



ERICK MARTINS NIERI

**ADAPTABILIDADE E SELEÇÃO EM
PROGÊNIES DE PINUS TROPICAIS AOS TRÊS
ANOS**

LAVRAS – MG

2019

ERICK MARTINS NIERI

**ADAPTABILIDADE E SELEÇÃO EM PROGÊNIES DE PINUS
TROPICAIS AOS TRÊS ANOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal área de concentração em Silvicultura e Genética Florestal, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo

Orientador

LAVRAS – MG

2019

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

Nieri, Erick Martins.

Adaptabilidade e seleção em progênies de pinus
tropicais aos três anos / Erick Martins Nieri. - 2019.
68 p. : il.

Orientador(a): Lucas Amaral de Melo.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras,
2019.

Bibliografia.

1. *Pinus caribaea*. 2. Teste de Progênies. 3.
Genótipos. I. Melo, Lucas Amaral de. II. Título.

ERICK MARTINS NIERI

**ADAPTABILIDADE E SELEÇÃO EM PROGÊNIES DE PINUS
TROPICAIS AOS TRÊS ANOS**

**ADAPTABILITY AND SELECTION OF PROGENIES OF TROPICAL
PINUS AT THREE YEARS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal área de concentração em Silvicultura e Genética Florestal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 21 de junho de 2019

Dr. Lucas Amaral de Melo DCF - UFLA/MG

Dr. Enéas Ricardo Konzen - UFRGS/RS

Dr^a. Soraya Alvarenga Botelho DCF - UFLA/MG

Dr. Otávio Camargo Campoe – DCF – UFLA/MG

Dr^a. Flavia Maria Avelar Gonçalves – DBI – UFLA/MG

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais
Mário Luiz Nieri e Sueli Aparecida Vieira
Martins Nieri e a Luana Maria dos Santos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Mário Luiz Nieri e Sueli Aparecida Vieira Martins Nieri pelo amor concedido e apoio nos momentos que mais necessitei por meio de palavras de incentivo, afeto e carinho, sendo estes responsáveis por essa conquista.

A Luana Maria dos Santos pelo amor e por me apoiar em todos os momentos com palavras de incentivo, compreensão e carinho, as quais foram importantes e indispensáveis nessa jornada. Também aos seus pais pela compreensão e incentivo.

Aos meus irmãos Aline Martins Nieri e Lucas Martins Nieri pelo apoio e afeto concedido para a realização desse trabalho. Além de Stella Maria, pelo amor gratuito e incondicional.

Aos meus familiares, em especial, minha tia Marioli Nieri, avó Delsia Terciano Nieri (in memória) e Osvaldo Martins Bravo (in memória) pelo apoio e palavras de incentivos.

Ao orientador e amigo professor Dr. Lucas Amaral de Melo pela amizade, conselhos, auxílio em resoluções de problemas e a sabedoria com que expressa/transmite seus conhecimentos aos seus orientados.

Ao professor e amigo Dr. Renato Luiz Grisi Macedo pela amizade, conselhos, ensinamento e confiança depositada, as quais foram imprescindíveis para o meu crescimento pessoal e profissional. Levarei, os mesmo para a vida.

Ao professor e amigo Dr. Nelson Venturin pela oportunidade de fazer parte de sua equipe de trabalho.

Aos meus amigos Eduardo Willian Resende (Ezequiel), Antônio Carlos Porto, Júlio César Tannure Faria, Rodolfo Soares de Almeida, Fernanda Leite Cunha, Matheus Santos Luz, Anatoly Queiroz Abreu Torres, José Pedro, Marileydy Martinez Hernandez, Oclizio Medeiros das Chagas Silva e a todos do

Laboratório de Estudos em Silvicultura e Restauração Florestal pela ajuda na coleta de dados, momentos felizes e incentivo para a realização do trabalho.

Ao Sr. Generci Assis Neves e a empresa Resineves Agroflorestal pela oportunidade, confiança e apoio para a implantação e condução do projeto de pesquisa.

Aos amigos da pós-graduação e graduação, por estes anos de convivência que me proporcionaram grande aprendizado e possibilitaram cultivar muitas amizades. Em especial, Thawane Rodrigues Brito, Evelize Aparecida Amaral (Fraldinha tradicional), Alisson Borges, Thiago Estrela, Flavia Siqueira, Bruna Cristina Almeida, Clarissa de Moraes Sousa e Michele Silva.

À CAPES e ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFLA pela oportunidade de realização deste curso.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

A seleção de genótipos superiores e adaptados às condições edafoclimáticas da região de introdução possibilita ganhos em produtividade para os povoamentos florestais. Neste trabalho, avaliaram-se as características genéticas e dendrométricas para selecionar progênies de *Pinus* spp. mais adaptadas às condições edafoclimáticas de Lavras-MG e as que apresentem estabilidade e adaptabilidade para Iguape-SP, Lavras-MG e São José da Boa Vista-PR. Para isso, realizou-se dois experimentos dispostos no capítulo 2 e capítulo 3. O estudo realizado no capítulo 2 foi disposto em delineamento de blocos casualizados completos (DBCC) com 30 repetições e uma planta por parcela. Os tratamentos correspondem a três progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, 33 de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e uma de *Pinus massoniana*, arranjadas em espaçamento 3 x 3 m. As variáveis respostas avaliadas foram a altura (*H*), o diâmetro a altura do peito (*DAP*) e a área de projeção de copa (*APC*). Os resultados obtidos demonstram que as herdabilidades no sentido restrito foram de 0,24 para o *DAP*, 0,27 para a *H* e 0,50 para a *APC*. Os caracteres *DAP* e *H* apresentaram correlação positiva e de forte magnitude. As progênies P7, P15, P27, P31 e P33 apresentaram desempenho superior às demais para os caracteres avaliados. A seleção direta e indireta apresentaram ganhos próximos. As progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentaram desempenho superior aos demais *Pinus* spp. para a região de Lavras-MG. Contudo, este estudo sugere a possibilidade de expansão da produção de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região de Lavras-MG com as progênies P7, P15, P27, P31 e P33. O estudo realizado no capítulo 3 foi disposto em três localidades (Lavras-MG, Iguape-SP e São José da Boa Vista-PR) e as áreas experimentais foram compostas por DBCC com 30 repetições e uma planta por parcela, sendo os tratamentos 26 progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Os resultados obtidos demonstraram baixa herdabilidade para *H* (0,03) e *DAP* (0,05), porém, a acurácia seletiva apresentou alta precisão *H* (0,70) e *DAP* (0,79). O local de São José da Boa Vista-PR foi o que apresentou melhor desempenho para as progênies testadas. As progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* se adaptaram às condições edafoclimáticas das localidades testadas. As progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* P7, P26 e P27 apresentaram estabilidade e adaptabilidade para Lavras-MG, Iguape-SP e São José da Boa Vista-PR. Contudo, por ser uma avaliação em idade precoce, recomenda-se uma seleção futura na idade de oito anos para validar a produtividade destas progênies, principalmente em relação a produção de resina.

Palavras chave: Teste de progênies. Genótipos. *Pinus caribaea*. Estabilidade.

ABSTRACT

The selection of superior genotypes and adapted to the edaphoclimatic conditions of the region allows gains in productivity for the forest stands. Here, we were aimed at evaluating the genetic and dendrometric characteristics for the growth of progenies of *Pinus* spp. more adapted to the Lavras-MG soil conditions and as the current stability and adaptability to Iguape-SP, Lavras-MG and São José da Boa Vista-PR. For this, we used two experiments were performed in Chapter 2 and Chapter 3. The study conducted in Chapter 2, was arranged in a complete randomized block design with 30 replicates and one plant per plot. The treatments corresponded to three progenies of *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, 33 from *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and one of *Pinus massoniana* arranged in spacing 3x3 m. The responses variables were evaluated height (*H*), diameter at breast height (*DBH*) and crown projection area (*CPA*). We resulted show that the heritability in the restricted sense was 0.24 for *DBH*, 0.27 for *H* and 0.50 for *CPA*. The *DBH* and *H* characters presented positive correlation and of strong magnitude. Progenies P7, P15, P27, P31 and P33 presented superior performance for the evaluated traits. The direct and indirect selection showed close gains. The progenies of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* presented superior performance to the other *Pinus* spp. for the region of Lavras-MG. However, this study suggests the possibility of expanding the production of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in the region of Lavras-MG with the progenies P7, P15, P27, P31 and P33. We studied conducted in Chapter 3 was arranged in three locations (Lavras-MG, Iguape-SP, and São José da Boa Vista-PR) and the experimental area was composed by complete randomized block design with 30 replicates and one plant per plot, with 26 progenies of *Pinus Caribaea* var. *hondurensis*. The resultes showed low heritability for *H* (0.03) and *DBH* (0.05), but the selective accuracy showed high accuracy *H* (0.70) and *DAP* (0.79). The São José da Boa Vista-PR site presented the best performance for the progenies tested. The progenies of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* adapted to the edaphoclimatic conditions of the tested localities. The progenies of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* P7, P26 and P27 presented stability and adaptability to Lavras-MG, Iguape-SP and São José da Boa Vista-PR. However, because it was an evaluation at an early age, it is recommended a future selection at the age of eight years to validate the productivity of these progenies, mainly in relation to resin production.

Key-words: Progeny test. Genotypes. *Pinus caribaea*. Stability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 Introdução de espécies no Brasil	14
3.2 Seleção de espécies florestais	16
3.3 Gênero <i>Pinus</i>	19
REFERÊNCIAS	23
4 CAPÍTULO 2	28
Seleção em progênies de <i>Pinus</i> spp. em Lavras-MG aos 36 meses	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	47
5 CAPÍTULO 3	51
Adaptabilidade e estabilidade em progênies de <i>Pinus</i> spp. em três regiões do Brasil	51
INTRODUÇÃO	52
MATERIAL E MÉTODOS	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Progênes de <i>Pinus</i> spp. em Lavras-MG aos 36 meses de idade A) Árvore de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> ; B) Árvore de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> e C) Árvore de <i>Pinus massoniana</i>	33
Figura 2 Ranqueamento de progênes de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> , <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> e <i>Pinus massoniana</i> para os caracteres <i>DAP</i> , <i>H</i> e <i>APC</i> em Lavras-MG, aos 36 meses.....	42
Figura 3 Ganho com a seleção para as <i>DAP</i> , <i>H</i> e <i>APC</i> por meio da forma direta e pelo método de Mulamba e Mock (1978) para as progênes de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> em Lavras-MG aos 36 meses.	44
Figura 4 Mapa para localização dos experimentos situados na cidade de Iguape-SP, Lavras-MG e São José da Boa Vista-PR.....	54
Figura 5 Série histórica de precipitação média mensal, temperatura média e insolação (horas) para as localidades estudadas A) Iguape-SP; B) Lavras-MG e C) São José da Boa Vista-PR.....	55
Figura 6 Ordenamento das progênes de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> para a <i>H</i> (A) e <i>DAP</i> (B) em Iguape-SP, Lavras-MG e São José da Boa Vista-PR, aos 36 meses após o plantio	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Análise química do solo da profundidade de 0–20 cm da área experimental	32
Tabela 2 Percentual de sobrevivência das progênies de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> , <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> mensuradas aos 36 meses em Lavras-MG.....	38
Tabela 3 Parâmetros genéticos e análise de deviance para <i>DAP</i> , <i>H</i> e <i>APC</i> aos 36 meses após o plantio na região de Lavras, MG	39
Tabela 4 Correlação genética, fenotípica e ambiental entre as características <i>DAP</i> , <i>H</i> e <i>APC</i> para progênies de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> na região de Lavras-MG aos 36 meses pós-plantio.....	43
Tabela 5 Parâmetros genéticos para <i>DAP</i> e <i>H</i> para progênie de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> aos 36 meses pós-plantio nas localidades de Iguape-SP, Lavras-MG e São José da Boa Vista-PR.....	58
Tabela 6 Seleção por local para <i>H</i> , com intensidade de 30,3%, para progênies de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> aos 36 meses após plantio	61
Tabela 7 Seleção por local para <i>DAP</i> , com intensidade de 30,3%, para progênies de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> aos 36 meses após plantio	62
Tabela 8 Estabilidade de valores genéticos (MHVG), adaptabilidade de valores genéticos multiplicado pela média geral (PRVG*MG), estabilidade e adaptabilidade de valores genéticos multiplicado pela média geral (MHPRVG*MG), para <i>H</i> e <i>DAP</i> nas progênies de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , aos 36 meses após o plantio.	63

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Pinus* é amplamente difundido na região sul do Brasil, com aproximadamente 1,39 milhões de hectares, implantados para a produção de celulose e papel, madeira serrada, painéis e extração de resina. Já, o estado de Minas Gerais apresenta apenas 47,4 mil hectares, sendo estes, principalmente, resultantes da pouca disponibilidade de genótipos adaptados às condições edafoclimáticas do seu território (ABRAF, 2012; IBÁ, 2017).

As extensas áreas implantadas com o gênero *Pinus* nos estados do sul do país são reflexos dos incentivos fiscais ao reflorestamento por meio da Lei nº 5.106 de setembro de 1966 e das condições edafoclimáticas dessas regiões, que apresentam similaridade ao local de origem das espécies de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, implantadas nessa época (KRONKA et al., 2005; SOARES et al., 2014; SILVA et al., 2012).

De modo geral, os principais plantios localizados no estado de Minas Gerais utilizam *Pinus caribaea* e estão situados no Triângulo Mineiro, uma vez que esta espécie, mais plantada nesta região, apresenta fácil adaptação às condições edafoclimáticas do presente estado, pois é originária de regiões de clima tropical como Cuba, Honduras, Nicarágua, Guatemala e Bahamas. Porém, os pinheiros tropicais podem apresentar sintomas de má adaptação às condições edáficas, causada principalmente pelas condições de drenagem do solo (CHAVES; CORRÊA, 2005; KRONKA et al., 2005; SILVA et al., 2011; BILA et al., 2012).

O *Pinus caribaea* apresenta três variedades, de difícil distinção, representadas por *Pinus caribaea* var. *caribaea*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, que possuem grande potencial de uso em reflorestamentos situados nas zonas climáticas com temperaturas quentes e sem geadas. Este potencial desperta inúmeras pesquisas com o objetivo de buscar

madeira com qualidade superior e a otimização da produção em várias regiões do mundo (WANG et al., 1999; ZHENG; ENNOS, 1999; IWAKIRI et al., 2010).

O melhoramento genético é uma ferramenta essencial para selecionar genótipos com qualidade superior, uma vez que a característica de interesse seja previamente associada com o objetivo do melhoramento (RESENDE, 2002). A seleção de genótipos adaptados às diversas condições edafoclimáticas se torna primordial para que espécies do gênero *Pinus* sejam introduzidas e estudadas, de modo a possibilitar a expansão da utilização de sua madeira e derivados no Brasil (CORRÊA et al., 2012).

A variabilidade de progênies de *Pinus caribaea* no processo de seleção se faz essencial, pois possibilita encontrar genótipos adaptados e responsivos à característica de interesse e às condições edafoclimáticas do local (MISSIO et al., 2004; SILVA et al., 2012). A presença de diferentes progênies de *Pinus caribaea* e *Pinus massoniana* vislumbra a possibilidade de proporcionar ao produtor rural da região sul de Minas Gerais genótipos altamente produtivos e adaptados às condições edafoclimáticas da região, visto que as espécies podem ser utilizadas para a produção de múltiplos produtos, sendo os principais a extração de resina para a obtenção da terebintina e breu, painéis OSB, madeira serrada, dentre outros.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar a variação genética por meio de variáveis dendrométricas para selecionar progênies de *Pinus* spp. mais adaptadas às condições edafoclimáticas da região sul de Minas Gerais e selecionar genótipos estáveis e adaptados para as localidades de Iguape-SP, Lavras-MG e São José da Boa Vista-PR.

2.2 Objetivos específicos

i) Avaliar o crescimento das progênes implantados no teste de progênes, em Lavras, MG.

ii) Selecionar progênes de meio-irmãos por meio da resposta das variáveis de crescimento através de estimativas de parâmetros genéticos.

iii) Avaliar a adaptabilidade e estabilidade de *Pinus* introduzidos em três ambientes com o intuito de selecionar os genótipos mais responsivos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Introdução de espécies florestais no Brasil

No Brasil, a introdução de espécies florestais iniciou no período do império de D. Pedro II, que ordenou o reflorestamento do Parque Nacional da Tijuca, em 1861, com espécies exóticas e nativas para a recuperação das áreas degradadas pelo cultivo de café e extração de madeira (FERNANDEZ, 2011).

Os primeiros estudos para observar o desempenho de espécies florestais exóticas e nativas em povoamentos homogêneos foram realizados por Navarro de Andrade, em 1904, que dentre as espécies introduzidas, em seu experimento, observou o eucalipto, e assim, em 1910, estabeleceu o primeiro plantio com cerca de 123 espécies de eucalipto (MEIRA; CARELLI, 2015).

Em 1906, encontra-se trabalhos desenvolvidos por Alberto Loefgren, botânico sueco, que publicou notas sobre coníferas introduzidas no estado de São Paulo, o qual é considerado um dos mais seguros pontos de referências para a determinação das principais plantas exóticas aqui aclimatadas e os primórdios da pinocultura no Brasil, uma vez que A. Loefgren relata a introdução de 16 espécies

do gênero *Pinus* (ANTONAGELO; BACHA, 1998; SHIMIZU, 2001; KRONKA et al., 2005).

A introdução de espécies florestais exóticas se destacou no país a partir de 1965, por meio da política de incentivos fiscais a empreendimentos florestais, Lei nº 5.106 de setembro de 1966, que possibilitou a aplicação de até 50% do valor destinado ao imposto de renda pelas empresas em projetos florestais (SOARES et al., 2014).

Nesse período, os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, além das espécies frutíferas, foram preteridas para serem introduzidas no Brasil, visto sua maturidade precoce e desempenho comparada as espécies nativas (MORETO, 2016). Como os recursos naturais da Mata Atlântica há muito vinham sendo dilapidados, o plantio dessas espécies se tornou alternativa viável para suprir a demanda de madeira (SNIF, 2016).

O sul do Brasil e o Cerrado paulista foram as regiões iniciais de introdução do *Pinus* e *Eucalyptus*, respectivamente, por apresentarem condições edafoclimáticas similares as regiões de origem dos materiais selecionados. Na região sul, o *Pinus* inicialmente foi introduzido para abastecer a indústria de celulose e papel, laminação de madeira, confecção de painéis e resinação, uma vez que a madeira de *Araucaria angustifolia*, Pinheiro do Paraná, estava em falta por meio da sua predação abusiva e excessiva (KRONKA et al., 2005). Enquanto, no estado de Minas Gerais as primeiras companhias a realizarem reflorestamento com *Pinus* tropical foi a companhia melhoramento de São Paulo, com início de suas atividades em 1947 e a Rio doce S.A em 1967 (GOLFARI, 1975).

Conforme Kronka et al. (2005), os primeiros estudos com *Pinus* subtropicais foram realizados pelo atual Instituto Florestal de São Paulo em 1936 com a introdução de sementes de *Pinus elliottii* e de *Pinus taeda*. Em 1955, o Instituto Florestal iniciou os estudos com as espécies de *Pinus* tropicais como *Pinus caribaea* var. *caribaea*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus caribaea*

var. *bahamensis*, *Pinus kesiya*, *Pinus patula*, *Pinus oocarpa*, *Pinus tecunumani*, *Pinus strobus* e *Pinus maximinoi*.

Desde então, investimentos em pesquisa sobre a silvicultura dessas espécies ocorreram, de modo a consolidar o seu uso em plantios comerciais e a credenciar o Brasil com as melhores tecnologias na silvicultura do eucalipto e pinus, visto que em 2016 sua produtividade foi de $37,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $30,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente. Ademais, nota-se a expansão de plantios florestais com as espécies acácia (*Acacia mearnsii*), seringueira (*Hevea* spp.), teca (*Tectona grandis*), paricá (*Schizolobium parahyba*), araucária (*Araucaria angustifolia*) e álamo (*Populus* sp.) (IBÁ, 2017).

De modo geral, nota-se que o incremento médio anual alcançado é reflexo do processo de seleção e melhoramento genético desses gêneros introduzidos no início do século XX, uma vez que a adaptação destes genótipos ocorreu, principalmente, pela utilização de propágulos que originalmente se localizavam em regiões edafoclimáticas similares ao local de introdução e pelo fato dos mesmos não deter pragas e doenças específicas (XAVIER et al., 2009; PAIVA et al., 2011).

Portanto, a compreensão do início do processo de introdução de espécies florestais no Brasil permite ressaltar que a seleção de genótipos é um fator primordial para o sucesso da introdução de espécie, em razão que ambos são dependentes e essenciais à indicação de uma procedência a serem introduzidos em determinada região.

3.2 Seleção de espécies florestais

A seleção, em âmbito geral, é conceitualmente definida como a eliminação de determinados genótipos presentes na população, sendo essa realizada por meio natural ou artificial. A seleção natural independe das ações

humanas é caracterizada pela reprodução diferencial e evolução orgânica das espécies. Alternativamente, a seleção artificial é realizada pelo homem, sendo baseada em critérios definidos pelo melhorista (RAMALHO et al., 2012a).

Dentre essas possibilidades, a seleção artificial é a mais utilizada nos programas de melhoramento genético de plantas, uma vez que esta é realizada conforme um objetivo previamente estabelecido pelo melhorista (JUHÁSZ et al., 2010). De acordo com Resende (2002), é essencial associar o objetivo do melhoramento com o caráter de interesse sobre o qual se deseja o ganho genético para que as informações obtidas no processo de melhoramento sejam associadas com as informações econômicas.

Os critérios utilizados na seleção, geralmente, são definidos em função da espécie florestal, da disponibilidade de estrutura, do tempo, recursos financeiros e principalmente dos objetivos finais a serem alcançados no processo de melhoramento, como produção de madeira, produção de resina, celulose, carvão, resistência a doenças, entre outros (PAIVA et al., 2011).

No processo de seleção, utiliza-se diferentes intensidades de seleção, cuja a definição cabe ao geneticista verificar qual atende as suas demandas e se estas são de curto, médio ou longo prazo, sendo variáveis de acordo com a etapa do melhoramento (VENCOVSKY, 2014; AZEVEDO et al., 2015). Conforme Resende (2002), a intensidade de seleção ótima depende, sobretudo, da variância do ganho genético com a seleção, uma vez que quanto maior o número de indivíduos selecionados, menor é a intensidade de seleção e, conseqüentemente, aumenta-se a variância do ganho genético, fato este indesejável, pois reflete em menor probabilidade de obtenção do ganho predito.

As variáveis mais utilizadas para a seleção de indivíduos superiores de pinus são a altura, o diâmetro a altura do peito, volume e produção de resina. Para cada variável se estima os parâmetros genéticos como a herdabilidade individual no sentido restrito, herdabilidade média da progênie, herdabilidade aditiva dentro

da parcela, coeficiente de variação aditiva individual, coeficiente de variação genética entre progênes, coeficiente de variação experimental e acurácia seletiva (SOUZA et al., 2011). As avaliações genóticas abordam a estimativa dos componentes da variância (parâmetros genéticos) e a predição de valores genóticos, uma vez que as estimativas de herdabilidade e correlações genéticas, são fundamentais para o desenho de estratégias de melhoramento eficiente (RESENDE, 2016).

Os procedimentos ótimos de predição de valores genéticos e seleção no melhoramento de espécies perenes podem ser realizados usando todos os efeitos aleatórios do modelo estatístico (em caso balanceado) e ou o *best linear unbiased prediction* (BLUP) individual, que permite a seleção por meio de valores genéticos preditos ou esperados possibilitando o computo da contribuição de cada indivíduo para o ganho genético, o qual equivale a média dos valores genéticos esperados dos indivíduos selecionados (RESENDE, 2002).

Neste cenário, o procedimento BLUP ajusta os dados para os efeitos ambientais identificáveis, efeito do bloco, a cada período de avaliação, e simultaneamente prediz os valores genéticos dos indivíduos (ROCHA et al., 2006). Segundo Ramalho et al. (2012b), para predizer os valores genéticos com precisão, deve-se utilizar um delineamento estatístico adequado e que o mesmo obedeça aos princípios fundamentais da experimentação: repetição, casualização e controle local. Por sua vez, os delineamentos mais empregados no melhoramento de plantas perenes são o delineamento de blocos casualizados completos e o delineamento de blocos incompletos em látice.

Em situações com grande número de tratamentos e alta variabilidade ambiental se faz necessário utilizar o delineamento em látice ou em blocos casualizados completos com uma planta por parcela. O delineamento de blocos casualizados completos com uma planta por parcela é o mais indicado quando o objetivo for a seleção de genitores com base no comportamento das progênes de

meios-irmãos, para os estudos de interação genótipo x ambiente e a estimação de correlações genéticas (RESENDE, 2002).

A interação de genótipos por ambientes é um fator muito importante e complicador do melhoramento genético, visto que cada genótipo oferece uma resposta específica em diferentes ambientes. Este fator é imprescindível de ser avaliado para a indicação de espécies florestais ou cultivares, as quais devem ser responsivas às condições edafoclimáticas da região de introdução (RAMALHO et al., 2012a).

Dessa forma, faz-se necessário que o melhorista realize um correto planejamento e estudo sobre a espécie que está trabalhando para que o mesmo possa aplicar as ferramentas apropriadas no processo de melhoramento genético.

3.3 Gênero *Pinus*

No Brasil, o gênero *Pinus* abrange 2,1 milhões de hectares de área plantada, principalmente, por proporcionar benfeitorias como a extração de resina, madeira de qualidade com rápido crescimento e características imprescindíveis para a indústria de papel e celulose (SNIF, 2017).

As principais características do gênero referem-se à presença de acículas com feixes de 2 a 5 pares, fuste com variação de 3 a 50 metros de comprimento, ramos em verticilos ou em forma desordenada, monoicas, flores constituídas de brácteas escamiformes e sementes aladas (MATTOS, 1977; KRONKA et al., 2005).

O gênero apresenta mais de 100 espécies distribuídas na América do Norte, América Central, Europa, Ásia e norte da África (MATTOS, 1977; BURDON, 2002; BUSINSKÝ, 2016). Mas as espécies que contemplam condições climáticas da região de origem similares a região de Lavras, Minas

Geraias, são o *Pinus caribaea* var. *caribaea*, *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, *Pinus elliottii* var. *elliottii*, *Pinus Patula* e *Pinus oocarpa* (GOLFARI, 1975).

O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* ocorre na América Central, em locais livres de geada, em altitudes de até 700m, onde as precipitações médias anuais variam de 2 000mm a 3 000mm (DONADONI et al., 2010). A madeira desta variedade apresenta características importantes para o setor floresta, pois apresenta densidade que varia de 0,320 a 0,500 g cm⁻³, sendo está particularmente, adequada para a produção de madeira serrada, laminação, aglomerado e *Medium Density FiberBoard* (MDF) (IWAKIRI et al., 2010; ALMEIDA et al., 2014).

Conforme Santos et al. (2016), *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentou aos 27 anos, produção de resina de 4,83 kg⁻¹ árvore⁻¹ ano⁻¹ e alta variabilidade genética para as características de crescimento (altura, diâmetro à altura do peito e volume) e produção de resina, de modo a possibilitar ganhos futuros com a seleção de indivíduos superiores.

Pinus caribaea var. *bahamensis* ocorre naturalmente nas Ilhas Bahamas e arredores, sendo este local caracterizado por clima tropical, solo de reação neutra a ligeiramente alcalina (pH de 7,5 a 8,5), altitude ao nível do mar, com temperatura média de 25°C e chuvas anuais entre 700 a 1.300 mm. Em contraposto a estas características, a variedade bahamensis teve sua introdução em vários países, nos quais apresentou bom crescimento, mesmo em solos de reação ácida, como também em locais de maior altitude, suportando inclusive geadas em regiões subtropicais (SHIMIZU, 2008; PIRES et al., 2013).

Missio et al. (2004) denotam que a madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* apresenta densidade de 0,458 g cm⁻³ a 0,487 g cm⁻³, enquanto Trianoski et al. (2013) afirmam em estudo realizado com a mesma espécie que a densidade obtida foi de 0,423 g cm⁻³. Shimizu (2008) salienta que a densidade básica desta espécie tende a ser maior quando comparada com a variedade

hondurensis e, conseqüentemente, apresenta propriedades físicas e mecânicas superiores.

Quanto à aplicação, a madeira produzida pela variedade *bahamensis* pode ser empregada na produção de madeira serrada, laminados, painéis compensados e MDF (IWAKIRI et al., 2010). A espécie apresenta potencial para produção de taninos por meio da casca, o qual possui propriedades desejáveis na colagem, e como fonte de matéria prima para indústria de celulose e extração de resina (FERREIRA, et al. 2008).

Estudos realizados por Gurgel Garrido, Romanelli e Garrido (1996) apontam o potencial de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* na produtividade de resina, ao passo que estes estudos indicam oportunidades de investimento no melhoramento desta, visto que quando comparada com outras espécies de *Pinus* tropicais a variedade *bahamensis* apresentou superioridade, com produção de resina de $3,51 \text{ kg}^{-1} \text{ árvore}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Romanelli e Sebbenn (2004) em estudo de parâmetros genéticos e ganhos na seleção para a produção de resina da variedade *bahamensis* em três locais no estado de São Paulo, encontraram produções de $3,12 \text{ kg}^{-1} \text{ árvore}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em Angatuba, $2,96 \text{ kg}^{-1} \text{ árvore}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em Itapetininga e $2,59 \text{ kg}^{-1} \text{ árvore}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em Itapeva.

O *Pinus massoniana* ocorre naturalmente em regiões subtropicais da china, com crescimento tanto em altitudes elevadas como áreas de vale, uma vez que estas altitudes chegam até 2000 m acima do nível do mar (GU et al., 2019).

Em 2002 a 2007, a produção de resina na China foi de 50 a 60 toneladas por ano, sendo que 90% desta foi extraída de *Pinus Massoniana*, a qual espécie apresenta uma produção de $8,69 \text{ g arv}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de resina e $3,13 \text{ kg árvore}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de resina (LIU et al., 2013).

Pinus massoniana contempla características para fabricação de móveis e celulose, além da resina natural, a qual pode ser empregada como matéria prima para manutenção de instrumentos de corda ou ingrediente da medicina (MO et al.,

2019). Estudos ainda afirmam que a casca e as acículas desta espécie são amplamente utilizadas como gradiente eficaz no tratamento de alergias, hipertensão, neurastenia e frieira (WU et al., 2011).

De modo geral, na literatura encontram-se os trabalhos científicos de Chaves et al. (2005), Mendonça et al. (2011), Silva et al. (2011), Bila et al. (2012), e entre outros que retratam sobre o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região do Triângulo Mineiro e, assim, constata-se a presença de poucos trabalhos científicos com informações sobre as procedências e variedades de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e *Pinus massoniana* adaptadas às condições edafoclimáticas da região de Lavras, Minas Gerais.

Portanto, torna-se necessário a realização de estudos iniciais para introdução dessa espécie, de modo, a encontrar genótipos adaptados e assim permitir opções de espécies para os produtores da região de Lavras/MG, visto que o *Pinus caribaea* e *Pinus massoniana* gera e possibilita a produção de produtos como resina e madeira.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, N.F. et al. Produção e avaliação da qualidade de lâminas de madeira de um Híbrido de *Pinus elliottii* var. *elliottii* × *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **FLORAM**, Seropédica, v.21, n. 2, p. 261-268, 2014.
- ANTONANGELO, A.; BOCHA, C.J.C. As fases da silvicultura no Brasil. **RBE**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 1, p. 207-238, Jan./Mar. 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília: ABRAF, 2012. 150 p.
- AZEVEDO, L.P.A. et al. Seleção genética em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* em área de cerrado mato-grossense. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.11, p. 2000-2006, nov. 2015.
- BILA, J.M.; SANQUETTA, C.R.; MACHADO, S.A. classificação de sítios com base em fatores edáficos para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região de prata, minas gerais. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 3, p. 465 - 474, jul./set. 2012.
- BURDON, R.D. An Introduction to Pines. In: Pines of silvicultural importance. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK, 2002, 531 p.
- BUSINSKÝ, R. New insight into the morphology of the long shoots of *Pinus* (Pinaceae). **Flora**, Munich, n. 223, p.167-190, may. 2016.
- CHAVES, R.Q.; CORRÊA, G.F. Macronutrientes no sistema solo *Pinus caribaea* Morelet em plantios apresentando amarelecimento das acículas e morte de plantas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.5, p.691-700, 2005.
- CORRÊA, P.R.R et al. Seleção precoce de progênies de *Pinus radiata* a *Sphaeropsis sapinea*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 275-281, abr./jun., 2012.
- DONADONI, A. X. et al. Relação hipsométrica para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus tecunumanii* em povoamento homogêneo no Estado de Rondônia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, dez, 2010.

FERNANDEZ, A.C.F. Um rio de florestas: uma reflexão sobre o sentido da criação dos parques na cidade do Rio de Janeiro. **Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 47, p.1-29, jan./jun. 2011.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: Centro de pesquisa florestal da região do cerrado. 1975. 65 p.

GU, H., et al. Insights into the BRT (Boosted Regression Trees) Method in the Study of the Climate-Growth Relationship of Masson Pine in Subtropical China. **Forests**, Basel, v.10, n. 228, p. 1-20, mar. 2019.

JUHÁSZ, A.C.P. et al. Parâmetros genéticos e ganho com a seleção para populações de pinhão manso (*Jatropha curcas*). **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v.30, n.61, p. 25-35, jan./abr. 2010.

INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2017**. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 23 de outubro de 2017.

IWAKIRI, S. et al. Use of wood from *Pinus caribaea* var. *caribaea* and *Pinus caribaea* var. *bahamensis* for production of particleboard panels. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 193-198, abr./jun. 2010.

KRONKA, F.J.N.; BERTOLANI, F.; PONTE, R.H. **A cultura de Pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 160p.

LIU, Q. et al. Genetic Variation and Correlation among Resin Yield, Growth, and Morphologic Traits of *Pinus massoniana*. **Silvae Genetica**, Warsaw, v.62, n. 1, p. 38-43, dez. 2013.

MATTOS, J.R. **Espécies de pinus cultivados no Brasil**. São Paulo: Chacaras e quintais. 133p.

MEIRA, R.B.; CARELLI, M.N. Árvores de boa semente: silvicultura, preservação da natureza e agricultura na Primeira República. **Antíteses**, Londrina, v.8, n.16, p. 227-251, jul/dez. 2015.

MENDONÇA, A.R. et al. Modelos hiposométricos e de crescimento em altura das árvores dominantes e codominantes para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 151-160, jun. 2011.

MISSIO, R.F. et al. Seleção simultânea de caracteres em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*. **Scientia forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 161-168, dez. 2004.

MO, J. et al. *Pinus massoniana* Introgression Hybrids Display Differential Expression of Reproductive Genes. **Forests**, Basel, v.10, n. 230, p. 1-18, mar. 2019.

MORETTO, S.P. O (re)florestamento e os incentivos para introdução da monocultura de *Pinus* spp no planalto de Santa Catarina, Brasil. **HALAC**. Guarapuava, v. 6, n. 2, p. 298-310, agos./ dez. 2016.

GURGEL GARRIDO, L. M. do A., ROMANELLI, R. C., GARRIDO, M. A. de O. Variabilidade genética de produção de resina, DAP e altura em *Pinus caribaea* Mor. Var. *bahamensis* Barr et Golf. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, n.8, p.89-98, 1996.

PAIVA, H.N. et al. **Cultivo de Eucalipto: Implantação e Manejo**. Viçosa, Aprenda Fácil, 2011, 354 p.

PIRES, V. C. M. et al. Variabilidade genética de caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 113-119, mar. 2013

RAMALHO, M.A.P et al. **Genética na agropecuária**. Lavras: Editora UFLA. 2012. 566p. a

RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: Editora UFLA. 2012. 328p. b

RESENDE, M.D.V. Software Selegen- REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop breeding and applied biotechnology**, Viçosa, v. 16, p. 330-339, sep. 2016.

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perene**. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2002. 975 p.

ROCHA, M.G.B. et al. Avaliação genética de progênies de meio-irmãos de *Eucalyptus grandis* por meio dos procedimentos REML/BLUP e da ANOVA. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 71, n. 1, p. 99-107, agosto 2006.

ROMANELLI, R. C.; SEBBENN, A. M. Parâmetros genéticos e ganhos na seleção para a produção de resina em *Pinus elliottii* var. *elliottii* no sul do Estado de São Paulo. **Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 11-23. 2004.

SÁENZ, M.A.V. et al. Estructura de un bosque natural perturbado de *Pinus tropicalis* morelet en Galalón, Cuba. **Botanical Sciences**, Coyoacán, v. 92, n. 3, p. 417-423, 2014.

SANTOS, W. et al. Genetic variation of wood and resin production in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret & Golfari. **Silvae Genetica**, Warsaw, v.65, n. 1, p. 31-37, 2016.

SHIMIZU, J.Y. **Memorias do “Workshop” sobre conservação e uso de recursos genéticos florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 159 p. (Documento n° 56)

SHIMIZU, J.Y. **Pinus na Silvicultura Brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 223 p.

SILVA, F.; CORTE, A.P.D.; SANQUETTA, C.R. Equações de afilamento para descrever o volume total do fuste de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região do Triângulo Mineiro. **Scientia forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 367-376, set. 2011.

SILVA, L.M. et al. Divergência genética entre progênes de *Pinus caribaea* var. *caribaea* com base em características quantitativas. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v.32, n. 69, p. 69-77, jan./mar. 2012.

SNIF. **Recursos Florestais**. Brasília: Serviço Florestal, 2016. 7p. (Boletim informativo)

SNIF. **Recursos Florestais**. Brasília: Serviço Florestal, 2017. 32p. (Boletim informativo)

SOARES, N.S.; SILVA, M.L.; CORDEIRO, S.A. Produto interno bruto do setor florestal brasileiro, 1994 a 2008. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.4, p.725-732, 2014.

SOUZA, C.S. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres quantitativos em progênes de polinização aberta de *Eucalyptus urophylla*. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 4, p. 847 - 856, out./dez. 2011.

TRIANOSKI, R. et al. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de espécies de pinus tropicais. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 3, p. 503 - 510, jul. / set. 2013.

VENCOVSKY, R. **Genética quantitativa e melhoramento genético**. Piracicaba: IPEF, 2014. 72 p. (Série Técnica n°40).

XAVIER, A.; WENDLING; SILVA, R.L. **Silvicultura clonal**. Viçosa: Editora UFV. 2009. 272 p.

WANG, H.; MALCOLMB, D.C.; FLETCHER, A.M. *Pinus caribaea* in China: introduction, genetic resources and future prospects. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 117, p. 1-15, 1999.

WU, D. C. et al. Effects of *Pinus massoniana* bark extract on the adhesion and migration capabilities of HeLa cells. **Fitoterapia**, Amsterdam, v. 82, n. 8, p. 1202-1205. 2011.

ZHENG, Y.Q.; ENNOS, R.A. Genetic variability and structure of natural and domesticated populations of Caribbean pine (*Pinus caribaea* Morelet). **Theoretical and Applied Genetics**, New York, n. 98, p. 765-771, 1999.

4 CAPÍTULO 2

SELEÇÃO EM PROGÊNIES DE *Pinus* spp. EM LAVRAS-MG AOS 36 MESES

RESUMO: Objetivou-se realizar a seleção em progênies de *Pinus* spp., plantadas em Lavras-MG. A área experimental se situa em Cambissolo Háplico distrófico. O teste de progênies foi disposto em delineamento de blocos casualizados completos com 30 repetições e uma planta por parcela. Os tratamentos correspondem a uma progênie de *Pinus massoniana*, três de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e 33 de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* arrançadas em espaçamento 3 x 3 m. Os caracteres altura (*H*), diâmetro à altura do peito (*DAP*) e área de projeção de copa (*APC*) foram mensurados aos 36 meses de idade. Os resultados obtidos demonstram que a herdabilidade no sentido restrito foram de 0,24 para o *DAP*, 0,27 para a *H* e 0,50 para a *APC*. Os caracteres *DAP* e *H* apresentaram correlação positiva e de forte magnitude. As progênies P7, P15, P27, P31 e P33 apresentaram desempenho superior às demais para os caracteres avaliados. A seleção direta e indireta apresentaram ganhos próximos, o que indica a utilização da seleção indireta, ou seja, ao selecionar as progênies em *DAP*, conseqüentemente, seleciona-se as progênies com melhor desempenho em *H*, ao passo que o uso do *DAP* pode ser realizado em idades elevadas, visto a dificuldade em mensurar a altura. As progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentaram desempenho superior aos *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e ao *Pinus massoniana* para a região de Lavras, MG. Contudo, este estudo sugere a possibilidade de expansão da produção de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região de Lavras-MG com as progênies P7, P15, P27, P31 e P33, ao passo que nas avaliações iniciais essas apresentaram maior adaptabilidade às condições edafoclimáticas. Entretanto, recomenda-se a realização de uma futura seleção com o objetivo de resinagem.

Palavra-chave: Genótipos, parâmetros genéticos, comportamento, adaptabilidade.

ABSTRACT: Genetic selection is carried out in progenies of *Pinus* spp., Planted in Lavras-MG. The experimental area is located in Cambissolo Háplico distrófico. The progeny test was arranged in a complete randomized block design with 30 replicates and one plant per plot. The treatments correspond to one progeny of *Pinus massoniana*, three of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* and 33 of *Pinus*

caribaea var. *hondurensis* arranged in spacing 3x3 m. The height (*H*), diameter at breast height (*DBH*) and crown projection area (*CPA*) were measured at 36 months of age. The results obtained demonstrate that the narrow-sense heritability were 0.24 for the *DBH*, 0.27 for the *H* and 0.50 for the crown projection area. The *DBH* and *H* characters presented a positive correlation and of strong magnitude. Progenies P7, P15, P27, P31 and P33 presented a superior performance for the evaluated characters. The direct and indirect selection showed close gains, which indicates the use of indirect selection, that is, when we selected the progenies in *DBH*, consequently, the progenies with the best performance in *H* were selected, while the use of the *DBH* can be performed at high ages, given the difficulty in measuring height. The progenies of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* presented superior performance to *Pinus caribaea* var. *bahamensis* and *Pinus massoniana* for the region of Lavras-MG. However, this study suggests the possibility of expanding the production of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in the region of Lavras-MG with the progenies P7, P15, P27, P31 and P33, whereas in the initial evaluations these presented greater adaptability to the edaphoclimatic conditions. However, it is recommended to carry out a future selection for the purpose of resin.

Keywords: Genotypes, genetic parameters, behavior, adaptation.

INTRODUÇÃO

No Brasil e no mundo, a demanda por produtos madeireiros tende a aumentar devido ao crescimento populacional. Estima-se, que até o ano de 2050 serão necessários aproximadamente 250 milhões de hectares adicionais de florestas plantadas no mundo e, para suprir esse consumo, faz-se necessário selecionar, por meio do melhoramento genético, genótipos de espécies de rápido crescimento, produtivos e adaptados às condições edafoclimáticas da região de implantação (IBÁ, 2017).

O gênero *Pinus* ocorre naturalmente na América do Norte, América Central, Ásia, Europa e norte da África, sendo considerado no Brasil como um grupo de plantas exóticas de rápido crescimento. Esse gênero quando bem manejado, tem abastecido o mercado com matéria-prima, o qual foi por muito

tempo suprido por florestas nativas, como a araucária (SHIMIZU, 2008; CORRÊA et al., 2012).

Dentro do gênero *Pinus*, tem-se a espécie *Pinus caribaea* que é originária de região tropical e apresenta rápido crescimento, sendo utilizada para a produção de madeira e, principalmente, extração de resina. Essa espécie está entre as mais utilizadas nos reflorestamentos homogêneos em diversas partes do mundo, devido ao seu potencial de adaptação às diversidades climáticas e à ampla aplicação/destinação de seus produtos, os quais apresentaram melhora genética no decorrer das décadas. Entre as contribuições para esta melhoria estão o aumento do rendimento volumétrico e o rendimento de árvores com troncos retos, com menor número de verticilos e de galhos espessos, o que otimiza a utilidade industrial da madeira (MISSIO et al., 2004; SHIMIZU, 2008; SILVA et al., 2011).

O melhoramento genético é uma ferramenta fundamental para possibilitar ganhos em produtividade, uma vez que a seleção de genótipos superiores é realizada por meio de avaliações dos caracteres de interesse, de modo a estimar parâmetros, correlações e ganhos genéticos para selecionar indivíduos superiores entre e dentro das progênies de *Pinus* (MANFIO et al., 2012).

No entanto, o processo de melhoramento genético pode ser considerado muito dispendioso, visto que a seleção é realizada por meio de etapas de avaliações e em indivíduos adultos, utilizando assim vários ciclos. Para minimizar este fator, diversos estudos são realizados a fim de selecionar genótipos em idades mais juvenis, pois isso possibilita selecionar material com menor tempo e flexibilizar possíveis mudanças dos objetivos (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009).

A seleção precoce possibilita ao melhorista de espécies florestais identificar características das árvores em idade juvenil que estejam relacionadas com aquelas de interesse econômico na fase de rotação, isto é, predizer, nas árvores em estágio o mais juvenil possível, o desempenho de um indivíduo adulto,

reduzindo assim o tempo para se completar um ciclo de seleção. Esse processo possibilita reduzir o período de teste, de modo a destacar mais rapidamente o genótipo inferior e realizar mais prontamente a recomendação de novos genótipos para o plantio comercial, em síntese, reduzir o ciclo de melhoramento, acelerar o programa de obtenção de genótipos mais produtivos e diminuir o tempo entre as gerações (GONÇALVES et al., 1998; MASSARO et al., 2010).

A utilização da seleção em idades mais juvenis pode ser realizada com sucesso para os caracteres altura e diâmetro à altura do peito em indivíduos de *Eucalyptus* spp. com dois anos (MASSARO et al., 2010). Estes caracteres avaliados apresentam correlações altas e positivas, indicando que esta seleção pode gerar ganhos significativos (MORAES et al., 2014).

De modo geral, na literatura há trabalhos com *Pinus caribaea* e *Pinus massoniana* em outros países ao observar os estudos de Sanchez et al. (2014), Liu et al. (2013) e Hodge e Dvorak (2001). Porém, ao focar a região de Lavras-MG, nota-se que não há estudos que envolvam a seleção de genótipos de *Pinus caribaea* e *Pinus massoniana* em idades juvenis. Dessa forma, objetivou-se realizar a seleção de progênies de *Pinus* spp. plantadas em Lavras-MG, aos 36 meses de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental se localiza no campus da Universidade Federal de Lavras, latitude 21°14'19,6"S e longitude 44°58'28,5"W a 905 metros acima do nível do mar. O clima é classificado segundo Köppen como Cwb, tropical de altitude com verões suaves, temperatura média anual de 19,6°C, precipitação média anual de 1511 mm, umidade relativa média anual de 76,2% e a evaporação total anual de 901,1 mm (ALVARES et al., 2013). O teste de progênies foi

implantado no ecótono entre o Cerrado e a Floresta Estacional Semidecidual, em Cambissolo Háplico distrófico (EMBRAPA, 2013).

O teste foi composto por 37 progênies, sendo estas correspondentes a 33 progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, três progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e uma progênie de *Pinus massoniana* obtidas de árvores matrizes com polinização livre, localizadas em plantios comerciais da Empresa Resineves Agroflorestal LTDA, Itapeva-SP. As mudas foram produzidas pela própria empresa em tubetes de 55 cm³, preenchidos com substrato comercial.

Para implantação do experimento, realizou-se a análise química do solo para a camada de 0-20 cm de profundidade (Tabela 1), por meio da amostragem aleatória em zig-zag, sendo coletados 15 pontos e posteriormente realizou-se uma amostragem composta. Para o preparo do solo efetuou a limpeza da área total com o auxílio de trator (4x2 TDA), controle de formigas (iscas à base de sulfluramida) e de plantas daninhas (herbicida de amplo espectro e com ação pós-emergente). No mês de plantio, realizou-se o preparo do solo por meio de gradagem pesada em área total.

Tabela 1 Análise química do solo da profundidade de 0–20 cm da área experimental

pH	K	P	Ca	Mg	Al	H+Al	V	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	mg dm ⁻³		cmol dm ⁻³				%	mg dm ⁻³					
6	32	1,7	1,2	0,3	0,1	1,6	48,8	2,2	59,9	3,3	2,1	0,3	7,0

V= Índice de saturação de bases.

O plantio foi realizado em meados de setembro de 2015. O espaçamento utilizado foi de 3 x 3 m, sendo as covas abertas no momento do plantio com auxílio de uma ferramenta chamada chucho. Em cova, juntamente com a muda de *Pinus*, foram aplicados esporos de fungos micorrízicos, coletados de frutificação encontrada no interior de povoamentos de *Pinus* spp., e 200 ml de solução com

polímero hidrorretentor na concentração de 1 g de polímero por planta. Após o plantio, aplicou-se sobre o coleto de cada muda uma solução de cupinicida para o controle de cupins subterrâneos.

O experimento foi disposto em delineamento de blocos casualizados completos, com 30 repetições e uma planta por parcela. Para controlar o efeito de borda, todo o experimento foi circundado por duas linhas de plantas com a mesma espécie. Os tratamentos correspondem a três progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e 33 progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e uma progênies de *Pinus massoniana*, sendo as espécies com idade de 36 meses observadas na Figura 1.

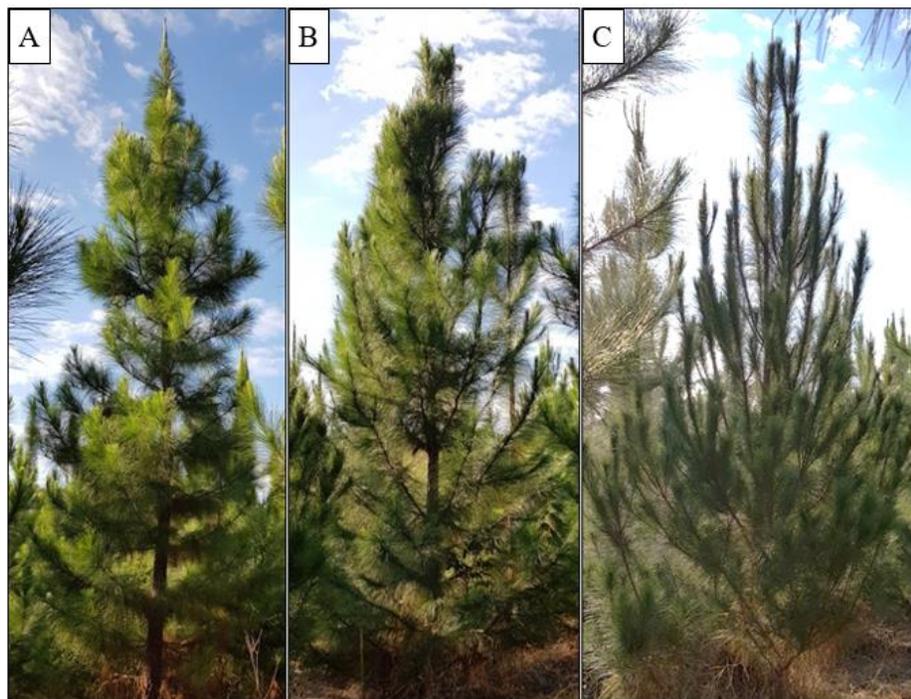


Figura 1 Progênies de *Pinus* spp. em Lavras-MG aos 36 meses de idade A) Árvore de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; B) Árvore de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e C) Árvore de *Pinus massoniana*

Nas primeiras semanas pós-plantio foi necessário irrigar as mudas com o auxílio de um caminhão com reservatório de água e regadores para favorecer a sobrevivência inicial das mudas, até o começo do período chuvoso. Em todo o período, realizou-se o monitoramento de formigas cortadeiras e o controle de plantas daninhas por meio de roçadas mecanizadas (4x2 TDA) e uso de herbicidas pós-emergentes de amplo espectro.

Aos 36 meses após o plantio, foram avaliados a sobrevivência, altura (H), o diâmetro à altura do peito (DAP) e a área de projeção de copa (APC). O percentual de sobrevivência foi quantificado por meio da contagem do total de indivíduos possíveis para cada espécie dividido pelos indivíduos que sobreviveram aos 36 meses e multiplicado por 100. A APC foi obtida por meio de medições da projeção da copa entre as plantas na linha de plantio ($PCEP$) e entre as linhas de plantio ($PCEL$). Após a medição foi realizado o cálculo da APC por meio da fórmula apresentada por Macedo (1991) (equação 1).

$$APC = \frac{(PCEL) \cdot (PCEP) \cdot \pi}{4} \quad (1)$$

As estimativas dos parâmetros genéticos foram realizadas para cada caráter mensurado pelo método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada) por meio da análise de modelos mistos, sendo este efetuado pelo pacote Asreml no programa R, utilizando o seguinte modelo, Equação 2:

$$y = Xb + Za + e \quad (2)$$

Em que: y é o vetor de observações; b é o vetor dos efeitos de repetição (fixos); a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (aleatórios); e é o vetor dos resíduos (aleatório). X e Z representam as matrizes de incidência para os efeitos citados.

A solução dos efeitos fixos (b) e dos efeitos aleatórios (a) do modelo foram obtidas resolvendo a seguinte equação (Henderson *et al.*, 1959):

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1} \frac{\sigma_e^2}{\sigma_a^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

Em que: A^{-1} é a inversa da matriz de relacionamento aditivo com base no pedigree, utilizando o índice de endogamia. Foram assumidas as seguintes distribuições e estruturas de médias e variâncias:

$$\begin{aligned} y|b, V &\sim N(Xb, V) \\ a|A, \sigma_a^2 &\sim N(0, A\sigma_a^2) \\ e|\sigma_e^2 &\sim N(0, I\sigma_e^2) \end{aligned}$$

As progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e *Pinus massoniana* foram consideradas como fixas, obtendo a melhor estimativa linear não viesada (BLUEs). Os parâmetros genéticos estimados foram a herdabilidade individual (h_i^2), a herdabilidade individual no sentido restrito (h_r^2) (equação 3), a herdabilidade da média de progênies (h_m^2) (equação 4), a acurácia seletiva a nível de progênies (r_{gg}) (equação 5), o coeficiente de variação genética (CV_g) (equação 6) e o coeficiente de variação residual (CV_e) (equação 7).

$$\hat{h}_r = \frac{\hat{\sigma}_i^2}{\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_f^2} \quad (3)$$

$$\hat{h}_m = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\frac{\hat{\sigma}_f^2}{nb} + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{b} + \hat{\sigma}_g^2} \quad (4)$$

$$\hat{r}_{\hat{g}g} = \left(\frac{1 - PEV}{\sigma_g^2} \right)^{1/2} \quad (5)$$

$$CV_g = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_g^2}}{\hat{m}} \cdot 100 \quad (6)$$

$$CV_e = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_e^2}}{\hat{m}} \cdot 100 \quad (7)$$

Em que: variação aditiva ($\hat{\sigma}_i^2$); variação genética ($\hat{\sigma}_g^2$); variação residual ($\hat{\sigma}_e^2$); variação fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$); variação do erro de predição (PEV) e média (\hat{m}).

Estimou-se as correlações genéticas (r_g) (equação 8), ambientais (r_e) (equação 9) e fenotípicas (r_f) (equação 10) entre os caracteres *H*, *DAP* e *APC* avaliados aos 36 meses após o plantio.

$$\hat{r}_{g_{XY}} = \frac{\hat{\sigma}_{g_X g_Y}}{\sqrt{\hat{\sigma}^2_{g_X} \cdot \hat{\sigma}^2_{g_Y}}} \quad (8)$$

$$\hat{r}_{f_{XY}} = \frac{\hat{\sigma}_{F_X F_Y}}{\sqrt{\hat{\sigma}^2_{F_X} \cdot \hat{\sigma}^2_{F_Y}}} \quad (9)$$

$$\hat{r}_{E_{XY}} = \frac{\hat{\sigma}_{E_X E_Y}}{\sqrt{\hat{\sigma}^2_{E_X} \cdot \hat{\sigma}^2_{E_Y}}} \quad (10)$$

Em que: $\hat{r}_{g_{XY}}$, $\hat{r}_{f_{XY}}$ e $\hat{r}_{E_{XY}}$ são os coeficientes de correlação genética, fenotípica e ambiental, $\hat{\sigma}^2_{g_X g_Y}$, $\hat{\sigma}^2_{F_X F_Y}$ e $\hat{\sigma}_{E_X E_Y}$ são os produtos médios genéticos, fenotípicos, genéticos e ambientais entre os caracteres x e y , estimados da análise de covariância.

Calculou-se o ganho com a seleção direta (equação 11) e seleção indireta para H , DAP e APC pelo índice de seleção de soma de postos (I_{MM}) proposto por Mulamba e Mock (1978) para os caracteres avaliados (equação 12). Para calcular o ganho, utilizou-se 30,3% como intensidade de seleção.

$$GS = \frac{\sum_{i=1}^n BLUP}{n} \quad (11)$$

$$I_{(MM)j} = \sum_{i=1}^n r_{ij} \quad (12)$$

Em que: GS é o ganho de seleção; n é o número de progênies selecionadas; $I_{(MM)j}$ é o valor do índice associado ao indivíduo; i é a o ranking de um indivíduo em relação ao j -ésimo caráter; n é o número de caracteres considerados no índice.

Para testar a significância dos efeitos aleatórios do modelo se realizou a análise de *deviance* por meio do teste da razão da máxima verossimilhança (*LRT*) para os três caracteres (*DAP*, *H* e *APC*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sobrevivência das progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus massoniana*, Tabela 2, foi de 99%. Estes resultados demonstram o potencial das espécies inseridas em Lavras-MG, visto que Macedo et al. (2010) salientam que a sobrevivência são parâmetros iniciais para constatar o potencial da espécie para a região.

Tabela 2 Percentual de sobrevivência das progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* mensuradas aos 36 meses em Lavras-MG

Espécies	Sobrevivência (%)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	99
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	98
<i>Pinus massoniana</i>	100
Média	99

A análise de *deviance* para os parâmetros genéticos e estatísticos das progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, Tabela 3, demonstra diferença significativa entre as progênies testadas para as variáveis *DAP*, *H* e *APC* na região de Lavras, MG aos 36 meses de idades.

Tabela 3 Parametros genéticos e análise de deviance para *DAP*, *H* e *APC* aos 36 meses após o plantio na região de Lavras, MG

Parâmetros	Diâmetro a Altura do Peito (DAP)	Altura (H)	Área de projeção de copa (APC)
$\hat{\mu}$	5,871	4,082	3,758
$\hat{\mu}_a$	6,740	4,349	4,188
$\hat{\mu}_f$	5,002	3,814	3,327
σ_i^2	1,732**	0,472**	1,226**
σ_e^2	4,200	1,267	0,922
σ_f^2	5,932	1,739	2,148
h_i^2	0,29	0,27	0,57
h_r^2	0,24	0,22	0,50
h_m^2	0,70	0,69	0,83
r_{ap}	0,84	0,83	0,91
CV_g	19,52	15,80	26,44
CV_e	34,79	29,28	32,40
Fec ¹	4,03	3,73	3,46
FT1 ²	6,41	4,44	3,77
FT2 ²	3,75	2,93	2,33
FT3 ²	5,77	4,13	3,72

Em que: Média geral das progênies ($\hat{\mu}$); Média das progênies aleatórias ($\hat{\mu}_a$); Média das progênies fixas ($\hat{\mu}_f$); Variância aditiva (σ_i^2); Variância ambiental (σ_e^2); Variância fenotípica (σ_f^2); Herdabilidade individual (h_i^2); Herdabilidade individual no sentido restrito (h_r^2); Herdabilidade da média de progênies (h_m^2); Acurácia seletiva a nível de progênies (r_{gg}); Coeficiente de variação genética (CV_g); Coeficiente de variação genética individual (CV_i); Coeficiente de variação residual (CV_e); ** significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste de razão de verossimilhança (LRT). ¹ Média da progênie de *Pinus massoniana*. ² Média das progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

As progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentaram em média *DAP* de 6,74 cm, *H* de 4,34 m e *APC* de 4,18 m² planta⁻¹, sendo estas consideradas satisfatórias para a região de Lavras, MG. Esses resultados são próximos aos encontrados por Durigan et al. (2004) em Assis-SP aos três anos pós plantio, Donadoni et al. (2010) em Vilhena-RO aos três anos e Tambarussi et al. (2018) em Canoinhas-SC aos quatro anos após plantio, que observaram em média resultados de 5 cm de *DAP*, 4 m de *H* e 1,63 m² planta⁻¹ de *APC*, os quais demonstram o potencial das progênies testadas para a região de Lavras-MG.

Ao observar resultados de crescimento em *DAP* e *H* para o *Pinus massoniana* e *Pinus caribaea* var. *bahamensis* com os estudos de Liu et al. (2013) e Romanelli e Sebbenn (2004), respectivamente, verifica-se semelhança entre os resultados obtidos.

Para a estimativa da herdabilidade no sentido restrito, pode-se considerar, conforme classificação de Resende (2002), que estas são médias para as variáveis *DAP* (0,24) e *H* (0,22) e alta para a área de projeção de copa (0,50), ao passo que herdabilidades menores que 0,15 são classificadas como de baixa magnitude, entre 0,15 e < 0,50 de média magnitude e maiores que 0,50 de alta magnitude. As herdabilidades encontradas são similares às obtidas por Tambarussi et al. (2010), Souza et al. (2017) e Tambarussi et al. (2018), e superiores às relatadas por Silva et al. (2011).

A herdabilidade individual e média de progênies para os caracteres *DAP* e altura são consideradas médias e altas, respectivamente, e para a área de projeção de copa são altas para ambas. Estes parâmetros são fundamentais e refletem que os genótipos testados apresentam características de *DAP*, *H* e *APC* que serão transmitidas à descendência aos seus filhos, e conseqüentemente ganhos com a seleção dos genótipos superiores.

Conforme Ramalho et al. (2012), a herdabilidade pode ser conceituada como a proporção da variação genética presente na variância fenotípica total, a qual conforme Souza et al. (2017), estima a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo e, por essa razão, as herdabilidades citadas participam frequentemente de expressões voltadas à predição de ganho, ao passo que esta auxilia nas decisões a serem tomadas pelos melhoristas nos programas de melhoramento.

Ao observar a precisão e acurácia experimental, verifica-se que a acurácia seletiva para as variáveis foram de 0,84 para o *DAP*, 0,83 para *H* e 0,91 para a *APC*. Conforme Resende e Duarte (2007) valores superiores a 0,70 devem ser

obtidos nos processos de seleção em melhoramento de plantas. Corroborando com os resultados encontrados, nota-se valores de acurácia seletiva similares aos obtidos por Tambarussi et al. (2018), ao selecionarem híbridos de *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* aos quatro anos pós-plantio, em que constataram acurácia de 0,91 para o DAP e 0,93 para a altura. Já Souza et al. (2017), ao trabalharem com *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos cinco anos, obtiveram 0,53 para o DAP e 0,70 para a H.

O coeficiente de variação genética expressa a variabilidade genética encontrada entre as progênies e quanto mais elevado este coeficiente maior será a variabilidade existente entre as progênies, sendo estes para o DAP de 19,52, H de 15,80 e para a APC de 26,44. Ao considerar o coeficiente de variação genética individual, ou seja, dentro de progênies, obteve-se para o DAP (9,76), para a H (7,90), e para a APC (13,22), valores estes considerados altos. Assim sendo, nota-se que os resultados obtidos para os caracteres avaliados foram superiores aos encontrados por Silva et al. (2011), Souza et al. (2017) e Pires et al. (2013), sendo que coeficientes acima de 7% são elevados e possibilitam denotar que quanto maior este coeficiente, maior será a variabilidade genética entre as progênies (SEBBENN et al., 1998).

Na Figura 2, nota-se que as progênies P7, P15, P27, P31 e P33 apareceram entre as 11 melhores progênies para as H, DAP e APC. Enquanto, as progênies decorrentes de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* (FT1, FT2 e FT3) e *Pinus massoniana* (Fec) se encontram ranqueadas entre a parte mediana e inferior do gráfico. Assim, conforme encontrado no presente estudo, Sebben et al. (2010), em pesquisa realizada em altitude de 562 m, precipitação média anual de 1400 mm e em solos classificados como Latossolo Vermelho Distrófico álico típico, encontraram para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* crescimento em DAP e altura de 2,6% e 4%, respectivamente, maiores que os observados em *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

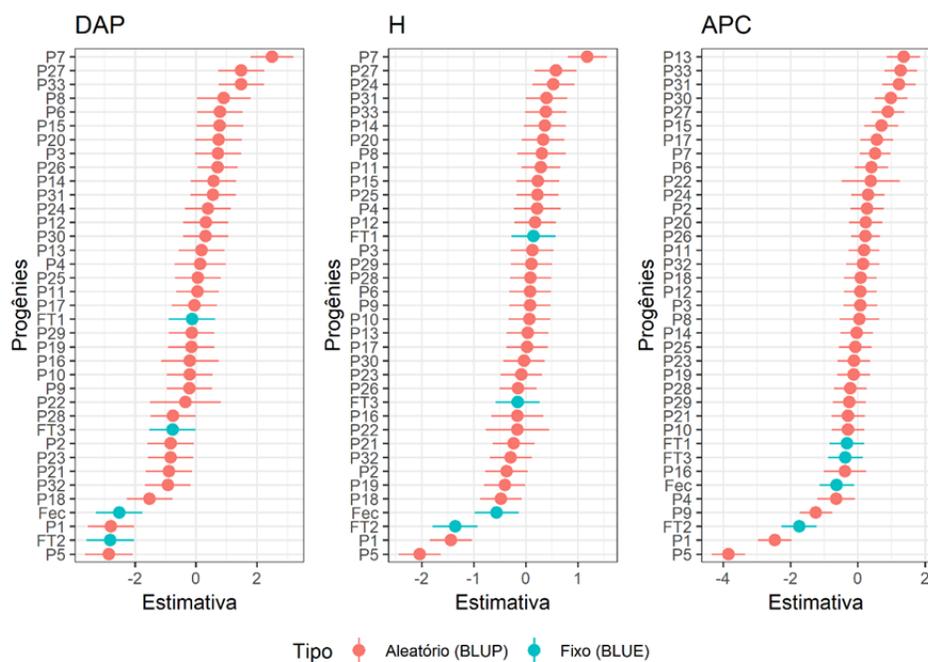


Figura 2 Ranqueamento de progênie de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus massoniana* para os caracteres *DAP*, *H* e *APC* em Lavras-MG, aos 36 meses

Conforme Ramalho et al. (2012), a correlação genética consiste em um mecanismo que possibilita a explicação da variação conjunta de duas variáveis/caracteres, sendo que na Tabela 4, nota-se correlação genética positiva e forte para o *DAP* e *H*, *DAP* e *APC*, e *H* e *APC*.

Para os caracteres *DAP* e *H*, observa-se correlação genética, fenotípica e ambiental forte e positiva. Estes resultados propiciam a utilização da seleção indireta, ao passo que progênie ranqueadas com valores de *DAP* elevados, conseqüentemente, apresentaram *H* elevada (SEBBENN et al., 2010). Corroborando com os resultados encontrados, tem-se o trabalho de Tambarussi et al. (2018), que encontraram forte correlação genética para os caracteres *DAP* e *H*

(0,84). Para a *APC* correlacionada ao *DAP* e a *H*, nota-se a correlação fenotípica e ambiental médias, as quais promovem a estas variáveis a mesma influência no ambiente, visto que a correlação correspondente às causas ambientais são consideradas o efeito total de todos os fatores variáveis do ambiente que causaram correlação positiva (FALCONER; MACKAY, 1996).

Tabela 4 Correlação genética, fenotípica e ambiental entre as características *DAP*, *H* e *APC* para progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região de Lavras-MG aos 36 meses pós-plantio

Tratamentos	<i>r</i>	Altura	Área de projeção de copa
DAP	r_g	0,830**	0,874**
	r_e	0,723**	0,657**
	r_f	0,822**	0,561**
Altura	r_g		0,861**
	r_e		0,658**
	r_f		0,638**

** Significativo pelo teste t a 1% de probabilidade de erro.

Espera-se uma alta resposta correlacionada para a seleção quando realizada em variáveis com correlações positivas e de alta magnitude, ou seja, selecionando um caracter, terá resposta similar para o outro caracter (MACEDO et al., 2013). Com estes resultados, recomenda-se a utilização e aferição apenas do caracter *DAP* para selecionar as melhores progênies em povoamentos com idades elevadas, visto que a obtenção da altura das plantass é considerada uma operação que demanda tempo e mão de obra, fatores estes que podem elevar os custos da avaliação.

Ao utilizar e comparar diferentes estratégias e métodos de seleção a nível de progênies, pode-se notar que, como esperado, o ganho com a seleção direta foi maior para todas as variáveis. Porém, para o *DAP* e *H*, a diferença foi de aproximadamente 1,3% (Figura 3). Enquanto, para a área de projeção de copa, a

seleção direta apresentou maior distinção com a seleção pelo método proposto por Mulamba e Mock (1978).

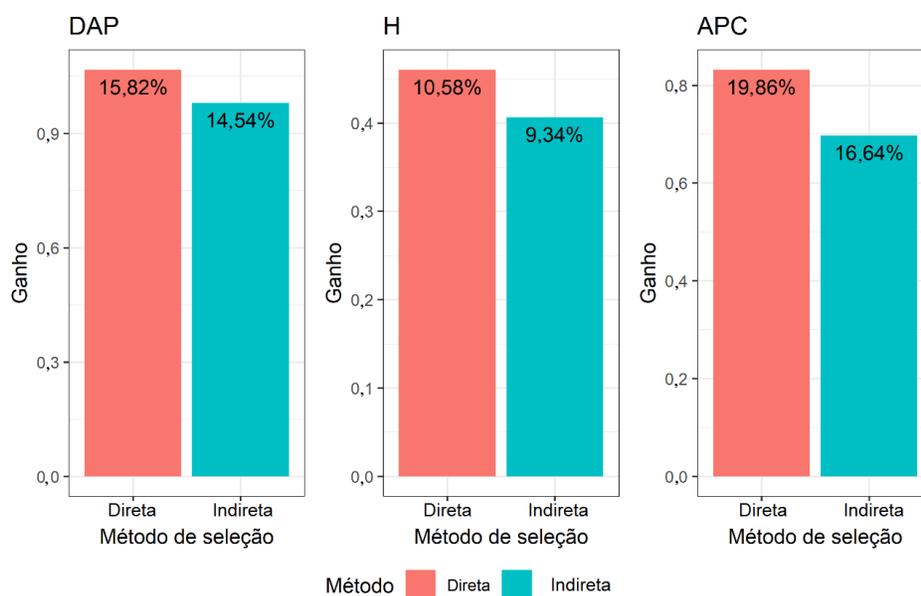


Figura 3 Ganho com a seleção para as *DAP*, *H* e *APC* por meio da forma direta e pelo método de Mulamba e Mock (1978) para as progênie de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em Lavras-MG aos 36 meses.

A seleção direta realizada em um caracter pode afetar os ganhos sobre outros caracteres (MISSIO et al., 2004). Ao observar os resultados da seleção indireta, nota-se ganhos próximos à seleção direta para as características de *DAP* e *H*, os quais são reflexo da alta correlação existente entres os caracteres.

Tambarussi et al. (2018), salientam que as correlações genéticas indicaram, ao selecionar híbridos de *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* por meio do *DAP*, provavelmente, efeitos positivos de seleção, tanto neste caracter, quanto para *H*, assim como para a *APC* das árvores (FALCONER; MACKAY, 1996). Com estes resultados, a utilização da seleção pelo método de Mulamba e Mock

(1978), seleção indireta, possibilita ganhos, visto que os caracteres apresentam forte correlação genética (MISSIO et al., 2004; BHERING et al., 2012). Os ganhos obtidos com a seleção direta e indireta são superiores aos relatados por Tambarussi et al. (2010), que encontraram para o *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, aos 14 anos de idade, um ganho de 5,99% para *DAP* e 5,82% para *H*.

Conforme Macedo et al. (2018) e Nieri et al. (2018), os parâmetros *DAP* e *H* permitem constatar a adaptabilidade dos genótipos introduzidos em ambientes exóticos e o seu potencial de estabelecimento, uma vez que este expressa a capacidade de adaptabilidade e o vigor das mudas em condições ecológicas observadas no campo após o plantio, tendo em vista a maior magnitude da interação genótipos x ambientes “in loco”.

Para obter progênies com maior adaptabilidade para a região de Lavras e pelo programa de melhoramento genético ser inicial, recomenda-se selecionar 30,3% das progênies para a realização de cruzamentos futuros, com o intuito de obter maiores ganhos. Entretanto, para que isso ocorra, se deve selecionar progênies diferentes geneticamente. Pode-se notar que as progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentaram grande variabilidade genética e maior desempenho e, conseqüentemente, melhor adaptabilidade em relação às progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e *Pinus massoniana*, sendo assim recomendado continuar o melhoramento genético com as progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

De modo geral, a maioria dos estudos afirmam que existe uma correlação positiva entre o rendimento em resina, o crescimento em *DAP* e a *APC* (LIU et al., 2013). De acordo com estes mesmos autores, o *DAP* apresenta maior correlação com a produção de resina (0,70), sendo esta a que deve ser observada ao selecionar progênies superiores para o processo de resinagem.

Contudo, torna-se fundamental selecionar as progênies que apresentaram melhor adaptabilidade para a região de Lavras-MG, visto que o início do programa de melhoramento consiste em selecionar progênies promissoras e com adaptabilidade por meio de caracteres básicos como *DAP* e *H*. Logo, a seleção inicial utilizando o *DAP*, possivelmente, contará com progênies de ampla produtividade de resina, uma vez que as progênies foram inicialmente selecionadas por meio da produção de resina. Portanto, recomenda-se uma seleção em idade mais avançada para constatação da produtividade de resina entre as melhores progênies selecionadas.

CONCLUSÃO

As progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentaram desempenho superior aos *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e ao *Pinus massoniana* para a região de Lavras-MG, aos 36 meses após o plantio.

As progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentam variância genética, o que permite a continuidade do programa de melhoramento genético.

A seleção indireta demonstrou ser adequada para os caracteres *DAP* e altura, principalmente, pela alta correlação genética existente entre estas características.

Com base neste estudo, é possível indicar a expansão da produção de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região de Lavras-MG com as progênies P7, P15, P27, P31 e P33, uma vez que, nas avaliações iniciais essas apresentaram maior adaptabilidade às condições edafoclimáticas locais. Entretanto, recomenda-se a realização de uma futura seleção em idade mais avançada, principalmente com a avaliação da produção de resina.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- CORRÊA, P.R.R. et al. Seleção precoce de progênies de *Pinus radiata* a *Sphaeropsis sapinea*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 275-281, abr./jun., 2012.
- BHERING, L.L. et al. Genetic gains in physic nut using selection indexes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.47, n.3, p.402-408, mar. 2012.
- DONADONI, A. X. et al. Relação hipsométrica para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus tecunumanii* em povoamento homogêneo no Estado de Rondônia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 12, p. 2499-2504, 2010.
- DURIGAN, G. et al. Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em terreno permanentemente úmido em região de Cerrado. In: VILAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. (Orgs.) **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil-Japão**. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica, 2004. p.447-456.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. **Introduction to quantitative genetics**. 4 ed. Londres: Longman Group, 1996. 464 p.
- GONÇALVES, P.S. et al. Early selection for growth vigor in rubber tree genotypes in northwestern São Paulo State (Brazil). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 4, p. 620-630, 1998.
- HODGE, G. R.; DVORAK, W. S. Genetic parameters and provenance variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in 48 international trials. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 31, n. 3, p. 496-511, 2001.
- INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2017**. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 23 de outubro de 2017.

LIU, Q. et al. Genetic Variation and Correlation among Resin Yield, Growth, and Morphologic Traits of *Pinus massoniana*. **Silvae Genetica**, Warsaw, v.62, n. 1, p. 38-43, dez. 2013.

MACEDO, H.R. et al. Variação, herdabilidade e ganhos genéticos em progênies de *Eucalyptus tereticornis* aos 25 anos de idade em Batatais-SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 533-540, dez. 2013.

MACEDO, R.L.G. **Avaliação holística da fase juvenil do teste de introdução de espécies de Eucalyptus na Baixada Cuiabana, Mato Grosso**. 1991. 231 p. Tese (doutorado) – Universidade federal do Paraná, Curitiba, 1991.

MACEDO, R.L.G.; VALE, A.B.; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: Editora UFLA, 2010. 331p.

MACEDO, R.L.G. et al. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2018. 352 p.

MANFIO, C. E. et al. Avaliação de progênies de macaúba na fase juvenil e estimativas de parâmetros genéticos e diversidade genética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 63, 2012.

MASSARO, R.A.M. et al. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 597-609, out.-dez., 2010.

MISSIO, R.F. et al. Seleção simultânea de caracteres em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*. **Scientia forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 161-168, dez. 2004.

MORAES, C.B. et al. Estimativa de parâmetros genéticos para seleção precoce de clones de *Eucalyptus* para a região de ocorrência de geadas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 219-227, jun. 2014.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian journal of genetics and cytology**, Cairo, v.7, p.40-51, 1978.

NIERI, E. M. et al. Comportamento silvicultural de espécies florestais em arranjo para integração pecuária floresta. **Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 2, p. 195-202, 2018.

- PIRES, V. C. M. et al. Variabilidade genética de caracteres silviculturais em progênes de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p.113-119, 2013.
- RAMALHO, M.A.P. et al. **Genética na agropecuária**. Lavras: Editora UFLA. 2012. 566p. a
- RESENDE, M.D.V. **Software SELEGEN - REML/BLUP**. EMBRAPA, Colombo, 2002.
- RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 37, n. 3, p. 182-194, set. 2007.
- RESENDE, M.D.V. **SELEGEN-REML/BLUP: Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.
- SANCHEZ, M. et al. Spatial structure and genetic diversity of natural populations of the Caribbean pine, *Pinus caribaea* var. *bahamensis* (Pinaceae), in the Bahaman archipelago. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Oxford, v.174, n. 3, p. 359-383, 2014.
- SEBBENN, A. M. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênes de pinus *Caribaea* var. *hondurensis* e var. *bahamensis*, em Assis-SP. **Revista Instituto Florestal**, Piracicaba, v. 22, n. 2, p. 279-288, 2010.
- SEBBENN, A.M. et al. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 31-38, jun. 1998.
- SHIMIZU, J.Y. **Pinus na Silvicultura Brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 223 p.
- SILVA, J.M. et al. Variação Genética e ganho esperado na seleção de progênes de *Pinus caribaea* var. *caribaea* em Selvíria, MS. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 241-252, jun. 2011.
- SOUZA, T.S. et al. Variação genética em caracteres quantitativos em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 113, p. 177-185, mar. 2017.

TAMBARUSSI, E. V. et al. Análise dialélica na avaliação do potencial de híbridos de *Pinus elliotti* x *Pinus caribaea* para a formação de populações de melhoramento. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 46, n. 119, p. 395-403, 2018.

TAMBARUSSI, E. V. et al. Estimative of genetic parameters in progeny test of *Pinus caribaea* morelet var. *hondurensis* barret & golfari by quantitative traits and microsatellite markers. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.1, p.39-47, 2010.

XAVIER, A.; WENDLING; SILVA, R.L. **Silvicultura clonal**. Viçosa: Editora UFV. 2009. 272 p.

5 CAPÍTULO 3

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM PROGÊNIES DE *Pinus caribaea* var. *hondurensis* EM TRÊS REGIÕES DO BRASIL

RESUMO: objetivou-se avaliar a adaptabilidade e estabilidade de progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em Iguape-SP, Lavras-MG e São José da Boa Vista-PR. Nas áreas experimentais, o teste contempla 26 progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em arranjo de 3 x 3 m. Em cada ambiente foi estabelecido um experimento disposto em delineamento de blocos casualizados completos, com 30 repetições e uma planta por parcela. As variáveis respostas utilizadas foram à altura (*H*) e o diâmetro à altura do peito (*DAP*) aos 36 meses pós-plantio. Para avaliar a estabilidade e a adaptabilidade dos genótipos nos três locais, utilizou-se método Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG). Os resultados obtidos demonstraram baixa herdabilidade para *H* (0,03) e *DAP* (0,05), porém, a acurácia seletiva apresentou alta precisão *H* (0,70) e *DAP* (0,79). O coeficiente de variação genotípica foi de (3,50) para *H* e (5,10) para *DAP*. Os componentes de variância demonstraram variabilidade genética e interação genótipos por ambientes. O local de São José da Boa Vista-PR foi o que apresentou melhor desempenho para as progênies testadas. As progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* se adaptaram às condições edafoclimáticas das localidades testadas. As progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* P7, P26 e P27 apresentaram estabilidade e adaptabilidade para Lavras-MG, Iguape-SP e São José da Boa Vista-PR. Desta forma, ao referir-se em adaptabilidade e estabilidade, recomenda-se a utilização das progênies P7, P26 e P27 para locais com similaridade às condições edafoclimáticas das regiões estudadas, porém, deve-se realizar uma futura seleção com o objetivo de resinagem aos oito anos de idade.

Palavras-chaves: Silvicultura, Teste de progênies, Interação genótipos por ambientes.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the adaptability and stability of progenies of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Iguape-SP, Lavras-MG, and São José da Boa Vista-PR. In the experimental areas, the test includes 26 progenies of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* for the arrangement 3 x 3 m. We established in each environment an experiment in a complete randomized block design, with 30 replicates and one plant per plot. The response variables have used the height (*H*) and diameter at breast height (*DBH*) at 36 months post-planting. In

order to evaluate the stability and the adaptability of the genotypes in the three sites, the Harmonic Mean of Relative Performance of Genetic Values (MHPRVG), was used. The results showed low heritability for *H* (0.03) and *DBH* (0.05), but the selective accuracy showed high accuracy *H* (0.70) and *DBH* (0.79). The genotype coefficient of variation was (3.50) for *H* and (5.10) for *DAP*. The components of variance demonstrated genetic variability and interaction genotypes by environments. The São José da Boa Vista-PR site presented the best performance for the progenies tested. The progenies of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* adapted to the edaphoclimatic conditions of the tested localities. The progenies of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* P26, P7 and P27 presented stability and adaptability to Lavras-MG, Iguape-SP and São José da Boa Vista-PR. However, when referring to adaptability and stability, the use of progenies P26, P7 and P27 are recommended for sites with similarity to the edaphoclimatic conditions of the studied regions. However, a future selection should be made with the aim of resining at eight years old.

Keywords: Silviculture, Progeny test, Genotype interaction by environment.

INTRODUÇÃO

A seleção de genótipos superiores adaptados e produtivos, em vários ambientes, é considerada um dos objetivos primordiais no melhoramento de plantas. Porém, a interação genótipos por ambientes (G x E) frequentemente interfere negativamente na seleção, uma vez que essa promove comportamento variável dos genótipos sob diferentes condições ambientais (BUENO, 2006; PAGLIARINI et al., 2016).

A interação (G x E) é um fenômeno amplamente disseminado entre plantas que se caracteriza pelo comportamento não consistente dos genótipos nos diferentes ambientes, isto é, cada genótipo apresenta diferenças de sensibilidades às mudanças do ambiente (RAMALHO et al., 2012). Essas alterações são influenciadas pela adaptabilidade do genótipo às condições previsíveis (tipo do solo, fotoperíodo, altitude, fertilidade do solo e práticas silviculturais) e

imprevisíveis (quantidade e distribuição de chuvas, temperatura e outros fatores climáticos) (RAMALHO et al., 2012).

A avaliação de plantas com o intuito de selecionar e recomendar genótipos superiores para a característica de interesse em vários ambientes é uma das etapas mais importantes do melhoramento genético, visto que quanto maior a diversidade genética entre genótipos e entre os ambientes, de maior importância será a interação G x E (BORÉM, 2001; SANTOS et al., 2015).

Na seleção de genótipos pretende-se encontrar indivíduos que apresentem para a característica de interesse, estabilidade e adaptabilidade, sendo que a estabilidade reflete a capacidade dos genótipos de exibirem um desempenho o mais constante possível em função das variações ambientais, enquanto a adaptabilidade consiste no potencial do genótipo de assimilar vantajosamente o estímulo ambiental, ou seja, as características ambientais influenciam no desempenho do genótipo testado de forma diferenciada para cada ambiente (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; RESENDE, 2007; ALWALA et al., 2010; CANUTO et al., 2016).

Dessa forma, é fundamental a identificação de genótipos com alta produtividade nos mais variados ambientes, sendo necessário a condução de experimentos em vários locais para possibilitar melhor quantificação do efeito da interação genótipos x ambientes e de seu possível impacto sobre a seleção e indicação de genótipos. Para obter maior confiabilidade na recomendação dessas cultivares, que pode ser realizada pelo método de predição da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG) (VERARDI et al., 2009; PUPIN et al., 2015).

Conforme Carbonell et al. (2007), a seleção simultânea por produtividade, estabilidade e adaptabilidade, no contexto dos modelos mistos, pode ser realizada pelo método MHPRVG, que possibilita a seleção de indivíduos de alta

adaptabilidade geral, previsibilidade de desempenho e estabilidade, capazes de responder ao estímulo ambiental e de manterem um bom desempenho.

Nesse contexto, objetivou-se avaliar a adaptabilidade e estabilidade de progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em Iguape-SP, Lavras-MG e São José da Boa Vista-PR.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos em três áreas experimentais localizadas em Iguape-SP, Lavras-MG e em São José da Boa Vista-PR (Figura 4). A localidade de Iguape-SP e Lavras-MG apresentam solos classificados como Cambissolo Alico e Cambissolo Háptico, respectivamente. Para São José da Boa Vista – PR o solo é classificado com o Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013).

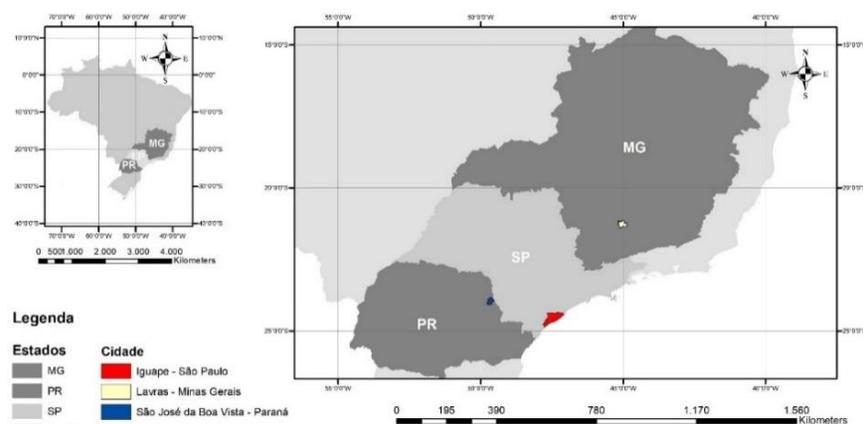


Figura 4 Mapa para localização dos experimentos situados na cidade de Iguape-SP, Lavras-MG e São José da Boa Vista-PR

Fonte: Do autor (2019)

As áreas experimentais apresentam distintas características climáticas (Figura 5) e edáficas, sendo que Iguape-SP contempla um clima classificado como

Cfa de acordo com a Köppen, precipitação média anual de 1900 mm, umidade relativa do ar de 70%, temperatura média anual é 21,5 °C e altitude de 10 m acima do nível do mar (ALVARES et al., 2013).

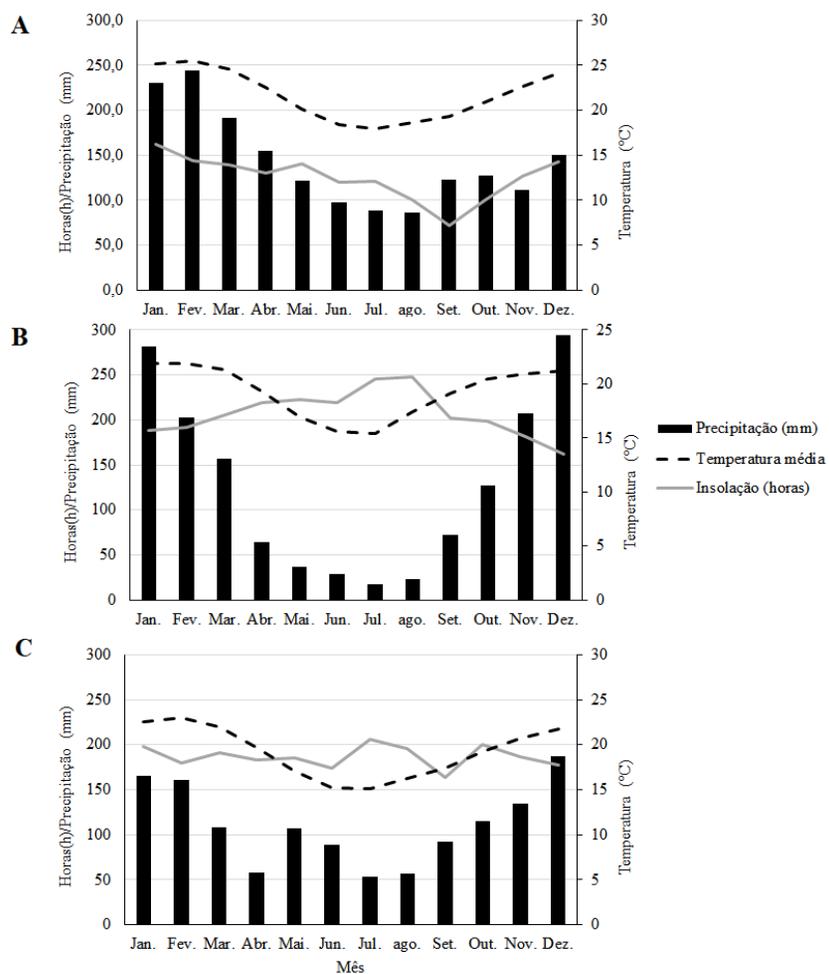


Figura 5 Série histórica de precipitação média mensal, temperatura média e insolação (horas) para as localidades estudadas A) Iguape-SP; B) Lavras-MG e C) São José da Boa Vista-PR

Fonte: Do autor (2019)

Lavras-MG apresenta clima classificado por Koppen como Cwb, tropical de altitude com verões suaves, temperatura média anual de 19,6°C, precipitação média anual de 1511 mm, umidade relativa média anual de 76,2% e altitude de 905 m. Em São José do Boa Vista-PR o clima é classificado por Koppen como Cfa, que se caracteriza por ser temperado úmido com verão quente, temperatura média de 20,3 °C, precipitação média anual de 1208 mm e altitude de 600 m (ALVARES et al., 2013).

Nas áreas experimentais, cada teste de progênies contempla 26 genótipos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* provindos de árvores matrizes com polinização livre, localizadas em plantios comerciais da Empresa Resineves Agroflorestal LTDA, Itapeva-SP. As mudas foram produzidas pela empresa em tubetes de 55 cm³, preenchidos com substrato comercial.

Para implantação do projeto, realizou-se o preparo do solo por meio da limpeza da área total com o auxílio de trator (4x2 TDA), controle de formigas (íscas à base de sulfluramida) e plantas daninhas (herbicida de amplo espectro e com ação pós-emergente). No mês de plantio, realizou-se o preparo do solo por meio de gradagem pesada em área total.

Em cada ambiente foi implantado um experimento disposto em delineamento de blocos casualizados completos, com 30 repetições e uma planta por parcela. Para controlar o efeito de borda, todo o experimento foi circundado por duas linhas de plantas com a mesma espécie. Os tratamentos corresponderam a 26 progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

O arranjo utilizado foi de 3 x 3 m, sendo as covas abertas no momento do plantio. Em cova, juntamente com a muda de *Pinus*, foram aplicados esporos de fungos micorrízicos, coletados de frutificação encontrada no interior de povoamentos de *Pinus* spp., e 200 ml de solução de polímero hidrorretentor na concentração de 1 g de polímero por planta. Após o plantio, aplicou-se sobre o coleto de cada muda uma solução de cupinicida para o controle de cupins

subterrâneos e, nas primeiras semanas pós-plantio, foi necessário irrigar as mudas com o auxílio de um caminhão com reservatório de água e regadores para favorecer a sobrevivência inicial das mudas, até o começo do período chuvoso.

As variáveis avaliadas foram o diâmetro à altura do peito (*DAP*) e a altura (*H*) aos 36 meses. Avaliou-se a estabilidade e a adaptabilidade das progênies nos três locais pelo método MHPRVG. O modelo estatístico para análise dessa rede experimental em vários ambientes foi realizado pelo programa SELEGEN (modelo 54), que considerou a tomada de uma observação por parcela pelo método MHPRVG, sendo dado pela Equação 13.

$$y = Xr + Zg + Wi + e \quad (13)$$

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), i é vetor dos efeitos da interação genótipos x ambientes (aleatórios) e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Quando detectada uma $G \times E$ significativa, a análise da estratificação, adaptabilidade e estabilidade fenotípica foi realizada utilizando a metodologia MHPRVG. Os parâmetros genéticos avaliados foram a herdabilidade da média de genótipo, acurácia da seleção de genótipos, coeficiente de variação genotípica e coeficiente de variação experimental, assim como obtidos no capítulo 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os componentes de variância e medidas de qualidade experimental para as variáveis *H* e *DAP*, aos 36 meses, para progênies de *Pinus caribaea* var.

hondurensis situadas em Iguape-SP, Lavras-MG e São José da Boa Vista-PR se encontram dispostos na Tabela 5.

Ao observar a Tabela 5, nota-se que as acurácias seletivas para *H* (0,70) e *DAP* (0,79) são consideradas de alta precisão de acordo com os trabalhos de Resende e Duarte (2007). Os mesmos afirmam que, a elevada acurácia possibilita informar o correto ordenamento dos genótipos e também a eficácia da inferência do valor genotípico.

Tabela 5 Parâmetros genéticos para *DAP* e *H* para progênie de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 36 meses pós-plantio nas localidades de Iguape-SP, Lavras-MG e São José da Boa Vista-PR

Componente de variância	Altura	DAP
σ_g^2	0,04*	0,23**
σ_{gxe}^2	0,10**	0,26**
σ_e^2	1,42	4,96
σ_f^2	1,54	5,45
h_a^2	0,03	0,05
h_m^2	0,50	0,62
r_a	0,70	0,79
CV_g	3,50	5,10
CV_e	22,25	23,63
Média	5,37	9,43

Em que: (σ_g^2) é a variância genotípica; (σ_{gxe}^2) é a variância da interação genótipos x ambientes; (σ_e^2) é a variância experimental; (σ_f^2) é a variância fenotípica individual; (h_a^2) é a herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo; (h_m^2) é a herdabilidade da média de genótipo; (r_a) é a acurácia da seleção de genótipos; (CV_g): coeficiente de variação genotípica; (CV_e) é o coeficiente de variação experimental; Média geral do experimento.* significativo a 5% de probabilidade do erro pelo teste de razão de verossimilhança (LRT). ** significativo a 1% de probabilidade do erro pelo teste de razão de verossimilhança (LRT).

Os coeficientes de variação experimental para as variáveis estudadas são considerados altos, conforme Pimentel Gomes (2000). Logo, coeficientes com

variações de magnitude de 10 a 27% foram encontradas em teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* por Canuto et al. (2016) e em teste de progênies com *Pinus* spp., Pagliarini et al. (2016) encontraram valores de 20 a 25%, sendo estes próximos aos obtidos neste trabalho, uma vez que nos diferentes locais avaliados ocorre variações de solo e clima. Assim sendo, Resende et al. (1992), salientam que os coeficientes de variação em experimentos florestais tendem a ser mais elevados

O coeficiente de variação genética foi considerado alto para *H* e *DAP*, ao passo que este contempla a variabilidade genética entre as progênies, ou seja, quantifica a porcentagem da variação genética presente nos genótipos, sendo desejável valores elevados (YOKOMIZO et al., 2017).

A herdabilidade genotípica total foi considerada baixa para a *H* e para o *DAP*, enquanto a herdabilidade média assumindo sobrevivência completa foi considerada de alta magnitude para ambas as variáveis estudadas. Herdabilidades menores que 0,15 são classificadas como de baixa magnitude, entre 0,15 e 0,50, de média magnitude e maiores que 0,50, de alta magnitude (RESENDE, 2002). Estes resultados influenciam na estratégia e no ganho com a seleção, uma vez que a alta herdabilidade e a baixa intensidade de seleção promovem maiores ganhos para as características avaliadas.

Na Figura 6, pode-se observar a interação entre as progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas localidades de Iguape-SP, Lavras-MG e São José da Boa Vista-PR, aos 36 meses pós-plantio.

Conforme Ramalho et al. (2012a), a interação genótipos x ambientes é caracterizada quando os comportamentos dos genótipos não são consistentes nos diferentes ambientes, ou seja, cada genótipo apresenta resposta específica e distintas dos demais. Sendo assim, observa-se que as progênies apresentaram mudança em seu ranqueamento entre localidades para *H* e *DAP*, aos 36 meses (Figura 6), o que caracteriza uma interação complexa, a qual exige estratégia de

seleção de genótipos específicos para cada ambiente (ROMANELLI; SEBBENN, 2004).

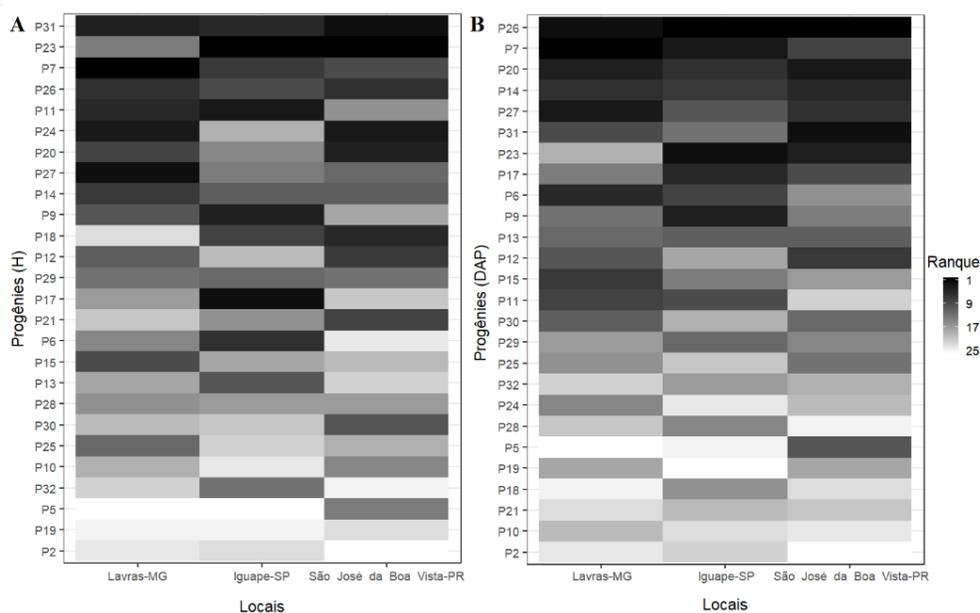


Figura 6 Ordenamento das progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para a *H* (A) e *DAP* (B) em Iguape-SP, Lavras-MG e São José da Boa Vista-PR, aos 36 meses após o plantio

Fonte: Do autor (2019)

Pinus tropicais podem apresentar sintomas de má adaptabilidade às condições edáficas, causada principalmente pelas condições de drenagem do solo (KRONKA et al., 2005; SILVA et al., 2011; BILA et al., 2012). Neste contexto, nota-se que a área experimental de São José da Boa Vista-PR, se situada em Latossolo Vermelho distrófico, que apresenta boa drenagem (EMBRAPA, 2013). Este atributo físico do solo pode ter favorecido o maior desempenho das progênies neste local quando comparado com os demais locais. Ademais, pode-se salienta

que possivelmente o maior crescimento encontrado em São José da Boa Vista-PR pode estar relacionado com a maior proximidade com a origem das sementes, as quais são providas de Itapeva-SP.

Nas Tabelas 6 e 7 são apresentadas as progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* selecionadas para cada localidade, sendo esta realizada por meio de uma intensidade de seleção de 30,3% (1:3).

Ao selecionar as oito melhores progênies, verifica-se que para *H* e *DAP* os ganhos foram pequenos. Estes resultados são explicados pela alta intensidade de seleção aplicada, ao passo que o programa de melhoramento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para as localidades visa a seleção de progênies com adaptabilidade às condições climáticas para cada localidade, sendo necessário, posteriormente, realizar a seleção das progênies adaptadas e com maior produção de resina.

Tabela 6 Seleção por local para *H*, com intensidade de 30,3%, para progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 36 meses após plantio

Ordem	Lavras-MG		Iguape-SP		São José da Boa Vista-PR	
	Progênie	<i>H</i> (m)	Progênie	<i>H</i> (m)	Progênie	<i>H</i> (m)
1	P7	5,08	P23	6,31	P23	6,65
2	P27	4,87	P17	6,1	P31	6,51
3	P24	4,78	P11	6,02	P24	6,45
4	P31	4,73	P9	5,98	P20	6,43
5	P11	4,7	P31	5,95	P18	6,41
6	P26	4,68	P6	5,92	P26	6,39
7	P14	4,66	P7	5,9	P12	6,38
8	P20	4,65	P18	5,88	P21	6,37
GS ²		3,78%		3,45%		2,00%
Média		4,6		5,8		6,33

¹*H*: altura. ²GS: ganho com a seleção em porcentagem.

Tabela 7 Seleção por local para *DAP*, com intensidade de 30,3%, para progênes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 36 meses após plantio

Ordem	Lavras-MG		Iguape-SP		São José da Boa Vista-PR	
	Progênie	DAP ¹ (cm)	Progênie	DAP(cm)	Progênie	DAP(cm)
1	P7	8,21	P26	11,03	P26	13,41
2	P26	8,05	P23	10,76	P31	12,92
3	P27	7,87	P7	10,64	P20	12,74
4	P20	7,70	P9	10,58	P23	12,64
5	P6	7,60	P17	10,49	P14	12,58
6	P14	7,52	P20	10,42	P27	12,53
7	P15	7,46	P14	10,37	P12	12,49
8	P11	7,41	P6	10,34	P7	12,45
GS ²		6,00%		4,26%		3,00%
Média		7,28		10,14		12,35

¹DAP: Diâmetro à altura do peito; ²GS: ganho com a seleção.

Assim sendo, pode-se aferir que a acurácia seletiva e a intensidade de seleção influenciam na resposta de seleção, ou seja, baixa intensidade promove maiores ganhos, enquanto, alta intensidade de seleção promove menores ganhos (CARNEIRO et al., 2006).

Entretanto, na Tabela 8, verifica-se a estabilidade de valores genéticos (MHVG), adaptabilidade de valores genéticos multiplicado pela média geral (PRVG*MG) e estabilidade e adaptabilidade de valores genéticos multiplicado pela média geral (MHPRVG*MG) para as progênes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para as três localidades.

Ao observar a Tabela 8, verifica-se que dentro das cinco primeiras progênes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, as progênes P7, P26 e P27 apresentaram comportamento constante para *H* e *DAP*. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Canuto et al. (2016) em *Myracrodruon*

urundeuva, Pupin et al. (2015) em *Eucalyptus urophylla*, Verardi et al. (2009) em *Hevea brasiliensis* e Rosado et al. (2012) em clones de eucalipto.

Tabela 8 Estabilidade de valores genéticos (MHVG), adaptabilidade de valores genéticos multiplicado pela média geral (PRVG*MG), estabilidade e adaptabilidade de valores genéticos multiplicado pela média geral (MHPRVG*MG), para *H* e *DAP* nas progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, aos 36 meses após o plantio.

Ordem	Estabilidade (E)		Adaptabilidade (A)		E e A	
	Progênie	MHVG	Progênie	PRVG*MG	Progênie	MHPRVG*MG
<i>H'</i> (m)						
1	P7	5,67	P23	5,76	P23	5,75
2	P23	5,6	P7	5,76	P7	5,74
3	P31	5,49	P31	5,6	P31	5,59
4	P26	5,44	P26	5,54	P26	5,54
5	P11	5,43	P11	5,54	P11	5,53
6	P27	5,4	P27	5,49	P27	5,49
7	P14	5,38	P14	5,48	P14	5,48
8	P20	5,36	P9	5,47	P20	5,47
<i>DAP</i>² (cm)						
1	P26	10,26	P26	10,8	P26	10,8
2	P7	10,01	P7	10,44	P7	10,39
3	P27	9,47	P27	9,93	P27	9,92
4	P20	9,41	P20	9,91	P20	9,91
5	P14	9,34	P14	9,85	P14	9,85
6	P6	9,26	P31	9,73	P31	9,73
7	P31	9,23	P6	9,73	P6	9,72
8	P9	9,19	P9	9,72	P9	9,71

¹*H*: Altura; ²*DAP*: Diâmetro à altura do peito.

De modo geral, nota-se que as progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentaram melhor desempenho em São José da Boa Vista-PR,

devido a este local ser próximo à região das árvores matrizes que originaram as progênies. Esse resultado, possivelmente, discrimina que as progênies já apresentavam em seus genes adaptabilidade as condições edafoclimáticas de São José da Boa Vista-PR.

Em síntese, pode-se salientar que as progênies P7, P26 e P27 possuem potencial para serem indicadas a regiões com similaridades edafoclimáticas às localidades de Iguape-SP, Lavras-MG e São José da Boa Vista-PR. Entretanto, por ser uma seleção em idade precoce, recomenda-se uma seleção futura na idade de oito anos para validar a produtividade destas progênies em frente ao objetivo de resinagem.

CONCLUSÃO

As progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* se adaptaram às condições edafoclimáticas das localidades testadas.

As progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* P7, P26 e P27 apresentaram estabilidade e adaptabilidade para Lavras-MG, Iguape-SP e São José da Boa Vista-PR.

As progênies P7, P26 e P27 são recomendadas para regiões que apresentem condições edafoclimáticas próximas as regiões testadas.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALWALA, S.; KWOLEK, T.; MCPHERSON, M.; PELLOW, J.; MEYER, D. A comprehensive comparison between Eberhart and Russel joint regression and GGE bipot analyses to identify stable and high yield maize hybrids. **Field crops research**, Amsterdam, v.119, p. 225-230, 2010.

BILA, J.M.; SANQUETTA, C.R.; MACHADO, S.A. classificação de sítios com base em fatores edáficos para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região de prata, minas gerais. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 3, p. 465 - 474, jul./set. 2012.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 500 p.

BUENO, L.C.S.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, S.P. de. **Melhoramento genético de plantas**: princípio e procedimentos. Lavras: UFLA. 2006. 319 p.

CANUTO, D.S.O.; SILVA, A.M.; MORAES, M.L.T.; RESENDE, M.D.V. Estabilidade e adaptabilidade em testes de progênies de *Myracrodruon Urundeuva* sob quatro sistemas de plantio. **Cerne**, Lavras, v. 22, n. 2, p. 171-180. 2016.

CARBONELL, S.A.M.; CHIORATO, A.F.; RESENDE, M.D.V; DIAS, L.A.S.; BERALDO, A.L.A.; PERINA, E.F. Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.193-201, 2007.

CARNEIRO, P. L. S. et al. Oscilação genética em populações submetidas a métodos de seleção tradicionais e associados a marcadores moleculares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 84-91. 2006.

CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F.L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, v.38, p. 422-430, 1991.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

KRONKA, F.J.N.; BERTOLANI, F.; PONTE, R.H. **A cultura de Pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 160p.

PAGLIARINI, M.K.; KIERAS, W.S.; MOREIRA, J.P.; SOUSA3, V.A.; SHIMIZU, J.Y.; MORAES, M.L.T.; FURLANI JR., E.; AGUIAR, A.V. Adaptability, stability, productivity and genetic parameters in slash pine second-generation families in early age. **Silvae Genetica**, Warsaw, v.65, n.1, 2016, p. 71-82.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 14 ed. Piracicaba: Degaspari. 2000. 477 p.

PUPIN, S.; SANTOS, A.V.A.; ZURUMA, D.U.G.; MIRANDA, A.C.; SILVA, P.H.M.; MARINO, C.L.; SEBBENN, A.M.; MORAES, M.L.T. Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 127-134, mar. 2015.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.A.B.; SOUZA, E.A.; GONÇALVES, F.M.A.; SOUZA, J.C. **Genética na agropecuária**. Lavras: Editora UFLA. 2012. 566p. a

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

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perene**. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2002. 975 p.

RESENDE, M.D.V. **SELEGEN-REML/BLUP: Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.

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

RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R.; HELLER, J. B.; STEIN, P. P. Parâmetros genéticos e interação genótipo x ambiente em teste de procedência e progênies de acácia-negra (*Acacia mearnsii*). **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 24, n. 25, p. 55-65, 1992.

ROMANELLI, R. C.; SEBBENN, A. M. Parâmetros genéticos e ganhos na seleção para produção de resina em *Pinus elliottii* var. *elliottii*, no sul do estado de São Paulo. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 11-23. 2016.

ROSADO, A.M.; ROSADO, T.B.; ALVES, A.A.; LAVIOLA, B.G.; BHERING, L.L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n. 7, p. 964-971, 2012.

SANTOS, G.A.; RESENDE, M.D.V.; SILVA, L.D.; HIGA, A.; ASSIS, T.F.A. Interação genótipos x ambientes para produtividade de clones de *Eucalyptus* L'Her. no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.1, p.81-91. 2015.

SILVA, F.; CORTE, A.P.D.; SANQUETTA, C.R. Equações de afilamento para descrever o volume total do fuste de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região do Triângulo Mineiro. **Scientia forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 367-376, set. 2011.

VANCONSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista brasileira de genética. 1992. 496 p.

VERARDI, C.K.; RESENDE, M.D.V.; COSTA, R.B.; GONÇALVES, P.S.
Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1277-1282, 2009.

YOKOMIZO, G. K. et al. Análise GGE biplot na avaliação de características de cachos em Açaizeiros da região Amazônica. **Mundo Amazonico**, Manaus v. 8, n. 1, p. 115-131. 2017.

ZOBEL, R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, H.G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 388-393. 1988.