

EUCALYPTUS BENTHAMII: UMA ESPÉCIE GENETICAMENTE PROMISSORA PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA EM ÁREAS SUJEITAS A OCORRÊNCIA DE GEADA

Luciana Duque Silva¹; Antonio Rioyei Higa²; Paulo Alfonso Floss³, Dorli Mario Da Croce⁴, Marcos Deon Vilela de Resende⁵, José Nivaldo Garcia⁶, Henrick Spiecker⁷; Hans-Peter Kahle⁸

¹Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Florestais, Piracicaba, São Paulo, Brasil – lucianaduques@usp.br;

²Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil – antonio.higa@gmail.com,

³ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Chapecó, Santa Catarina, Brasil - pfloss@epagri.sc.gov.br,

⁴ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Chapecó, Santa Catarina, Brasil - dacroce2015@gmail.com,

⁵Embrapa Café, Brasília, Distrito Federal, Brasil - marcos.resende@embrapa.br ,

⁶ Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Florestais, Piracicaba, São Paulo, Brasil – jngarcia@usp.br,

⁷Universidade de Freiburg, Freiburg, Breisgau, Alemanha - instww@uni-freiburg.de,

⁸Universidade de Freiburg, Freiburg, Breisgau, Alemanha - Hans-Peter.Kahle@iww.uni-freiburg.de

Resumo

O presente artigo foi escrito a convite da Revista FLORESTA e da coordenação do curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR) em comemoração ao cinquentenário do programa de Pós-Graduação. Nesse trabalho será apresentada uma síntese dos principais resultados obtidos ao longo do desenvolvimento da tese intitulada “Melhoramento genético de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage visando a produção de madeira serrada em áreas de ocorrência de geadas severas”, que foi desenvolvida na linha de pesquisa “Silvicultura”, sob a orientação do professor Antonio Rioyei Higa, durante os anos de 2005 à 2008. Mesmo antes do início do trabalho de pesquisa a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) esteve envolvida com o projeto, em parceria com o grupo de pesquisa da UFPR, também se envolveram professores e pesquisadores da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, da Embrapa Floresta e da Universidade de Freiburg da Alemanha. Na ocasião de realização da tese um dos desafios dos silvicultores localizados em áreas com ocorrência de geadas era ter disponível para plantio, sementes ou clones geneticamente melhorados para as características do local e com qualidade da madeira que se destinasse para serraria. Assim o objetivo da tese foi definir uma estratégia de melhoramento genético visando disponibilizar material genético com alto potencial de crescimento, resistência à geada e baixa tensão de crescimento. Para isso foi analisado um teste de progênies instalado em quatro locais com ocorrência de geadas no estado de Santa Catarina, estudando-se variáveis relacionadas à resistência a geadas, produção madeireira e rendimento de madeira em serraria. Os resultados indicaram que com a base genética de *E. benthamii* estudada é possível disponibilizar sementes geneticamente melhoradas para áreas com ocorrência de geadas, com boa produtividade madeireira e rendimentos de madeira em serraria, acima do que se imaginava inicialmente. Para que os ganhos genéticos sejam otimizados foi proposto o zoneamento das áreas estudadas em duas Zonas de Melhoramento - ZM, a ZM1 que compreende as regiões de Caçador-SC, Calmon-SC e Chapecó-SC e a ZM2 que compreende a região de Vargem Bonita-SC.

Palavras-chave: *Eucalyptus benthamii*; resistência a geada; tensão de crescimento.

INTRODUÇÃO

O primeiro aspecto a ser definido, quando se pensa no estabelecimento de plantações florestais com finalidades econômicas, é a escolha da espécie ou clone a ser plantado. Assim, alguns aspectos devem ser considerados para que essa escolha gere bons resultados ao produtor rural, tais como: 1) a adaptação da espécie ao local do cultivo; 2) disponibilidade de sementes ou mudas com alta qualidade genética; 3) conhecimento silvicultural e manejo da espécie; 4) a qualidade da madeira; 5) rentabilidade; e 6) mercado consumidor (HIGA *et al.*, 2021). Quando analisamos sob o aspecto de adaptação podemos dizer que o *Eucalyptus benthamii* MAIDEN ET CABBAGE, quando introduzido no Brasil, despertou grande interesse dos eucaliptocultores, pois criou a expectativa de ser uma espécie adaptada a cultivos em áreas sujeitas a ocorrência de geadas severas. Porém, além das questões que ficaram em aberto sobre seu potencial produtivo em locais com ocorrência de geadas no Brasil, ainda não eram conhecidas as características da madeira e a possibilidade de sua aplicação como madeira serrada, assim como, se seria possível disponibilizar sementes e mudas de boa qualidade genética.

A avaliação da base genética existente é o principal pilar para responder as questões relacionadas a adaptação, possibilidade de uso da madeira para a finalidade que se deseja e também sobre a possível disponibilidade de sementes e mudas de qualidade genética para cultivo. Neste caso, como o *E. benthamii* é uma espécie que ocorre naturalmente em duas pequenas populações e em um grupo de indivíduos isolados, próximo a

Sydney, Austrália, onde é considerada espécie em extinção desde 1981 (HIGA, 1999; HIGA e PEREIRA, 2003), as áreas com fragmentos naturais da espécie, foram transformadas em Parques Nacionais, ou seja, a coleta de material genético em populações naturais é vedada por Lei, assim o acesso à base genética da espécie poderia ser um obstáculo para que programas de melhoramento genético fossem desenvolvidos, além disso outras restrições poderiam ser impostas, pois de forma geral a madeira das espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam tensões de crescimento, que segundo Beltrame *et al.* (2012) são as principais responsáveis pelos baixos rendimentos no processamento da madeira de eucalipto, devido à redução das dimensões das peças, causadas por defeitos, como rachaduras.

A população base em um programa de melhoramento genético deve ser constituída de muitos indivíduos de uma ou várias procedências selecionadas e ter uma base genética ampla para propiciar a obtenção de ganhos de forma contínua, para as características requeridas, que nem sempre são correlacionadas. Desta forma é necessário estimar os parâmetros genéticos das variáveis relacionadas aos fatores que se deseja atender com a seleção do material genético, sejam eles adaptativos, de produtividade, de qualidade da madeira, resistência a pragas e ou a doenças.

A estimativa dos parâmetros genéticos que interessam ao melhorista e que são frequentemente visados nos estudos envolvendo progênies se referem às variâncias genéticas em suas componentes aditivas e não aditivas, ao coeficiente de herdabilidade tanto no sentido amplo como restrito, as interações dos efeitos genéticos e ambientais e, finalmente, às correlações genéticas entre características (RESENDE, 2015). Os resultados obtidos são da maior importância no desenvolvimento dos programas de melhoramento de uma espécie florestal, pois os valores destes parâmetros determinam que meios deverão ser utilizados para que se possa obter maior eficiência no melhoramento genético das características de interesse (ASSIS, 1996), otimizando os ganhos genéticos de curto a longo prazo, para uma ou mais regiões de cultivo.

Diante disso, para avaliar o potencial do recurso genético de *E. benthamii* introduzido no Brasil, como população base, o estudo teve como objetivo definir uma estratégia de melhoramento genético visando disponibilizar material genético com alto potencial de crescimento, resistência à geada e baixa tensão de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O teste de progênies foi constituído de 32 progênies de *E. benthamii* de polinização aberta, originadas de sementes colhidas em Kedumba Valley, NSW – Austrália, região de ocorrência natural (33°49'23" Latitude Sul; 150°21'57" Longitude Oeste; 146m altitude), o mesmo foi implantado em novembro de 2002, nos municípios de Caçador, Calmon, Chapecó e Vargem Bonita, localizados no estado de Santa Catarina, que ficam a 960 m, 960 m, 679 m e 1100 m de altitude, respectivamente, em ambos os locais o tipo de solo é classificado como LATOSSOLO Húmico bruno distrófico. Na Tabela 1 são apresentadas informações que caracterizam o clima dos locais.

Tabela 1 – Informações meteorológicas dos locais do estudo.

Table 1 - Meteorological information from the study sites.

LOCAL	Temperaturas (°C)			Precipitação Total (mm)	Umidade Relativa média (%)	Horas de insolação média (n° horas)	N° de dias com geada no ano
	Mín. abs.	Máx. abs.	Média				
Chapecó	-4,5	37,2	19,0	2.038,0	73,0	194,3	9
Caçador	-10,4	36,2	16,5	1.652,7	77,4	173,6	26
*Calmon	-10,4	36,2	16,5	1.652,7	77,4	173,6	26
Vargem Bonita	-6,0	32,2	16,7	2.252,9	76,0	196,3	16

Legenda: *devido a não disponibilidade de dados do local e à proximidade, foram utilizados dados referentes à estação meteorológica de Caçador - SC.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com 32 tratamentos, sendo eles as famílias (progênies), com parcelas lineares de 7 plantas, 5 repetições com uma linha de bordadura externa, o plantio foi realizado em espaçamento 3m x 2m.

As observações de danos causados por geada foram realizadas em observações indiretas (bifurcação e forma de fuste), sendo que correspondem a danos ocorridos até dois anos de idade, as avaliações de crescimento (diâmetro a altura do peito, 1,3m - DAP e altura total), bifurcação, forma do fuste e também de sobrevivência foram realizadas aos 44 meses de idade. Para a avaliação de tensão de crescimento foi realizado o desbaste do

teste localizado em Chapecó – SC, aos 50 meses de idade, nas amostras das cinco plantas desbastadas de cada parcela das 32 famílias presentes nos cinco blocos, foram avaliadas as flechas de costaneira e vigote, como medidas indiretas de tensão de crescimento.

A altura total foi medida com um hipsômetro Vertéx, em metros; a medição do diâmetro foi feita com uma suta, em centímetros. Para a avaliação da forma do fuste foram atribuídas notas que variaram de 1 a 5, sendo: 1 - Tortuosidade na primeira tora; 2 - Tortuosidade na segunda tora; 3 - Tortuosidade acima da segunda tora; 4 - Tortuosidade na ponta da árvore; e 5 - Sem tortuosidade aparente. A ocorrência de bifurcação foi avaliada nos indivíduos sobreviventes em duas diferentes alturas. Essas alturas correspondem às alturas dos indivíduos no período do inverno do primeiro e segundo ano. Posteriormente os indivíduos foram classificados em três categorias que variaram de 0 a 2, sendo: 0 - Bifurcada nos dois períodos de inverno; 1 - Ausência de bifurcação em um período de inverno; e 2) Ausência de bifurcação nos dois períodos de inverno.

Para as avaliações dos indicadores indiretos de tensão de crescimento foi retirada a primeira tora, com 3 m de comprimento de cada árvore desbastada, para avaliação. Imediatamente após o corte, os topos das toras foram devidamente identificados e vedados com sacos plásticos umedecidos para retardar as rachaduras de secagem, e assim conservadas até o momento do desdobro. O primeiro corte foi feito aproximadamente paralelo à casca, de modo a produzir uma costaneira de 3 cm sem casca, e segundo o plano de menor curvatura da tora para evitar-se o efeito da tortuosidade no valor de seu empenamento (DINWOODIE, 1966).

Imediatamente após a obtenção, cada costaneira foi processada numa serra circular dupla, de maneira a produzir uma peça central chamada vigote da costaneira, com cerca de 2,5 cm de espessura. A flecha da primeira costaneira (F) e do vigote desta, foram medidos no meio dos seus 2,7 m internos, pois a flecha é considerada um bom indicador do nível de tensão de crescimento na árvore (GARCIA, 1995). O encurvamento é a flecha medida no plano perpendicular à face da tábua, e o arqueamento é a flecha medida no plano paralelo à face da tábua. A flecha resultante do vigote da costaneira (FV) foi determinada pela resultante da medição das flechas componentes, dada pela fórmula: $FV = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$. A medição da flecha V_x , e a medição da flecha V_y foram feitas da mesma maneira mudando apenas o plano de medição.

As medições das flechas da costaneira e da viga da costaneira foram auxiliadas por uma régua de alumínio de 3,5 m x 2,5 cm x 5,0 cm como referência indeformável, por ser leve e de grande rigidez, a qual encostada de modo equidistante das extremidades da costaneira e da viga da costaneira possibilitou a leitura da flecha. A flecha equivale ao afastamento existente entre o ponto central da peça (costaneira ou viga da costaneira), tomado perpendicularmente em relação ao perfil de alumínio, que define a posição original não deformada.

Para a estimativa dos parâmetros genéticos foi utilizado o software SELEGEN REML/BLUP® (RESENDE, 2002b; RESENDE, 2007). O modelo utilizado para a estimativa em cada local foi

$$y = Xb + Za + Wc + e$$

em que: y é o vetor dos dados; b = vetor dos efeitos das repetições (assumidos como fixos) somados à média geral; a = vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios); c = vetor dos efeitos de parcela; e = vetor do efeito dos erros ou resíduos; e X , Z , W representam as matrizes de incidências para os referidos efeitos (RESENDE, 2006).

As análises de correlações genéticas, foram baseadas na seguinte expressão:

$$r_{a(x,y)} = \frac{COV_{a(x,y)}}{\sigma_{ax}\sigma_{ay}}$$

sendo: $r_{a(x,y)}$: correlação genética aditiva entre as variáveis x e y ; $COV_{a(x,y)}$: covariância genética aditiva entre as variáveis x e y ; σ_{ax} : desvio padrão genético aditivo para a variável x ; e σ_{ay} : desvio padrão genético aditivo para a variável y .

Para a estimativa dos parâmetros genéticos da interação genótipo ambiente o modelo utilizado foi:

$$y = Xr + Za + Wi + e$$

em que y = vetor de dados; r = vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral; a = vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios); i = vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios); e = o vetor de erros ou resíduos (aleatórios); e X , Z , W representam as matrizes de incidências para os referidos efeitos, neste caso o vetor r contempla todos as repetições de todos

os locais (ajusta combinações repetição-local), assim contemplando os efeitos de locais e de repetições dentro de locais (REZENDE, 2006).

Os dados de crescimento (DAP) do teste progênie de *E. benthamii* instalado nos quatro locais foram organizados em agrupamentos por locais, procedendo – se o cruzamento deles entre os locais, dois a dois. Com base nos resultados da interação genótipo x ambiente foram determinadas as zonas de melhoramento genético.

A predição de ganhos genéticos, as simulações da seleção para produtividade, considerando também a estabilidade e adaptabilidade dos indivíduos candidatos à seleção e suas combinações, foram empregadas neste trabalho para a variável de crescimento de maior correlação genética com as demais variáveis analisadas (DAP), essa análise foi realizada para cada zona de melhoramento genético utilizando o seguinte modelo linear misto:

$$y = Xr + Zg + Wp + Ti + e$$

em que: y = o vetor de dados; r = o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral; g = o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios); p = o vetor dos efeitos de parcela (aleatórios); i = vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios); e = o vetor de erros ou resíduos (aleatórios); X , Z , W e T representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos, neste caso o vetor r contempla todas as repetições de todos os locais e o vetor p contempla todas as parcelas de todos os locais (RESENDE, 2006).

Foi realizada a seleção de famílias para produtividade, estabilidade e adaptabilidade, baseada na média harmônica da performance relativa dos valores genéticos preditos (MHPRVG), seguindo metodologia descrita por Resende (2004).

Para o estabelecimento da estratégia de melhoramento via sexuada foram utilizados os valores genéticos aditivos de família, conforme metodologia descrita por Resende (2002a). Com base nas zonas de melhoramento genético estabelecidas no estudo de interação genótipo x ambiente e no estudo da produtividade, estabilidade e adaptabilidade, nos valores de correlações genéticas entre variáveis de crescimento, resistência a geada e indicadores de tensão de crescimento, foram realizadas simulações de seleção de famílias sob diferentes métodos, sendo eles:

Método 1 - seleção entre famílias, onde foram selecionadas as 16 melhores famílias em cada zona de melhoramento genético, com base na soma dos valores genéticos das variáveis de crescimento, forma do fuste e quando possível na variável indicadora de tensão de crescimento.

Método 2 - Seleção entre famílias, onde foram selecionadas as 16 melhores famílias em cada zona de melhoramento genético, com base na soma dos valores genéticos das variáveis de crescimento, forma do fuste e quando possível na variável indicadora de tensão de crescimento. Porém, nesse método, foram estabelecidos pesos diferenciados para as variáveis, sendo que a proporção variou em função da existência ou não da variável indicadora de tensão de crescimento. Assim quando não havia essa informação a proporção foi de 7,5:2,5 para a variável de crescimento e a variável resistência a geada. As proporções foram de 6:1:3 para as variáveis de crescimento, forma do fuste (variável correspondente, indiretamente, a resistência a geada) e indicador de tensão de crescimento, respectivamente.

Método 3 - Seleção entre famílias, onde foram selecionadas as 16 melhores famílias em cada zona de melhoramento genético, com base na soma dos valores genéticos das variáveis de crescimento, forma do fuste (variável correspondente, indiretamente, a resistência a geada) e quando possível na variável indicadora de tensão de crescimento. Nesse método foram estabelecidos, também, pesos diferenciados para as variáveis. Porém ele só foi aplicado quando se tinha a informação da variável indicadora de tensão de crescimento, sendo que a proporção foi de 3:1:6 para as variáveis de crescimento, forma do fuste (variável correspondente, indiretamente, a resistência a geada) e indicador de tensão de crescimento, respectivamente.

Método 4 - Seleção entre famílias, onde foram selecionadas as 16 melhores famílias em cada zona de melhoramento genético, com base na seleção em níveis independentes. Quando havia a informação da variável indicadora de tensão de crescimento a seleção foi realizada primeiramente para a variável de crescimento com base no ordenamento de famílias da análise de produtividade, estabilidade e adaptabilidade. Foram eliminadas 10 famílias sob esse critério, manteve-se então 68,75% das famílias. Depois foram eliminadas quatro famílias sob o critério de indicador de tensão de crescimento, mantendo-se o corresponde a 56,25% das famílias e, por último, foram eliminadas duas famílias pela variável forma do fuste (variável correspondente, indiretamente, a resistência a geada), finalizando a seleção com 50% das famílias testadas. Quando não haviam informações sobre a variável indicadora de tensão de crescimento a seleção foi realizada primeiramente sob a variável de crescimento onde se eliminou 12 famílias, 62,5% das famílias foram mantidas, por fim foram eliminadas quatro famílias pela variável forma do fuste (variável correspondente, indiretamente, a resistência a geada), finalizando a seleção com 50% das famílias testadas.

Para comparar a eficiência do método de seleção utilizou-se como padrão a seleção das 16 melhores famílias por cada variável individualmente em cada local das duas zonas de melhoramento e para subsidiar a definição de estratégias visando o ganho genético a curto e longo prazo, foi determinado o tamanho efetivo populacional em duas situações: com a seleção dentro de famílias mantendo todas as famílias testadas; e com a seleção entre e dentro de famílias, eliminando 50% das famílias.

Na determinação do tamanho efetivo populacional (N_e) das famílias nas duas situações apontadas acima, foi utilizada a expressão:

$$N_e = \frac{4N_f k_f}{k_f + 3}$$

em que: N_e = Tamanho efetivo populacional; N_f = Número de famílias selecionadas; e k_f = número de indivíduos selecionados por família.

Com base nos diferentes métodos de seleção propostos, foram determinados os ganhos genéticos e suas respectivas percentagens para cada método de seleção em cada zona de melhoramento genético. Para o cálculo do ganho genético e seu percentual foram utilizadas as seguintes expressões:

$$GS = h_{Mp}^2 \times DS$$

em que: GS = ganho genético; h_{Mp}^2 = herdabilidade da média de progênies; e DS = diferencial de seleção;

$$DS = \overline{X_s} - \overline{X_0}$$

em que: $\overline{X_s}$ = média das famílias selecionadas; e $\overline{X_0}$ = média da população original;

$$GS(\%) = \frac{GS \times 100}{\text{média}}$$

em que: $GS(\%)$ = percentual do ganho genético.

RESULTADOS

Para determinar os locais que poderiam ser agrupados numa mesma zona de melhoramento, foram estimadas as correlações genéticas para a variável DAP avaliado em dois locais. Considerando que este tipo de correlação pode ser estimada, independentemente, para cada par de locais, as análises entre locais foram obtidas para as comparações de locais dois a dois. Os resultados das estimativas das correlações genéticas (r^2) entre locais dois a dois mostram valores de alta magnitude entre os locais Caçador – Chapecó (r^2 0,98) e Calmon – Chapecó (r^2 0,94), porém os valores observados de correlação genética entre os locais Caçador – Calmon (r^2 0,41), como também para as combinações de locais realizadas com Vargem Bonita (Caçador - r^2 0,12; Calmon - r^2 0,62; e Chapecó - r^2 0,34) foram de baixa magnitude.

Em função dos resultados apresentados de correlação genética entre os locais Caçador – Calmon foi realizado o estudo de produtividade, adaptabilidade e estabilidade das progênies entre cada um desses locais e Chapecó para avaliar a possibilidade de agrupar, em uma única zona de melhoramento, esses três locais, utilizando como base a seleção realizada no teste localizado em Chapecó-SC.

Na comparação dos ordenamentos resultantes de simulações de seleção entre os locais, dois a dois (Caçador-Chapecó e Calmon – Chapecó), dentre as vinte e duas primeiras famílias, listadas como superiores, em cada análise conjunta de local dois a dois, foi verificado que as coincidências de famílias pelo critério de média harmônica da performance relativas dos valores genéticos são de aproximadamente 82% entre as duas combinações de locais, esses resultados permitem realizar inferências seguras sobre a predição de valores genéticos, ressaltando as vantagens excepcionais de se reunir em um único critério de seleção e em uma mesma zona de melhoramento genético os atributos de produtividade, estabilidade e adaptabilidade.

Assim, foi definido que o estudo das estratégias de seleção da população de *E. benthamii* estudada deve ser baseado em duas zonas de melhoramento genético, sendo: Zona de Melhoramento 1: Caçador, Calmon e Chapecó e Zona de Melhoramento 2: Vargem Bonita. A seleção genética na Zona de Melhoramento 1 foi

realizada com base nas informações do teste de progênes instalado em Chapecó – SC, pois foi o local que apresentou maior correlação genética entre os locais dessa Zona de Melhoramento.

Em função do estabelecimento dessas duas zonas de melhoramento genético, o estudo de estratégia de melhoramento genético via sexuada foi realizado sob diferentes variáveis de seleção, sendo que na Zona de Melhoramento 1 a seleção se baseou nas variáveis de crescimento, resistência a geadas e indicador de tensão de crescimento e na Zona de Melhoramento 2 a seleção foi baseada somente nas variáveis de crescimento e resistência a geadas, devido à ausência de estudo das variáveis indicadoras de tensão de crescimento nessa zona de melhoramento.

Na definição das variáveis utilizadas para estimar o potencial de ganhos genéticos com a seleção de famílias e indivíduos superiores, para resistência a geadas, crescimento e aproveitamento da madeira em serraria, ou seja, tensão de crescimento foram consideradas as estimativas de herdabilidade e as correlações genéticas entre as variáveis. Assim, para a análise de correlações genéticas entre crescimento, resistência a geadas e indicador de tensão de crescimento das famílias do teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Chapecó – SC foram utilizadas as seguintes características: para o crescimento utilizou-se o DAP, para resistência a geadas utilizou-se a forma do fuste e como indicador de tensão de crescimento utilizou-se encurvamento do vigote da costaneira (V_x), a fim de verificar se existe correlação entre as características e qual o sentido dessa correlação.

Os valores de correlações genéticas aditivas obtidas entre pares de variáveis de crescimento e resistência a geadas ($r^2 = 0,03$), e de forma do fuste e indicador de tensão de crescimento ($r^2 = -0,02$) não são considerados altos, porém a correlação genética entre o DAP que é a variável relacionada ao crescimento e o encurvamento do vigote da costaneira ($r^2 = -0,45$), variável utilizada como indicador de tensão de crescimento, pode ser considerada moderada. Ao contrário do que parece, essa relação negativa é favorável à seleção, pois quanto maior for o encurvamento do vigote da costaneira maior é a tensão de crescimento na árvore assim, espera-se selecionar indivíduos e ou famílias com menores encurvamento do vigote da costaneira e isso acaba sendo positivamente correlacionado com o DAP.

Os resultados de correlações genéticas entre as variáveis de crescimento (DAP) e resistência a geadas (Forma do fuste) a serem avaliados na Zona de Melhoramento 2 indicam uma correlação genética positiva e moderada ($r^2 = 0,41$).

Então foram definidas estratégias de melhoramento genético via sexuada diferentes, para as duas Zonas de Melhoramento, sendo que para a Zona de Melhoramento 1, foram realizadas seleções entre e dentro de famílias no teste de progênes instalado em Chapecó-SC. Nesse local, indicadas para a seleção as 16 melhores famílias para as características de crescimento, resistência a geadas e indicador de tensão de crescimento, o que resulta na redução do tamanho efetivo populacional inicial de 80 para 40 no final da seleção. Na Zona de Melhoramento 2, será realizada a seleção entre e dentro de famílias no teste de progênes instalado em Vargem Bonita. A intensidade de seleção será a mesma da seleção realizada no teste de progênes de Chapecó-SC, mas, no caso de Vargem Bonita, não será considerada a variável indicador de tensão de crescimento.

Para ambos os casos, a seleção visará a formação de Pomares de Sementes por Mudanças (PSMs), conforme conceitos estabelecidos no Decreto Nº 5.153 de julho de 2004 (BRASIL, 2004). Deve ser salientado, no entanto, que essa estratégia envolvendo a seleção entre famílias deverá contribuir para melhorar a qualidade genética das sementes, mas, por outro lado, reduzirá ainda mais a variabilidade genética existente na população de *E. benthamii* estudada. Assim, para manter a variabilidade genética das 32 famílias do teste de progênes, no teste instalado em Caçador – SC e Calmon – SC a seleção deve ser realizada apenas dentro de família, mantendo-se todas as famílias o que resultará na manutenção de um tamanho efetivo de 80. Como as famílias utilizadas são as mesmas nos diferentes locais, será possível resgatar a variabilidade genética que será perdida nos processos de seleção, em qualquer uma das zonas de melhoramento.

Zona de Melhoramento 1

Como comentado anteriormente, na Zona de Melhoramento 1, as simulações de seleção foram realizadas com as informações do teste de progênes de *E. benthamii* instalado em Chapecó – SC, porém as estimativas realizadas da nova média e do percentual do ganho genético, como as devidas comparações foram realizadas com as informações de cada variável no respectivo local de simulação, sempre baseada nas famílias selecionadas em Chapecó - SC.

Os ganhos genéticos (Gs%) resultantes das simulações de seleção realizada no teste de progênes de *E. benthamii* instalado em Chapecó, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Nova média e percentual do ganho de seleção nos diferentes métodos simulados de seleção e variável individual para as características de crescimento, resistência a geadas e indicador de tensão de crescimento nas famílias do teste de progênes de *E. benthamii* instalado em Chapecó – SC

Table 2 – New mean and percentage of selection gain in the different simulated selection methods and individual variable for growth, frost resistance and growth stress indicator in the families of the *E. benthamii* progeny test installed in Chapecó - SC

SELEÇÃO	DAP		Forma do fuste		V _x	
	Nova média	GS(%)	Nova média	GS(%)	Nova média	GS(%)
Método 1	11,799	5,001	3,857	0,698	4,763	7,517
Método 2	11,899	5,891	3,865	0,913	4,897	4,912
Método 3	11,623	3,435	3,821	-0,230	4,639	9,918
Método 4	11,519	2,510	3,857	0,698	5,249	1,923
Variável individual	11,901	5,909	3,956	3,313	4,624	10,217

GS(%) = Percentual do ganho de seleção

Os resultados apresentados na Tabela 2 indicam que os métodos combinados de seleção (métodos 1, 2 e 3) apresentam maior ganho genético que o método níveis independentes (método 4). Vale ressaltar que houve apenas uma única exceção. A variável forma do fuste apresentou menor ganho genético quando foi usado o método de seleção 3, onde as proporções dos pesos, utilizadas na seleção combinada conferiu maior peso para a variável indicadora de tensão de crescimento. O método de seleção 2 foi o mais eficiente para as variáveis relacionadas ao crescimento e resistência a geada. Porém, o método de seleção 3 se mostrou mais eficiente para a variável indicadora de tensão de crescimento.

Se a seleção realizada para cada variável individualmente for considerada como padrão, pode-se verificar que a variável mais prejudicada em termos percentuais, com o uso dos métodos de seleção é a forma do fuste (Tabela 2). Como a herdabilidade média de família estimada para essa variável é classificada como baixa (0,36), pode-se considerar que a seleção baseada nos métodos apresentados não influirá na média dessa variável na próxima geração. É possível observar, também, que as novas médias dessa variável são bastante satisfatórias para o objetivo do programa de melhoramento.

De maneira geral o método de seleção 1 foi o método que melhor otimizou a seleção do conjunto de variáveis desejadas no programa de seleção genética.

Na Tabela 3 são apresentadas as estimativas da nova média e do percentual do ganho genético das variáveis DAP e forma do fuste em função dos diferentes métodos de seleção aplicados na Zona de Melhoramento 1, estimando os resultados para o teste instalado em Caçador - SC e Calmon - SC.

Tabela 3 – Nova média e percentual do ganho de seleção das famílias do teste de progênies de *E. benthamii* instalado em Caçador – SC e Calmon - SC, baseado nos diferentes métodos de seleção simulados e variável individual para a Zona de Melhoramento 1

Table 3 - New mean and percentage of selection gain of the *E. benthamii* progeny test families installed in Caçador - SC and Calmon - SC, based on the different simulated selection methods and individual variable for the Breeding Zone 1

SELEÇÃO	Caçador - SC				Calmon - SC			
	DAP		Forma do fuste		DAP		Forma do fuste	
	Nova média	GS(%)	Nova média	GS(%)	Nova média	GS(%)	Nova média	GS(%)
Método 1	10,445	6,378	4,331	0,420	4,570	5,536	3,841	1,445
Método 2	10,527	7,211	4,319	0,129	4,453	2,829	3,798	0,308
Método 3	10,258	4,467	4,299	-0,332	4,419	2,049	3,762	-0,637
Método 4	10,297	4,868	4,320	0,170	4,476	3,380	3,814	0,734
Variável individual	10,839	10,392	4,571	4,285	4,797	10,776	3,975	4,984

Legenda: GS(%) = percentual do ganho de seleção

O método de seleção 3 apresentou menor ganho genético e o método de seleção 1 se mostrou mais eficiente para as variáveis DAP e forma do fuste, quando avaliado o ganho para as duas variáveis conjuntamente

(Tabela 3) para Caçador - SC. Porém, verifica-se que o método de seleção 2 foi o método que mais conferiu ganho para a variável DAP.

No caso da área de Calmon – SC observa-se (Tabela 3) que a nova média e o percentual do ganho de seleção foi maior quando utilizado o método de seleção 1, porém verifica-se que ao se realizar a seleção em mais de uma variável reduz-se pela metade o ganho genético potencial estimado para o DAP e em $\frac{1}{4}$ para a forma do fuste, o que pode ser verificado com os valores do percentual do ganho genético estimado para a seleção da variável individualmente. Neste mesmo local, o método que apresentou menor eficiência na otimização do ganho genético foi o método de seleção 3. Isso pode ser explicado pela proporção do peso estabelecido para esse método, que foi maior para a variável indicadora de tensão de crescimento. De acordo com os resultados apresentados na análise de correlações genéticas entre as variáveis de crescimento, resistência a geada e indicadora de tensão de crescimento, a variável forma do fuste (indicadora de resistência a geada) não é altamente correlacionada com as demais variáveis em questão.

Para avaliar com maior clareza a magnitude das diferenças entre os ganhos genéticos estimados para cada método de seleção e o ganho genético potencial estimado para cada variável individualmente foram calculados os diferenciais da média e do percentual do ganho genético para cada variável em cada um dos locais da Zona de Melhoramento 1.

Na Tabela 4 são apresentados os diferenciais da nova média e do percentual do ganho de seleção para as variáveis DAP, forma do fuste e encurvamento do vigote da costaneira estimados nos diferentes métodos de seleção e comparados com a seleção da variável individual com base nas informações do teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Chapecó.

Tabela 4 - Diferencial da média e do percentual do ganho genético entre os métodos de seleção e a seleção da variável individual nas famílias do teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Chapecó – SC
Table 4 - Differential of mean and the percentage of the genetic gain between the selection methods and the selection of the individual variable in the families of the *E. benthamii* progeny test in Chapecó - SC

SELEÇÃO	DAP		Forma do fuste		V _x	
	$D\bar{X}$	DGS(%)	$D\bar{X}$	DGS(%)	$D\bar{X}$	DGS(%)
Método 1	-0,102	-0,854	-0,099	-2,515	0,139	-3,006
Método 2	-0,002	-0,015	-0,091	-2,302	0,273	-5,904
Método 3	-0,278	-2,339	-0,135	-3,413	0,015	-0,324
Método 4	-0,382	-3,210	-0,099	-2,515	0,625	-13,516

$D\bar{X}$ = diferencial da média entre o método de seleção e a seleção da variável individual; DGS(%) = percentual do diferencial do ganho genético entre o método de seleção e a seleção da variável individual

Observa-se na Tabela 4 que para as variáveis DAP e encurvamento do vigote da costaneira o método de seleção que apresentou maior diferencial de ganho genético em relação ao ganho genético potencial estimado foi o método 4, porém para a forma do fuste o método de maior diferencial foi o método 3. O método que apresentou menor diferencial de ganho genético não foi o mesmo para as três variáveis, sendo o método 2 para as variáveis DAP e forma do fuste e o método 3 para o encurvamento do vigote da costaneira. O método de seleção que mais otimizou o ganho genético em relação a seu potencial para cada variável foi o método 1, esse método estabelece a mesma proporção de peso para todas as variáveis.

Na Tabela 5 são apresentados os diferenciais da nova média e do percentual do ganho de seleção para as variáveis DAP e forma do fuste estimado nos diferentes métodos de seleção e comparado com a seleção da variável individual com base nas informações do teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Caçador – SC e em Calmon – SC.

Tabela 5 – Diferencial da média e do percentual do ganho genético entre os métodos de seleção e a seleção da variável individual nas famílias do teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Caçador - SC e Calmon – SC

Table 5 - Differential of mean and percentage of genetic gain between the selection methods and the selection of the individual variable in the families of the *E. benthamii* progeny test installed in Caçador - SC and Calmon - SC

SELEÇÃO	Caçador – SC				Calmon – SC					
	DAP		Forma do fuste		DAP		Forma do fuste			
	$D\bar{X}$	DGS(%)	$D\bar{X}$	DGS(%)	$D\bar{X}$	DGS(%)	$D\bar{X}$	DGS(%)		
Método 1	-0,394	-3,635	-0,240	-5,250	-0,227	-4,732	-0,134	-3,371	-0,227	-4,732
Método 2	-0,312	-2,878	-0,252	-5,513	-0,344	-7,171	-0,177	-4,453	-0,344	-7,171
Método 3	-0,581	-5,360	-0,272	-5,951	-0,378	-7,880	-0,213	-5,358	-0,378	-7,880
Método 4	-0,542	-5,000	-0,251	-5,491	-0,321	-6,692	-0,161	-4,050	-0,321	-6,692

Os maiores diferenciais de ganho de seleção da variável DAP e forma do fuste estimados são observados nos métodos de seleção 3 e 4, para a variável DAP o diferencial do ganho genético apresentado nesses métodos foram aproximadamente o dobro quando comparado ao diferencial de ganho genético dos demais métodos de seleção avaliados, em Caçador - SC (Tabela 5), o método de seleção que apresentou menor diferencial de ganho de seleção quando comparado ao ganho genético potencial estimado para a variável DAP foi o método 2 e para a variável forma do fuste foi o método 1, neste mesmo local, porém essa última sem grandes variações quando comparado com os demais métodos avaliados.

Para a região de Calmon – SC, os métodos de seleção que apresentaram maior diferencial de ganho de seleção quando comparados ao ganho de seleção potencial foram os métodos 2 e 3, os resultados de diferencial de ganho de seleção apresentados na Tabela 5, indicam que o método de seleção mais eficiente quando se pretende implantar povoamentos com o material genético selecionado para a Zona de Melhoramento 1 em Calmon - SC foi o método 1.

Ao comparar os valores do diferencial de ganho de seleção observados na Tabela 5, com os valores do diferencial de ganho de seleção observados na Tabela 4, verifica-se que os valores dos diferenciais de ganho de seleção estimados para plantios em Chapecó - SC são consideravelmente inferiores quando comparados com os diferenciais de ganho de seleção estimados para plantios em Caçador - SC e Calmon - SC, essa diferença observada é explicada pelo fato da seleção ter sido realizada com base no teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Chapecó - SC. Assim, a fim de avaliar qual o método de seleção que oferece maior eficiência no ganho de seleção entre os locais da Zona de Melhoramento 1 foram somados os percentuais de ganhos de seleção estimados para cada local e método de seleção, os resultados podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 - Soma dos ganhos genéticos das variáveis DAP e Forma do fuste referente aos locais da Zona de Melhoramento 1

Table 6 - Sum of genetic gains of DAP and Stem Shape variables referring to the locations of the Improvement Zone 1

SELEÇÃO	SOMA DOS GANHOS GENÉTICOS	
	DAP	Forma do fuste
Método 1	16,890	2,557
Método 2	15,905	1,350
Método 3	9,921	-1,199
Método 4	10,733	1,602
Variável Individual	26,676	12,582

De acordo com os resultados apresentados (Tabela 6) é possível verificar que, depois da Seleção realizada individualmente para cada Variável em cada local (SIV), o método de seleção que apresentou maior somatório do percentual de ganho genético estimado foi o método 1. Esse método considera pesos iguais para as variáveis DAP, forma do fuste e encurvamento do vigote da costaneira. Assim, esse é o método recomendado para a realização da seleção no teste de progênie de *E. benthamii*, localizado em Chapecó - SC.

Zona de Melhoramento 2

Os resultados dos métodos de seleção realizados na Zona de Melhoramento 2 são referentes à seleção direta, pois essa zona de melhoramento é constituída somente por um local, no caso Vargem Bonita - SC. Na Tabela 7 são apresentadas as estimativas das novas médias, percentuais de ganho de seleção, diferencial da média e do percentual do ganho genético, dos métodos simulados para seleção e da seleção individual para o teste de progênies de *E. benthamii* instalado em Vargem Bonita - SC.

Tabela 7 – Nova média, percentual do ganho de seleção, diferencial da média e do percentual do ganho genético entre os métodos simulados de seleção e da seleção da variável individual para as características de crescimento e resistência a geada nas famílias do teste de progênies de *E. benthamii* instalado em Vargem Bonita – SC

Table 7 - New mean, percentage of selection gain, differential of mean and percentage of genetic gain between the simulated selection methods and the selection of the individual variable for growth and frost resistance in the families of the *E. benthamii* progeny test installed in Vargem Bonita - SC

SELEÇÃO	DAP		Forma do fuste		DAP		Forma do fuste	
	Nova média	GS(%)	Nova média	GS(%)	$D\bar{X}$	DGS(%)	$D\bar{X}$	DGS(%)
Método 1	10,496	9,607	4,195	5,326	0,033	-0,315	0,043	-1,012
Método 2	10,508	9,730	4,173	4,769	0,021	-0,204	0,065	-1,534
Método 4	10,440	9,026	4,207	5,613	0,089	-0,844	0,031	-0,742
Variável individual	10,529	9,954	4,238	6,402	0,033	-0,315	0,043	-1,012

Legenda: GS(%) = percentual do ganho de seleção; $D\bar{X}$ = diferencial da média entre o método de seleção e a seleção da variável individual; DGS(%) = percentual do diferencial do ganho genético entre o método de seleção e a seleção da variável individual

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 7, verifica-se que para a variável DAP a variação do percentual do ganho de seleção entre os métodos estudados é baixa, mesmo quando comparada à seleção da variável individual, porém para a variável forma do fuste não é considerada baixa, a variação encontrada entre os métodos de seleção. Ao analisar os valores da nova média da variável forma do fuste nos diferentes métodos de seleção verifica-se que em todas as simulações de seleção a variável é maior que 4, o que significa que a tortuosidade do fuste será em média na porção referente à ponta do mesmo, fator esse que não interfere nos objetivos do programa de melhoramento. Dessa forma, a análise de qual método de seleção é o mais indicado para a Zona de Melhoramento 2 deve ser baseada principalmente na variável DAP.

Os valores dos diferenciais das médias e dos ganhos de seleção entre os métodos de seleção e a seleção individual por variável apresentados na Tabela 7, indicam que o método de seleção que propicia a maior eficiência de ganho de seleção para a variável DAP entre os métodos avaliados é o método 2, porém com base nos resultados apresentados (Tabela 7), recomenda-se que seja realizada a simulação da resposta de seleção na variável forma do fuste quando a seleção for realizada para a variável DAP individualmente.

DISCUSSÃO

Segundo Resende (2002a), uma População de Melhoramento única, com seleção de materiais estáveis (seleção pela média de locais), deve ser adotada quando o valor da correlação genética entre locais estiver compreendido entre os valores de 0,70 e 0,90. Desta forma, os resultados obtidos para a correlação genética entre os locais dois a dois (Vargem Bonita - Caçador = r^2 0,12; Vargem Bonita - Calmon = r^2 0,62; e Vargem Bonita - Chapecó = r^2 0,34), indicam que para essa população de *E. benthamii* e para as variáveis analisadas, a região compreendida pelo teste de progênies estudado em Vargem Bonita - SC é pronunciadamente diferente dos demais locais estudados, sugerindo o estabelecimento de uma zona de melhoramento específica para esta região. Ainda baseado na avaliação de correlação genética entre os locais de estudo, verificou-se que é possível agrupar em uma mesma zona de melhoramento genético os locais Caçador - SC e Calmon - SC, mesmo que a correlação genética estimada entre os locais Caçador - Calmon seja de r^2 = 0,41, pois os mesmos apresentaram neste estudo alta correlação com Caçador (Caçador - Chapecó = r^2 0,98 e Calmon - Chapecó r^2 = 0,94), tal estratégia foi indicada após a análise desses resultados com os resultados obtidos no estudo de produtividade, estabilidade e adaptabilidade. Isso demonstra que a definição de uma ou mais zonas de melhoramento em um programa de

melhoramento genético, que visa disponibilizar sementes geneticamente melhoradas para uma ampla região de cultivo, deve ser baseada em testes instalados nos diferentes locais e seus dados analisados por metodologias complementares. No caso da Zona de melhoramento 1, a seleção deve ser realizada no teste instalado em Chapecó – SC, de forma a atender a demanda por sementes de toda zona de melhoramento em questão, que compreende as regiões de influência de Chapecó – SC, Caçador – SC e Calmon – SC.

Souza *et al.* (1993), avaliando a interação genótipo x ambiente de 21 progênies de polinização aberta de *E. pilularis* em cinco locais do estado de São Paulo e três no estado de Minas Gerais, verificou diferentes relações entre os resultados de correlações genéticas da combinação de pares de locais. Com base nesses resultados os autores concluíram que o melhoramento desta população, intercâmbio de sementes, de informações e de material vegetativo selecionado para uso direto em pomares de sementes deveria ser praticado, considerando três zonas de melhoramento. Esse resultado, assim como o encontrado no presente estudo, demonstra que os esforços necessários para realizar a seleção genética de materiais superiores podem ser realizados em locais representativos de regiões agregadas, com base em estudos que avaliam a interação do recurso genético com o meio de cultivo.

Seguindo na mesma direção, Pinto Júnior (2004) considerou ser possível admitir, como estratégia, uma única seleção visando estabelecer material genético melhorado comum (População Seleccionada ou População de Melhoramento) ao atendimento dos três locais avaliados, visto que, os resultados das correlações genéticas de locais pareados e agrupados indicam que a interação genótipo x ambiente é baixa.

Porém, exemplos de correlações genéticas aditivas de baixa magnitude entre locais, como as observadas por Simeão *et al.* (2002) em todas as combinações dos três locais estudados também são verificadas, estes autores concluíram que as famílias com melhor desempenho em um local não foram, necessariamente, as melhores nos outros locais, o que indicou ser necessário programas de melhoramento específicos para cada local, uma vez que o uso da seleção indireta (seleção em um local visando ganho em outro) implicaria menor progresso com seleção. Foi baseado em resultado semelhante que no estudo em questão, os quatro locais analisados foram subdivididos em duas zonas de melhoramento genético.

Na Zona de Melhoramento 1 a seleção dos materiais genéticos superiores foi realizada com base em variáveis relacionadas diretamente ou indiretamente com a produção de madeira, resistência a geadas e rendimento de madeira no processamento em serraria. No caso da variável relacionada ao rendimento de madeira no processo em serraria (V_x), avaliada somente na Zona de Melhoramento 1, a correlação genética desta com a variável relacionada a produção de madeira (DAP) foi moderada, porém negativa, mas isso não interfere negativamente no processo de seleção, pois a relação neste caso é inversa, quanto maior o DAP espera-se uma menor ocorrência de empenamentos de tábua causados pelo encurvamento da peça (GARCIA, 1995). Os empenamentos de tábua podem ser entendidos como sendo quaisquer distorções ocorridas nessa peça em relação aos seus planos principais. Segundo Garcia (1995), uma causa importante da ocorrência do encurvamento (V_x) e/ou arqueamento (V_y) está relacionada à liberação das tensões internas de crescimento por ocasião do desdobro.

O entendimento das correlações genéticas existentes entre as variáveis de seleção e o sentido de tal correlação (positivo ou negativo) são de fundamental importância para traçar uma estratégia de melhoramento adequada, para cada zona de melhoramento genético. Após a análise das correlações genéticas entre as variáveis e a estimativa da herança genética das mesmas é possível estabelecer modelos de seleção para simulação e avaliação da recomendação a ser seguida, caso a caso.

Uma boa estratégia de melhoramento genético visa garantir o melhor ganho genético a curto prazo, sem considerar como estratégia de segundo plano a manutenção da variabilidade genética da população de seleção, que garantirá os ganhos genéticos esperados a longo prazo. No caso da população estudada de *E. benthamii*, a preocupação com a manutenção da variabilidade genética é de fundamental importância, pela espécie ser considerada uma espécie ameaçada de extinção. Assim avaliar o tamanho efetivo populacional da população base e da população de melhoramento é de suma importância para analisar o impacto da seleção na manutenção da variabilidade genética.

Namkoong (1974) considera que a redução da população pode ocasionar riscos de endogamia, diminuindo o vigor da população. Por outro lado, a pressão de seleção deve ser alta para se obter ganhos imediatos. Crow e Kimura, citados por Namkoong (1974), consideram que o potencial da população a ser melhorada em obter ganhos a médio e longo prazo é função do tamanho efetivo da população (N_e) e do coeficiente de seleção (s).

Desta maneira, é recomendável que o melhorista use uma estratégia que considere uma seleção branda e a manutenção de um N_e alto, para objetivos de longo prazo e, que considere uma seleção mais intensa mesmo que cause a redução do N_e , para objetivos de curto prazo (NAMKOONG, 1974; RESENDE e BERTOLUCCI, 1995). Desta forma, foi proposto neste estudo que o teste instalado em Caçador – SC e em Calmon – SC seja direcionado para a manutenção da variabilidade genética da população base de *E. benthamii*, mantendo o tamanho efetivo de 80 e no teste instalado em Chapecó – SC e Vargem Bonita – SC, que sejam realizadas a

seleção com alta intensidade ($N_e = 40$), para se obter ganhos genéticos imediatos e garantir a disponibilidade de sementes geneticamente melhoradas, para eucaliptocultores de regiões com ocorrência de geadas.

Após a análise da herdabilidade e das correlações genéticas, para variáveis relacionadas a produção de madeira, resistência a ferrugem e qualidade da madeira para serraria Oliveira *et al.* (2021) avaliaram oito métodos de seleção, visando otimizar o ganho genético na população selecionada, os resultados indicaram que a seleção em níveis de independentes foi a que apresentou melhores resultados, porém a mesma deveria ser realizada para cada um dos dois locais estudados.

No estudo realizado por Nunes *et al.* (2002) foi constatado que as respostas correlacionadas para um ambiente quando a seleção é feita em outro, para todos os casos avaliados, os ganhos diretos foram sempre superiores aos ganhos correlacionados. Observando que os ganhos diretos com a seleção foram de 49,85% para o ambiente 1 e 54,12% para o ambiente 3, enquanto que na seleção feita no ambiente 1, o ganho indireto observado no ambiente 3 foi de 37,51%. Por outro lado, quando a seleção é feita no ambiente 3, o ganho no primeiro ambiente foi de 37,51%. Esses resultados mostram a influência da interação do genótipo com o ambiente, na resposta correlacionada e como a mesma pode ser utilizada na definição dos métodos de seleção mais adequados para cada zona de melhoramento, da mesma forma buscou-se aproveitar dessa influência para a otimização de ganhos genéticos para cada uma das duas zonas de melhoramento definidas, para a população de *E. benthamii*, pois este estudo teve como estratégia não apenas garantir os ganhos genéticos a curto prazo, mas também a manutenção da variabilidade genética que garantirá ganhos genéticos a longo prazo.

CONCLUSÕES

- O material genético de *E. benthamii* introduzido no Brasil, apresenta potencial para seleção genética e conseqüentemente produção de sementes, para uso em áreas com ocorrência de geadas e produção de madeira com maior rendimento para serraria, quando comparada a sua população base.
- Para desenvolver genótipos superiores, que atenda as características edafoclimáticas das regiões representadas pelas áreas de estudo, deve ser realizada a seleção do material genético em duas Zonas de Melhoramento (ZM).
- É possível obter ganhos genéticos e manter a variabilidade genética da amostra da população de *E. benthamii* originalmente introduzida ($N_e=80$), realizando apenas a seleção dentro de família, no teste instalado em Caçador – SC e Calmon – SC.
- A seleção de curto prazo que otimizará os ganhos genéticos devem ser realizadas no teste instalado em Chapecó – SC, para a região de abrangência da ZM1 e no teste localizado em Vargem Bonita – SC, para a região de abrangência da ZM2.
- Para otimizar o ganho genético das variáveis avaliadas na ZM 1 e ZM 2 não é recomendado que seja utilizado o mesmo método de seleção, as melhores estratégias de seleção são: ZM 1 o método 1, que entre outros fatores considera pesos iguais para todas as variáveis; e ZM 2 o método 2 que considera peso de 0,75 para a variável de crescimento e 0,25 para a variável de resistência a geada.

PALAVRA DA AUTORA

A tese foi desenvolvida em um momento que o setor florestal da região Sul do Brasil buscava substituir parte da base florestal, constituída de plantações de pinus, por plantações de eucalipto, porém nessas áreas a ocorrência de geada impunha limitações de cultivo, para a maioria das espécies e híbridos de *Eucalyptus* cultivados no país. Assim, estudar uma espécie potencial, adaptada ao clima dessa região era um grande desafio, mas com a participação de professores e pesquisadores de diferentes instituições, com visões e formações de diferentes áreas, a pesquisa foi ganhando dimensões maiores que a planejada inicialmente, pelo coordenador do grupo de pesquisa da UFPR e orientador principal da doutoranda que conduzia a pesquisa.

Para viabilizar a pesquisa foi necessário contar com recursos financeiros das duas maiores agências de fomento à pesquisa do Brasil, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, que concedeu a bolsa para a doutoranda durante o desenvolvimento do trabalho no Brasil e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, que por meio do Programa PROBRAL, concedeu parte dos recursos para a pesquisa e a bolsa de estudo durante a realização da pesquisa na Alemanha. Além dos recursos oriundos das agências de fomento foi necessário ter o suporte e infraestrutura de todas as instituições envolvidas, para que a pesquisa fosse realizada com êxito.

Após o término da pesquisa, que gerou a tese em questão, as áreas estudadas foram transformadas em Pomares de Sementes por Mudanças – PSM, em uma parceria da EPAGRI e Embrapa Florestas e o material de propagação, oriundo das mesmas, continua a ser estudado por outros pesquisadores de instituições públicas e privadas do Brasil, nas diferentes áreas da Silvicultura.

Hoje o cultivo de *E. benthamii* em escala comercial é uma realidade no Brasil e em outros países vizinhos, como Argentina e Uruguai.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, T.F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, v.189, p. 32-51, 1996.
- BELTRAME, R.; LAZAROTTO, M.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; AGUIAR, A. M. Determinação das deformações residuais longitudinais decorrentes das tensões de crescimento em *Eucalyptus spp.* **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 343-351, 2012.
- BRASIL. Decreto-Lei n. 5.153, de 23 de junho de 2004. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças SNSM, e dá outras providências. **Diário oficial da União**, 26 de abril de 2004. Brasília, DF. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=5153&ano=2004&ato=b24gXQU5keRpWT49d>. Acesso em: 11 de junho de 2022.
- DINWOODIE, J.M. Growth stresses in timber: a review of literature. **Forestry**. v.39, n.2, p. 162-170, 1966.
- GARCIA, J.N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: Seminário Internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria, **Anais: IPEF/IPT**, Piracicaba, p. 59-67, 1995.
- HIGA, A. R.; SILVA, L. D.; VICTORA, D. C; FREIRE, L. V.; LEITE, H. P. P.; BASTOS, F. G. Escolha de espécies/clones para plantações florestais com finalidades econômicas no Bioma Cerrado. In: SILVA, L. D.; HIGA, A. R.; VICTORA, D. C; BASTOS, F. G; LEITE, H. P. P.; FREIRE, L. V. **Sistema de Informações para Planejamento Florestal no Cerrado Brasileiro**. Piracicaba: Ed. ESALQ, 2021, v.2, p. 7 – 11.
- HIGA, R. C. V.; PEREIRA, J. C. D. Usos potenciais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. Colombo: Embrapa Florestas, **Comunicado Técnico no. 100**, 2003, 4p.
- HIGA, R.C.V. Aspectos ecológicos e silviculturais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.38, p.121-123, 1999.
- NAMKOONG, G.; ROBERDS, J.H. Choosing mating designs to efficiently estimate genetic variance components for trees. **Silvae Genetica**, n. 23, p. 43-53, 1974.
- NUNES, G.H.S.; RESENDE, G.D.S.P.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. Implicações da interação genótipo x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Revista Cerne**, Lavras, v.8, n.1, p. 49-58, 2002.
- OLIVEIRA, T. W. G. de; HIGA, A. R.; SILVA, L. D. Otimização do ganho genético em diferentes variáveis para o melhoramento do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 49, n.132, e3741, 2021.
- PINTO JÚNIOR, J.E. **REML/BLUP para análise de múltiplos experimentos, no melhoramento genético de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- RESENDE, M. D. V. **Genética quantitativa e de populações**. Viçosa, MG: Suprema, 2015. 463 p.
- RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 561 p.
- RESENDE, M. D. V. **Software Selegen–REML/BLUP**. Manual do Usuário. Campo Grande: Embrapa, 2006. 305 p.
- RESENDE, M.D.V. Melhoramento de Essências Florestais. In: BORÉM, A. **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. Viçosa, Editora UFV, 2005. 780 p.
- RESENDE, M. D. V. de. Novas abordagens estatísticas na análise de experimentos de campo. Colombo: Embrapa Florestas, **Embrapa Florestas Documentos 100**, 2004. 60 p.
- RESENDE, M.D.V. **Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes**. Brasília: Embrapa informações tecnológicas, 2002a. 975p.

RESENDE, M.D.V. *Software SELEGEN - REML/BLUP*. Colombo. EMBRAPA – CNPF, Série documentos 77, 2002b. 67p.

RESENDE, M.D.V. de; BERTOLUCCI, F.L.G. Maximization of genetic gain with restriction on effective population size and inbreeding in *Eucalyptus grandis*. In: IUFRO CONFERENCE, **Anais**: “Eucalypt Plantations: Improving Fibre Yield and Quality”. Hobart-Austrália. p.167-170, 1995.

SIMEÃO, R.M.; STURION, J.A., RESENDE, M.D.V.; FERNANDES, J.S.C.; NEIVERTH, D.D.; ULBRICH, A.L. Avaliação genética em erva-mate pelo procedimento BLUP individual multivariado sob interação genótipo x ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.11, p.1589-1596, 2002.

SOUZA, S.M.; SILVA, H.D.; PINTO JÚNIOR, J.E. Variabilidade genética e interação genótipo x ambiente em *Eucalyptus pilularis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.26/27, p.3-16, 1993.