica, umidade relativa do ar, temperatura atmosférica, ventos, patógenos, insetos) (BORÉM, 2001; FERREIRA, 2006; RAMALHO et al., 2012).

Nos programas de melhoramento florestal, em que grande parte dos experimentos são implantados em um único local, com avaliações durante vários anos, a interação genótipos x idades se torna bastante relevante, de modo que, quando seus efeitos não são considerados, há diminuição nos ganhos que a seleção poderia proporcionar (MORI; LELLO; KAGEVAMA, 1986).

É importante ressaltar que não basta apenas detectar a presença da interação, deve-se considerar, também, a sua natureza que pode ser simples ou complexa. No primeiro caso, a interação é ocasionada pela variação no comportamento dos genótipos, sem que haja alteração do ranqueamento; e no segundo caso, ocorre uma inversão do comportamento dos indivíduos, devido à ausência de correlação entre os genótipos (BORÉM, 2001). Portanto, a baixa correlação indica que o genótipo superior em um ambiente, não terá necessariamente, o mesmo comportamento em outro ambiente, o que conduz a mudanças na classificação dos indivíduos nas épocas avaliadas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

O método proposto por Robertson (1959) é amplamente utilizado para decompor a interação e foi utilizada por Silva, Oliveira e Melo (2015) para seleção de genótipos de cana-de-açúcar. Contudo, é pertinente salientar que a decomposição da interação pode ser influenciada pela diferença de variação entre genótipos em diferentes idades, superestimando a parte complexa, nos casos de alta correlação ou subestimando-a quando a correlação for baixa (CRUZ; CASTOLDI, 1991).

Assim, quando há forte correlação entre os caracteres analisados, a decomposição da interação deve ser realizada pela correção proposta por Cruz e Castoldi (1991) como verificado por Resende et al. (1992) ao estudar dap e alt em acácia-negra.

Uma vez observadas interações do tipo complexa, é necessário que se avaliem genótipos em diferentes idades, em um grande número de vezes para se ter maior segurança

na seleção, uma vez que o valor genotípico não é coincidente nos diferentes ambientes (RAMALHO et al., 2012). Os genótipos que se adaptam às variações ambientais, ou seja, que possuem mecanismos autorreguladores, são considerados homeostáticos, uma vez que possuem estabilidade relativa, permitindo a sua estabilização em ambientes flutuantes. Essa homeostase será desejada em indivíduos que possuem alta performance (BORÉM, 2001).

Dessa forma, ao iniciar um programa de melhoramento é necessário definir se a finalidade é o desenvolvimento de variedades produtivas em vários ambientes ou uma variedade altamente adaptada a ambientes específicos. Ao se objetivar a primeira situação, deve-se possuir genótipos que possuam pouca interação com o ambiente, e no segundo, de grande interação genótipos x ambientes (BORÉM, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

Os dados utilizados foram cedidos pela Empresa Bela Vista Florestal. Essa empresa possui uma parceria com a Universidade Federal de Lavras (UFLA), com a Associação dos Produtores Florestais do sudoeste de Minas Gerais (APFLOR) e o Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF-MG).

O experimento foi implantado na cidade de Campo Belo, região sudoeste de Minas Gerais a 20°53'58" S de longitude e 45°17'33" W de latitude, apresenta clima temperado úmido com inverno seco e verão chuvoso, a temperatura do mês mais quente é maior que 22°C, precipitação média de 1250 mm e altitude média de 945 m.

3.2 População base

O teste de procedências/progênes de *Toona ciliata* foi implantado em janeiro de 2008. O experimento foi constituído por 66 progênes de meios-irmãos oriundas de 12 procedências (TABELA 1) obtidas por meio de sementes, as quais foram coletadas em árvores matrizes de polinização livre.

Essas matrizes foram selecionadas nos estados australianos de Queensland e New South Wales, por estarem entre 40 e 1100 m de altitude e precipitação de 790 a 2091 mm.

Tabela 1 – Dados geoclimáticos das procedências de *Toona ciliata*.

Procedência	Região/Estado*	Latitude/ Longitude	Altitude (m)	Nº de progênes
1	Allyn River / NSW	32,11S /151,30E	280	7
2	Atherton / Q	17,19S /145,30E	700	9
3	Baldy Mountain /Q	17,18S /145,26E	1100	4
4	Coledale Wollongong /NWS	34,17S/150,56E	180	4
5	Dairy Flat /NWS	28,26S/152,47E	180	6
6	Pascoe River / Q	12,33S/143,04E	40	6
7	Kangaroo Valley/NWS	34,38S/150,36E	400	8
8	Kenilworth S,F, / Q	26,38S/152,38E	440	5
9	Marshall Mount Woll/G /NWS	34,31S/150,44E	130	3
10	Shipton Flat / Q	15,50S/145,14E	300	5
11	Iron Range /Q	12,44S/143,17E	40	6
12	Ubobo – Q	24,28S/151,13E	250	3

*NSW - New South Wales; Q – Queensland

Fonte: Do Autor, 2017.

3.3 Condução do teste de procedência/progênes

O teste de procedências/progênes foi implantado no delineamento de blocos completos casualizados (DBCC), com três repetições e 16 plantas por parcela (4 linhas x 4 plantas) e espaçamento de plantio 3x2m.

A fosfatagem do solo foi realizada utilizando 400 kg/ha de adubo com fosfato reativo e, na adubação de plantio, foram utilizados 250 gramas de NPK (00-18-00) por planta, seguidas pela adubação de cobertura com 260 gramas de nitrogênio e potássio (20-00-20) divididos em três operações. Na adubação aos 90 dias, adicionou-se 30g de FTE Br-12. Os tratos culturais foram os usuais em plantios comerciais, como a capina química entre as linhas e a capina mecânica dentro da linha. Sempre que necessário, foi realizado o coroamento manual das plantas.

As avaliações do experimento foram realizadas aos 31 meses (2010), 54 meses (2012), 74 meses (2014) e 99 meses (2016) para as variáveis: diâmetro à altura do peito (DAP) que é medido a 1,30m do solo por meio de suta e altura (ALT) por meio de um clinômetro calibrado.

3.4 Análises estatísticas dos dados

3.4.1 Parâmetros genéticos e fenotípicos

Para a realização das análises estatísticas, foi utilizado o procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança residual/melhor preditor linear não viesado). Desse modo, foi possível obter o BLUP individual a partir dos componentes de variância (RESENDE, 2002).

As análises em nível de indivíduo foram realizadas para cada idade para os caracteres DAP e ALT, utilizando o modelo 5 do programa estatístico Selegen- REML/BLUP (RESENDE, 2007).

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

Em que:

y é o vetor de dados;

r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) e somados à média geral;

a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios);

p é o vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios);
 s é o vetor dos efeitos de população ou procedência (aleatórios);
 e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

As letras X, Z, W, T representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Por meio dessa análise, os melhores indivíduos são classificados pelo seu valor genético predito e é possível obter vários parâmetros genéticos. Para tais foram utilizadas as seguintes expressões:

- a) Coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (c_{parc}^2):

$$c_{parc}^2 = \frac{V_{parc}}{V_F},$$

Em que:

V_{parc} é a variância ambiental entre parcelas;

V_F é a variância fenotípica individual.

- b) Herdabilidade no sentido restrito (h_r^2):

$$h_r^2 = \frac{V_A}{V_F},$$

Em que:

V_A é a variância genética aditiva.

- c) Coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}):

$$4CV_{gi}\% = \frac{\sqrt{V_A}}{m} \times 100,$$

Em que:

m é a média.

- d) Coeficiente de variação genotípica entre progênies (CV_{gp}):

$$CV_{gp}\% = \frac{\sqrt{V_A/4}}{m} \times 100,$$

e) Coeficiente de variação residual (CV_r):

$$CV_r = \frac{CV_{gi}}{CV_e},$$

Em que:

CV_{gi} é o coeficiente de variação genética aditiva individual;

CV_e é o coeficiente de variação experimental.

Foram realizadas as análises de deviance para cada caráter e idade, e utilizado o teste da razão da verossimilhança (*Likelihood Ratio Test – LRT*) para verificar a significância dos efeitos aleatórios dos modelos (RESENDE, 2007).

3.4.2 Correlações

As correlações genéticas e fenotípicas ente os caracteres em diferentes idades foram obtidas por meio do programa Selegen-REML/BLUP (RESENDE, 2007). A correlação genética foi obtida submetendo-se o arquivo de dados ao modelo 102. Essa correlação é dada pelos valores genotípicos obtidos pelo BLUP. Já a correlação fenotípica foi obtida pelo modelo 105.

3.4.3 Interação genótipos x idades

Foram obtidas as significâncias dos efeitos aleatórios dos modelos pelo teste da razão da verossimilhança (*Likelihood Ratio Test – LRT*) e obtidas as análises de deviance para cada caráter avaliado em todos os pares de idades (RESENDE, 2007). A interação genótipos x idades (σ_{gxe}^2) foi decomposta em parte simples e parte complexa, utilizando o método proposto por Cruz e Castoldi (1991).

3.4.4 Índice de coincidência

Para estimar o índice de coincidência (IC) em cada idade, e entre os caracteres em diferentes idades, utilizou-se o método de Hamblin e Zimmerman (1986). Foram utilizadas as intensidades de seleção 1, 5 e 10%.

Esse método estima a eficiência da seleção desconsiderando a coincidência ocorrida ao acaso, pela expressão:

$$IC\% = \frac{A-C}{B-C} \times 100,$$

Em que:

A é o número de indivíduos coincidentes nas duas idades;

B é o número de árvores selecionadas em uma idade;

C é o número de indivíduos selecionados nas duas idades, devido ao acaso. Assume-se que, entre o número de indivíduos selecionados, uma proporção igual à intensidade de seleção coincida ao acaso. Assim, se de 100 indivíduos, decidiu-se selecionar 10%, então 10% irão coincidir devido ao acaso.

3.4.5 Ganho de seleção e herdabilidade realizada

A partir dos dados obtidos aos 31 meses, utilizando diferentes intensidades de seleção: 1, 5 e 10%, foram estimados os ganhos em percentagem e as herdabilidades realizadas aos 54, 74 e 99 meses.

O ganho com a seleção, em percentagem (GS%) em relação à média dos indivíduos aos 31 meses foi estimada para todas as intensidades de 1, 5 e 10%, utilizando-se a seguinte expressão:

$$GS\% = \frac{(Ms_j - Mo_j)}{Mo_j} \times 100,$$

Em que:

Ms_j é a média dos indivíduos na população Mo_j , correspondente aos indivíduos selecionados na população Mo_i ;

Mo_j é a média da população melhorada.

E a herdabilidade realizada ($h_{R_{ij}}^2$) foi estimada utilizando-se a equação apresentada por Ramalho et al. (2012):

$$h_{R_{ij}}^2 = \frac{(Ms_j - Mo_j)/Mo_j}{(Ms_i - Mo_i)/Mo_i},$$

Em que:

Mo_i é a média da população original (indivíduos selecionados do teste de progênies aos 31 meses;

Ms_i é a média dos indivíduos selecionados na população original (Mo_i).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros genéticos e fenotípicos

Por meio das análises de deviance (ANADEV), observa-se a presença de efeitos significativos de progênes e procedências, pelo teste da razão da verossimilhança (LRT) a 1% de probabilidade, para diâmetro à altura do peito (DAP) e para altura (ALT) nas diferentes idades (TABELAS 2 e 3). Desse modo, pode-se inferir que existe variabilidade entre e dentro das populações e que existe possibilidade de obter ganhos com a seleção para ambos os caracteres entre e dentro das populações.

Tabela 2 – Análise de deviance (ANADEV) para o diâmetro à altura do peito em diferentes idades em progênes de meios-irmãos de cedro australiano em Campo Belo-MG.

Efeito	31 meses		54 meses		74 meses		99 meses	
	DEV	LRT ¹	DEV	LRT ¹	DEV	LRT ¹	DEV	LRT ¹
Mod	7033,21		9886,69		10064,45		10807,91	
Proc⁺	7073,23	40,02**	9927,6	40,91**	10110,38	45,93**	10860,57	52,66**
Prog⁺	7066,9	33,69**	9919,81	33,12**	10084,18	19,73**	10823,12	15,21**

¹ Teste da razão da verossimilhança, com distribuição com 1 grau de liberdade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de qui-quadrado; ⁺Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos.

Fonte: Do Autor, 2017.

Tabela 3 – Análise de deviance (ANADEV) para a altura em diferentes idades em progênes de meios-irmãos de cedro australiano em Campo Belo-MG.

Efeito	31 meses		54 meses		74 meses		99 meses	
	DEV	LRT ¹	DEV	LRT ¹	DEV	LRT ¹	DEV	LRT ¹
Mod	3799,2		6601,12		6683,64		7469,13	
Proc⁺	3837,9	38,7**	6623,67	22,55**	6704,92	21,28**	7487,58	18,45**
Prog⁺	3827,22	28,02**	6618,34	17,22**	6699,24	15,6**	7485,37	16,24**

¹ Teste da razão da verossimilhança, com distribuição com 1 grau de liberdade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de qui-quadrado; ⁺Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos.

Fonte: Do Autor, 2017.

As estimativas dos componentes de variância genética aditiva (V_A), variância fenotípica individual (V_F) e variância residual (V_E) para o caráter altura apresentaram valores mais elevados em idades mais avançadas (TABELA 4). Em princípio, pode-se inferir que houve aumento da variabilidade genética ao longo dos anos. Mas, quando se observa o coeficiente de variação genotípica entre progênes (CV_{gp}) e o coeficiente da variação genética individual (CV_{gi}), verifica-se que tal hipótese não se confirma, uma vez que essas estimativas apresentaram pouca variação (TABELA 4). Já para DAP, V_A apresentou maior incremento de

2010 (31 meses) para 2012 (54 meses) e nos anos seguintes, houve pouca variação (TABELA 5). Entretanto, para V_E e V_F os valores aumentaram, consistentemente, no decorrer do tempo e foram, em geral, superiores ao caráter altura (TABELAS 4 e 5).

O coeficiente de determinação devido ao ambiente comum da parcela (c_{parcela}^2) quantifica a variação dentro dos blocos. A variação de c_{parcela}^2 foi 8,8 a 12%, para altura (TABELA 4) e de 1,8 a 6,0% para DAP (TABELA 5), mostrando que a variação ambiental entre as parcelas em média foi de baixa magnitude, pois segundo Resende (2002), o ideal é que toda a variação ambiental entre parcelas não seja superior a 10%. Caso o c_{parcela}^2 seja superior a 10%, recomenda-se diminuir o número de plantas por parcela e aumentar o número dos blocos, modificando a estrutura experimental (KUBOTA et al., 2015). Assim, pode-se inferir que o delineamento experimental, nesse caso, foi favorável, indicando bom controle ambiental.

As estimativas de herdabilidade individual, no sentido restrito (h_a^2), ou seja, dos efeitos aditivos, foram de baixa à média magnitude para todas as características avaliadas. A amplitude de variação da herdabilidade para altura foi de menor magnitude e mais estável (0,38 a 0,30) no decorrer do tempo do que para o caráter DAP (0,36 a 0,15) (TABELAS 4 e 5). Diante desses resultados, depreende-se que, para o cedro australiano, o DAP foi mais afetado pela idade do que o caráter altura. Essa redução nas estimativas, provavelmente, é decorrente da competição entre plantas que se expressa com o aumento da idade, acentuando, desse modo, os efeitos ambientais, principalmente, para o caráter DAP.

Resultados apresentados por Rocha et al. (2006) em progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus grandis* aos 58 meses de idade, corroboram com os resultados do presente trabalho, no qual eles encontraram que a maior parte da variação fenotípica é influenciada por fatores ambientais. Pode-se ressaltar que, apesar da herdabilidade ser de baixa magnitude, ganhos genéticos podem ser obtidos caso se adote uma alta intensidade de seleção, porém isso pode comprometer o tamanho efetivo populacional e assim afetar a diversidade genética do teste de progênies (PEREIRA; VENCOVSKY, 1988; ODA; MENCK; VENCOVSKY, 1989; BORÉM; MIRANDA, 2013). De maneira geral, acredita-se que as características que se desenvolvem por um longo período de tempo estão mais sujeitas ao efeito do ambiente e, desse modo, apresentariam menor herdabilidade do que aquelas sujeitas a menor período (BORÉM; MIRANDA, 2013), como foi o caso do DAP e ALT em cedro australiano no presente trabalho. É importante salientar, também, que caracteres mais complexos, geralmente, apresentam menores herdabilidades (CRUZ; REGAZZI, 2006).

As estimativas de coeficiente de variação genotípico (CV_g) são importantes, pois quanto maior o seu valor, maior é a heterogeneidade dos genótipos para as características estudadas e maior é a possibilidade de se obter indivíduos superiores. O $CV_{gi}\%$ que quantifica a magnitude da variação genética existente entre indivíduos apresentou estimativas maiores do que do CV_{gp} para ambos os caracteres analisados, e o valor mínimo é de 17,35% para altura (TABELA 4) e 17,11% para DAP (TABELA 5). Essas estimativas estão coerentes com as obtidas por Miranda et al. (2015), em testes de progênies de *Eucalyptus grandis* e indicam que a seleção entre e dentro das famílias promova maiores ganhos do que somente a seleção entre famílias.

O coeficiente de variação residual ($CV_e\%$) apresentou pouca variação para ambos caracteres, variando de 11,04 a 13,29% para altura (TABELA 4) e de 11,33 a 13,00% para DAP (TABELA 5). Valores altos decorrentes das respostas diferenciadas dos genótipos aos estresses de temperaturas e seca, incidência de pragas e doenças, longo ciclo das culturas e devido a erros nas avaliações de campo podem ocasionar maiores magnitudes de $CV_e\%$. Para experimentos em que ocorre competição entre plantas, Pimentel-Gomes e Garcia (2002) recomendam que esse coeficiente fique na ordem de 10 a 20%, considerado baixo. Assim, diante das estimativas obtidas, pode-se confirmar um satisfatório controle ambiental, de modo a diminuir o erro e gerar resultados mais precisos nesse caso.

Os valores do coeficiente de variação relativa (CV_r) foram superiores a 1,0 para ambos caracteres e idades (TABELA 4 e 5), isso pode ser evidenciado uma vez que os coeficientes de variação genotípico do indivíduo (CV_{gi}) foram sempre maiores que o coeficiente de variação experimental (CV_e). Valores superiores ou iguais a 1,0 indicam que a variação genética supera a ambiental, fato desejável no processo de seleção (VENCOSKY, 1987; MASSARO et al., 2010). A magnitude desse parâmetro junto ao número de repetições, segundo Resende e Duarte (2007), pode ser utilizada para inferir sobre a acurácia. Os autores afirmam que elevada acurácia e precisão podem ser conseguidas com CV_r inferior a 1,0, desde que o número de repetições seja superior a cinco.

Tabela 4 – Estimativa dos coeficientes de variância genética aditiva (V_A), variância residual (V_E), variância fenotípica individual (V_F), coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (c_{parc}^2), herdabilidade individual no sentido restrito (h_a^2), coeficiente de variação genética aditiva individual ($CV_{gi}\%$), coeficiente de variação genotípica entre progênies ($CV_{gp}\%$), coeficiente de variação residual (CV_e), coeficiente de variação residual (CV_r), média geral (m) para o caráter altura aos 31, 54, 74 e 99 meses de idade em progênies de cedro australiano.

Parâmetros	31 meses	54 meses	74 meses	99 meses
V_A	0,8827	1,9410	2,4353	3,0251
V_E	0,6658	2,2978	3,4876	4,9482
V_F	2,3432	5,7494	7,7735	10,0096
c_{parc}^2	0,0885	0,1216	0,1106	0,0979
h_a^2	0,3766 ± 0,0669	0,3375 ± 0,0633	0,3132 ± 0,0647	0,3022 ± 0,0633
$CV_{gi}\%$	19,2487	19,1567	17,3483	17,6107
$CV_{gp}\%$	9,6244	9,5783	8,6742	8,8054
$CV_e\%$	11,0405	13,2861	12,1375	12,1136
CV_r	1,7435	1,4419	1,4293	1,4538
Média	4,8809	7,2726	8,9954	9,8763

Fonte: Do Autor, 2017.

Tabela 5 – Estimativa dos coeficientes de variância genética aditiva (V_A), variância residual (V_E), variância fenotípica individual (V_F), coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (c_{parc}^2), herdabilidade individual no sentido restrito (h_a^2), coeficiente de variação genética aditiva individual ($CV_{gi}\%$), coeficiente de variação genotípica entre progênies ($CV_{gp}\%$), coeficiente de variação residual (CV_e), coeficiente de variação residual (CV_r), média geral (m) para o diâmetro à altura do peito aos 31, 54, 74 e 99 meses de idade em progênies de cedro australiano.

Parâmetros	31 meses	54 meses	74 meses	99 meses
V_A	2,6070	6,5928	6,5843	5,9890
V_E	2,5380	8,1325	17,9852	25,9106
V_F	7,2638	20,2372	31,6380	39,7316
c_{parc}^2	0,0600	0,0496	0,0309	0,0182
h_a^2	0,3588 ± 0,0653	0,3257 ± 0,0622	0,2081 ± 0,0528	0,1507 ± 0,0447
$CV_{gi}\%$	24,2978	24,7283	19,7109	17,1126
$CV_{gp}\%$	12,1489	12,3642	9,8554	8,5563
$CV_e\%$	12,7416	12,9988	11,9263	11,3282
CV_r	1,9070	1,9024	1,6527	1,5106
Média	6,6451	10,3835	13,0182	14,3008

Fonte: Do Autor, 2017.

4.1.1 Correlações

A amplitude de variação das correlações fenotípicas (r_F) entre as idades de avaliação foi bastante semelhante para ALT (0,3485) e DAP (0,3443). Já as correlações genotípicas (r_G)

mostraram a mesma tendência, porém com amplitudes menores 0,12 para ALT e 0,11 para DAP, e com valores acima de 0,83. As maiores correlações observadas estão entre as medidas aferidas aos 74 e 99 meses (0,96 ALT e 0,96 DAP) e as correlações mais baixas entre 31 e 99 meses (TABELA 6). Nota-se também que, os coeficientes de correlação genotípica apresentam uma tendência de superarem os coeficientes de correlação fenotípica. Esse fato, se deve, provavelmente, à influência do ambiente sobre o fenótipo de forma que a correlação fenotípica seja afetada pelo ambiente, reduzindo essa correlação, conforme observado por Santos, Rosado e Oliveira (2014).

As estimativas das correlações fenotípicas e genotípicas possibilitam selecionar por meio de características que sejam de fácil medição e que apresentem alta herdabilidade, desde que possuam alta correlação com outra característica que seja de difícil mensuração. As estimativas das r_F entre os caracteres nas diferentes idades variaram de 0,56 (entre 31 e 74 meses) a 0,94 (entre 74 e 74; 99 e 99 meses) e as r_G de 0,80 (entre 31 e 74; 31 e 99 meses) a 0,92 entre (31 e 31; 54 e 54 meses) (TABELA 7). Verifica-se que todas as correlações estimadas foram altas e positivas, fato desejável neste trabalho, pois indica que a seleção de um caráter deve levar a consistentes respostas indiretas nos outros caracteres.

Tabela 6 – Correlações entre as idades para altura (ALT) e para diâmetro à altura do peito (DAP) em cedro australiano. Acima da diagonal encontram-se as correlações genotípicas e abaixo as correlações fenotípicas em progênies de cedro australiano.

ALT	ALT				DAP	DAP			
	31 meses	54 meses	74 meses	99 meses		31 meses	54 meses	74 meses	99 meses
31 meses	1	0,91	0,85	0,84	31 meses	1	0,94	0,92	0,86
54 meses	0,93	1	0,93	0,91	54 meses	0,95	1	0,95	0,90
74 meses	0,62	0,67	1	0,96	74 meses	0,64	0,67	1	0,96
99 meses	0,63	0,67	0,96	1	99 meses	0,64	0,67	0,98	1

Fonte: Do Autor, 2017.

Para eucalipto também se verificaram altas correlações genotípicas e fenotípicas entre caracteres de DAP e altura em diferentes idades (MASSARO et al. 2010; MORAES et al. 2014; PINTO et al. 2014). As principais causas dessa correlação, segundo Falconer e Mackay (1996), são decorrentes da ligação gênica ou pleiotropia. No primeiro caso, ela é transitória, uma vez que o desequilíbrio de ligação é perdido ao longo dos ciclos de reprodução; já no segundo, ela é permanente, é dessa forma, a principal causa da correlação.

Tabela 7 – Correlações fenotípicas (r_F) e genotípicas (r_G) aos 31, 54, 74 e 99 meses entre diâmetro à altura do peito (DAP) e altura (ALT) em progênies de cedro australiano.

ALT	DAP							
	31 meses		54 meses		74 meses		99 meses	
	r_F	r_G	r_F	r_G	r_F	r_G	r_F	r_G
31 meses	0,93	0,92	0,91	0,87	0,64	0,88	0,63	0,84
54 meses	0,89	0,87	0,92	0,92	0,67	0,91	0,66	0,86
74 meses	0,56	0,80	0,58	0,85	0,94	0,89	0,92	0,85
99 meses	0,57	0,80	0,59	0,85	0,93	0,89	0,94	0,88

Fonte: Do Autor, 2017.

4.1.2 Interação genótipos x idades

Por meio das análises de deviance (ANADEV), observa-se a presença de efeitos significativos de progênies, parcelas, interação genótipos x idades (GxI) e o ambiente comum pelo teste da razão da verossimilhança (LRT) a 1% de probabilidade, para diâmetro à altura do peito (DAP) e para altura (ALT) nos diferentes pares de idades com exceção dos pares 54-74, 54-99 e 74-99 meses (TABELA 8).

Tabela 8 – Análise de deviance (ANADEV) para o diâmetro à altura do peito em diferentes pares de idades em progênies de meios-irmãos de cedro australiano em Campo Belo-MG.

(Continua)					
Idade(meses)	Efeitos	DAP		ALT	
		Deviance	LRT ¹	Deviance	LRT ¹
31-54	Modelo	17526,44		10926,96	
	Progênie ⁺	17609,84	83,40**	10997,05	70,09**
	Interação GxI ⁺	17576,77	50,33**	10950,37	23,41**
31-74	Modelo	18569,39		11560,00	
	Progênie ⁺	18633,32	63,93**	11621,76	61,76**
	Interação GxI ⁺	18622,65	53,26**	11608,76	48,76**
31-99	Modelo	19857,9		12888,74	
	Progênie ⁺	19909,88	51,98**	12939,00	50,26**
	Interação GxI ⁺	19924,36	66,46**	12949,49	60,75**
54-74	Modelo	20984,64		13102,04	
	Progênie ⁺	21123,17	138,53**	13162,55	60,51**
	Interação GxI ⁺	20984,66	0,02 ^{NS}	13102,05	0,01 ^{NS}
54-99	Modelo	20984,64		14134,80	
	Progênie ⁺	21134,29	149,65**	14196,05	61,25**
	Interação GxI ⁺	20984,66	0,02 ^{NS}	14135,01	0,21 ^{NS}

Tabela 8 – Análise de deviance (ANADEV) para o diâmetro à altura do peito em diferentes pares de idades em progênie de meios-irmãos de cedro australiano em Campo Belo-MG.

		(Conclusão)			
Idade(meses)	Efeitos	DAP		ALT	
		Deviance	LRT ¹	Deviance	LRT ¹
	Modelo	20758,05		13928,85	
74-99	Progênie ⁺	20915,18	157,13**	13981,88	53,03**
	Interação GxI ⁺	207580,00	-0,05 ^{NS}	13928,84	-0,01 ^{NS}

¹ Teste da razão da verossimilhança, com distribuição com 1 grau de liberdade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de qui-quadrado; ⁺Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos.

Fonte: Do Autor, 2017.

A interação genótipos por idades foi decomposta em parte simples e complexa para todas as interações que apresentaram significância. Observou-se predominância da parte simples em todas as situações, tanto para ALT como para DAP (TABELA 9). Verificou-se que entre 31 e 99 meses ocorrem as maiores estimativas da interação do tipo complexa para o DAP e as menores estimativas ocorrem entre pares de idades mais precoces (31 e 54 meses).

Os maiores valores da contribuição da parte simples, estimados por meio da decomposição, estão em conformidade com as correlações obtidas, em que menores correlações estão associadas a menores percentagens de interações do tipo simples.

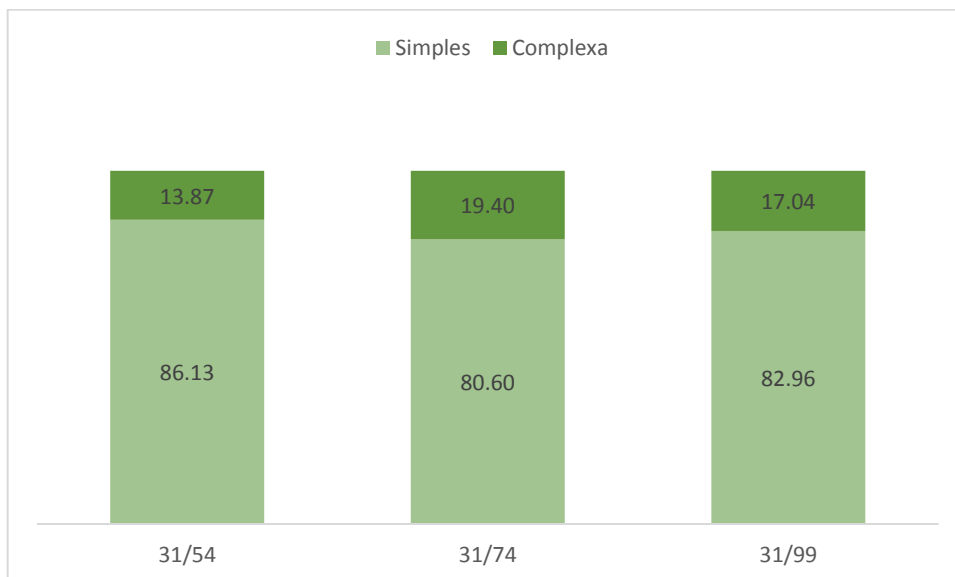
Com base nos resultados, pode-se inferir que, provavelmente, não haverá dificuldade em selecionar genótipos superiores, uma vez que o genótipo com desempenho superior em um ambiente, poderá apresentar o mesmo desempenho em outro ambiente, não alterando a classificação genotípica nos diferentes anos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012; RAMALHO et al., 2012).

Figura 1 – Estimativas em porcentagem da parte simples e parte complexa resultantes da decomposição da interação genótipos por idades para diâmetro à altura do peito (DAP) em progênies de cedro australiano em Campo Belo-MG.



Fonte: Do Autor, 2017.

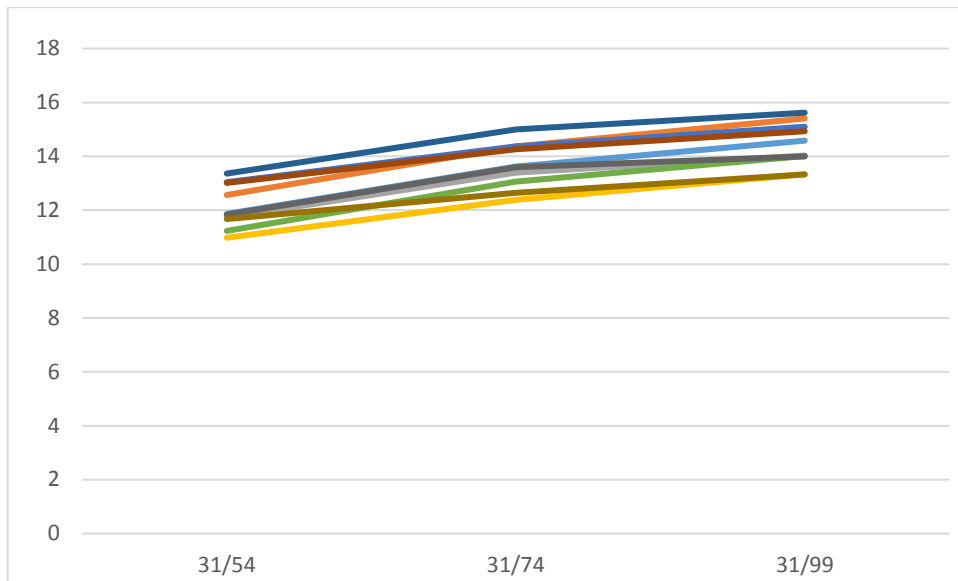
Figura 2 – Estimativas em porcentagem da parte simples e parte complexa resultantes da decomposição da interação genótipos por idades para altura em progênies de cedro australiano em Campo Belo-MG.



Fonte: Do Autor, 2017.

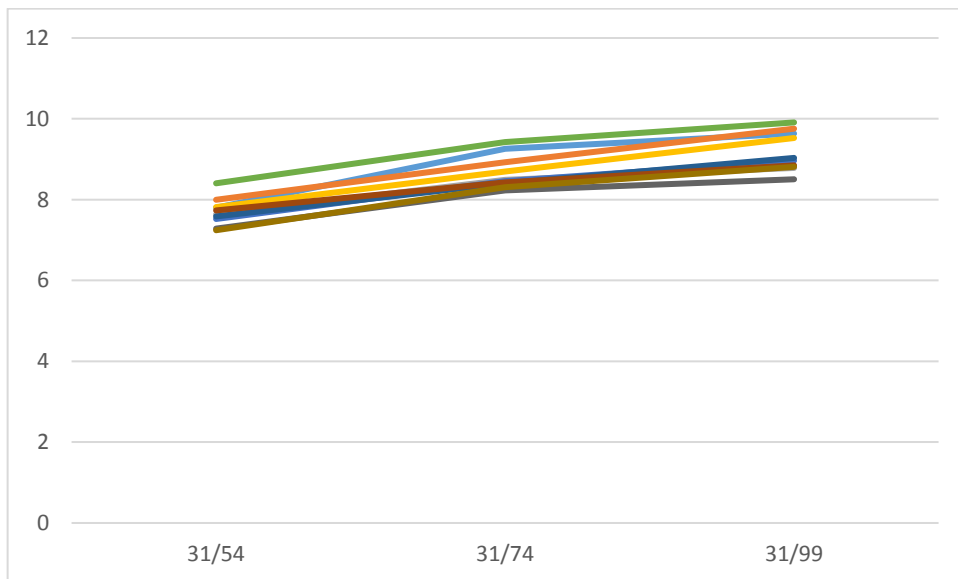
As Figuras 3 e 4 apresentam a interação genótipos x ambientes para os 10 melhores indivíduos selecionados para altos valores de DAP e ALT nos pares de anos em que a interação foi significativa. Observa-se que o melhor indivíduo em um par de ano é também o melhor no último par de ano, tanto para DAP quanto para ALT.

Figura 3 – Estimativas da interação dos 10 melhores indivíduos de cedro australiano, em diferentes pares de idade para DAP, em Campo Belo-MG.



Fonte: Do Autor, 2017.

Figura 4 – Estimativas da interação dos 10 melhores indivíduos de cedro australiano, em diferentes pares de idade para ALT, em Campo Belo-MG.



Fonte: Do Autor, 2017.

4.1.3 Índice de coincidência

Em testes genéticos, com a finalidade de evitar o aumento do erro experimental, não é comum a operação de replantio, uma vez que as condições ambientais ocorridas durante essa operação, podem ser diferentes das ocorridas na época do plantio. É importante salientar, também, que nesses testes, em especial quando se trata de espécies pouco elucidadas ou exóticas, a característica de sobrevivência pode ser muito importante, pois ela pode estar

relacionada à capacidade adaptativa naquele ambiente. A porcentagem de sobrevivência das árvores nos diferentes anos é apresentada na Tabela 9.

Tabela 9 – Porcentagem de sobrevivência de progênies de cedro australiano em diferentes idades em Campo Belo-MG.

Idade (meses)	31	54	74	99
Sobrevivência (%)	85,13	85,13	75,51	76,26

Fonte: Do Autor, 2017.

No intuito de averiguar a eficiência da seleção em diferentes idades foi realizado o índice de coincidência (IC) aplicando três intensidades de seleção (1%, 5% e 10%) tendo como base o número mínimo de árvores sobreviventes. Esse índice possibilita avaliar a proporção de indivíduos superiores em determinada idade que, também, seriam superiores em idades mais avançadas (HAMBLIN; ZIMMERMAN, 1986).

As estimativas do índice de coincidência aumentaram com o incremento do número de indivíduos selecionados, e, com intensidade de 10% todas as estimativas foram superiores a 50% para ambos caracteres. Com intensidade de 1% dos indivíduos vivos, ou seja, 24 árvores selecionadas, para o caráter DAP, observa-se que, em 2010 (31 meses), apenas 11 delas coincidem aos 99 meses (38%). Já com intensidade de 5 e 10%, o valor sobe para 53 e 58%, respectivamente. Para o caráter altura, a coincidência entre os indivíduos em 2010 (31 meses) e 2016 (74 meses) foi menor, com estimativas de 33, 49 e 55%, para intensidade de seleção de 1, 5 e 10% respectivamente (TABELA 10).

Esses resultados ressaltam que existe uma pequena diferença no ranqueamento dos indivíduos, e que uma maneira de atenuar esse efeito, seria realizar uma seleção mais branda das árvores no teste de progênies, torna-se possível desse modo, aumentar a chance de obter indivíduos com elevada performance.

A maior coincidência dos valores de DAP pode ser explicada pela maior facilidade na obtenção de dados e, conseqüentemente, menor erro na mensuração. Diante desses resultados, infere-se que a medição do diâmetro deve ser preferível, uma vez que sua obtenção é mais simples e acarreta em menor erro de estimação.

Nota-se que no caso da coincidência de indivíduos quando se seleciona para DAP em determinada idade e compara-se com ALT na mesma idade ou idade diferente ou o inverso, apresentaram a mesma tendência. Uma vez que a intensidade de seleção seja de 10%, a seleção de indivíduos com base no DAP aos 74 meses terá eficiência alta para seleção em ALT, pois o índice de coincidência foi superior a 75% (TABELA 11). A partir dessa

estimativa, pode-se inferir que não seria necessário esperar dois anos para realizar a seleção, de modo, a reduzir tempo e custo.

Tabela 10 – Percentagens de coincidências entre árvores selecionadas pelo ranqueamento considerando cada idade, em diferentes intensidades de seleção, para diâmetro à altura do peito (DAP) e altura (ALT) em progênies de cedro australiano.

Idade 1 (meses)	Idade 2 (meses)	DAP			ALT		
		Intensidade de seleção (%)			Intensidade de seleção (%)		
		1	5	10	1	5	10
31	54	52,38	75,44	77,78	42,86	45,61	65,28
54	74	52,38	55,26	54,63	33,33	52,63	52,78
74	99	80,95	88,60	94,44	57,14	75,44	81,02
31	74	42,86	53,51	57,41	28,57	51,75	58,33
54	99	42,86	58,77	54,63	38,10	48,25	50,93
31	99	38,10	52,63	57,87	33,33	49,12	54,63

Fonte: Do Autor, 2017.

Tabela 11 – Percentagens de coincidências entre árvores selecionadas pelo ranqueamento do diâmetro à altura do peito (DAP) e a coincidência do ranqueamento da altura (ALT) em diferentes idades e diferentes intensidades de seleção em progênies de cedro australiano.

DAP (meses)	ALT (meses)	Intensidade de seleção (%)		
		1	5	10
31	31	23,81	62,28	70,37
31	54	33,33	65,79	62,04
31	74	33,33	62,28	49,54
31	99	47,62	64,91	47,22
54	74	19,05	60,53	46,76
54	99	33,33	66,67	46,76
74	99	42,86	72,81	75,93
99	99	42,86	72,81	77,31

Fonte: Do Autor, 2017.

4.1.4 Ganho de seleção e herdabilidade realizada

Verificou-se que os ganhos com a seleção e as herdabilidades realizadas em diferentes idades, em relação aos indivíduos com 31 meses, apresentaram redução em ambos caracteres para as diferentes intensidades de seleção (TABELAS 12 e 13).

Os maiores ganhos genéticos e herdabilidade realizadas são obtidos para o DAP, o que pode ser explicado pela alta variação genética aditiva exibida por esse caráter, em relação à altura. Esse fato, também, foi observado por Massaro et al. (2010) em testes clonais de eucalipto e por Neto, Castro e Bianchetti (2003) em famílias de meios-irmãos de taxi-branco.

Nota-se que, adotando uma alta intensidade de seleção (1%), os ganhos obtidos são de maior magnitude, uma vez que foram selecionados indivíduos com maior desempenho e, evidentemente, que contribuem para uma maior média populacional. Observa-se que com o avanço das idades, o ganho é reduzido assim como a herdabilidade realizada em ambos caracteres.

Tabela 12 – Estimativas do ganho com a seleção em porcentagem (GS%) e a herdabilidade realizada ($h_{R_{ij}}^2$) na idade j para diferentes intensidades de seleção para o caráter altura em progênies de cedro australiano.

Idade (meses)	1%		5%		10%	
	GS(%)	$h_{R_{ij}}^2$ (%)	GS(%)	$h_{R_{ij}}^2$ (%)	GS(%)	$h_{R_{ij}}^2$ (%)
54	43,40	84,46	37,45	82,72	32,73	79,87
74	39,08	76,06	33,11	73,13	29,48	71,94
99	36,97	71,95	32,81	72,45	29,39	71,77

Fonte: Do Autor, 2017.

Tabela 13 – Estimativas do ganho com a seleção em porcentagem (GS%) e a herdabilidade realizada ($h_{R_{ij}}^2$) na idade j para diferentes intensidades de seleção para o caráter diâmetro à altura do peito em progênies de cedro australiano.

Idade (meses)	1%		5%		10%	
	GS(%)	$h_{R_{ij}}^2$ (%)	GS(%)	$h_{R_{ij}}^2$ (%)	GS(%)	$h_{R_{ij}}^2$ (%)
54	69,46	93,71	61,12	82,46	54,67	73,76
74	60,82	82,05	53,93	72,76	48,09	64,87
99	53,45	72,11	48,16	64,97	44,33	59,81

Fonte: Do Autor, 2017.

5 CONCLUSÕES

As progênies avaliadas apresentaram variabilidade, porém a seleção deve ser realizada com cautela, uma vez que a herdabilidade não foi tão expressiva para os caracteres, principalmente, para as idades mais avançadas.

Os métodos utilizados não apresentaram concordância com relação à idade ideal para se realizar a seleção. A partir da correlação genética, 31 meses já se tem boa eficiência da seleção, pelo índice de coincidência isso ocorre aos 74 meses.

A interação genótipos X idades é, predominantemente, do tipo simples.

REFERÊNCIAS

- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 3. ed., 500p., 2001.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 6. ed., 523p., 2013.
- BRAGA, M. de M.; FURTINI NETO, A. E.; OLIVEIRA, A. H. Influence of Base Saturation in Quality and Growth of Australian Cedar. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 49–58, 2015.
- BRISTOW, M.; ANNANDALE, M.; BRAGG, A. **Growing rainforest timber trees : a farm forestry manual for north queensland**. RIRDC, 77p., 2005.
- BYGRAVE, P.; BYGRAVE, F. Growing Australian Red Cedar. **Rirdc**, v. 4, n. 135, p. 60, 2005.
- CORNACCHIA, G.; CRUZ, C. D.; PIRES, I. E. Estimativas do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedências de *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguluz & Perry e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret & Golfari. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, p. 333–345, 1995.
- CRUZ, C. D. **Programa genes: biometria**. Viçosa:UFV, 382p., 2006.
- CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 38, n. 219, p.422-430, 1991.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa:UFV, 2. ed. 585p., 2006 .
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 4. ed., 514p., 2012.
- FARIAS, E. S. **Seleções em teste de origem e progênes de *Toona ciliata* M. Roemer Var. *Australis*, para densidade da madeira em avaliações destrutivas e não destrutivas** 2013. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- FALCONER, D.S.; MACKAY, T. . **Introduction to quantitative genetics**. Londres: L. Group, 4^a ed. 464p., 1996.
- FERREIRA, P. V. **Melhoramento de plantas: estimação dos parâmetros genéticos**. Maceió-AL: Edufal, 279p., 2006.
- GOUVÊA, C. F.; DORNELAS, M. C.; RODRIGUEZ, A. P. M. Floral development in the Tribe *Cedreleae* (Meliaceae, Sub-family Swietenioideae): *Cedrela* and *Toona*. **Annals of Botany**, London, v. 101, p. 39-48, 2008.
- HAMBLIN, J. E.; ZIMMERMAN, M. J. de O. Breeding common bean for yield in mixtures. **Plant Breeding Reviews**, v. 4, n. 8, p. 245–272, 1986.

KAGEYAMA, P. Y.; VENCOVSKY, R. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **Ipef**, Piracicaba, n. 24, p. 9–26, 1983.

KALIL FILHO, A. N.; WENDLING, I. Produção de mudas de cedro australiano. **Comunicado 309 Técnico**., Colombo:Embrapa, p. 1–5, 2012.

KUBOTA, T. Y. K.; MORAES, M. A. de; SILVA, E. C. B. da; PUPIN, S.; AGUIAR, A. V.; MORAES, M. L. T. de; FREITAS, M. L. M.; SATO, A. S.; MACHADO, J. A. R.; SEBBENN, A. M. Variabilidade genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Balfourodendron riedelianum* (Engler). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 407–415, 2015.

MASSARO, R. A. M.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; DE PAULA, R. C. VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA SELEÇÃO PRECOCE EM TESTES CLONAIIS DE *Eucalyptus* spp. **Ciencia Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 597–609, 2010.

MIRANDA, A. C.; MORAES, M. L. T. de; SILVA, P. H. M. da; SEBBENN, A. M. Ganhos genéticos na seleção pelo método do índice multi-efeitos em progênies polinização livre de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 203–209, 2015.

MORAES, C. B. de; FREITAS, T. C. M. de; PIERONI, G. B.; RESENDE, M. D. V. de; ZIMBACK, L.; MORI, E. S. Estimativas de parâmetros genéticos para seleção precoce de clones de *Eucalyptus* para região com ocorrência de geadas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 219–227, 2014.

MORI, E. S.; LELLO, L. R. B. DE; KAGEVAMA, P. Y. Efeitos da interação genótipo x ambiente em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ipef**, Piracicaba, n. 33, p. 19–25, 1986.

MÜLLER, J. S.; GOMES, M. A.; COUTO, L.; PINHEIRO, A. L.; ALVARENGA, A. D. P.; LANI, J. L.; VALE, A. B. do. Sistemas agroflorestais com café (*Coffea arabica* L .) e (F . Muell .) Bahadur) na Zona da Mata de Minas Gerais. **Agrossilvicultura**, v. 1, n. 1, p. 51–60, 2004.

MURAKAMI, C. H. G. Boletim Florestal : Cedro Australiano, valorização de espécies nobres. **Boletim Florestal: Informativo Florestal do Norte Pioneiro**, v. 7, p. 2–4, 2008.

NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001.

NASSUR, O. A. C.; ROSADO, L. R.; ROSADO, S. C. da S.; CARVALHO, P. M. de. Qualidade de toras de variações na qualidade de toras de *Toona ciliata* M. Roem. com dezoito anos de idade .**Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 43–49, 2013.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 49, n. 1, p. 40–48, 2014.

NETO, J. T. de F.; CASTRO, Va. W. V. de; BIANCHETTI, A. Aplicação da seleção precoce em famílias de meios irmãos de taxi-branco. **Acta Amazônica**, Belém, v. 33, n. 1, p. 85–91, 2003.

ODA, S.; MENCK, A. L. de M.; VENCOVSKY, R. Problemas No Melhoramento Genético Clássico Do Eucalipto Em Função Da Alta Intensidade De Seleção. **Ipef**, Piracicaba, v. 41–42, p. 8–17, 1989.

PEREIRA, M. B.; VENCOVSKY, R. Limites da seleção recorrente: Fatores que afetam o acréscimo das frequências alélicas. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 23, n. 7, p. 769–780, 1988.

PEREZ, J.; EIGENBRODE, S.; HILJE, L.; TRIPEPI, R.; AGUILAR, M. E.; MESÉN, F. Leaves from grafted Meliaceae species affect survival and performance of *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. **Journal of Pest Science**, v. 83, n. 2, p. 95–104, 2010.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: Fealq, 2002.

PINHEIRO, A. L.; LANI, J. L.; COUTO, L. **Cedro australiano: cultivo e utilização**. Viçosa: NEPUT, 2003.

PINTO, D. S.; RESENDE, R. T.; MESQUITA, A. G. G.; ROSADO, A. M.; CRUZ, C. D. Seleção precoce para características de crescimento em testes clonais de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 251–257, 2014.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. de F. B.; SANTOS, J. B. dos; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Editora Ufla, 522p., 2012.

RESENDE, M. D. V. **Software selegen-reml/blup : sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Florestas, 359p., 2007.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182–194, 2007.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Tecnológica, 975p., 2002.

RIBEIRO, A. de O.; MENDES, L. M.; MORI, F. A.; ZIECH, R. Q. de S.; MENDES, R. F. Variação da densidade básica da madeira de *Toona ciliata* Roem cultivada em diferentes localidades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 359–366, 2011.

ROBERTSON, A. **Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations biometrical genetics**. New York: Press, 186p., 1959.

ROBINSON, H. F.; COCKERHAM, C. C. Estimación y significado de los parâmetros genéticos. **Fitotecnia Latino-Americana**, v. 2, p. 23–28, 1965.

- ROCHA, M. das G. de B.; PIRES, I. E.; RODRIGO BARROS ROCHA, A. X.; CRUZ, C. D. Avaliação genética de progênies de meio-irmãos de *Eucalyptus grandis* por meio dos procedimentos REML/BLUP e da ANOVA. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 71, p. 99–107, 2006.
- ROSADO, L. R. **Parâmetros genéticos em teste de procedências e progênies de *Toona ciliata* M. Roemer Var. *Australis***. 2015. 68p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SANTOS, A. M.; ROSADO, S. C. da S.; OLIVEIRA, A. N. Estimation of genetic parameters and verification of early selection efficiency in baru (*Dipteryx alata*). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, p. 238–243, 2014.
- SILVA, G. C.; OLIVEIRA, F. J.; MELO, L. J. O. T. Seleção de genótipos de cana-de-açúcar via interação x ciclos de colheitas na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, p. 184-188, 2015.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em apg ii**. 2. ed., Nova Odessa: Plantarum, 491p., 2008.
- SOUZA, J. C. A. V. de; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. de A. **Cedro australiano (*Toona ciliata*)**. Niterói: Rio Rural, 2010.
- VENCOVSKY, R. **Princípios da genética quantitativa**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, 97p., 1977.
- VENCOVSKY, R. **Melhoramento e produção de milho no brasil**. Herança quantitativa. In: Parteniani, E.; Viegas, G.P. (Ed.), Campinas: Fundação Cargill, p.137-214, 1987.
- VIEIRA, C. T. **Morfologia e viabilidade de grãos de pólen armazenado de *Toona ciliata* M. Roemer (Meliaceae)**. 2013. 51p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.