

MICHELLE BRANDÃO DAMACENA

**MELHORAMENTO PARA REDUÇÃO DE KINO EM CLONES HÍBRIDOS
DE *Corymbia* sp. E *Eucalyptus* sp.**

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

Orientador: Leonardo Lopes Bhering

Coorientador: Gleison Augusto dos Santos

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

D154m
2019
Damacena, Michelle Brandão, 1990-
Melhoramento para redução de kino em clones híbridos de
Corymbia sp. e *Eucalyptus* sp. / Michelle Brandão Damacena. –
Viçosa, MG, 2019.
84 f.: il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Leonardo Lopes Bhering.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Biologia Geral, 2019.

Inclui bibliografia.

1. Florestas - Melhoramento genético. 2. Gomose.
3. Seleção de plantas - Melhoramento genético. I. Bhering,
Leonardo Lopes. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Biologia Geral. Programa de Pós-Graduação
em Genética e Melhoramento. III. Título.

CDD 22. ed. 634.956

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto CRB6 2523

MICHELLE BRANDÃO DAMACENA

**MELHORAMENTO PARA REDUÇÃO DE KINO EM CLONES HÍBRIDOS
DE *Corymbia* sp. E *Eucalyptus* sp.**

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

APROVADA: 09 de julho de 2019.

Michelle Brandão Damacena
Autora

Leonardo Lopes Bhering
Orientador

*“Não importa onde você dormiu
não importa o tamanho da sua cama
não importa o tamanho do seu sonho
Ao acordar não importa como levantar,
mas sim a forma com que vai viver este dia,
fazendo dele o melhor dia da sua vida
diante e perante a sua flor bela
de seu jardim imaginário.”*

Chiquinho da Floresta, 2019.

Aos meus pais, Itamar e Maria, pelos valores ensinados, mostrando sempre que as conquistas são frutos de muito trabalho, força de vontade, humildade e honestidade. A minha filha que sempre foi minha inspiração para cada dia ser melhor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por iluminar meus passos e acalmar meu coração diante às dificuldades.

Aos meus pais pela educação, pelo amor incondicional, pelas orações, pela preocupação ao longo desses anos e por acreditarem em meus sonhos.

A minha filha que me motiva sempre buscar ser melhor por ela e que soube entender com carinho o porquê de, às vezes, não ser tão presente. Obrigada por me motivar na luta pelos meus objetivos e por ter tanto orgulho e admiração.

A Universidade Federal de Viçosa (UFV) que tem sido minha casa desde a graduação, me fez estudar, saber, agir e vencer.

Ao Departamento de Engenharia Florestal e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento da UFV, ao quais me proporcionaram essa grande realização.

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

A ArcelorMittal Bioflorestas pelo apoio financeiro e disponibilidade para execução da pesquisa, em especial ao CTMF.

A Sociedade de Investigações Florestais pelo apoio logístico e financeiro para a execução da pesquisa.

Ao meu orientador Leonardo Lopes Bhering pela orientação, ensinamentos e paciência.

Ao meu coorientador Glêison Augusto dos Santos pelos ensinamentos e oportunidades, que com certeza estão me fazendo crescer muito profissionalmente.

Aos meus conselheiros, Rodrigo Alves e Marcos Deon Vilela de Resende os quais sempre tive grande respeito e admiração.

Aos amigos, Alexandre Ferraz e Pedro Lacerda, por toda ajuda durante a implantação e avaliação do experimento.

A minha irmã Fernanda e meu cunhado Gustavo por nunca me negarem ajuda e pela preocupação.

As minhas amigas, em especial a Nilmara que foi meu ombro amigo e apoio nos momentos de desespero.

Aos colegas e amigos do Grupo de pesquisa Genética e Melhoramento Florestal (GenMFlor) e do Grupo de estudo em Genética e Melhoramento (Genmelhor), pelas experiências vividas e pelo apoio nos momentos difíceis.

Ao meu orientador de Iniciação Científica, Acelino Couto Alfenas, que me ajudou nos primeiros passos na academia e pesquisa, o qual me fez apaixonar pelo melhoramento.

A toda minha família, que sempre foi muito unida, a qual me proporciona momentos de distração e relaxamento. Em especial, a minha madrinha Márcia Brandão, que além de tudo sempre me apoiou na vida acadêmica.

A todos os amigos de vida.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão de mais esta etapa, meus sinceros agradecimentos!

MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

MICHELLE BRANDÃO DAMACENA, filha de Itamar Fialho Damacena e Maria das Graças Brandão Damacena, nasceu em 10 de julho de 1990, em Viçosa, Minas Gerais.

Concluiu o 2º grau em 2010, no Centro Educacional Rainha da Paz, em Teixeiras, Minas Gerais.

Em julho de 2011, ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – UFV, campus Viçosa, concluindo o curso em julho de 2017.

Em agosto de 2017, iniciou seus estudos no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento pela Universidade Federal de Viçosa – UFV, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	13
REVISÃO DE LITERATURA	16
1. Gênero <i>Corymbia</i>	16
2. Híbridos de <i>Corymbia</i>	18
3. kino em <i>Eucalyptus</i> sp. e <i>Corymbia</i> sp.....	19
4. Análises genéticas via modelos mistos	20
REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO 1.....	24
RESUMO	24
ABSTRACT	25
1. Introdução.....	26
2. Material e métodos	28
2.1. Delineamento experimental e materiais genéticos.....	28
2.2. Análise estatística	32
3. Resultados	35
4. Discussão	39
5. Conclusões.....	42
6. Referências.....	43
CAPÍTULO 2.....	46
RESUMO	46
ABSTRACT	47
1. Introdução.....	48
2. Material e métodos	49
2.1. Delineamento experimental e materiais genéticos.....	49
2.3. Metodologia para avaliação da produção de kino.....	52
2.4. Análise estatística	53
3. Resultados	55
4. Discussão	61

5. Conclusões.....	64
6. Referências.....	65
CONCLUSÕES GERAIS.....	69
APÊNDICES.....	71
APÊNDICE – Capítulo 1.....	72
APÊNDICE – Capítulo 2.....	80

RESUMO

DAMACENA, Michelle Brandão, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2019. **Melhoramento para redução de kino em Clones híbridos de *Corymbia* sp. e *Eucalyptus* sp.** Orientador: Leonardo Lopes Bhering. Coorientador: Gleison Augusto dos Santos.

As espécies do gênero *Corymbia* e seus híbridos apresentam alto crescimento e alta densidade da madeira, resistência ao “distúrbio fisiológico” e à maioria das pragas e doenças que causam danos às florestas de eucalipto. Contudo, a maioria dos genótipos apresenta exsudação de kino. A seleção de genótipos com menor exsudação de kino é uma alternativa viável, porém, é necessário considerar a produtividade, visto que o desafio principal do melhoramento florestal é a aumento da sua produtividade. Dessa forma este trabalho objetivou estudar diferentes metodologias de avaliação da produção de kino visando seleção genética e selecionar clones com menor exsudação de kino e maior produtividade. Aos 32 meses avaliou-se o incremento médio anual (IMA) e a incidência (I1 e I2), comprimento (C1 e C2) e peso do kino pelas metodologias do pilodyn com casca (1) e pilodyn sem casca (2) em 21 clones híbridos, sendo 16 de *Corymbia* e 5 de *Eucalyptus* spp. Os efeitos de clone foram significativos para todas as características ao nível de probabilidade de 5% pelo teste LRT, com exceção da característica C2. As características da metodologia 1, apresentaram maiores valores de herdabilidade e acurácia, sendo a característica I1, a que apresentou os melhores resultados (0,2976 e 0,8995, respectivamente), sendo a mais indicada para avaliação de kino. Dessa forma, para construir o índice de seleção, utilizou-se a incidência da metodologia 1 (I1) e o incremento médio anual (IMA). A correlação entre estas características foram positivas. O ganho (%) com a seleção dos 5 primeiros colocados em relação a média da população foi de 22,25 para IMA e 3,38 para I. O ganho genético para ambas as características foi positivo, sendo uma estratégia viável para o melhoramento das espécies do gênero *Corymbia*.

Palavras-chave: Gomose. Melhoramento florestal. Seleção simultânea.

ABSTRACT

DAMACENA, Michelle Brandão, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2019. **Breeding for kino reduction in hybrids clones of *Corymbia* sp. and *Eucalyptus* sp.** Advisor: Leonardo Lopes Bhering. Co-advisor: Gleison Augusto dos Santos.

Species of the genus *Corymbia* and its hybrids exhibit high growth and high wood density, resistance to "physiological disturbance" and most of the pests and diseases that cause damage to eucalyptus forests. However, most genotypes exhibit kino exudation. The selection of genotypes with lower kino exudation is a viable alternative, however, it is necessary to consider productivity, since the main challenge of forest improvement is to increase its productivity. In this way, this work aimed to study different methodologies of evaluation of kino production for genetic selection and to select clones with lower kino exudation and higher productivity. The mean annual increment (IMA) and incidence (I1 and I2), length (C1 and C2) and weight of kino were evaluated by the methodologies of pilodyn with bark (1) and pilodyn without bark (2) in 21 hybrid of *Corymbia* spp. and hybrids of *Eucalyptus* spp. The clone effects were significant for all characteristics at the 5% probability level by the LRT test, with the exception of characteristic C2. The characteristics of methodology 1 presented higher values of heritability and accuracy, with I1 being the one with the best results (0.2996 and 0.8995, respectively), being the most indicated for kino evaluation. Thus, to construct the selection index, we used the incidence of methodology 1 (I1) and the mean annual increment (IMA). The correlation between these characteristics was positive. The gain (%) with the selection of the first 5 placed in relation to the mean of the population was of 22.25 for IMA and 3.38 for I. The genetic gain for both characteristics was positive, being a viable strategy for the improvement of the species of the genus *Corymbia*.

Keywords: Gummy disease. Forest breeding. Simultaneous selection.

PREÂMBULO

O presente trabalho de mestrado está organizado em 05 seções, com os seguintes tópicos:

- 1) Introdução geral: contextualização da importância do trabalho para o avanço em pesquisas relacionadas ao uso de espécies do gênero *Corymbia* no setor florestal;
- 2) Revisão Bibliográfica: Abordagem das principais pesquisas relacionadas às espécies e híbridos de *Corymbia*, ao kino e melhoramento genético desse gênero visando redução de kino;
- 3) Capítulos:
 - Metodologias para avaliação de kino em híbridos de *Corymbia*, visando seleção genética para redução do kino na madeira;
 - Seleção simultânea para características de crescimento e produção de kino em clones híbridos de *Corymbia* e *Eucalyptus*;
- 4) Conclusões gerais: análise final das diferentes seções, ressaltando os principais pontos relevantes do trabalho, de acordo com os objetivos propostos;
- 5) Material suplementar para suportar informações mais detalhadas sobre os capítulos 1 e 2.

SEÇÃO 1
INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

O setor florestal brasileiro é atualmente um dos mais importantes no cenário mundial. A produtividade das florestas de eucalipto saltou de aproximadamente 17 m³/ha/ano em 1960 para, em média, 36,7 m³/ha/ano em 2016 (IBÁ, 2017). O melhoramento genético, aliado ao desenvolvimento das técnicas de clonagem, ao manejo cultural e aos investimentos em pesquisa contribuíram para esse expressivo aumento da produtividade (Castro et al, 2016; Gonçalves et al., 2008).

A expansão para novas áreas menos produtivas, as pragas e doenças, o distúrbio fisiológico, o déficit hídrico, tem se tornado importantes desafios para o aumento e até mesmo a manutenção da produtividade florestal (Assis, 2014). As espécies do gênero *Corymbia*, principalmente os híbridos de *C. torelliana* x *C. citriodora*, tem representado uma alternativa no enfrentamento desses desafios.

Híbridos de *Corymbia* apresentam alto crescimento e alta densidade da madeira. São tolerantes ao “distúrbio fisiológico” e à maioria das pragas e doenças que causam danos às florestas de eucalipto. Além disto, são mais tolerantes ao vento e apresentam menores custos com tratos culturais, pois fecham as copas precocemente, dominando bem a matocompetição (Assis, 2014).

Contudo, as espécies do gênero *Corymbia* apresentam a desvantagem de serem altamente reativas aos efeitos do meio. Adversidades do clima, ventos fortes e ferimentos causados por insetos e danos mecânicos são gatilhos para a produção de kino na madeira (Assis, 2014). Este kino pode ficar retido no lenho na forma de bolsas e veios ou pode exsudar para o exterior da casca e em contato com o ar, se torna vítrea (Tippet,1986).

Segundo Hillis (1972), a inclusão de kino na madeira é a mais séria forma de defeito na madeira e diminui significativamente a qualidade e a quantidade de polpa para celulose. Na madeira serrada ocorre desvalorização das tábuas e para o carvão vegetal e bioenergia deve-se ter estudos sobre o impacto dessas bolsas de kino (Assis,2014).

No Brasil, o exsudato, quando não associado a danos mecânicos ou ação de agentes biológicos, é chamado de "gomose do eucalipto" ou "pau-preto" e é atribuído a problemas fisiológicos (Ferreira, 1989).

A seleção de genótipos, considerando a produção de kino no programa de melhoramento, pode ser uma alternativa viável. Contudo, a obtenção de genótipos com menor porcentagem de exsudação de kino, porém, com maior produtividade é necessário,

visto que o desafio principal do melhoramento florestal é a aumento da produtividade florestal.

A aplicação do índice de seleção pode ser empregada em casos em que a seleção considera duas ou mais características simultaneamente. Dessa maneira, essa ação pode contribuir para a maximização do custo/benefício do programa de melhoramento (Resende et al., 2014).

Contudo, ainda não existe uma metodologia para estimar esta característica. Assim, o objetivo foi estudar metodologias de avaliação da produção de kino em resposta às condições de estresse visando seleção genética e selecionar clones híbridos de *Corymbia* com menor produção de kino e maior produtividade via índice multiplicativo (Subandi, 1973)

SEÇÃO 2
REVISÃO DE LITERATURA

REVISÃO DE LITERATURA

1. Gênero *Corymbia*

O gênero *Corymbia* pertence à família *Myrtaceae* e compreende 113 espécies que eram classificadas no gênero *Eucalyptus* até os anos 1990 (Rozefelds, 1996). De acordo com o mesmo autor, estudos realizados a partir dos anos 1970 apontaram que o gênero até então conhecido como *Eucalyptus* não era um agrupamento taxonômico natural. Novas pesquisas indicaram a existência de duas linhagens principais. A primeira inclui os até então subgêneros *Angophora* e *Corymbia*, enquanto a outra compreende o subgênero *Eucalyptus*.

Uma importante diferenciação botânica entre os novos gêneros *Eucalyptus*, *Corymbia* e *Angophora* é em relação às pétalas e sépalas de suas flores. Nas espécies do gênero *Eucalyptus*, elas são fundidas em um ou dois opérculos que cobrem os estames e o ovário, enquanto o gênero *Angophora* apresenta sépalas e pétalas livres. Em *Corymbia*, também existe a formação de opérculos, mas estes apresentam evolução independente do que é observado em *Eucalyptus* (Rozefelds, 1996).

As espécies do gênero *Corymbia* mais relevantes e que representam um importante componente para produção de madeira comercial na Austrália, pertencem à seção *Maculatae* sendo conhecidas vulgarmente como “spotted gum”, incluindo as espécies *C. citriodora* subsp. *citriodora*, *C. citriodora* subsp. *variegata*, *C. maculata* e *C. henryi* (Maraseni et al., 2009). No Brasil, atualmente, destaca-se a utilização das espécies *C. citriodora* e *C. torelliana* para a formação de híbridos e materiais clonais destinados ao uso bioenergético.

A espécie *Corymbia citriodora* (Hook) K.D. Hill & L.A. Johnson, cresce em cristas e colinas íngremes em solos argilosos, mas também ocorre em solos de basalto (Boland et al., 2006). Toleram uma variação de chuvas entre 600 a 2.000 mm/ano, com as chuvas concentradas no verão (Figura 1). A madeira da *C. citriodora* apresenta elevada densidade sendo excelente para uso energético, dormentes, postes, mourões e para serraria (Mora e Garcia, 2000).

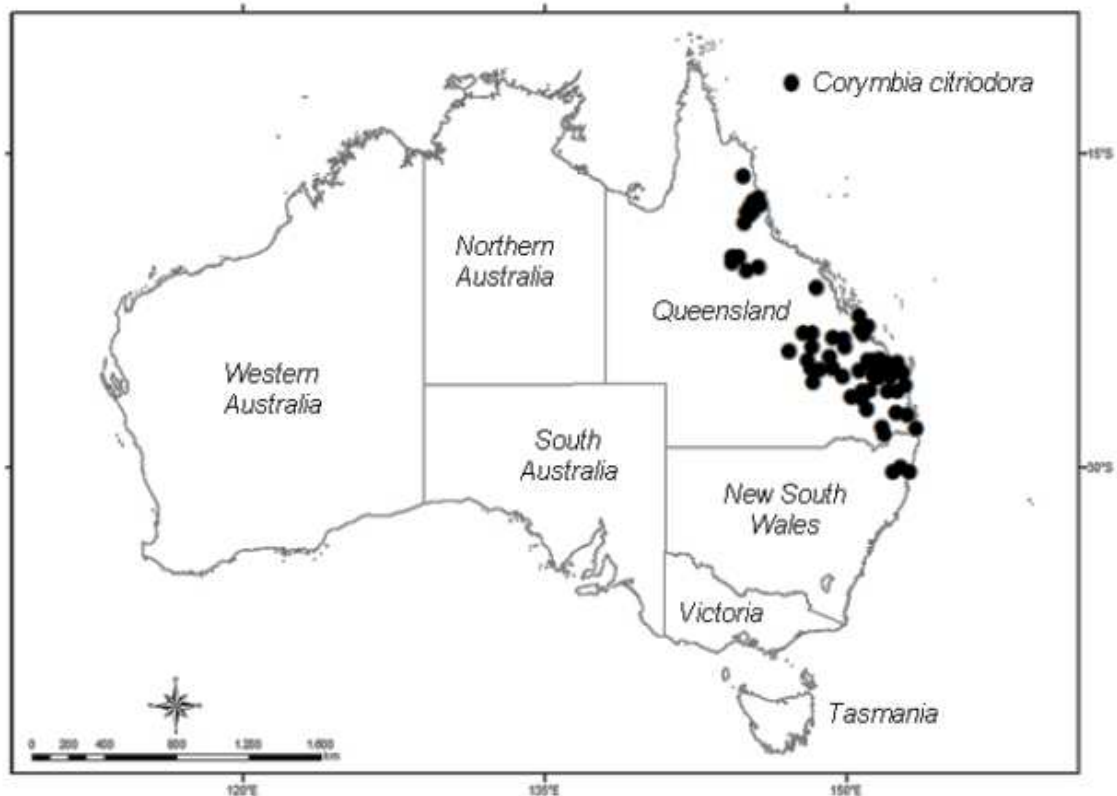


Figura 1: Área de ocorrência natural da espécie *Corymbia citriodora* na Austrália. Fonte: Reis et al, 2013.

A espécie *Corymbia torelliana* (F. Muell) K.D. Hill & L.A. Johnson, é uma espécie nativa de uma pequena área ao norte de Queensland na Austrália (Figura 2), situada entre 16° e 19° S de latitude, entre Ingham, Port Douglas e Atherton, desde o nível do mar até uma altitude de 750 m, sendo o clima dessa área o tropical úmido, sem ou com pequeno déficit hídrico (Golfari et al., 1978).

Em outras regiões, fora de sua ocorrência natural, foi observado que a espécie *C. torelliana* tolera condições adversas, como o frio e calor excessivos, ventos fortes, poluição atmosférica e solos áridos (Hodel, 2012). Possui características desejáveis como resistência à doenças e pragas, resistência a geadas, rápido crescimento e, bom enraizamento.

De modo geral, as espécies do gênero *Corymbia* são consideradas de difícil propagação e apresentam baixos índices de enraizamento, com exceção do *C. torelliana*. De acordo com Reis et al. (2014), a espécie *C. torelliana* possui a maior capacidade de enraizamento em relação a outras espécies pertencentes ao gênero.

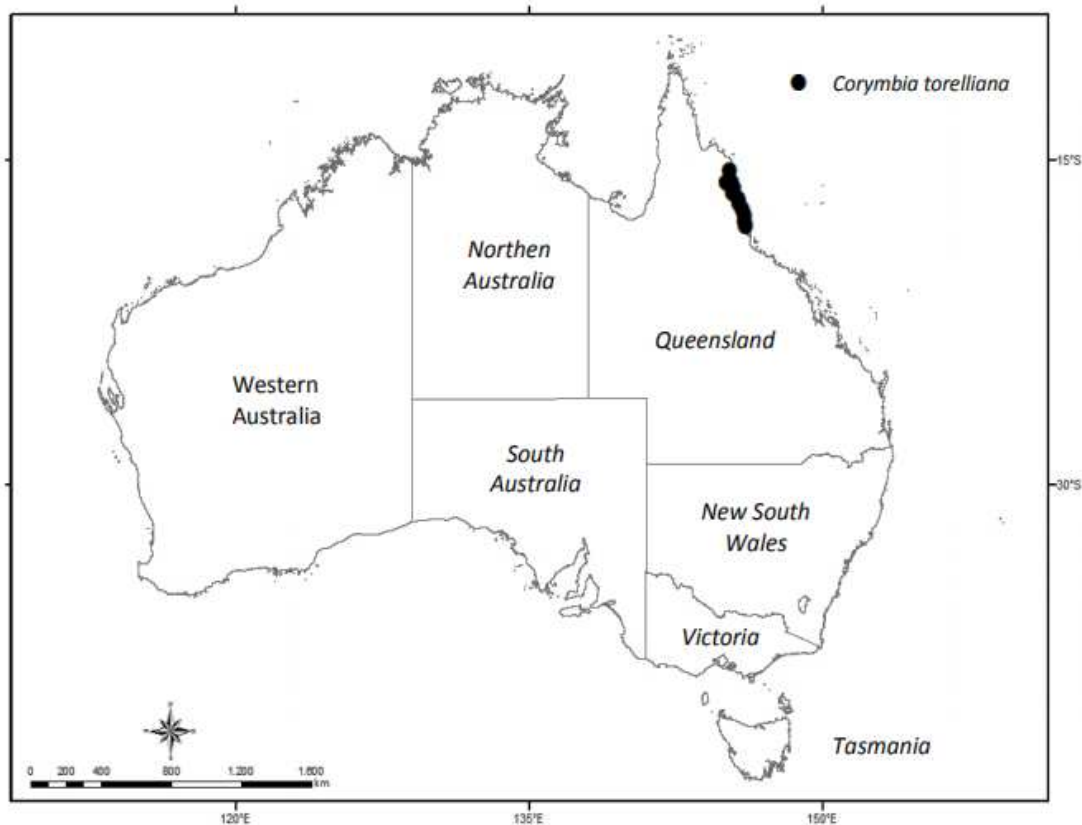


Figura 2: Área de ocorrência natural da espécie *Corymbia torelliana* na Austrália. Fonte: Reis et al, 2014.

2. Híbridos de *Corymbia*

O gênero *Corymbia* tem despertado interesse de alguns pesquisadores e empresas do setor florestal, em virtude dos híbridos produzirem madeira de alta qualidade, apresentarem resistência a pragas e doenças e por possuir boa tolerância a extremos climáticos (Lee et al., 2010). Os híbridos entre as espécies de *Corymbia* são cruzamentos ainda pouco explorados, mas podem constituir-se numa importante estratégia para obtenção de biomassa para energia, uma vez que, a maioria das espécies, assim como seus híbridos, apresenta alta densidade básica da madeira (Resende et al., 2014).

A manifestação de heterose é comum nos híbridos de *Corymbia*, podendo ser fator importante para o aumento da produtividade florestal por meio da clonagem dos melhores indivíduos de maior incremento (Assis, 2014). Os híbridos de *Corymbia*, denominados de “Torelliodora”, cujos cruzamentos são das espécies *C. torelliana* com o *C. citriodora*, constituem materiais genéticos promissores em razão de apresentarem alta densidade básica, boa resistência a déficit hídrico, e alguns plantios em Minas Gerais apresentarem bom crescimento (Valente, 2017).

De modo geral, as espécies do gênero *Corymbia* são consideradas de difícil propagação vegetativa e apresentam baixos índices de enraizamento das miniestacas, com exceção do *C. torelliana*. De acordo com Reis et al. (2014), a espécie *C. torelliana* possui a maior capacidade de enraizamento em relação a outras espécies pertencentes ao gênero. Entretanto, há variabilidade para essa característica entre árvores e valores acima de 80% podem ser alcançados. De acordo com os mesmos autores, observa-se efeito materno no enraizamento de híbridos utilizando a espécie *C. torelliana*. Ao se utilizar esta espécie como genitor feminino, há maior quantidade de clones com níveis de enraizamento satisfatório para a produção comercial de mudas clonadas (Assis, 2000).

3. kino em *Eucalyptus* sp. e *Corymbia* sp.

Desde a colonização europeia da Austrália, uma exsudação marrom avermelhada exalava de eucaliptos e era observado com interesse e curiosidade (Tippett, 1986). Essa exsudação, em contato com o ar, se torna vítrea e favorece o escurecimento da casca mas também pode ficar retida no interior do lenho na forma de bolsas e veios (Assis, 2014).

Fogo, insetos e fungos são destacados como agentes indutores de exsudação nas árvores, mas condições ambientais também podem influenciar sua formação. A formação de veias com exsudato é relatada como um mecanismo de resistência da árvore contra patógenos, e são incluídas no xilema e/ou floema, como um tipo de “zona de barreira” (Cabrita, 2019).

No Brasil, essa exsudação, quando não associada a danos mecânicos ou ação de agentes biológicos, é chamada comumente de "gomose do eucalipto" ou "pau-preto" e é atribuída a problemas fisiológicos (Ferreira, 1989). Contudo, segundo Tippett (1986) deve-se chamar de kino por conter maior quantidade de polifenóis que carboidratos. De acordo com Ferreira (1989), é mais comum em espécies como *C. citriodora*, *C. maculata*, *E. paniculata*.

Tippett (1986) relata que a inclusão de kino é a mais séria forma de defeito na madeira de espécie de *Eucalyptus* (incluindo *Corymbia*) e diminui significativamente a qualidade e a quantidade de polpa, além de aumentar o consumo de químicos no processo de polpação (Hillis, 1964 e 1972).

Houve relatos deste exsudato sendo usado em produtos farmacêuticos e também tentativas de explorá-los como fontes de tanino (Tippett, 1986). Recentemente, estudos com a composição química desse exsudato demonstraram potencial medicinal, devido às

propriedades antimicrobianas dos flavonoides, substância encontrada na composição do kino (Nobakht et al, 2017).

4. Análises genéticas via modelos mistos

O uso da análise de variância (ANOVA) é muito comum na predição dos componentes de variância e nas estimativas das herdabilidades. Contudo, este procedimento apresenta algumas limitações como: exigência de delineamentos balanceados e menos robustez aos desvios de normalidade (Resende et al., 1996).

Em experimentos de campo, grande parte das vezes, é preciso lidar com dados desbalanceados, heterogeneidade de variâncias e delineamentos não ortogonais (blocos incompletos). Para esta finalidade, uma alternativa é utilizar a abordagem de modelos mistos, que possibilita a análise da estrutura de interdependência das observações. A utilização de modelos mistos permite modelar simultaneamente efeitos fixos e aleatórios, além do erro (Resende, 2004).

O procedimento da “Máxima Verossimilhança Restrita” (REML) é um método de estimativa de componentes de variância que pode ser usado em delineamentos desbalanceados e para dados não normais. A predição de estimativas não tendenciosas dos parâmetros genéticos é de grande importância (Resende, 2004).

Procedimentos de otimização da predição dos valores genéticos, como o BLUP, permite o aumento dos ganhos dentro dos programas de melhoramento. O BLUP é conhecido como “Predição Linear não Viesada”, e constitui-se em uma importante ferramenta na definição de estratégias de seleção e estimação dos ganhos genéticos, dependendo do conhecimento ou da precisa estimação dos componentes de variância (Resende, 2004). O REML/BLUP é, portanto, o procedimento ótimo de avaliação (Resende 2007).

As principais vantagens do REML/BLUP é que este procedimento permite: comparar indivíduos ou variedades através do tempo e espaço; corrigir os efeitos ambientais; estimar componentes de variância; predizer valores genéticos; trabalhar com estruturas complexas, como medidas repetidas, diferentes anos e locais, delineamentos experimentais desbalanceados e não ortogonais (Resende, 2004).

REFERÊNCIAS

- Assis, T.F. (2014). Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. 3rd Brazilian Forestry Meeting.
- Assis, T.F. (2000). Production and use of *Eucalyptus* hybrids for industrial purposes. In: FRI/CRC-SPF SYMPOSIUM, 2000, Noosa. Hybrid breeding and genetics of forest trees: proceedings... Brisbane: Department of Primary Industries, p. 63–75.
- Boland, D.J.; Brooker, M.I.H.; Chippendale, G.M.; Hall, N.; Hyland, B.P.M.; Johnston, R.D.; Kleinig, D.A.; McDonald, M.W.; Turner, J.D. (2006). Forest Trees of Australia. 5nd ed. CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria, Australia. 736p.
- Cabrita, Paulo. Holocrine Secretion and Kino Flow in Angiosperms: Their Role and Physiological Advantages in Plant Defence Mechanisms. arXiv preprint arXiv:1902.09308, 2019.
- Ferreira, F.A. (1989). Patologia florestal; principais doenças florestais no Brasil. Viçosa: SIF, 570p.
- Golfari, L.; Caser, R.L.; Moura, V.P.G. (1978). Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil. 2a Aproximação. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 66 p.
- Hillis, W.E. (1972). Properties of eucalypt woods of importance to the pulp and paper industry. *Appita*, v.26(2), p.113–123 .
- Hillis, W.E. (1964). The formation of polyphenols in trees. The polyphenols of *Eucalyptus sibiriana* Kino. *Biochemical Journal*. (92), p.516–521.
- Hodel, D.R. (2012). Trees in the landscape, Part 3: *Corymbia torelliana*. *Western Arborist*, p. 44–51.
- Jacobs, M.R. (1937). Field studies on the gum veins of the eucalypts. *Commonw. Forestry Bureau, Bull.* V.20(36).
- Lee, D.J.; Huth, J.R.; Osborne, D.O.; Hogg, B.W. (2010). Selecting hardwood taxa for wood and fibre production in Queensland's subtropics. *Australian Forestry*, Melbourne n.73, p. 106–114.
- Maraseni, T.N.; Cockfield, G.; Maroulis, J. (2009) An assessment of silvipasture potential in southeast Queensland, Australia. *Australasian Journal of Regional Studies*, v.15, n. 3, p. 297–310.
- Mora, A.L.; Garcia, C.H.A. (2000). cultura do Eucalipto no Brasil. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 112 p.

- Nobakht, M., Trueman, S., Wallace, H., Brooks, P., Streeter, K., & Katouli, M. (2017). Antibacterial properties of flavonoids from kino of the eucalypt tree, *Corymbia torelliana*. *Plants*, 6(3), 39.
- Reis, C.A.F., Assis, T.F., Santos, A.M., Paludzyszyn Filho, E. (2013) *Corymbia citriodora*: estado da arte de pesquisas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas. 59.
- Reis, C.A.F., Assis, T.F., Santos, A.M., Paludzyszyn Filho, E. (2014). *Corymbia torelliana*: estado da arte de pesquisas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas. 50.
- Resende, M. D. V. (2004). Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo. Colombo: Embrapa Florestas – Documentos.
- Resende, M.D.V., Assis, T.F., Grattapaglia, D., Pires, I.E. Genética e melhoramento do Eucalipto. in: Vale, A.B., Machado, C.C., Pires, J.M.M., Vilar, M.B., Costa, C.B., Nacif, A.P. (2014). Eucaliptocultura no Brasil: silvicultura, manejo e ambiência. Viçosa: SIF, p. 103–119.
- Resende, M.D.V. (2007). Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. Colombo: Embrapa Florestas, 561 p.
- Resende, M.D.V., Prates, D.F., Yamada, C.K., Jesus, A. (1996). Estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML) e melhor predição linear não viciada (BLUP) em *Pinus*. *Boletim de Pesquisa Florestal*, 32/33: 23–42.
- Rozefelds, A.C. (1996). *Eucalyptus* phylogeny and history: a brief summary. *Tasforests*, Hobart, v. 8, p. 15–26.
- Skene, D.S. (1965). The development of kino veins in *Eucalyptus obliqua* L'Herit. *Australian Journal of Botany*, 13(3), 367–378.
- Smith, H. (2005). *Corymbia* breeding and deployment program. *Corymbia* Research Meeting: Underpinning development of a profitable hardwood plantation industry in northern Australia by research into *Corymbia* species and hybrids. *Forests NSW*, p. 22–23.
- Tippett, J.T. (1986). Formation and Fate of Kino Veins in *Eucalyptus* L'herit. *IAWA Journal*, 7(2), 137–143.
- Tippett, J.T., Shigo, A.L. (1981). Barrier zone formation: a mechanism of tree defense against vascular pathogens. *IAWA Journal*, 2(4), 163–168.
- Valente, B.M.D.R.T. (2017). Avaliação de clones híbridos de *Corymbia* para crescimento, qualidade da madeira e carvão vegetal na região do rio doce (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Viçosa).

SEÇÃO 3
CAPÍTULOS

CAPÍTULO 1

Metodologias para avaliação de kino em híbridos de *Corymbia*, visando seleção genética.

RESUMO

As espécies do gênero *Corymbia* e seus híbridos apresentam como alternativa ao *Eucalyptus* nos mais distintos segmentos industriais. Apresentam vantagens, como: tolerância à maioria das pragas e doenças de eucalipto, ao “distúrbio fisiológico”, ao déficit hídrico e ao vento, além da superioridade da qualidade da madeira. Contudo, as espécies desse gênero são altamente influenciadas pelos efeitos do meio, e adversidades do clima, ventos fortes, ferimentos causados por insetos e danos mecânicos são gatilhos para a produção de kino na madeira. A presença de kino afeta produtos como produção de celulose e madeira serrada. Diante disso, objetivou-se estudar metodologias para avaliação do kino na madeira, visando seleção genética. Foram testadas duas metodologias: uma consistiu em perfurar a casca com o Pilodyn, sendo acionado duas vezes, na altura de 1,3m do solo, simulando uma perfuração de inseto; a outra consistiu em descascar previamente uma seção circular do tronco e disparar o Pilodyn e também realizou-se dois disparos no Pilodyn. Após 45 dias realizou-se a avaliação e aferiu a incidência, comprimento e o peso do kino pelas duas metodologias (I1, I2, C1, C2, P1, P2). Foi utilizado o método REML/BLUP para estimar os componentes de variância e prever os valores genotípicos. Os efeitos de clone foram significativos para todas as características ao nível de probabilidade de 5% pelo teste LRT, com exceção da característica C2. As características da metodologia 1, apresentaram maiores valores de herdabilidade e acurácia, sendo a I1, a que apresentou os melhores resultados (0,2976 e 0,8995, respectivamente), sendo a mais indicada para avaliação de kino na madeira.

Palavras-chave: exsudação; eucalipto; gomose

ABSTRACT

The species of the genus *Corymbia* and its hybrids present as an alternative to *Eucalyptus* in the most distinct segments of industrial activity. They present numerous advantages, such as: tolerance to most pests and diseases of eucalyptus, "physiological disturbance", water deficit and wind, and superiority of wood quality. However, species of this genus are highly influenced by the effects of the environment, and adverse weather, strong winds, insect wounds and mechanical damage are triggers for kino production in wood. The presence of kino affects numerous products such as cellulose production and sawn wood. The objective was to study methodologies for the evaluation of the kino present in the wood, aiming at genetic selection. Two methodologies were tested: one was to drill the bark with the use of Pilodyn, being fired twice, at a height of 1.3m from the ground, simulating an insect perforation; the other consisted of previously stripping a circular section of the trunk and firing the Pilodyn directly into the heartwood and also held two shots at the Pilodyn. After 45 days, the evaluation, and evaluation of the incidence, length and weight of the kino exudation were performed by the two methodologies (I1, I2, C1, C2, P1, P2). The REML / BLUP method was used to estimate the components of variance and to predict the genotypic values. The clone effects were significant for all characteristics at the 5% probability level by the LRT test, with the exception of characteristic C2. The characteristics of methodology 1, presented higher values of heritability and accuracy, and I1 presented the best results (0.2796 and 0.8995, respectively), being the most suitable for evaluation of kino in wood.

Keywords: exudation; eucalyptus; gummy

1. Introdução

O setor florestal brasileiro é atualmente um dos mais importantes no cenário mundial, totalizando uma área plantada de 9,85 milhões de hectares, sendo 75,20% dessa área composta por eucalipto (IBGE, 2017). O Brasil saltou de aproximadamente 17 m³/ha/ano em 1960 para, em média, 36,7 m³/ha/ano em 2016 (IBÁ, 2017), com registros de até 83,00 m³/ha/ano em determinados sítios (Stape et al., 2010). O melhoramento genético, aliado ao desenvolvimento das técnicas de clonagem, ao manejo cultural e aos investimentos em pesquisa contribuíram para esse expressivo aumento da produtividade (Castro et al, 2016; Gonçalves et al., 2008).

Os avanços silviculturais, somados às características tecnológicas das madeiras das espécies do gênero *Eucalyptus*, contribuíram para que ele conquistasse essa posição de destaque na indústria de base florestal brasileira. Dessa forma, espécies de outros gêneros são pouco utilizadas, ainda que possuam potencial tecnológico. As espécies do gênero *Corymbia*, as quais se mostram promissoras como matéria prima para os mais distintos segmentos da atividade industrial, são um exemplo.

As espécies do gênero *Corymbia* e seus híbridos apresentam inúmeras vantagens, tais como: tolerância à maioria das pragas e doenças de eucalipto, ao “distúrbio fisiológico”, ao déficit hídrico e ao vento, além da superioridade da qualidade da madeira (Assis, 2014). Contudo, as espécies desse gênero são altamente influenciadas pelos efeitos do meio, como adversidades do clima, ventos fortes, ferimentos causados por insetos e danos mecânicos. Tais fatores são gatilhos para a produção de resina/exsudato no floema e/ou xilema, que em contato com o ar, se torna vítrea e favorece o escurecimento da casca, podendo também ficar retida no interior do lenho na forma de bolsas e veios (Assis, 2014; Tippet, 1986).

No Brasil, o exsudato, quando não associado a danos mecânicos ou ação de agentes biológicos, é chamado de "gomose do eucalipto" ou "pau-preto" e é atribuído a problemas fisiológicos (Ferreira, 1989). Contudo deve ser chamado de kino por conter maior quantidade de polifenóis que carboidratos (Tippet, 1986). A inclusão de kino é a mais séria forma de defeito na madeira de *Eucalyptus* (incluindo *Corymbia*) e diminui significativamente a qualidade e a quantidade de polpa, além de aumentar o consumo de químicos no processo de polpação (Hillis, 1964, 1972). Na madeira serrada, ocorre desvalorização das tábuas (Assis, 2014), porém, para o carvão vegetal e bioenergia são necessários mais estudos para investigar a influência dessas bolsas de kino.

O kino também impacta algumas das etapas do programa de melhoramento, uma vez que dificulta o resgate da matriz no campo. Isso ocorre devido à alta produção de resina quando se realiza o anelamento do indivíduo, evitando que haja a brotação das estacas que posteriormente seriam clonadas. Dessa forma, é necessário o abate do indivíduo, impossibilitando a realização das etapas de seleção precoce (aos três anos) e de superioridade do desempenho (aos sete anos) (Teotônio de Assis, informação pessoal).

Estudos referentes à composição química do kino demonstraram potencial medicinal, pois apresentam flavonóides com propriedades antimicrobianas (Nobakht et al, 2014; Nobakht et al, 2017). Assim, ao contrário do mercado atual, onde se visa a seleção de materiais que tenham menor capacidade de produção de kino, pode haver um cenário onde o desejado seja uma maior capacidade de produção.

A seleção de genótipos, considerando a produção de kino no programa de melhoramento, pode ser uma alternativa viável. Contudo, ainda não existe uma metodologia para estimar esta característica. Assim, o objetivo foi estudar metodologias de avaliação da produção de kino, simulando um estresse físico, visando seleção genética.

2. Material e métodos

2.1. Delineamento experimental e materiais genéticos

O experimento foi instalado na área da empresa ArcelorMittal Bioflorestas no município de Martinho Campos (latitude 19° 19' 22" S; longitude 45° 14' 46" W; altitude 663 m), localizado no estado de Minas Gerais. O clima do município é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen, com pluviosidade e temperatura média anual de 1323 mm e 22,6°C, respectivamente.

Os materiais genéticos utilizados no estudo fazem parte do programa de melhoramento da ArcelorMittal Bioflorestas e constituem-se de 16 clones híbridos de *Corymbia citriodora* e *C. torelliana* e 5 clones comerciais de *Eucalyptus* spp. (Tabela 1) com plantio realizado em 20 de abril de 2016.

O delineamento experimental utilizado para o teste clonal foi o de blocos completos casualizados com 21 tratamentos, 10 blocos e 6 plantas por parcela. As árvores foram plantadas no espaçamento de 4,5m x 2,0m.

Aos 32 meses de idade foram testadas duas metodologias para induzir a formação de exsudatos simulando condições de estresse que poderiam ativar o sistema de produção do kino nos clones (anteriormente testadas em teste de progênie na empresa CMPC).

Tabela 1: Materiais genéticos utilizados para instalação das metodologias de indução de produção de kino.

Clone	Material Genético	Procedência
AM01	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM02	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM03	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM04	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM05	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM06	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM07	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM08	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM09	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM10	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AEC0001	<i>C. citriodora x C. torelliana</i>	APERAM
AEC0004	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	APERAM
AEC0007	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	APERAM
AEC0022	<i>C. citriodora x C. torelliana</i>	APERAM
AEC0043	<i>C. citriodora x C. torelliana</i>	APERAM
AEC0044	<i>C. citriodora x C. torelliana</i>	APERAM
AEC144	<i>E. urophylla</i>	APERAM
AEC1528	<i>E. urophylla x E. grandis</i>	APERAM
AEC2233	<i>E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)</i>	APERAM
AEC2475	<i>E. urophylla x E. pellita</i>	APERAM
VM04	<i>E. urophylla x E. grandis</i>	VALLOUREC

A primeira metodologia consistiu em perfurar a casca com o uso do Pilodyn, simulando uma perfuração de inseto. O método do Pilodyn com casca consistiu na penetração de uma agulha de aço com 2,5mm de diâmetro na face exterior do tronco, impulsionada por uma mola com força constante de 6 joules (Greaves, et al., 1996). O Pilodyn foi acionado duas vezes, na altura de 1,3m do solo, no mesmo lugar, a fim de obter uma maior penetração da agulha no tronco sempre no sentido da linha do plantio (figura 1).

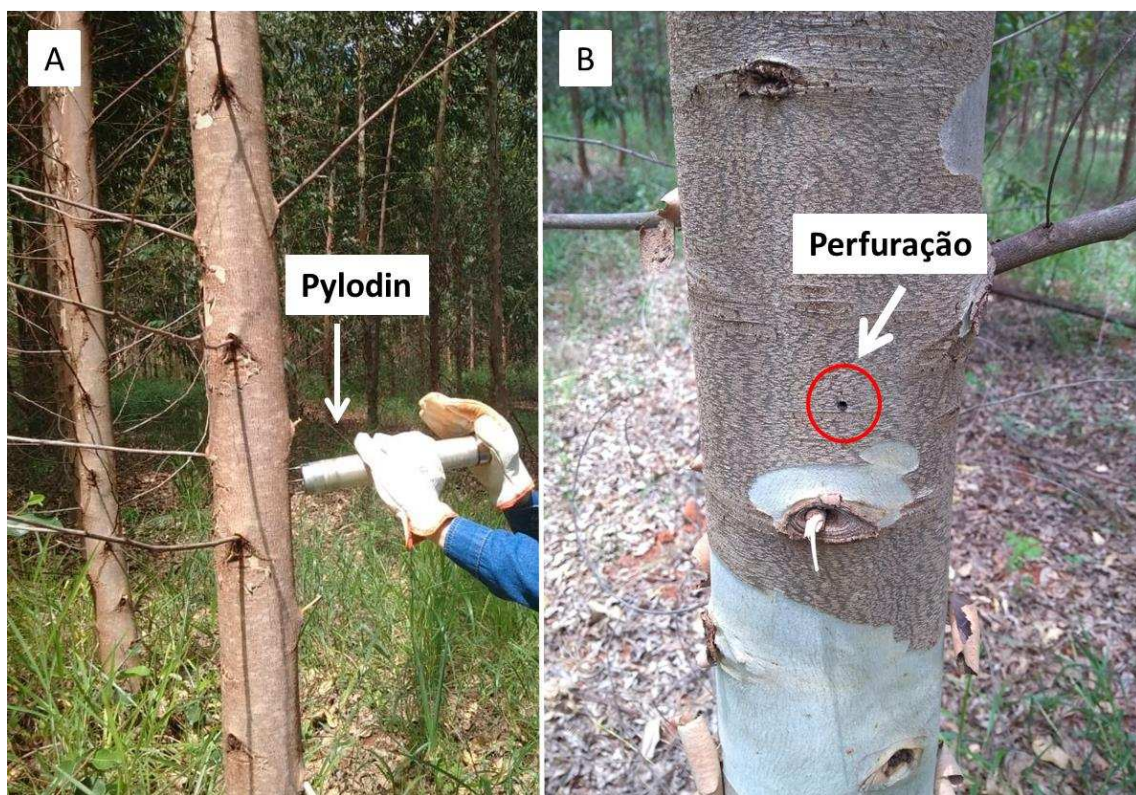


Figura 1: Metodologia 1 - Pilodyn com casca. A) Pilodyn sendo inserido no tronco da árvore para simular uma perfuração realizada por inseto; B) Perfuração causada pelo Pilodyn.

A segunda metodologia consistiu em descascar previamente uma seção circular do tronco de aproximadamente 2,5cm de raio, utilizando um formão, também a 1,3m do

solo e aplicou-se o Pilodyn diretamente no cerne. Realizou-se também dois disparos no Pilodyn e a perfuração foi no sentido da linha do plantio (figura 2).



Figura 2: Metodologia 2 - Pilodyn sem casca. A) Formão para retirada da casca; B) Caule sem a casca; C) Pilodyn perfurando o caule sem a casca simulando ataque de inseto; D) Perfuração no cerne causada pelo Pilodyn.

Em cada repetição realizou-se em metade das plantas da parcela a metodologia de Pilodyn com casca e a outra metade a de Pilodyn sem casca, de modo que cada genótipo tivesse as duas metodologias em todas as parcelas.

Após 45 dias da instalação do experimento, a exsudação foi aferida (quantificada, medida). Também foi avaliada a incidência (presença ou ausência), de árvores que estavam exsudando e mediu-se o comprimento da exsudação com uma régua de metal

(figura 3A). Após a medição realizou-se a raspagem do exsudato, colocando o mesmo em um saco plástico e posteriormente, em laboratório, realizou-se a pesagem com uma balança de precisão de 3 dígitos (figura 3B). De modo que obtivemos incidência (I1), comprimento (C1) e peso da exsudação (P1), pela metodologia do Pilodyn com casca. Adicionalmente, as mesmas variáveis pela metodologia do Pilodyn sem casca (I2, C2 e P2, respectivamente).

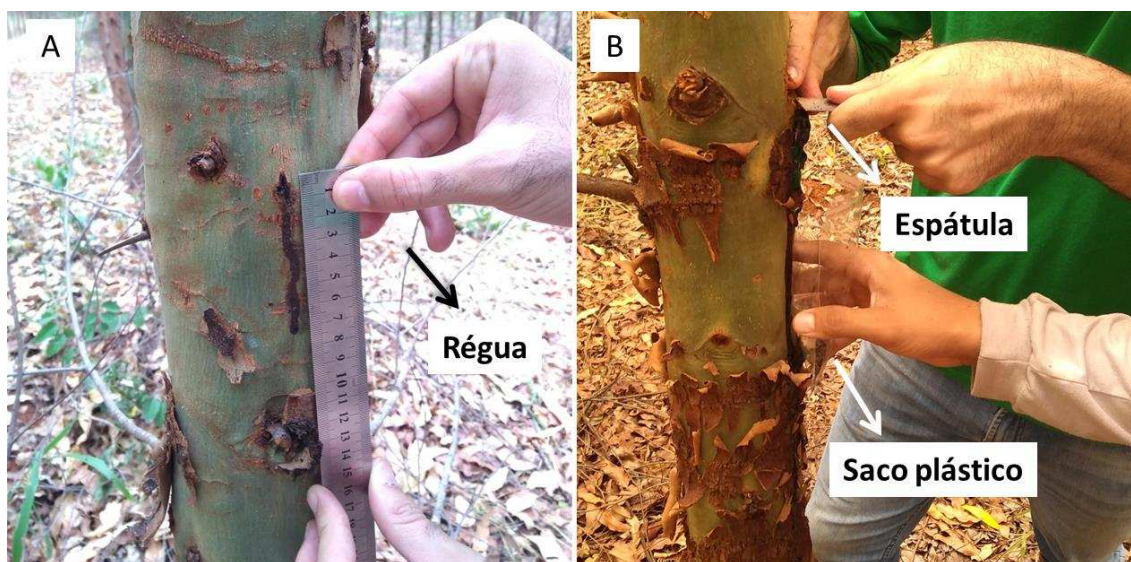


Figura 3: Avaliação da exsudação. A) Medição do comprimento da exsudação; B) Raspagem do exsudato com uma espátula de metal e coleta do mesmo em saco plástico.

Para a análise estatística considerou-se a média das 3 plantas avaliadas por cada metodologia dentro de cada parcela.

2.2. Análise estatística

O método da máxima verossimilhança restrita (REML) (Patterson e Thompson, 1971) foi utilizado para estimar os componentes de variância e o método da melhor predição linear não viesada (BLUP) (Henderson, 1975) foi utilizado para predizer os valores genotípicos.

Os efeitos genotípicos e os efeitos da interação entre metodologia e genótipo foram estimados através do seguinte modelo estatístico (M1):

$$y = Xm + Zr + Wg + Tp + Qi + e,$$

em que y é o vetor de dados, m é o vetor dos efeitos de metodologia (assumidos como fixos), somados à média geral, r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como aleatórios), g é o vetor dos efeitos de genótipos (assumidos como aleatórios) $g \sim N(0, \sigma_g^2)$, p é o vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios), i é o vetor dos efeitos da interação metodologia e genótipo (assumidos como aleatórios), e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios) $e \sim N(0, \sigma_e^2)$. As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Realizou-se o teste da razão da verossimilhança (LRT), usando a estatística Qui-Quadrado com um grau de liberdade e nível de probabilidade de 5% (Resende, 2016) para verificar as significâncias dos respectivos efeitos.

O modelo estatístico associado a avaliação de genótipos (clones), em delineamento de blocos ao acaso, com uma observação por parcela (média de parcela), é dado pela seguinte equação:

$$y = Xr + Zg + e,$$

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) $g \sim N(0, \sigma_g^2)$, e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios) $e \sim N(0, \sigma_e^2)$. As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

A significância dos efeitos genotípicos (clones) foi testada pelo teste da razão de verossimilhança (LRT), usando a estatística Qui-Quadrado com um grau de liberdade e nível de probabilidade de 5% (Resende, 2016). A variância fenotípica (σ_f^2), a herdabilidade dos efeitos genotípicos totais (h_g^2), a herdabilidade da média de clone (h_{mc}^2),

a acurácia da seleção de clones ($r_{\hat{g}g}$), o coeficiente de variação genotípico ($CV_{gi}(\%)$), o coeficiente de variação experimental ($CV_e(\%)$), o coeficiente de variação relativa (CV_r) e o desvio padrão do valor genotípico predito (SEP), para as características I1, I2, C1, C2, P1 e P2 foram obtidas, respectivamente, pelas seguintes expressões:

$$\sigma_f^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2,$$

$$h_g^2 = \sigma_g^2 / \sigma_f^2,$$

$$h_{mc}^2 = \sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_e^2 / r),$$

$$r_{\hat{g}g} = \sqrt{1 - PEV / \sigma_g^2},$$

$$CV_{gi}(\%) = (\sqrt{\sigma_g^2 / m}) 100,$$

$$CV_e(\%) = (\sqrt{\sigma_e^2 / m}) 100,$$

$$CV_r = CV_{gi} / CV_e \text{ e}$$

$$SEP = \sqrt{PEV}$$

em que: σ_g^2 é a variância genotípica, σ_e^2 é a variância residual, r é o número de repetições (3), PEV é a variância do erro de predição extraída da diagonal da inversa generalizada da matriz dos coeficientes das equações de modelos mistos e m é a média geral.

As correlações genotípicas ($\hat{\rho}$) (correlação de Pearson), entre as características avaliadas (I1, I2, C1, C2, P1 e P2), foram obtidas de acordo com a seguinte expressão:

$$\hat{\rho} = (\Sigma_i(x_i - \bar{x})(w_i - \bar{w})) / (\sqrt{\Sigma_i(x_i - \bar{x})^2 \Sigma_i(w_i - \bar{w})^2}),$$

em que: x_i e w_i podem assumir os valores genotípicos associados às características I1, I2, C1, C2, P1 e P2.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software Selegen REML/BLUP (Resende, 2016).

3. Resultados

Os efeitos genotípicos e efeitos da interação genótipo (clone) x metodologia (M1) foram, respectivamente, significativos e não significativos ao nível de significância de 5% para as três características avaliadas (Tabela 2).

Tabela 2. Deviance e teste da razão de verossimilhança (LRT), para as características incidência, comprimento, e peso avaliadas em 21 clones de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp. quanto à exsudação de kino.

Efeito	Incidência		Comprimento (cm)		Peso (g)	
	Deviance	LRT	Deviance	LRT	Deviance	LRT
Clone	-1436.75	-8.44*	4755.24	-10.54*	16138.31	-5.68*
Clone x metodologia	-1445.00	-0.19 ^{ns}	4744.73	-0.03 ^{ns}	16132.73	-0.10 ^{ns}
Modelo completo	-1445.19		4744.70		16132.63	

* e ^{ns}: significativo e não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Qui-

Quadrado. H_0 : hipótese nula (modelo completo = modelo reduzido, em que: modelo reduzido é o modelo sem o efeito de clone ou sem o efeito de clone x metodologia).

Efeitos genéticos (clone) significativos foram detectados para as características: I1, C1, P1I2 e P2, via teste LRT (M2) (tabela 3). Efeito genético (clone) não significativo foi detectado para a característica C2.

Tabela 3. Deviance e teste da razão de verossimilhança (LRT) para as características incidência (I1 e I2), comprimento (cm) (C1 e C2) e peso (g) (P1 e P2), em que 1 e 2

representam metodologia com casca e metodologia sem casca respectivamente, avaliadas em 21 clones de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp. quanto à exsudação de kino.

Efeito	I1	I2	C1	C2	P1	P2
Clone	-555,97	-252,74	674,55	487,79	2407,14	2434,56
Modelo completo	-593,51	-260,96	650,44	485,93	2392,33	2429,61
LRT	37,54*	8,22*	24,11*	1,86 ^{ns}	14,81*	4,95*

* e ^{ns}: significativo e não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Qui-Quadrado. H_0 : hipótese nula (modelo completo = modelo reduzido, em que: modelo reduzido é o modelo sem o efeito de clone).

As características mensuradas através da incidência, proporcionou maior variância genotípica (σ_g^2) (0,0106) na metodologia 2 comparada a metodologia 1 (0,0058). Contudo apresentou valores superiores para a variância residual (σ_e^2) e variância fenotípica (σ_f^2). As herdabilidades no sentido amplo (h_g^2) e média de clone (h_{mc}^2) foram maiores para a metodologia 1 (I1) (Tabela 4).

Também foi possível observar que a avaliação com base no comprimento da exsudação resultou em maior variância genotípica (σ_g^2), maior variância residual (σ_e^2) e maior variância fenotípica (σ_f^2) para C1 comparada à C2. As herdabilidades no sentido amplo (h_g^2) e média de clone (h_{mc}^2) também foram maiores para C1 (Tabela 4).

Para a avaliação com base no peso, a variância genotípica (σ_g^2), as herdabilidades no sentido amplo (h_g^2) e média de clone (h_{mc}^2) para P1 foi superior a P2 (8,9976 e 5,4066, respectivamente). Entretanto, a variância residual (σ_e^2) e variância fenotípica (σ_f^2) foram superiores para P2.

As acurácias ($r_{\hat{g}g}$) apresentaram valores acima de 0,70 com exceção da variável C2, (ns pelo LRT). O $CV_{gi}(\%)$ e o $CV_e(\%)$ variaram de acordo com a característica e a metodologia utilizada. Sendo que a metodologia 1 foi a que apresentou maiores valores para ambas as formas de mensuração da característica exsudação de kino. O coeficiente de variação relativa (CV_r) apresentou valores entre 0,23 e 0,65, sendo o maior valor para a característica incidência da metodologia 1 (I1) (tabelas 4).

A mensuração da exsudação de kino através da incidência (I1 e I2) foi a que apresentou maiores valores de herdabilidade e acurácia (0,30 e 0,90, respectivamente) para ambas as metodologias quando comparada ao comprimento (C1 e C2) e peso (P1 e P2) (Tabela 4)

A incidência (I1 e I2) quando comparada ao comprimento (C1 e C2) e ao peso (P1 e P2), referentes à mesma metodologia, apresentou menores valores de variância do erro de predição (PEV) e desvio padrão do valor genotípico predito (SEP) (tabela 4)

Os valores dos componentes de variância e parâmetros genéticos e não genéticos para todas as características estudadas, estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Componentes de variância e parâmetros genéticos e não genéticos para as características incidência (I1 e I2), comprimento (C1 e C2) e peso (P1 e P2) em que 1 e 2 são, respectivamente, metodologia com casca e metodologia sem casca, avaliadas em 21 clones de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp. quanto à exsudação de kino.

Componente	I1	I2	C1	C2	P1	P2
σ_g^2	0,0058	0,0106	2,0920	0,1846	8,9976	5,4066
σ_e^2	0,0138	0,0787	7,1201	3,4364	44,2904	55,7140
σ_f^2	0,0196	0,0893	9,2121	3,6210	53,2880	61,1206
h_g^2	0,2976 (0,1065) †	0,1188 (0,0673)	0,2271 (0,0944)	0,0510 (0,0441)	0,1688 (0,0781)	0,0885 (0,0577)
h_{mc}^2	0,8091	0,5741	0,7461	0,3495	0,6701	0,4925
r_{gg}	0,8995	0,7577	0,8638	0,5912	0,8186	0,7018
$CV_{gi}(\%)$	8,0137	14,1001	205,2759	108,3188	205,9023	52,4866
$CV_e(\%)$	12,3103	38,4042	378,7022	467,3344	456,8283	168,4878
CV_r	0,6510	0,3672	0,5421	0,2318	0,4507	0,3115
PEV	0,0011	0,0045	0,5312	0,1201	2,9680	2,7439
SEP	0,0334	0,0672	49,6030	0,3465	0,6803	52,3823
média geral	0,9532	0,7303	0,7046	0,3967	46,0683	140,0921

σ_g^2 : variância genotípica, σ_e^2 : variância fenotípica, h_g^2 : herdabilidade dos efeitos genotípicos totais, h_{mc}^2 : herdabilidade da média de clone, r_{gg} : acurácia da seleção de clones, $CV_{gi}(\%)$: coeficiente de variação genotípico, $CV_e(\%)$: coeficiente de variação experimental, CV_r coeficiente de variação relativa, PEV: variância do erro de predição, SEP: desvio padrão do valor genotípico predito e † desvio padrão.

As correlações genotípicas ($\hat{\rho}$) entre as características da metodologia 1 apresentaram valores acima de 0,85 e as características da metodologia 2 apresentaram

valores 0,57 e 0,78. A incidência I1 apresentou maior ρ (0,93) com o comprimento C1 pela metodologia 1 e na metodologia 2, a incidência I2 apresentou maior ρ (0,78) com o peso P2 (figura 4).

A correlação genotípica entre as incidências via diferentes metodologias (I1 e I2) apresentou valor de 0,68. O valor da ρ foi de 0,85 entre o comprimento da exsudação via diferentes metodologias (C1 e C2) e de 0,48 entre o peso da exsudação (P1 e P2) (figura 4).

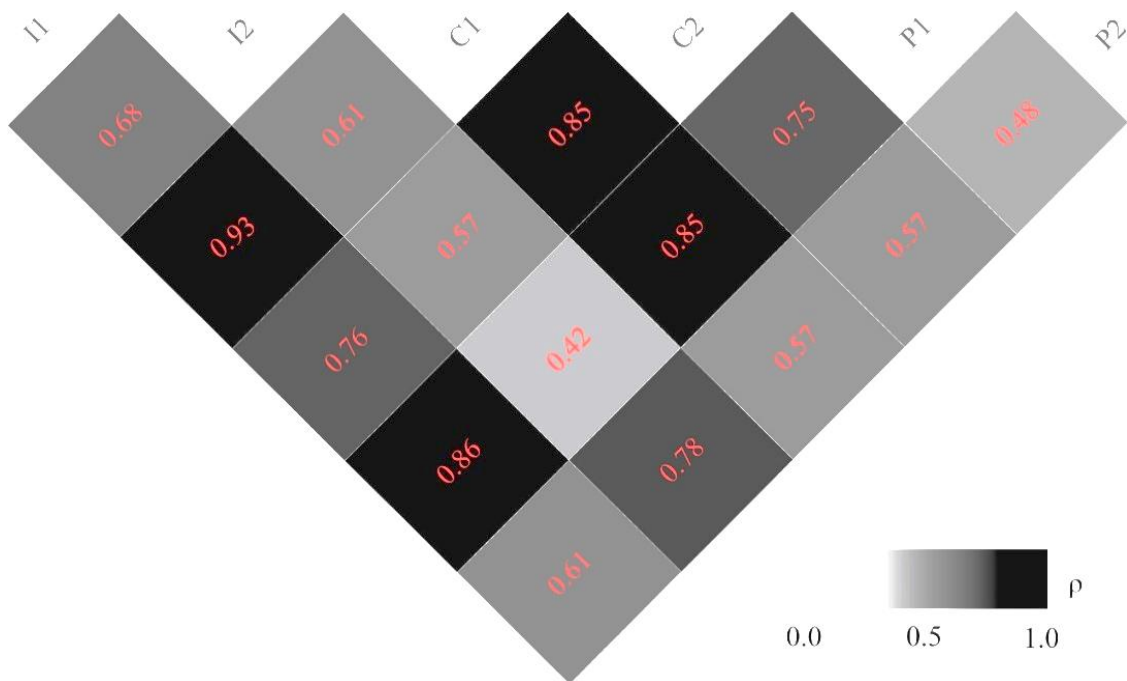


Figura 4. Correlações genotípicas ($\hat{\rho}$) entre as características incidência (I1 e I2), comprimento (C1 e C2) e peso (P1 e P2), em que 1 e 2 são, respectivamente, metodologia com casca e metodologia sem casca, avaliadas em 21 clones de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp. quanto à exsudação de kino.

4. Discussão

As metodologias testadas foram eficientes para avaliar a formação de kino nos clones permitindo detectar variância genética, com exceção da variável C2, que foi não

significativo (tabela 3) Tal resultado coincide com observações de campo, onde verificamos que o kino formado pela metodologia 2 fica, na maioria das vezes, retido na circunferência de casca que foi retirada, impossibilitando a medição do comprimento do mesmo. Outro fato que contribui para uma imprecisão desta característica é a viscosidade do kino. Essa viscosidade é menor em alguns materiais genéticos (clones). Essa característica permite que o kino escorra com maior facilidade que em outros, formando uma camada mais comprida de exsudação, contudo mais fina.

Com exceção da característica C2 (que foi não significativa pelo LRT), todas as características apresentaram alta acurácia. Valores de acurácia entre 0,70 e 0,90 são classificados como de alta precisão e valores acima de 0,90 de precisão muito alta (Resende e Duarte, 2007),. Acurácias na ordem de 70% ou mais são desejáveis em programas de melhoramento (Viana, 2014). Este parâmetro refere-se à correlação entre os valores genotípicos preditos e os valores genotípicos verdadeiros, e quanto maior seu valor, maior será a confiança na seleção (Resende, 2002).

As estimativas mais utilizadas em programas de melhoramento são a acurácia e a herdabilidade (Borém et al.,2017). A herdabilidade diz respeito à quantidade de variação que é ocasionada pelos fatores genéticos. Essa característica pode variar por diversos fatores, como: a característica; o método de estimação; a diversidade na população; o nível de endogamia da população; o tamanho da amostra avaliada; o número e tipo de ambientes considerados; a unidade experimental considerada; a precisão na condução do experimento e da coleta de dados (Resende, 2002).

Neste estudo, somente a metodologia de avaliação da característica produção de kino variou, sendo coerente comparar as metodologias através da herdabilidade e da acurácia.

Para se atingir uma acurácia de 90%, deve-se obter valores de CV_r entre 0,70 (com dez repetições) e 1,50 (com duas repetições) (Resende e Duarte, 2007). Dentre as combinações de características avaliadas, a incidência da metodologia 1 (II) foi a que proporcionou melhores resultados. Além de maior herdabilidade (0,30), apresentou coeficiente de variação relativa (CV_r) de 0,65. Portanto, associado ao adequado número de repetições (10), conduziu à alta acurácia (0,90) e herdabilidade média de clones de 0,81. Conseqüentemente, alta confiabilidade seletiva, o que é corroborado pelo baixo desvio padrão do valor genotípico predito (SEP) (tabela 4).

As magnitudes de herdabilidade individuais são classificadas em: baixa, quando varia de 0,01 a 0,15; média ou moderada, que varia de 0,15 a 0,50; e alta, quando acima de 0,50 (Resende, 2002). Com isso podemos classificar essa característica como de moderado controle genético, o que indica a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos significativos com a seleção. Uma vez que, grande número de genes de pequeno efeito controlando a característica, sugere que grande parte da variabilidade fenotípica é devido à variação ambiental (Resende, 2002; Resende, 2015).

Como discutido anteriormente, as observações de campo permitiram identificar diferenças na viscosidade do kino, o que influencia no escorrimento do mesmo pelo tronco. Dessa forma, kino mais viscoso escorre menos pelo tronco formando uma camada mais grossa do exsudato, enquanto que kino menos viscoso, forma uma camada mais fina e impacta no comprimento da exsudação e no peso.

A raspagem do exsudato se torna difícil quando o mesmo está muito fino e a casca é retirada junto com o kino. Isso ocorre porque o exsudato se torna vítreo em contato com o ar, mesmo com todo o cuidado durante a coleta, no ato de raspar “despedaça” o

exsudato. Gerando assim perda considerável, o que pode aumentar o erro experimental. Tal observação pode ser corroborada pelo alto valor da PEV das características P1 e P2.

Como o comprimento do kino pela metodologia 1 (C1) apresentou alta correlação (0,93) com a I1 e boas acurácias e herdabilidades (0,86 e 0,23, respectivamente), o uso desse método é uma alternativa para os programas de melhoramento que queiram utilizar uma avaliação quantitativa da produção de kino.

Vale ressaltar que, operacionalmente, a metodologia 1 é mais prática, rápida e fácil de realizar. Possui menos etapas para a avaliação fenotípica, sendo, portanto, muito importantes para os programas de melhoramento florestal os resultados obtidos nessa pesquisa. Este é o primeiro estudo sobre metodologias de avaliação da produção de kino e a avaliação com base na incidência impactará de forma positiva os programas de melhoramento.

Recomenda-se que novas metodologias e estudos para avaliação quantitativa da produção de kino em *Corymbia* e *Eucalyptus* sejam realizados. É de suma importância para os programas de melhoramento que essa característica seja mensurada de forma quantitativa para a maior precisão no ranking dos genótipos.

5. Conclusões

As metodologias testadas são eficientes para avaliar a formação de kino em clones de *Eucalyptus* e *Corymbia*,

A incidência pela metodologia 1 (Pilodyn com casca) (I1) é a mais apropriada para avaliação da formação de kino,

O uso dessa metodologia pode proporcionar a redução do Kino em madeiras de *Corymbia*, através da introdução dessa característica em programas de melhoramento.

Principalmente, o uso da madeira para celulose pode ser altamente impactado pela metodologia desenvolvida.

6. Referências

- Assis, T.F. 2014. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. 3rd Brazilian Forestry Meeting.
- Borem, A., Miranda, G.V., Fritsche Neto, R. 2017. Melhoramento de Plantas. 7. ed. Viçosa: Editora UFV, 2017. 543p.
- Castro, C.A.D.O., Resende, R.T., Bhering, L.L., Cruz, C.D. 2016. Brief history of *Eucalyptus* breeding in Brazil under perspective of biometric advances. *Ciência Rural*, v 46(9), p.1585–1593.
- Ferreira, F. A. Patologia florestal; principais doenças florestais no Brasil. 1989. Viçosa: SIF, 570p.
- Gonçalves, J.D.M., Stape, J.L., Laclau, J.P., Bouillet, J.P., Ranger, J. 2008. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing eucalypt plantations: the Brazilian experience. *Southern Forests: A Journal of Forest Science*, v. 70(2), p.105-118.
- Greaves, B.L.; Borralho, N.M.G.; Raymond, C.A.; Farrington, A. 1996. Use of a Pilodyn for the indirect selection of basic density in *Eucalyptus nitens*. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 26(9), p. 1643–1650.
- Henderson, C.R., 1975. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *BIOMETRICS* 31 (2), 423–447.
- Hillis, W.E. 1972. Properties of eucalypt woods of importance to the pulp and paper industry. *Appita*, v.26(2), p.113–123 .
- Hillis, W.E. 1964. The formation of polyphenols in trees. The polyphenols of *Eucalyptus siberiana* Kino. *Biochemical Journal*. (92), p.516–521.

- IBA. 2017. Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual 2017. São Paulo.
- IBGE. 2017. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (Pevs) 2017. Disponível em:
Acesso em: 26 abr.2019.
- Nobakht, M., Grkovic, T., Trueman, S., Wallace, H., Katouli, M., Quinn, R., Brooks, P.
2014. Chemical constituents of kino extract from *Corymbia torelliana*. *Molecules*,
19(11), 17862–17871.
- Nobakht, M., Trueman, S., Wallace, H., Brooks, P., Streeter, K., Katouli, M. 2017.
Antibacterial properties of flavonoids from kino of the eucalypt tree, *Corymbia
torelliana*. *Plants*,v 6(3), p.39.
- Patterson, H.D., Thompson, R. Recovery of inter-block information when block sizes are
unequal, 1971. *BIOMETRIKA* 58, 545–554.
- Resende, M. D. V. 2002. Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas
Perenes. Brasília: Embrapa informações tecnológicas. 975p.
- Resende, M.D.V.; Duarte, J.B., 2007. Precisão e controle de qualidade em experimentos
de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 37(3), p. 182–194.
- Resende, M.D.V., 2015. Genética Quantitativa e de Populações. Suprema, Visconde do
Rio Branco, Brasil.
- Resende, M.D.V. 2016. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding.
CROP BREED APPL BIOT 16: 330–339.
- Stape, J.L., Binkley, D., Ryan, M.G., Fonseca, S., Loos, R.A., Takahashi, E.N., Silva,
C.R., Hakamada, R.R., Ferreira, J.M.A., Lima, A.M.N., Gava, J.L., Leite, F.P.,
Andrade, H.B., Alves, J.M., Silva, G.G.C., Azevedo, M.R. 2010. The Brazil
Eucalyptus Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand
uniformity on wood production. *Forest Ecology and Management*, v. 259(9), p.1684–
1694.

Tippet, J.T. 1986. Formation and fate of kino veins in *Eucalyptus* L'Herit. IAWA Bulletin v.7(2), p.137–143.

Viana, A.P., Resende, M.D.V., 2014. Genética quantitativa no melhoramento de fruteiras. Rio de Janeiro: Interciência. 282p.

CAPÍTULO 2

Seleção simultânea para características de crescimento e produção de kino em clones híbridos de *Corymbia* e *Eucalyptus*

RESUMO

As espécies do gênero *Corymbia* e seus híbridos são alternativa à madeira de *Eucalyptus*. Esses híbridos apresentam alto crescimento e alta densidade da madeira, resistência ao “distúrbio fisiológico” e à maioria das pragas e doenças que causam danos às florestas de eucalipto. Contudo, são altamente reativas aos efeitos do meio e adversidades do clima, ventos fortes e ferimentos causados por insetos e danos mecânicos são gatilhos para a produção de kino na madeira. A seleção de genótipos com menor incidência de kino é uma alternativa viável, porém, é necessário considerar a produtividade, visto que o desafio principal do melhoramento florestal é a aumento da sua produtividade. A aplicação de índice de seleção pode ser efetiva na seleção de genótipos com ganho para ambas as características. Dessa forma, objetivou-se a seleção de clones híbridos de *Corymbia* com menor produção de kino e maior produtividade. Aos 32 meses avaliou-se a incidência de kino(I) e o incremento médio anual (IMA) em 21 clones híbridos de *Corymbia* e híbridos de *Eucalyptus* spp. Utilizou-se o método REML/BLUP para estimar os componentes de variância e prever os valores genotípicos. O efeito de clone foi significativo a 1% de probabilidade pelo teste LRT para as características. A correlação entre as características foram positivas. O ganho (%) com a seleção dos 5 primeiros colocados em relação a média da população foi de 22,25 para IMA e 3,38 para I. Assim, foi possível obter ganho genético para ambas as características, sendo uma estratégia viável para o melhoramento das espécies do gênero *Corymbia*.

Palavras-chave: índice multiplicativo; exsudação; ganho de seleção

ABSTRACT

The species of the genus *Corymbia* and its hybrids are alternative to Eucalyptus wood in the most distinguished industrial segment. These hybrids exhibit high growth and high wood density, resistance to "physiological disturbance" and most of the pests and diseases that cause damage to eucalyptus forests. However, they are highly reactive to the effects of weather and adversities in the climate, strong winds and injuries caused by insects and mechanical damage are triggers for the production of kino in the wood. The selection of genotypes with lower incidence of kino is a viable alternative, however, it is necessary to consider productivity, since the main challenge of forest improvement is to increase its productivity. The application of selection index can be effective in the selection of genotypes with gain for both characteristics. Thus, this work aimed at the selection of hybrid clones of *Corymbia* with lower kino production and higher productivity. At 32 months the incidence of kino (I) and the mean annual increment (IMA) in 21 hybrid clones of *Corymbia* and hybrids of Eucalyptus spp. The REML/BLUP method was used to estimate the components of variance and to predict the genotypic values. The clone effect was significant at 1% probability by the LRT test for the characteristics. The correlation between the characteristics were positive. The gain (%) with the selection of the first 5 placed in relation to the mean of the population was of 22.25 for IMA and 3.38 for I. Thus, it was possible to obtain genetic gain for both characteristics, being a viable strategy for the improvement of species of the genus *Corymbia*.

Keywords: multiplicative index; exudation; selection gain

1. Introdução

O melhoramento florestal iniciou no Brasil no ano de 1941, tendo como destaque as espécies do gênero *Eucalyptus* (Castro et al., 2016). Com as técnicas de melhoramento, a produtividade das florestas de eucalipto saltou de aproximadamente 17 m³/ha/ano em 1960 para, em média, 36,7 m³/ha/ano em 2016 (IBÁ, 2017). Contudo a expansão para novas áreas, as pragas e doenças, o distúrbio fisiológico, déficit hídrico, geadas e ventos, tem se tornado importantes desafios para o aumento e até mesmo a manutenção da produtividade florestal (Assis, 2014).

As espécies do gênero *Corymbia*, principalmente os híbridos de *C. torelliana* x *C. citriodora*, tem apresentado como alternativa no enfrentamento desses desafios. Esses híbridos apresentam alto crescimento e alta densidade da madeira. São resistentes ao “distúrbio fisiológico” e à maioria das pragas e doenças que causam danos às florestas de eucalipto. Além disto, são mais resistentes ao vento e apresentam menores custos com tratos culturais, pois fecham as copas precocemente, dominando bem a matocompetição (Assis, 2014).

As espécies do gênero *Corymbia* apresentam a desvantagem de serem altamente reativas aos efeitos do meio. Adversidades do clima, ventos fortes e ferimentos causados por insetos e danos mecânicos são gatilhos para a produção de kino na madeira (Assis, 2014). Este kino pode ficar retido no lenho na forma de bolsas e veios ou pode exsudar para o exterior da casca e em contato com o ar, se torna vítrea (Tippet,1986).

Segundo Hillis (1972) a inclusão de kino na madeira é a mais seria forma de defeito na madeira e diminui significativamente a qualidade e a quantidade de polpa para celulose. Na madeira serrada ocorre desvalorização das tábuas e para o carvão vegetal e bioenergia deve-se ter estudos sobre o impacto dessas bolsas de kino (Assis,2014).

A seleção de genótipos menos responsivos aos efeitos do meio através da avaliação da incidência de kino é uma alternativa viável para solucionar este problema.

Contudo, a obtenção de genótipos com menor porcentagem de exsudação de kino porém com maior produtividade é necessário, visto que o desafio principal do melhoramento florestal é a aumento da produtividade florestal.

A aplicação do índice de seleção pode ser empregada em casos em que a seleção considera duas ou mais características simultaneamente. Dessa maneira, essa ação pode contribuir para a maximização do custo/benefício do programa de melhoramento (Resende et al., 2014).

Diversos índices de seleção têm sido utilizados para a avaliação multitrait de características de interesse em diferentes culturas e no meio florestal, em especial, para as espécies do gênero *Eucalyptus* (Nunes, 2015).

Dessa forma, este trabalho objetivou-se a seleção de clones híbridos de *Corymbia* e *Eucalyptus* com menor produção de kino e maior produtividade.

2. Material e métodos

2.1. Delineamento experimental e materiais genéticos

O experimento foi instalado na área da empresa ArcelorMittal Bioflorestas no município de Martinho Campos (latitude 19° 19' 22" S; longitude 45° 14' 46" W; altitude 663 m), localizado no estado de Minas Gerais. O clima do município é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen, com pluviosidade e temperatura média anual de 1323 mm e 22,6°C, respectivamente.

Os materiais genéticos utilizados no estudo fazem parte do programa de melhoramento da ArcelorMittal Bioflorestas e constituem-se de 16 clones híbridos de *Corymbia citriodora* e *C. torelliana* e 5 clones comerciais de *Eucalyptus* spp. (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado para o teste clonal foi o de blocos completos casualizados com 21 tratamentos, 10 repetições e 3 plantas por parcela. As árvores foram plantadas no espaçamento de 4,5m x 2,0m.

2.2. Coleta de dados de crescimento

Aos 32 meses de idade, foram mensurados o diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total das árvores (H) do experimento.

O DAP foi mensurado com o auxílio de uma fita diamétrica e a altura foi obtida com o uso do relascópio. Para o cálculo do volume com casca (Schumacher & Hall, 1933) foi utilizada a equação conforme apresentado abaixo:

$$V = \left(\frac{\pi * DAP^2}{4000} \right) * H * f$$

onde: V = volume com casca, DAP = diâmetro (cm) a 1,3 metros de altura, H = altura total (m) e f = fator de forma. Utilizou-se $f = 0,45$.

O cálculo do Vol de madeira por $m^3/ha.ano$ ou IMA (incremento médio anual) é dado por:

$$IMA = (V * 1000 * 0,90) / i$$

onde: IMA = incremento médio anual, V = volume com casca (m^3) e i = idade (anos) do plantio.

Tabela 1: Nome dos clones, espécie e procedência dos materiais genéticos utilizados na experimentação.

Clone	Material Genético	Procedência
AM01	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM02	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM03	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM04	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM05	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM06	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM07	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM08	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM09	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AM10	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	AMBIO
AEC0001	<i>C. citriodora x C. torelliana</i>	APERAM
AEC0004	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	APERAM
AEC0007	<i>C. torelliana x C. citriodora</i>	APERAM
AEC0022	<i>C. citriodora x C. torelliana</i>	APERAM
AEC0043	<i>C. citriodora x C. torelliana</i>	APERAM
AEC0044	<i>C. citriodora x C. torelliana</i>	APERAM
AEC144	<i>E. urophylla x E. spp</i>	APERAM
AEC1528	<i>E. urophylla x E. grandis</i>	APERAM
AEC2233	<i>E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)</i>	APERAM
AEC2475	<i>E. urophylla x E. pellita</i>	APERAM
VM04	<i>E. urophylla x E. grandis</i>	VALLOUREC

2.3. Metodologia para avaliação da produção de kino

Também aos 32 meses, foi instalada a metodologia para avaliação da produção de kino nas árvores do teste clonal.

A metodologia utilizada consistiu em perfurar a casca com o uso do Pilodyn, simulando uma perfuração de inseto. O método do Pilodyn com casca consiste na penetração de uma agulha de aço com 2,5mm de diâmetro na face exterior do tronco, impulsionada por uma mola com força constante de 6 joules (Greaves, et al., 1996). O Pilodyn foi acionado duas vezes no mesmo lugar, na altura de 1,3m do solo, a fim de obter uma maior penetração da agulha no tronco (figura 1).

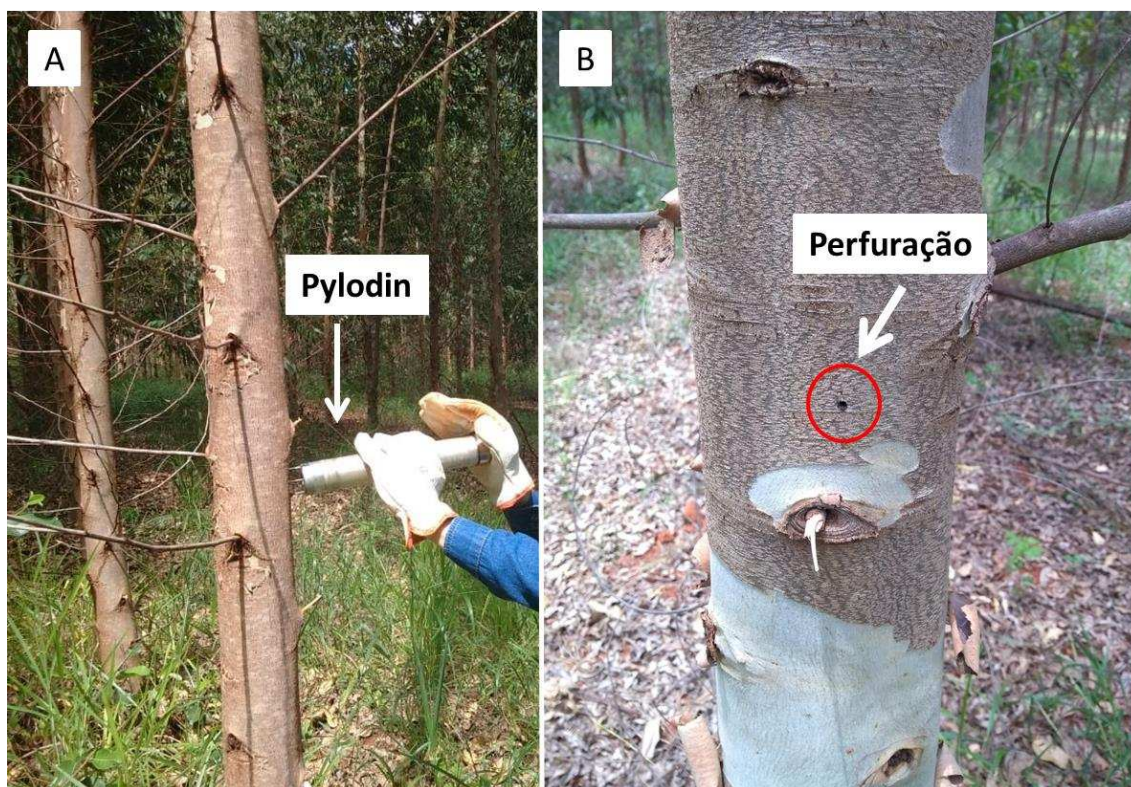


Figura 1: Metodologia Pilodyn com casca. A) Pilodyn sendo inserido no tronco da árvore para simular uma perfuração realizada por inseto; B) Perfuração causada pelo pilodyn.

Após 45 dias da instalação do experimento, voltou-se a campo para aferir a exsudação. Avaliou-se a incidência de árvores que apresentaram exsudação de kino, em

que, plantas que exsudaram receberam nota igual a 0 e plantas que não exsudaram receberam nota igual a 1.

Para a análise estatística considerou-se a média da incidência da exsudação de kino (I) das 3 plantas avaliadas em cada parcela

2.4. Análise estatística

Para estimar os componentes de variância e prever os valores genotípicos foram utilizados os métodos da máxima verossimilhança restrita (REML) (Patterson e Thompson, 1971) e da melhor predição linear não viesada (BLUP) (Henderson, 1975), respectivamente.

O modelo estatístico associado a avaliação de genótipos (clones) em delineamento de blocos ao acaso, com uma observação por parcela (média de parcela), é dado pela seguinte modelo:

$$y = Xr + Zg + e,$$

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) $g \sim N(0, \sigma_g^2)$, e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios) $e \sim N(0, \sigma_e^2)$. As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

A significância dos efeitos genotípicos (clones) foi testada pelo teste da razão de verossimilhança (LRT), usando a estatística Qui-Quadrado com um grau de liberdade e nível de probabilidade de 5% (Resende, 2016).

A variância fenotípica (σ_f^2), a herdabilidade dos efeitos genotípicos totais (h_g^2), a herdabilidade da média de clone (h_{mc}^2), a acurácia da seleção de clones ($r_{\hat{g}g}$), o coeficiente de variação genotípico ($CV_{gi}(\%)$), o coeficiente de variação experimental ($CV_e(\%)$), o coeficiente de variação relativa (CV_r) e o desvio padrão do valor genotípico predito (SEP),

para as características DAP, H, IMA e I foram obtidas, respectivamente, pelas seguintes expressões:

$$\sigma_f^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2,$$

$$h_g^2 = \sigma_g^2/\sigma_f^2,$$

$$h_{mc}^2 = \sigma_g^2/(\sigma_g^2 + \sigma_e^2/r),$$

$$r_{\hat{g}g} = \sqrt{1 - PEV/\sigma_g^2},$$

$$CV_{gi}(\%) = (\sqrt{\sigma_g^2}/m)100,$$

$$CV_e(\%) = (\sqrt{\sigma_e^2}/m)100,$$

$$CV_r = CV_{gi}/CV_e \text{ e}$$

$$SEP = \sqrt{PEV}$$

em que: σ_g^2 é a variância genotípica, σ_e^2 é a variância residual, r é o número de repetições (3), PEV é a variância do erro de predição extraída da diagonal da inversa generalizada da matriz dos coeficientes das equações de modelos mistos e m é a média geral.

A correlação genotípica (ρ) (correlação de Pearson), entre as características avaliadas (DAP, H, IMA e I), foi obtida de acordo com a seguinte expressão:

$$\rho = (\sum_i(x_i - \bar{x})(w_i - \bar{w}))/(\sqrt{\sum_i(x_i - \bar{x})^2 \sum_i(w_i - \bar{w})^2}),$$

em que: x_i e w_i podem assumir os valores genotípicos associados às características I, IMA, H e DAP.

O cálculo do índice de seleção (índice multiplicativo) (Subandi et al., 1973) considerando IMA e I foram construídos a partir dos valores genotípicos preditos via BLUP, em que o agregado genotípico refere-se ao produto dos caracteres e é dado pela seguinte expressão:

$$IM = VG_{IMA} * VG_I,$$

em que: IM = índice multiplicativo e VG = valor genotípico predito das características IMA e I.

Os ganhos genéticos (GS) obtidos pelo índice de seleção, e os ganhos com a seleção direta e indireta para as características IMA e I, foram obtidos pela média dos VG dos indivíduos selecionados, com base na seguinte expressão:

$$GS = \sum_{i=1}^n VG_i / n,$$

em que: VG é o valor genotípico predito do clone i e n é o número de clones selecionados.

Em percentagem, o ganho genético é dado pela seguinte expressão:

$$GS(\%) = [(M_s - M_o) / M_o] * 100$$

em que: M_s é a média genotípica dos clones selecionados e M_o é a média geral da população.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software Selegen REML/BLUP (Resende, 2016).

3. Resultados

Os efeitos genéticos (clone) foram significativos, para ambas às características avaliadas (DAP, H, IMA e I) ao nível de significância de 1%, de acordo com o LRT (tabela 2),

Tabela 2. Deviance e teste da razão de verossimilhança (LRT) para as características diâmetro a altura do peito (DAP), altura (H), incremento médio anual (IMA) e incidência da exsudação de kino (I), avaliadas em 21 clones de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp.

Efeito	DAP	H	IMA	I
Clone	329,53	369,94	816,47	-549,86
Modelo completo	261,04	272,88	703,76	-590,50
LRT	68,49*	97,06*	112,71*	40,64*

*: significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste de Qui-Quadrado. H_0 : hipótese nula (modelo completo = modelo reduzido, em que: modelo reduzido é o modelo sem o efeito de clone).

Os componentes de variância e parâmetros genéticos e não genéticos das características analisadas foram estimados e podem ser observados na tabela 3.

Em todas as características avaliadas (DAP, H, IMA e I) as acurácias apresentaram valores acima de 0,90. Herdabilidades dos efeitos genotípicos totais com valores de acima de 0,50 foram observados para altura (H) ($h_g^2 = 0,52$) e incremento médio anual (IMA) ($h_g^2 = 0,56$). Para diâmetro à altura do peito (DAP) ($h_g^2 = 0,43$) e incidência da exsudação de kino (I) ($h_g^2 = 0,31$), valores entre 0,30 e 0,50 foram observados.

Tabela 3. Componentes de variância e parâmetros genéticos e não genéticos para as características diâmetro a altura do peito (DAP), altura (H), incremento médio anual (IMA) e incidência de exsudação de kino (I) avaliadas em 21 clones de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp.

Componente	DAP (cm)	H (m)	IMA (m ³ /ha.ano)	I (%)
σ_g^2	0,6996	1,0427	10,5329	0,0063
σ_e^2	0,9416	0,9660	8,1970	0,0139
σ_f^2	1,6412	2,0087	18,7299	0,0202
h_g^2	0,43 (0,13) [†]	0,52 (0,14) [†]	0,56 (0,15) [†]	0,31 (0,11) [†]
h_{mc}^2	0,88	0,92	0,93	0,82
$r_{\hat{g}g}$	0,94	0,96	0,96	0,91
CV_{gi} (%)	8,3608	9,0058	21,5586	8,3422
CV_e (%)	9,6996	8,6683	19,0184	12,3789
CV_r	0,8620	1,0389	1,1336	0,6739
PEV	0,0830	0,0884	0,7605	0,0011
SEP	0,2881	0,2973	0,8721	0,0338
M	10,0040	11,3386	15,0540	0,0476

σ_g^2 : variância genotípica, σ_e^2 : variância fenotípica, h_g^2 : herdabilidade dos efeitos genotípicos totais, h_{mc}^2 : herdabilidade da média de clone, $r_{\hat{g}g}$: acurácia da seleção de clones, $CV_{gi}(\%)$: coeficiente de variação genotípico, $CV_e(\%)$: coeficiente de variação experimental, CV_r coeficiente de variação relativa, PEV: variância do erro de predição, SEP: desvio padrão do valor genotípico predito, m: média geral e \dagger desvio padrão.

O coeficiente de variação genotípica, que expressa, em percentagem da média geral, a quantidade de variação genotípica existente na população, das características avaliadas neste estudo (CV_{gi}) variaram de 8,34% para a característica I a 21,55% para a característica IMA. O coeficiente de variação experimental (CV_e) variou de 8,66 para a característica H a 19,01 para a característica IMA. O coeficiente de variação relativo (CV_r) obteve valores entre 0,67 para I e 1,13 para IMA.

As correlações genotípicas (ρ) entre as características foram avaliadas e estão apresentadas na figura 2. Encontrou-se valores de 0,94 para o DAP e IMA e 0,80 para H e IMA. Valores entre 0,46 e 0,61 foram encontrados para a característica I e demais características.

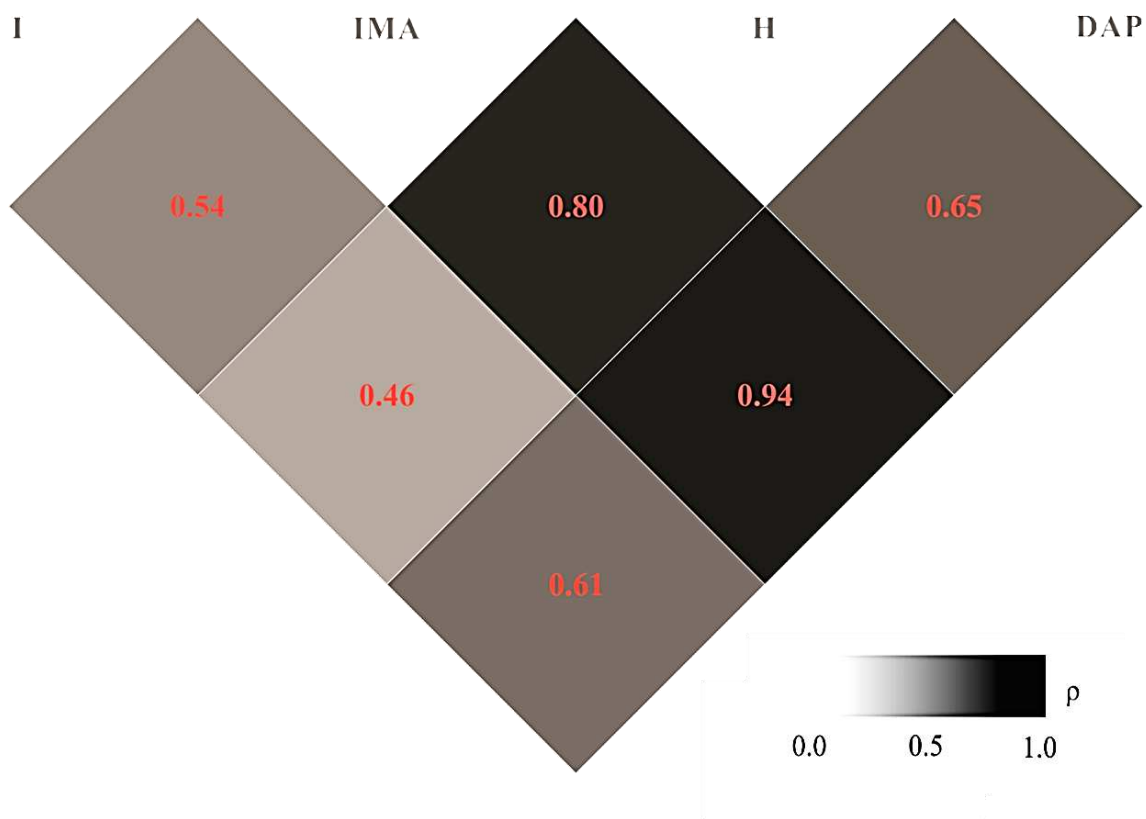


Figura 2. Correlações genotípicas (ρ) entre as características diâmetro à altura do peito (DAP), altura (H), incremento médio anual (IMA) e incidência de exsudação de kino (I) avaliadas em 21 clones de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp.

De posse das estimativas das correlações genotípicas, devido a alta correlação do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura (H) com a característica incremento médio anual (IMA), optou-se em realizar a seleção com base apenas no IMA e I.

Como pode ser observado na tabela 5, é possível a obtenção de ganhos com seleção tanto para IMA (29,20% - 1º colocado e 22,25% - 5 primeiros colocados) quanto para I (4,10 % - 1º colocado e 3,38 – 5 primeiros colocados) quando se realiza a seleção com base no IMA. Quando a seleção é realizada com base em I, o ganho indireto para IMA reduz e o ganho direto de I permanece igual ao indireto obtido pela seleção direta do IMA.

Ao realizar a seleção simultânea, utilizando o índice de seleção multiplicativo (Subandi, 1973), os ganhos obtidos para IMA e I foram iguais ao ganho da seleção pelo IMA.

Quando o ganho é em relação ao clone comercial AEC144, clone amplamente plantado no Brasil, ainda é possível obter ganhos para IMA, contudo o ganho para I se torna nulo (1º colocado) e até negativo quando a seleção é para os 5 primeiros colocados.

Tabela 5. Ganhos genéticos preditos com a seleção para IMA (incremento médio anual) e I (incidência de exsudação de kino) e via índice multiplicativo (IMA*I).

Seleção	Primeiro colocado		Cinco primeiros	
	IMA	I	IMA	I
IMA*I	29,19 [†] 7,45 [‡]	4,10 0,00	22,25 4,00	3,38 -0,69
IMA	29,19 7,45	4,10 0,00	22,25 4,00	3,38 -0,69
I	19,76 4,75	4,10 0,00	19,10 6,92	4,10 0,00

†: ganho (%) em relação a média da população e ‡: ganho (%) em relação a média do AEC144.

O calculo dos ganhos genéticos com base na seleção simultânea somente considerando os *Corymbia*, proporcionou maiores ganhos para IMA e menores para I em relação ao ganho considerando a população como um todo. Quando a seleção é apenas com base em I e considerando somente os *Corymbia*, o ganho direto para I é superior quando comparado a seleção com base em toda população (tabela 5 e 6).

Tabela 6. Ganhos genéticos preditos com a seleção para IMA (incremento médio anual) e I (incidência de exsudação de kino) e via índice multiplicativo (IMA*I) em relação a média dos *Corymbia* spp..

Seleção	Primeiro colocado		Cinco primeiros	
	IMA	I	IMA	I
IMA*I	34,02	2,36	24,48	3,52
I	27,19	5,26	5,63	5,26

Utilizando os valores genotípicos preditos (BLUPs), foi comparado os ordenamentos para as características IMA, I e índice IMA*I. Dessa forma, para os cinco primeiros colocados de cada característica, foi possível saber a posição de cada um em relação às demais (tabelas 6, 7 e 8).

De acordo com as tabelas 6 e 8, observa-se que os mesmos clones selecionados para IMA, também foram selecionados para o índice IMA*I.

Quando a seleção é com base na I, observam-se clones que ocupam as primeiras posições para IMA e IMA*I e também encontram-se clones que ocupam posições mais inferiores, como pode ser observado na tabela 7.

Tabela 6. Ordenamento comparativo dos cinco primeiros clones para a característica incremento médio anual (IMA).

Clone	IMA	I	IMA*I
AEC2475	1	8	1
AM09	2	12	2
AM08	3	1	3
VM04	4	4	4
AEC1528	5	9	5

Tabela 7. Ordenamento comparativo dos cinco primeiros clones para o caráter incidência de exsudação de kino (I).

Clone	I	IMA	IMA*I
AM08	1	3	3
AM10	2	12	11
AECI144	3	7	7
VM04	4	4	4
AEC0001	5	15	15

Tabela 8. Ordenamento comparativo dos cinco primeiros clones para o índice IMA*I.

Clone	IMA*I	IMA	I
AEC2475	1	1	8
AM09	2	2	12
AM08	3	3	1
VM04	4	4	4
AEC1528	5	5	9

4. Discussão

O efeito de clone foi significativo a 1% pelo teste LRT para todas as características avaliadas, o que indica que existe variabilidade genética entre os clones avaliados e a possibilidade de se praticar efetiva seleção entre os clones (Resende, 2007). Outros autores também observaram significativa variabilidade para as características de crescimento em testes de progênies de *C. citriodora* em diferentes idades (Tambarussi et al, 2018).

Paula et al. (2002), ao avaliar diferentes critérios de seleção em seis características de crescimento em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, mencionou que a variabilidade genética encontrada nos materiais genéticos utilizados na área florestal, possibilita boas perspectivas de melhoramento pela seleção direta e indireta.

As estimativas dos parâmetros genéticos, como herdabilidade das características são importantes para determinar os ganhos com a seleção dos genótipos superiores em programas de melhoramento florestal (Li et al., 2017).

De acordo com a classificação de Resende (2002) as herdabilidades individuais podem ser classificadas em: baixa, quando varia de 0,01 a 0,15; média ou moderada, que varia de 0,15 a 0,50; e alta, quando acima de 0,50. Dessa forma, pode-se classificar as características avaliadas como de moderado a alto controle genético. Valente (2017) ao

estudar características de crescimento (DAP, Alt e IMA) e sobrevivência em teste clonal de híbridos de *Corymbia* aos 69 meses de idade encontrou valores que variaram de 0,68 a 0,74, ou seja, de alto controle genético. Hung et al. (2016) ao avaliar *Corymbia citriodora* em teste de progênies em Queensland na Austrália, encontrou valores próximos, sendo a característica altura de alto controle genético e, DAP e volume de moderado controle.

Os valores genéticos aditivos preditos não são iguais aos valores genéticos verdadeiros e a proximidade entre estes dois valores pode ser avaliada com base na acurácia, a qual se refere à correlação entre os valores genéticos preditos e os valores genéticos verdadeiros (Resende, 2002). As características avaliadas neste estudo foram classificadas como de alta precisão de acordo com Resende e Duarte (2007), em que valores acima de 0,90 são classificados como de precisão muito alta.

A correlação entre as características diz respeito ao grau de associação entre elas e é de fundamental importância em programas de melhoramento genético, principalmente se elas apresentarem baixa herdabilidade e/ou, tiverem problemas de mensuração (CRUZ et al., 2012). Segundo Pires et al. (2011) a correlação genética é um parâmetro muito importante em melhoramento genético, e quando a correlação é de magnitude alta, a alteração em um caráter, promove alteração significativa em outro, facilitando a seleção indireta.

Neste estudo, as correlações entre as características DAP e IMA e, H e IMA foram de alta magnitude (0,94 e 0,80 respectivamente). Valente et al. (2017), avaliando clones de *Corymbia* encontrou valores similares de correlação entre essas mesmas características.

A correlação entre a característica I e demais características de crescimento, apresentaram valores medianos, mas de modo geral, genótipos que apresentaram menor

exsudação de kino foram os que obtiveram maior IMA. Dessa forma, é possível a seleção visando a redução de exsudato e aumento de produtividade.

A seleção direta para IMA e a seleção simultânea com base no índice multiplicativo, resultou em um ganho de 29,19% para IMA e 4,10% para I do primeiro colocado em relação à média da população. Isso se deve ao fato de que os genótipos selecionados por uma metodologia, também foram os mesmos selecionados pela outra. Os ganhos obtidos para IMA foram próximos aos encontrados por Valente (2017) em um teste clonal de *Corymbia* aos 69 meses.

Quando a seleção direta é com base na característica I, o ganho do primeiro colocado permanece de 4,10% contudo o ganho para IMA diminui para 19,76%. Tal fato acontece, devido aos valores genotípicos da característica I serem iguais para os 11 primeiros colocados. Os materiais avaliados fazem parte da etapa final do melhoramento da empresa, dessa forma, os materiais que compõe a população já têm um grau de melhoramento, o que também refletiu em um ganho menor para a característica I.

Em populações iniciais de melhoramento, como, por exemplo, em testes de progênies, o uso dessa metodologia proporcionará maiores ganhos para I em relação à média da população e a utilização do índice de seleção é importante para que se tenha certeza que a seleção está contemplando ganho para ambas as características.

Quando o ganho é em relação ao clone AEC144, clone comercial mais plantado no Brasil (comunicação pessoal – Gleison Augusto dos Santos), ocorre uma diminuição no valor, contudo ainda é possível obter ganhos para IMA. A característica I, possui ganho nulo quando é em relação ao primeiro colocado e quando é em relação aos cinco primeiros, o ganho passa a ser negativo. Isso ocorre porque o clone AEC144, é um clone de *Eucalyptus* e não produz exsudação de kino.

Ao realizar-se o cálculo do ganho com a seleção considerando apenas os indivíduos das espécies do gênero *Corymbia*, resultou-se em maior ganho no IMA independente do método de seleção (IMAxI ou I). Isto ocorre devido ao fato das espécies do gênero *Corymbia* serem menos melhoradas que os *Eucalyptus*.

Foi observado também, que o ganho genético com base apenas nos indivíduos híbridos de *Corymbia*, para a característica I foi superior quando a seleção é com base apenas em I, e superior ao ganho para I comparado ao ganho proporcionado pela seleção com base em toda população. Este ganho superior é decorrente do fato das espécies do gênero *Corymbia* produzirem maior quantidade de kino comparado aos *Eucalyptus*.

Observa-se dois clones híbridos de *Corymbia* entre os primeiros 5 colocados, demonstrando assim o potencial do uso desses materiais em programas de melhoramento. Valente (2017) também destacou o potencial do uso de espécies do gênero *Corymbia* em programas de melhoramento, ressaltando a importância da persistência das hibridações, a seleção de parentais na região e o desenvolvimento de testes e seleção no local, de modo a favorecer a obtenção de materiais mais adaptados.

Sugere-se a formação de uma população base com os genótipos de *Corymbia* que apresentaram menor exsudação de kino e assim realizar cruzamentos utilizando o delineamento em dialelo completo. Este delineamento permitirá, além da escolha dos melhores genitores, estudar a herança da característica.

5. Conclusões

A seleção simultânea permite obter ganhos tanto para IMA quanto para I (incidência de exsudação de kino).

A seleção direta para IMA proporcionou ganhos indiretos para I, devido à correlação genética positiva entre as características avaliadas.

Os clones AM08 e AM09, clones híbridos de *Corymbia*, obtiveram ganho de 7,55% para IMA em relação ao clone AEC144.

Dois clones híbridos de *C. torelliana* x *C. citriodora* estão entre os cinco selecionados para IMA e I.

O uso de híbridos de *Corymbia* como material alternativo para as espécies de *Eucalyptus* é promissor, uma vez que alguns clones de *Corymbia* apresentaram produtividade superior ao dos clones de *Eucalyptus*.

6. Referências

- Assis, T.F., 2014. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. 3rd Brazilian Forestry Meeting.
- Assis, T.F., 2000. Production and use of *Eucalyptus* hybrids for industrial purposes. In: FRI/CRC-SPF SYMPOSIUM, 2000, Noosa. Hybrid breeding and genetics of forest trees: proceedings... Brisbane: Department of Primary Industries, p. 63–75.
- Castro, C.A.D.O., Resende, R.T., Bhering, L.L., Cruz, C.D., 2016. Brief history of *Eucalyptus* breeding in Brazil under perspective of biometric advances. *Ciência Rural*, v 46(9), p.1585–1593.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., Carneiro, P.C.S., 2012. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4. Ed. Viçosa, MG: Ed. UFV. 514p.
- Greaves, B.L., Borralho, N.M.G., Raymond, C.A. Farrington, A., 1996. Use of a Pilodyn for the indirect selection of basic density in *Eucalyptus nitens*. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 26(9), p. 1643–1650.
- Henderson, C.R., 1975. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *BIOMETRICS* 31 (2), 423–447.

- Hillis, W.E., 1972. Properties of eucalypt woods of importance to the pulp and paper industry. *Appita*, v.26(2), p.113–123.
- Hung, T.D., Brawner, J.T., Lee, D.J., Meder, R., Dieters, M.J. , 2016. Genetic variation in growth and wood-quality traits of *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* across three sites in south-east Queensland, Australia. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 78(3), 225–239.
- IBA, 2017Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual 2017. São Paulo.
- Li, Y., Suontama, M., Burdon, R.D., Dungey, H. S., 2017. Genotype by environment interactions in forest tree breeding: review of methodology and perspectives on research and application. *Tree Genetics & Genomes*, 13(3), 60.
- Nunes, A.C.P., 2015. Qualidade da madeira, critérios de seleção e interação genótipos x ambientes de clones de *Eucalyptus* no Rio Grande do Sul. (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Viçosa).
- Patterson, H.D., 1971. Thompson, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *BIOMETRIKA* 58, 545–554.
- Paula, C., Pires, I. E., Borges, R.C.G., Cruz, C.D., 2002. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 37, n. 2, p. 159–165.
- Pires, E.I., Resende, M.D.V. de, Silva, R.L. da, Resende Jr, M.F.R., 2011. Genética florestal. Viçosa, MG: Arka. 318 p.
- Resende, M.A.V., Freitas, J.A., Lanza, M.A., Resende, M.D.V., Azevedo, C.F., 2014. Divergência genética e índice de seleção via BLUP em acessos de algodoeiro para características tecnológicas da fibra. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, v. 44, n. 3, p. 334–340.

- Resende, M.D.V., 2002. *Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes*. Brasília: Embrapa informações tecnológicas. 975p.
- Resende, M.D.V., 2015 *Genética quantitativa e de populações*. Viçosa: Suprema.
- Resende, M.D.V., Duarte, J.B., 2007. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 37(3), p. 182–194.
- Resende, M.D.V., 2007. *Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético*. Colombo: Embrapa Florestas, 561 p.
- Resende, M.D.V., 2016. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. *CROP BREED APPL BIOT* 16: 330–339.
- Schumacher, F.X.; Hall, F.S., 1933. Logarithmic expression of timber-tree volume. *Journal of Agricultural Research*, v. 47, n. 9, p. 719–734.
- Subandi W., Compton A., Empig L.T., 1973. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. *Crop Science* 13: 184–186.
- Tambarussi, E.V., Pereira, F.B., da Silva, P.H.M., Lee, D., Bush, D., 2018. Are tree breeders properly predicting genetic gain? A case study involving *Corymbia* species. *Euphytica*, 214(8), 150.
- Tippet, J.T., 1986. Formation and fate of kino veins in *Eucalyptus* L’Herit. *IAWA Bulletin* v.7(2), p.137–143.
- Valente, B.M.D.R.T., 2017. *Avaliação de clones híbridos de Corymbia para crescimento, qualidade da madeira e carvão vegetal na região do rio doce (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Viçosa)*.

SEÇÃO 4
CONCLUSÕES GERAIS

CONCLUSÕES GERAIS

Os clones de *Corymbia* apresentaram variabilidade para a característica de exsudação de kino, portanto há possibilidade de ganhos genéticos mediante a seleção para esta característica.

As metodologias estudadas foram eficientes para avaliar a característica exsudação de kino em clones de *Corymbia* e *Eucalyptus* aos 32 meses de idades, com exceção o comprimento da exsudação de kino pela metodologia do Pilodyn sem casca. A incidência da exsudação de kino pela metodologia com casca foi a que proporcionou valores de herdabilidade e acurácia, sendo a mais recomendada para utilização em trabalhos subsequentes e para uso em programas de melhoramento florestal.

Existe variabilidade genética para as características de crescimento, havendo possibilidade de ganhos mediante a seleção. A altura e o DAP, apresentam alta correlação com o IMA sendo indicado uso da seleção com base no IMA.

A seleção simultânea para características de crescimento (IMA) e produção de kino (I) é possível, devido à correlação genética positiva. O ganho genético com a seleção dos cinco primeiros colocados proporcionou ganhos de até 22,25% para IMA e 3,38 para I, com a utilização do índice de seleção na seleção.

Apesar de não haver diferença no ganho de seleção para as características IMA e incidência de exsudação de kino praticando a seleção pelo índice multiplicativo ou pela seleção direta no IMA para esta população, é importante o uso do índice para outras populações para garantir que a seleção esteja proporcionando ganho para ambas as características.

É importante ressaltar que o ganho para a característica exsudação de kino foi pequeno, devido esta população ser constituída de clones já em fase final de melhoramento e alguns inclusive serem clones comerciais, entretando a inclusão dessa característica em nível de teste de progênie proporcionará maiores ganhos.

A inclusão da característica produção de kino nos programas de melhoramento das espécies de *Corymbia* é indicado, principalmente para aqueles em que o produto final é a celulose, onde a produção de kino é uma limitação para o seu uso, devido ao impacto nas etapas de polpação e branqueamento.

É necessário estudos quanto ao impacto do kino na produção de carvão vegetal, uma vez que as espécies de *Corymbia*, por apresentarem alta densidade básica da madeira e assim aumentam o rendimento de carvão por m³ de madeira. Um desafio do uso dessas espécies

era o baixo incremento volumétrico, contudo neste estudo verifica-se clones de *Corymbia* entre os cinco primeiros colocados e principalmente com IMA superior ao clone AEC144, clone amplamente plantado no Brasil.

SEÇÃO 5

APÊNDICES

APÊNDICE – Capítulo 1

Suplementar 1. Ordenamento dos 21 clones de *Corymbia* spp e *Eucaliptus* spp., para a característica incidência da exsudação de kino pela metodologia 1.

Ordem	Clone	g	u + g	Ganho	Nova Média
1	AM08	0,039	0,9914	0,039	0,9914
2	AM10	0,039	0,9914	0,039	0,9914
3	AEC1144	0,039	0,9914	0,039	0,9914
4	VM04	0,039	0,9914	0,039	0,9914
5	AEC0001	0,039	0,9914	0,039	0,9914
6	AM02	0,039	0,9914	0,039	0,9914
7	AM07	0,039	0,9914	0,039	0,9914
8	AEC2475	0,039	0,9914	0,039	0,9914
9	AEC1528	0,039	0,9914	0,039	0,9914
10	AM03	0,039	0,9914	0,039	0,9914
11	AM05	0,039	0,9914	0,039	0,9914
12	AM09	0,0117	0,9641	0,0367	0,9891
13	AEC0022	0,0117	0,9641	0,0348	0,9872
14	AEC0004	0,0117	0,9641	0,0332	0,9856
15	AEC2233	0,0117	0,9641	0,0317	0,9841
16	AM01	-0,0156	0,9368	0,0288	0,9812
17	AM06	-0,0156	0,9368	0,0262	0,9786
18	AEC0007	-0,0156	0,9368	0,0238	0,9762
19	AEC0043	-0,0293	0,9231	0,0211	0,9734
20	AEC0044	-0,1522	0,8002	0,0124	0,9648
21	AM04	-0,2478	0,7046	0	0,9524

g:efeito genotípico predito; u+g: média genotípica

Suplementar 2, Ordenamento dos 21 clones de *Corymbia* spp e *Eucaliptus* spp., para a característica comprimento da exsudação de kino pela metodologia 1.

Ordem	Clone	G	u + g	Ganho	Nova Média
1	AEC0044	3,4640	4,1349	3,4640	4,1349
2	AM04	3,0900	3,7608	3,2770	3,9479
3	AM01	1,4907	2,1615	2,6816	3,3524
4	AEC0043	0,4626	1,1334	2,1268	2,7977
5	AM06	-0,4224	0,2484	1,6170	2,2878
6	AEC0001	-0,5053	0,1656	1,2632	1,9341
7	AEC0004	-0,5053	0,1656	1,0106	1,6815
8	AEC0007	-0,5053	0,1656	0,8211	1,4920
9	AEC0022	-0,5053	0,1656	0,6737	1,3446
10	AEC144	-0,5053	0,1656	0,5558	1,2267
11	AEC1528	-0,5053	0,1656	0,4594	1,1302
12	AEC2233	-0,5053	0,1656	0,3790	1,0498
13	AEC2475	-0,5053	0,1656	0,3110	0,9818
14	AM02	-0,5053	0,1656	0,2526	0,9235
15	AM03	-0,5053	0,1656	0,2021	0,8730
16	AM05	-0,5053	0,1656	0,1579	0,8288
17	AM07	-0,5053	0,1656	0,1189	0,7898
18	AM08	-0,5053	0,1656	0,0842	0,7551
19	AM09	-0,5053	0,1656	0,0532	0,7241
20	AM10	-0,5053	0,1656	0,0253	0,6961
21	VM04	-0,5053	0,1656	0,0000	0,6709

g:efeito genotípico predito; u+g: média genotípica

Suplementar 3, Ordenamento dos 21 clones de *Corymbia* spp e *Eucaliptus* spp., para a característica peso da exsudação de kino pela metodologia 1.

Ordem	Clone	G	u + g	Ganho	Nova Média
1	AM04	261,8111	304,573	261,8111	304,573
2	AM01	103,7994	146,5613	182,8053	225,5672
3	AEC0044	54,5246	97,2865	140,045	182,8069
4	AEC144	4,4846	47,2465	106,1549	148,9168
5	AEC0004	-2,03	40,7319	84,518	127,2799
6	AM06	-14,8624	27,8995	67,9546	110,7165
7	AEC0043	-15,1029	27,659	56,0892	98,8511
8	VM04	-28,0446	14,7173	45,5725	88,3344
9	AEC0001	-28,0446	14,7173	37,3928	80,1547
10	AEC0007	-28,0446	14,7173	30,8491	73,611
11	AEC0022	-28,0446	14,7173	25,4951	68,257
12	AEC1528	-28,0446	14,7173	21,0335	63,7954
13	AEC2233	-28,0446	14,7173	17,2582	60,0201
14	AEC2475	-28,0446	14,7173	14,0223	56,7842
15	AM02	-28,0446	14,7173	11,2178	53,9797
16	AM03	-28,0446	14,7173	8,7639	51,5258
17	AM05	-28,0446	14,7173	6,5987	49,3606
18	AM07	-28,0446	14,7173	4,6741	47,436
19	AM08	-28,0446	14,7173	2,9521	45,714
20	AM09	-28,0446	14,7173	1,4022	44,1641
21	AM10	-28,0446	14,7173	0	42,7619

g:efeito genotípico predito; u+g: média genotípica

Suplementar 4, Ordenamento dos 21 clones de *Corymbia* spp e *Eucaliptus* spp., para a característica incidência da exsudação de kino pela metodologia 2.

Ordem	Clone	g	u + g	Ganho	Nova Média
1	VM04	0.1519	0.8828	0.1519	0.8828
2	AM09	0.0954	0.8264	0.1236	0.8546
3	AM08	0.0766	0.8076	0.108	0.8389
4	AEC144	0.0766	0.8076	0.1001	0.8311
5	AM07	0.0578	0.7887	0.0917	0.8226
6	AEC1528	0.039	0.7699	0.0829	0.8138
7	AEC2233	0.039	0.7699	0.0766	0.8076
8	AEC0001	0.0202	0.7511	0.0695	0.8005
9	AM01	0.0202	0.7511	0.0641	0.795
10	AM03	0.0013	0.7323	0.0578	0.7887
11	AM02	0.0013	0.7323	0.0527	0.7836
12	AEC2475	0.0013	0.7323	0.0484	0.7793
13	AEC0043	0.0013	0.7323	0.0448	0.7757
14	AM10	-0.0175	0.7135	0.0403	0.7713
15	AEC0022	-0.0363	0.6947	0.0352	0.7662
16	AEC0004	-0.0363	0.6947	0.0307	0.7617
17	AM05	-0.0457	0.6853	0.0262	0.7572
18	AM06	-0.0551	0.6759	0.0217	0.7527
19	AEC0007	-0.0927	0.6382	0.0157	0.7467
20	AM04	-0.1115	0.6194	0.0093	0.7403
21	AEC0044	-0.1868	0.5442	0	0.731

g:efeito genotípico predito; u+g: média genotípica

Suplementar 5, Ordenamento dos 21 clones de *Corymbia* spp e *Eucaliptus* spp., para a característica comprimento da exsudação de kino pela metodologia 2.

Ordem	Clone	g	u + g	Ganho	Nova Média
1	AM04	0,6396	1,0363	0,6396	1,0363
2	AEC0044	0,5581	0,9547	0,5988	0,9955
3	AM03	0,4264	0,8231	0,5414	0,938
4	AM01	0,3507	0,7473	0,4937	0,8904
5	AM02	-0,0047	0,392	0,394	0,7907
6	AM10	-0,0198	0,3769	0,3251	0,7217
7	AEC0007	-0,0326	0,364	0,274	0,6706
8	AEC0043	-0,1153	0,2813	0,2253	0,622
9	AEC0001	-0,1386	0,258	0,1849	0,5815
10	AEC0004	-0,1386	0,258	0,1525	0,5492
11	AEC0022	-0,1386	0,258	0,126	0,5227
12	AEC144	-0,1386	0,258	0,104	0,5006
13	AEC1528	-0,1386	0,258	0,0853	0,482
14	AEC2233	-0,1386	0,258	0,0693	0,466
15	AEC2475	-0,1386	0,258	0,0555	0,4521
16	AM05	-0,1386	0,258	0,0433	0,44
17	AM06	-0,1386	0,258	0,0326	0,4293
18	AM07	-0,1386	0,258	0,0231	0,4198
19	AM08	-0,1386	0,258	0,0146	0,4113
20	AM09	-0,1386	0,258	0,0069	0,4036
21	VM04	-0,1386	0,258	0	0,3967

g:efeito genotípico predito; u+g: média genotípica

Suplementar 6, Ordenamento dos 21 clones de *Corymbia* spp e *Eucaliptus* spp., para a característica peso da exsudação de kino pela metodologia 2.

Ordem	Clone	g	u + g	Ganho	Nova Média
1	AEC0004	121,0689	261,8276	121,0689	261,8276
2	AEC0044	96,1058	236,8646	108,5873	249,3461
3	AM04	79,6214	220,3802	98,932	239,6908
4	AEC0007	41,5654	182,3242	84,5904	225,3491
5	AM03	25,9126	166,6713	72,8548	213,6136
6	AEC2475	11,1239	151,8827	62,5663	203,3251
7	AM06	9,2488	150,0076	54,9496	195,7083
8	AM01	5,9552	146,714	48,8253	189,584
9	AEC0043	5,0911	145,8498	43,9659	184,7246
10	AM05	4,2921	145,0508	39,9985	180,7573
11	AM02	-0,2407	140,518	36,3404	177,0991
12	AEC0022	-14,2304	126,5283	32,1262	172,8849
13	AEC0001	-14,8826	125,8761	28,5101	169,2689
14	AM08	-18,9915	121,7672	25,1171	165,8759
15	AEC144	-36,927	103,8317	20,9809	161,7396
16	AM07	-39,2261	101,5327	17,2179	157,9767
17	AM10	-39,2587	101,5001	13,8958	154,6545
18	AEC1528	-44,1176	96,6412	10,6728	151,4315
19	AM09	-54,4061	86,3527	7,2476	148,0063
20	AEC2233	-68,8523	71,9064	3,4426	144,2013
21	VM04	-68,8523	71,9064	0,000	140,7587

g:efeito genotípico predito; u+g: média genotípica



Suplementar 7. Medição do comprimento da exsudação de kino. A) Metodologia 1; B) Metodologia 2.



Suplementar 8. Acúmulo de kino no interior da sessão onde se retirou a casca, dificultando a medição com comprimento pela metodologia 2.



Suplementar 9. Diferença da viscosidade do kino influenciando o escoamento do mesmo pelo tronco.

APÊNDICE – Capítulo 2

Suplementar 10: Ordenamento dos 21 clones de *Corymbia* spp e *Eucaliptus* spp., para a característica diâmetro à altura do peito (DAP).

Ordem	Clone	G	u + g	Ganho	Nova Média
1	AM09	1,2527	11,2567	1,2527	11,2567
2	AM08	0,9874	10,9914	1,1201	11,1241
3	AEC2475	0,8923	10,8962	1,0441	11,0481
4	AM02	0,7753	10,7793	0,9769	10,9809
5	AM03	0,5033	10,5073	0,8822	10,8862
6	AM01	0,4536	10,4576	0,8108	10,8148
7	AEC1528	0,3761	10,3801	0,7487	10,7527
8	AECI144	0,3326	10,3366	0,6967	10,7007
9	AEC2233	0,2791	10,2831	0,6503	10,6543
10	VM04	0,2145	10,2185	0,6067	10,6107
11	AEC0007	0,1872	10,1912	0,5686	10,5725
12	AM10	0,119	10,123	0,5311	10,5351
13	AM05	0,0787	10,0827	0,4963	10,5003
14	AEC0043	-0,0015	10,0025	0,4607	10,4647
15	AM06	-0,2709	9,7331	0,412	10,416
16	AEC0001	-0,2888	9,7152	0,3682	10,3722
17	AEC0004	-0,7524	9,2516	0,3023	10,3062
18	AM07	-0,9339	9,07	0,2336	10,2376
19	AEC0022	-1,3156	8,6884	0,152	10,156
20	AEC0044	-1,4181	8,5859	0,0735	10,0775
21	AM04	-1,4707	8,5333	0,0000	10,004

g:efeito genotípico predito; u+g: média genotípica

Suplementar 11: Ordenamento dos 21 clones de *Corymbia* spp e *Eucaliptus* spp., para a característica altura (H).

Ordem	Clone	g	u + g	Ganho	Nova Média
1	AEC1528	1,6822	13,0208	1,6822	13,0208
2	AEC2233	1,4687	12,8073	1,5755	12,914
3	AEC2475	1,4168	12,7554	1,5226	12,8612
4	AEC1144	1,3528	12,6913	1,4801	12,8187
5	VM04	1,1453	12,4839	1,4132	12,7517
6	AM01	0,6908	12,0293	1,2928	12,6313
7	AM09	0,3735	11,7121	1,1614	12,5
8	AM10	0,2789	11,6175	1,0511	12,3897
9	AM08	0,2728	11,6114	0,9647	12,3032
10	AM02	0,0593	11,3979	0,8741	12,2127
11	AM07	-0,2489	11,0897	0,772	12,1106
12	AM05	-0,4288	10,9097	0,672	12,0105
13	AM03	-0,4746	10,864	0,5838	11,9223
14	AEC0043	-0,5722	10,7663	0,5012	11,8398
15	AEC0007	-0,6027	10,7358	0,4276	11,7662
16	AEC0044	-0,8651	10,4735	0,3468	11,6854
17	AEC0004	-0,9291	10,4094	0,2717	11,6103
18	AEC0001	-0,9414	10,3972	0,2043	11,5429
19	AM06	-1,1732	10,1654	0,1318	11,4704
20	AEC0022	-1,2098	10,1288	0,0648	11,4033
21	AM04	-1,2953	10,0433	0,0000	11,3386

g:efeito genotípico predito; u+g: média genotípica

Suplementar 12: Ordenamento dos 21 clones de *Corymbia* spp e *Eucaliptus* spp., para a característica incremento médio anual (IMA).

Ordem	Clone	G	u + g	Ganho	Nova Média
1	AEC2475	4,3942	19,4482	4,3942	19,4482
2	AM09	3,9432	18,9973	4,1687	19,2227
3	AM08	2,9749	18,0290	3,7708	18,8248
4	VM04	2,7414	17,7954	3,5134	18,5675
5	AEC1528	2,6964	17,7505	3,3500	18,4041
6	AM03	2,4157	17,4697	3,1943	18,2483
7	AECI144	2,1586	17,2127	3,0464	18,1004
8	AEC2233	2,0775	17,1315	2,9252	17,9793
9	AM02	1,9485	17,0025	2,8167	17,8708
10	AM01	1,6705	16,7245	2,7021	17,7561
11	AEC0043	1,4140	16,4680	2,5850	17,6390
12	AM10	0,3471	15,4011	2,3985	17,4525
13	AM05	-0,8217	14,2324	2,1508	17,2048
14	AEC0007	-0,8747	14,1794	1,9347	16,9887
15	AEC0001	-2,3498	12,7042	1,6491	16,7031
16	AM06	-2,8055	12,2485	1,3706	16,4247
17	AM07	-3,3292	11,7248	1,0942	16,1482
18	AEC0004	-3,8266	11,2274	0,8208	15,8748
19	AM04	-4,7225	10,3316	0,5291	15,5831
20	AEC0022	-4,8623	10,1918	0,2595	15,3135
21	AEC0044	-5,1897	9,8643	0,0000	15,0540

g:efeito genotípico predito; u+g: média genotípica

Suplementar 13: Ordenamento dos 21 clones de *Corymbia* spp e *Eucaliptus* spp., para a característica incidência (I).

Ordem	Clone	g	u + g	Ganho	Nova Média
1	AM08	0,039	0,9914	0,039	0,9914
2	AM10	0,039	0,9914	0,039	0,9914
3	AEC1144	0,039	0,9914	0,039	0,9914
4	VM04	0,039	0,9914	0,039	0,9914
5	AEC0001	0,039	0,9914	0,039	0,9914
6	AM02	0,039	0,9914	0,039	0,9914
7	AM07	0,039	0,9914	0,039	0,9914
8	AEC2475	0,039	0,9914	0,039	0,9914
9	AEC1528	0,039	0,9914	0,039	0,9914
10	AM03	0,039	0,9914	0,039	0,9914
11	AM05	0,039	0,9914	0,039	0,9914
12	AM09	0,0117	0,9641	0,0367	0,9891
13	AEC0022	0,0117	0,9641	0,0348	0,9872
14	AEC0004	0,0117	0,9641	0,0332	0,9856
15	AEC2233	0,0117	0,9641	0,0317	0,9841
16	AM01	-0,0156	0,9368	0,0288	0,9812
17	AM06	-0,0156	0,9368	0,0262	0,9786
18	AEC0007	-0,0156	0,9368	0,0238	0,9762
19	AEC0043	-0,0293	0,9231	0,0211	0,9734
20	AEC0044	-0,1522	0,8002	0,0124	0,9648
21	AM04	-0,2478	0,7046	0	0,9524

g:efeito genotípico predito; u+g: média genotípica

Suplementar 14: Ordenamento dos 21 clones de *Corymbia* spp e *Eucaliptus* spp., via índice de seleção (Multiplicativo).

Ordem	Genitor	Índice	Ganho	Ganho %
1	AEC2475	19,2809	19,2809	33,4036
2	AM09	18,3153	18,7981	30,0630
3	AM08	17,8739	18,4900	27,9313
4	VM04	17,6424	18,2781	26,4651
5	AEC1528	17,5978	18,1421	25,5237
6	AM03	17,3195	18,0050	24,5751
7	AECI144	17,0647	17,8706	23,6457
8	AM02	16,8563	17,7438	22,7685
9	AEC2233	16,5165	17,6075	21,8249
10	AM01	15,6675	17,4135	20,4827
11	AM10	15,2687	17,2185	19,1336
12	AEC0043	15,2016	17,0504	17,9707
13	AM05	14,1100	16,8242	16,4057
14	AEC0007	13,2833	16,5713	14,6558
15	AEC0001	12,5949	16,3062	12,8216
16	AM07	11,6240	16,0136	10,7969
17	AM06	11,4744	15,7466	8,9494
18	AEC0004	10,8244	15,4731	7,0574
19	AEC0022	9,8259	15,1759	5,0010
20	AEC0044	7,8934	14,8118	2,4816
21	AM04	7,2796	14,4531	0,0000