



**Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais**

LORENA GAMA TEIXEIRA

**SELEÇÃO E GANHO GENÉTICO EM PROGÊNIES DE
POLINIZAÇÃO ABERTA DE *Eucalyptus dunnii* PARA TOLERÂNCIA
AO FRIO**

GURUPI - TO

2019



**Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais**

LORENA GAMA TEIXEIRA

**SELEÇÃO E GANHO GENÉTICO EM PROGÊNIES DE
POLINIZAÇÃO ABERTA DE *Eucalyptus dunnii* PARA TOLERÂNCIA
AO FRIO**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins, como parte dos requisitos à obtenção da titulação de mestre.
Orientador: Prof.^o Dr.^o. Cristiano Bueno de Moraes

GURUPI - TO

2019

t

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

G186s Gama Teixeira, Lorena.
SELEÇÃO E GANHO GENÉTICO EM PROGÊNIES DE
POLINIZAÇÃO ABERTA DE *Eucalyptus dunnii* PARA TOLERÂNCIA
AO FRIO. / Lorena Gama Teixeira. – Gurupi, TO, 2019.
49 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do
Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-
Graduação (Mestrado) em Ciências Florestais e Ambientais, 2019.

Orientador: Cristiano Bueno de Moraes

1. Melhoramento. 2. Eucalyptus. 3. Progênies. 4. Seleção. I.
Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de
qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde
que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime
estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da
UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**



LORENA GAMA TEIXEIRA

Seleção e ganho genético em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus dunnii* para tolerância ao frio.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- graduação em Ciências Florestais e Ambientais em 09/04/2019 foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data da aprovação: 09/04/2019.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cristiano Bueno de Moraes — Orientador - UFT

Prof. Dr. Aldon Rodrigues Nascimento — Examinador - UFT

Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis - Examinador - UFT

Gurupi (TO).
2019.

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTO

Primeiro de tudo, gostaria de agradecer a Deus por me guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar com as dificuldades e a Nossa Senhora por estar sempre me cobrindo com seu manto sagrado.

Ao meu orientador Cristiano Bueno de Moraes, por ter acreditado em mim, pelos ensinamentos transmitidos, sua confiança, dedicação, paciência, oportunidade de crescimento.

Ao Programa de Pós-Graduação Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, pela oportunidade da realização do curso de Mestrado.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de estudo durante parte do curso de pós-graduação.

À minha família, que sempre foi e sempre será meu porto seguro, vocês me educaram com amor, se dedicaram à minha educação, fizeram de mim a pessoa que hoje sou, só tenho motivos para agradecer. Mãe e pai vocês são meus maiores exemplo, eu amo muito vocês! Não poderia deixar de agradecer os meus irmãos no qual eu sempre tentei espelhar - me em vocês para me tornar uma pessoa melhor, Gui e Gabi muito obrigado por tudo.

Não poderia esquecer-me de deixar aqui os meus sinceros agradecimentos a minha avó, Dona Terezinha, a senhora é um exemplo de força, a injeção de ânimo que eu tinha quando pensava em desistir. Obrigado vó por me acolher durante esses muitos anos em sua casa (já até perdi as contas de quantos são), sempre muito preocupada e atenciosa comigo. A senhora foi essencial para que eu conseguisse chegar até aqui, muito obrigado por tudo e me desculpa qualquer mágoa causada. E ainda tem o meu vizinho de quarto, Rômulo, que é como um irmão, obrigado por todo companheirismo e preocupação para comigo.

Um agradecimento mais que especial a todos do Grupo JOPA, que muitas vezes rezaram para que esse meu sonho tornasse realidade, vocês foram

a família que eu escolhi fazer parte, que nossa Mãe interceda pela vida de cada um.

E por fim, não menos importante deixo meus sinceros agradecimentos aos meus amigos, parceiros de lutas, sonhos que sempre estiveram ao meu lado me dando força, Bruno, Dudu, Thiêssa, Kid, muito obrigado eu torço e rogo muito a Deus pelo o dom da vida de vocês. Sou grata, por todos os estudos, por todos os debates no Moreira, o que sempre me acrescentava muito. Obrigado também por todo apoio emocional, acho que de todos eu sempre era a que mais me abalava psicologicamente e deixava todo mundo preocupado (risos).

Desejo exprimir os meus agradecimentos a todos aqueles que, de alguma forma, permitiram que esta dissertação se concretizasse.

RESUMO

O Brasil tem utilizado, cada vez mais, técnicas avançadas de manejo sustentável, com isso o setor de florestas plantadas tem crescido. Avanços alcançados no setor florestal brasileiro são expressivos, principalmente quando falamos em produtividade. Com isso o objetivo do trabalho é estimar os parâmetros genéticos quantitativos das progênies sob o efeito de geada e selecionar as melhores progênies para subsidiar o programa de melhoramento de *Eucalyptus dunnii*, observando assim os ganhos da espécie. O experimento foi instalado no município de Palma Sola – SC (Empresa Palmasola) em 2016, o clima do local de plantio é do tipo Cfa, subtropical, com ocorrência de geadas. O delineamento estatístico foi em blocos ao acaso com 163 progênies *Eucalyptus dunnii*, sendo duas testemunhas clonais, 6 repetições e 6 plantas por parcela. O espaçamento utilizado no plantio dos testes foi de 3 x 2 metros e bordadura externa dupla. As características avaliadas foram: Altura total das plantas, tortuosidade do fuste e a porcentagem de plantas bifurcadas, tombadas e quebradas. A avaliação da tolerância à geada foi feita indiretamente por meio de uma escala de notas, variando de 1 a 5. Foram estimados os componentes de variâncias e dos parâmetros genéticos utilizando o procedimento REML/BLUP. A porcentagem de sobrevivência das plantas foi de 93%. Observou-se que algumas plantas sofreram danos intensos, dano igual a 4. A porcentagem de plantas bifurcadas aos 07 meses de idade foi de 3,81% semelhante a encontrada na soma de árvores tombadas e quebradas. Quanto a porcentagem das progênies estáveis (sem bifurcações, tombamentos e quebras) foi de 86,41%. Mais de 50% das progênies foram tolerantes pelo fato de não terem obtido nenhum dano visual, na duas idades nas quais foram avaliadas. A h^2_a variou ao longo do tempo em que foi feito as duas avaliações, apresentando valores de 0,28 à 0,86. A h^2_{mp} nas duas avaliações, foram de magnitude alta (0,58 à 0,82). A acurácia para altura, forma de fuste e geada foram acima de 76% em todas as idades, indicando boa precisão da seleção e maior ganho genético. Quanto CV_{exp} , para altura e forma do fuste obtiveram valores médios, demonstrando boa precisão experimental dos parâmetros. As correlações genéticas e fenotípicas entre as variáveis, na maioria, foram fracas ($< 0,50$) e negativas, para as idades avaliadas, indicando que a seleção indireta não será uma boa alternativa e de maneira geral as variáveis avaliadas são independentes. Observamos que 54,86% das progênies obteve nota 1. Há presença de variabilidade genética, essa variação genética. As herdabilidades (h^2) foram de médias a altas para danos causados por geada, métodos simples podem ser eficientes na seleção. Todas as variáveis, de maneira geral, apresentaram baixas correlações genéticas e fenotípicas entre si, demonstrando que a seleção indireta não é eficiente para os caracteres avaliados nessa população; Foram selecionadas 32 progênies que apresentaram potenciais para tolerância a geada.

Palavras- chave: *Eucalyptus*; parâmetros genéticos; teste de progênies.

ABSTRACT

Brazil has increasingly used advanced techniques of sustainable management, with which the planted forest sector has grown. Advances achieved in the Brazilian forestry sector are significant, especially when we speak of productivity. Therefore the aim of this work to estimate the quantitative genetic parameters of the progenies under the effect of frost and to select the best progenies to subsidize the improving program of *Eucalyptus dunnii*. The experiment was installed in the city of Palma Sola - SC (Palmasola Company) in 2016, being the weather of the planting site of Cfa type, subtropical, with frost occurrence. The statistical design was carried out through randomized blocks with 163 *Eucalyptus dunnii* progenies, being two clonal witnesses, six replicates and six plants per plot. The spacing used for the planting of the tests was 3 x 2 meters with double external border. The evaluated characteristics were: Total height of the plants, tortuosity of the stem and the percentage of bifurcated plants, fallen and broken. The evaluation of frost resistance was done indirectly through a scale of grades varying from 1 to 5. The components of variances and genetic parameters were estimated using the REML / BLUP procedure. The percentage of plant survival was 93%. It was observed that some plants suffered intense damage, of damage equal to 4. The percentage of bifurcated plants at 07 months of age was 3,81% similar to that found in the sum of fallen and broken trees. As for the percentage of stable progenies (without bifurcations, falls or breaks) was 86,41%. More than 50% of the progenies were tolerant once they did not suffer any visual damage, regarding the two age range in which they were evaluated. The ground varied during the time of the two evaluations, presenting values from 0,28 to 0,86. The $h^2_{mp}\%$ in the two evaluations were of high magnitude (0,58 to 0,82). The accuracy for height, stem shape and frost were above 76% at all ages, indicating good accuracy of selection and higher genetic gain. Regarding $CV_{exp}\%$ for height and stem shape, they got mean values, which suggests one has got a good experimental accuracy in the attaining of parameters. Genetic and phenotypic correlations between the variables were mostly weak ($<0,50$) and negative for the ages evaluated, indicating that the indirect selection will not be a good alternative and that in general, the variables evaluated are independent. We observed that 54,86% of the progenies got grade 1. There is presence of genetic variability, this genetic variation. Heritabilities (h^2) were medium to high for damage caused by frost, simple methods may be efficient in selection. All variables, in general, presented low genetic and phenotypic correlations among themselves, showing that the indirect selection is not efficient for the characters evaluated in this population; We selected 32 progenies that presented potential for frost tolerance. Keywords: *Eucalyptus*; genetic parameters; progeny test.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 O GÊNERO <i>Eucalyptus</i>	13
2.1.1 <i>Eucalyptus dunnii</i>	13
2.2 GEADAS	14
2.2.1 Tolerância e danos causados em plantas por geadas	15
2.3 MELHORAMENTO GENÉTICO FLORESTAL	17
2.3.1 Estratégias de melhoramento.....	18
2.3.2 Seleção de material genético	19
2.3.3 Teste de progênies.....	20
2.4 ANÁLISES VIA REML/BLUP	21
2.4.1 Parâmetros genéticos.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 MATERIAL GENÉTICO.....	24
3.2 LOCAL.....	24
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	25
3.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	25
3.5 ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS GENÉTICOS	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 DANOS CAUSADOS PELA GEADA.....	29
4.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DO TESTE.....	34
4.3 CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS	37
4.4 SELEÇÃO DAS MELHORES PROGÊNIES	38
5 CONCLUSÕES	41
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos materiais para implantação.	24
Tabela 2: Caracterização do local de estudo.	24
Tabela 3: Escala de notas para danos causados por geadas (DCG).	26
Tabela 4: Porcentagens de plantas bifurcada nas duas idades.	33
Tabela 5: Estimativa dos parâmetros genéticos para as características de altura (ALT), forma do fuste (FF) e danos causados por geada (DCG) nas idades de 07 e 14 meses.	34
Tabela 6: Correlações genéticas aditivas (r_g) e fenotípicas (r_f) entre altura de plantas (ALT), forma do fuste (FF) e danos causados por geadas (DCG) para as idade de 07 e 14 meses.	37
Tabela 7: Seleção das melhores progênies de <i>Eucalyptus dunnii</i> com base em danos causados pela geada aos 14 meses.	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Médias de temperatura mínima, máxima e de precipitação com base em 30 anos de dados observados, para Palma Sola/SC.	25
Figura 2. Plantas de <i>Eucalyptus dunnii</i> tolerantes e susceptível à geada.....	29
Figura 3. Progenie de <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 14 meses de idade.....	30
Figura 4. Tronco de <i>Eucalyptus dunnii</i> rachado pela geada.	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Forma do fuste após a ocorrência de geadas nas progênies de <i>Eucalyptus dunnii</i> ..	32
Gráfico 2. Escala de notas dos danos causados por geada nas progênies de <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 07 e 14 meses.....	33

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem utilizado, cada vez mais, técnicas avançadas de manejo sustentável, com isso o setor de florestas plantadas tem crescido, ocupando 7,84 milhões de hectares, representando menos de 1% do território nacional, porém esses são responsáveis por mais de 90% de toda a madeira utilizada para fins produtivos (IBÁ, 2017).

Os avanços alcançados no setor florestal brasileiro são expressivos, principalmente quando falamos de produtividade e nos últimos anos têm-se notado um grande interesse e uma concentração de esforços no trabalho conjunto entre os setores florestal e industrial, na busca de matéria-prima de qualidade para atender a um determinado produto final (TOLFO et al., 2005).

Porém vários são os fatores limitantes da expansão dos plantios de *Eucalyptus*, principalmente na região sul do Brasil, entre os quais a ocorrência de geadas. Para o eucalipto, quando se tem temperaturas muito baixas, próximas ou abaixo de 0°C, as plantas sofrem danos que causam até a morte das plantas, em várias idades. E quanto mais jovem for a planta maior será os danos causados a ela, devido à maior sensibilidade do material vegetativo em função da proximidade ao solo, onde a inversão térmica é mais pronunciada (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2005; MORAES et al., 2015).

Espécie como o *Eucalyptus dunnii* já é utilizada pelas indústrias de base florestal dos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, além de ser considerada de grande potencial para a produção de painéis e compensados (IWAKIRI et al., 2007).

Em regiões onde a incidência de geadas severas compromete o estabelecimento e a adaptação de espécies de *Eucalyptus*, a tolerância ao frio é uma das características de maior importância que pode ser introduzida em um programa de melhoramento genético por meio da hibridação (ASSIS; MAFIA, 2007; MORAES et al., 2015). Com isso, essa pesquisa é de suma importância, pois procura atingir metas de adaptação da cultura a ambientes como esse.

Conforme o levantamento feito por Paludzyszyn Filho et al., (2006), as espécies de *Eucalyptus* economicamente importantes para as áreas mais frias do Brasil constituem um pequeno grupo, dentre estas, o *Eucalyptus dunnii* que

apresenta boa aptidão, sobretudo no que se refere a produção de madeira para fins energéticos e sólidos madeiráveis (MORAES et al., 2014).

O *E. dunnii* destaca-se no Brasil pelo rápido crescimento, uniformidade dos talhões, forma das árvores e tolerância à geada não muito severa (HIGA et al., 2000). Outra curiosidade da espécie é que o seu potencial invasivo é reduzido, o que decorre da escassa produção de sementes, dificultando assim sua propagação aleatória (BILLARD; LALLANA, 1999).

Os programas de melhoramento genético são utilizados, principalmente, na busca por melhores indivíduos. A seleção de materiais superiores é de suma importância, a fim de obter dados coletados de experimentos, cada vez mais precisos (MASSARO et al., 2010).

Melhoristas contam com o auxílio no trabalho de obtenção e seleção de material genético superior para diversas condições ambientais, as estimativas dos parâmetros genéticos, como os coeficientes de variação genética e de herdabilidade, são de grande utilidade no planejamento dos programas de melhoramento (MORAES et al., 2011).

Portanto o objetivo deste trabalho é determinar as alterações morfológicas das progênies submetidas à geada em condições de campo; estimar os parâmetros genéticos quantitativos das progênies sob o efeito de geada e selecionar as melhores progênies para subsidiar o programa de melhoramento de *Eucalyptus dunnii*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O GÊNERO *Eucalyptus*

O gênero pertence à família Myrtaceae, subfamília Leptospermoideae, e o subgênero *Symphomyrtus* é o grupo que apresenta a maior parte das espécies cultivadas no mundo, apresentando nove seções, das quais três contém praticamente todas as espécies mais cultivadas: Seção *Transversaria* (*E. grandis*; *E. saligna*, *E. urophylla*); Seção *Exsertaria* (*E. camaldulensis*, *E. exserta*, *E. tereticornis*) e Seção *Maidenaria* (*E. globulus*, *E. viminalis*) (PRYOR, 1976).

Esse possui mais de 900 espécies distribuídas pelas mais variadas condições ambientais, tanto em termos de precipitação quanto de temperatura e é um gênero de grande plasticidade, crescendo satisfatoriamente em grande amplitude de condições edafoclimáticas (DRUMOND; OLIVEIRA, 2009).

As plantas popularmente denominadas eucaliptos são um grande grupo de espécies que juntas formam um dos maiores gêneros de plantas do planeta, formalmente denominado de *Eucalyptus* (FLORES et al., 2016).

No geral, os *Eucalyptus* possuem muitas diferenças nas espécies, entre e dentro, quanto a vários atributos de crescimento e qualidade da madeira, o que torna possível encontrar materiais genéticos que maximizem as características desejadas para fins específicos (BERTI, 2010).

O potencial da aplicação da madeira de *Eucalyptus* é em razão de sua diversidade de espécies, alta capacidade de geração de clones e híbridos. Essa diversidade permite a introdução do gênero em programas de melhoramento genético, de condução da floresta, de manejo e uso de tecnologias adequadas de processamento e usinagem, que se mostrem eficientes na solução ou diminuição de defeitos, tais como as rachaduras de topo e empenamentos, em toras e tábuas (TRUGILHO et al., 2006).

2.1.1 *Eucalyptus dunnii*

O *Eucalyptus dunnii* Maiden pertence ao subgênero *Symphomyrtus* e seção *Maidenaria*. Uma espécie subtropical de restrita distribuição natural encontrada apenas nas altitudes de 28°S e 30°S na faixa litorânea dos estados

australiano de Queensland e Nova Gales do Sul entre 100 e 900 m de altitude (FLORES et al., 2016). Devido ser uma espécie um tanto restrita, classifica-se como rara mas muito importante em plantios comerciais (THINLEY et al., 2005).

Na região de ocorrência natural o clima da região é quente e úmido, porém sujeito a frequentes geadas no inverno, cujos intervalos de temperaturas médias, máximas de 24 a 29 °C e mínimas de 2 a 5 °C. Nessas áreas naturais as geadas podem ocorrer de 30 a 60 dias. A precipitação pluviométrica média anual situa-se em torno de 1.000 a 1.600 mm, sendo relativamente bem distribuída em todos os meses do ano (BROOKER; KLEINIG, 2006; FONSECA et al., 2010).

Sua madeira possui uma resistência média com densidade básica de 500 kg/m³, com aproveitamento para fins energéticos, estruturas leves, confecção de chapas e para celulose (ROCHA; TOMASELLI, 2002). Segundo os mesmo autores, Rocha e Tomaselli (2002) o desdobro das toras é feito por cortes no sentido tangencial, isso contribui para que a espécie tenha uma coloração clara.

O *E. dunnii*, no Brasil, é a espécie mais procurada para ser implantada em locais de clima temperado, atingindo produtividade anual de madeira maior que 50 m³/ha. Sua principal utilização é direcionada para o abastecimento de matéria-prima para as indústrias de celulose, carvão vegetal, chapas de partículas e laminação. Tem potencial também para usos mais nobres ou produtos de maior valor agregado (ROCHA; TRUGILHO, 2006). É importante ressaltar que existem diferenças significativas na produtividade devido a fatores ambientais, sendo possível obter povoamentos com 30 cm de diâmetro aos nove anos em sítios produtivos (DOBNER JUNIOR et al., 2017).

Uma das dificuldade com a espécie é a produção de sementes, que é tardia, apresentando variação entre os anos (HIGA et al., 2001) e o aumento do florescimento com a idade. A clonagem também é uma outra dificuldade da espécie, sendo essa uma característica da seção *Maidenaria* (SILVA et al., 2018).

2.2 GEADAS

As geadas, no Brasil, ocorrem com mais frequência nas latitudes acima do paralelo 19°S, logo os estados que são mais comum a ocorrência são: São

Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (PEREIRA et al., 2002).

O melhoramento, no Brasil, para ambientes frios tem se tornado mais importante na última década, a partir da expansão de plantios de eucalipto e substituição de *Pinus* por eucalipto (ASSIS, 2015).

O *E. dunnii* tem sido, dentre essas espécies expandidas, a mais melhorada. Espécies como *E. viminalis*, *E. dunnii* e *E. benthamii* apresentam boa tolerância, com elevada variabilidade para tolerância ao frio, por outro lado, essas espécies apresentam certa dificuldade na propagação vegetativa (PALUDZYSZYN FILHO et al., 2006).

Tolerância a geadas envolve mecanismos de prevenção e tolerância. Em condições de temperaturas abaixo de 0°C, o metabolismo das células é afetado, reduzindo-se ao mínimo as funções fisiológicas mais importantes. Além da tolerância a geadas, tem-se a resiliência, que é a capacidade de um indivíduo voltar ao normal após ter sido danificado, ou ainda a capacidade de recuperação de uma planta após ter sido exposta a fatores adversos (HIGA et al., 2000).

O sintomas observados causados pelas geadas nos eucaliptos vão desde a queima superficial das folhas até desfolha total em plantas novas e em brotos (PALUDZYSZYN FILHO et al., 2006).

2.2.1 Tolerância e danos causados em plantas por geadas

O estresse a baixas temperaturas pode ser dividido em resfriamento, no qual a temperatura é suficientemente fria para causar injúria, mas não fria o bastante para congelar a planta, e o congelamento, que causa injúrias na planta quando a temperatura atinge o ponto de congelamento, ocorrendo a formação de cristais de gelo (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Temperaturas abaixo de 0°C atingem esse ponto de congelamento da água na planta. Nessas temperaturas, o metabolismo das células é reduzido ao mínimo, interrompendo, dessa forma, as funções fisiológicas mais importantes. A tolerância nesse caso, está relacionada à tolerância, ou seja, à habilidade da planta em sobreviver ao congelamento sem sofrer danos (MOHR; SCHOPFER, 1995).

Contudo, nem todas as plantas são capazes de sobreviver às baixas temperaturas ou a formação de gelo nos tecidos, e nem todas as espécies

tolerantes ao congelamento têm a habilidade de passar pela rustificação (LARCHER, 2000).

Segundo Sakai e Larcher (1987), a maioria das plantas pode ser classificadas de acordo com o grau de tolerância a geadas do seguinte modo:

a) Plantas permanentemente sensíveis: de modo geral são plantas tropicais, que não podem ser aclimatadas e só são protegidas por depressão do ponto de congelamento e/ou super resfriamento;

b) Plantas parcialmente tolerantes à geadas: a tolerância à geadas é limitada. É encontrada em plantas arbóreas perenes de regiões subtropicais. Embora o caule mostre tolerância, as folhas são sensíveis;

c) Plantas tolerantes à geadas: são capazes de sobreviver ao congelamento. É um estado temporário observado em plantas de clima temperado caracterizado pela dormência em espécies arbóreas;

d) Totalmente tolerantes a geadas: é comum em plantas perenes que apresentam total tolerância como por exemplo *Betula*, *Populus*, *Salix* e algumas coníferas, essas plantas são as que sobrevivem às mais baixas temperaturas registradas sem sofrer danos.

Todas as espécies do gênero *Eucalyptus* são sensíveis à temperaturas extremamente baixas, sendo esse o maior impedimento do seu uso em regiões de clima temperado. Embora existam variações entre e dentro de espécies, os eucaliptos não toleram temperaturas abaixo de -20 °C. A maioria sofre danos abaixo de 0 °C e somente poucas sobrevivem com temperaturas entre -15 °C e -18 °C (TURNBULL; ELDRIDGE, 1983).

Esses danos vão desde a perda de área foliar até a morte das plantas, em várias idades. Sabe-se que quanto mais jovem for a planta maior será os danos sofridos pela ocorrência de geadas, devido à maior sensibilidade do material vegetativo. Os efeitos causados pela geada vão da queima superficial das folhas até a desfolha total em plantas novas e em brotações jovens de touças (HIGA et al., 2000; PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2005).

O espaçamento entre as plantas é um dos fatores que pode estar relacionado com os danos provocados por geada. Isso em razão da radiação solar interceptada através do dossel formado pela copa das árvores. Na linha de plantio, nos espaçamentos menores, ou seja, com maior densidade de plantas,

ocorre formação de dossel precocemente quando comparado com os espaçamentos maiores (SOUZA et al., 2011).

Segundo Higa (2000) os danos específicos a morfologia da planta podem ser classificados em:

a) Dano basal (canela de geadas): mais comum em árvores jovens no início do inverno;

b) Rachadura de geadas: rachadura radial do tronco, do centro para a casca das árvores, comum em geadas severas;

c) Danos no sistema radicular e mortalidade: a tolerância à geadas das raízes é particularmente importante para a sobrevivência de mudas em recipientes. Embora as raízes sejam menos tolerantes à geadas que a parte aérea, elas sofrem menos danos porque o solo oferece proteção contra as baixas temperaturas. No entanto, quando o solo congela, as pequenas raízes fisiologicamente ativas são mortas e o dano na planta pode ser bastante severo.

2.3 MELHORAMENTO GENÉTICO FLORESTAL

Devido à importância econômica das plantações comerciais, o interesse pelo melhoramento genético do eucalipto aumentou consideravelmente. E com isso proporcionou o desenvolvimento de programas próprios para atender às necessidades de cada local. Hoje o Brasil é um dos países com um dos bancos de germoplasma, do gênero *Eucalyptus*, mais importante, com alta produtividade e adaptabilidade às suas regiões produtoras, tudo isso se deve à trabalhos que foram realizados nas últimas décadas (LAVORANTI, 2003).

O melhoramento genético de plantas é considerado uma das atividades contínua mais antiga realizada pelo homem (HALLAUER, 2011), que tem como princípios básicos os conhecimentos de genética e estatística. Na área florestal é importante para a manutenção e o aumento da produtividade de madeira de forma sustentável e ecologicamente adequada, suprimindo as necessidades de matéria-prima para a produção de manufaturados a base de madeira para a sociedade atual.

Um dos principais obstáculos na prática do melhoramento genético de espécies florestais é o tempo necessário para completar um ciclo de seleção e recombinação de indivíduos para características quantitativas e que se

expressam somente em idades mais avançadas, e a dificuldade em selecionar de uma forma eficiente a ponto de indivíduo (QUOIRIN; VIEIRA, 1995).

De acordo com Zobel e Talbert (1994), o melhoramento florestal deve:

- a) Determinar as espécies ou fontes geográficas dentro de uma espécie que possam ser usadas em uma área;
- b) Determinar as causas, a quantidade e a natureza da variabilidade dentro das espécies;
- c) Produzir árvores que reúnam as combinações de características desejadas;
- d) Produzir materiais melhorados para fins de reflorestamento; e
- e) Desenvolver e manter uma população base suficientemente adequada (alta variabilidade genética) para garantir o avanço das próximas gerações.

O melhoramento florestal brasileiro tem desempenhado papel importante no aumento da competitividade do setor florestal, sobretudo por seus reflexos positivos no aumento da produtividade e da qualidade da matéria prima (ASSIS; RESENDE, 2011).

2.3.1 Estratégias de melhoramento

Todo programa de melhoramento genético necessita ter suas estratégias bem definidas, planejadas a curto, médio e longo prazo, conseguindo assim árvores melhoradas quanto à produtividade volumétrica de madeira, forma de fuste, resistência à doenças e condições ambientais diversas, as qualidades desejáveis de madeira para seus diferentes usos (ODA et al., 2007).

O melhoramento normalmente provoca um afinamento da base genética da população (BUENO et al., 2006). Isso não chega a ser um fator limitante, pois a não fixação de alelos preserva alguma variabilidade, enquanto quebras de blocos gênicos e recombinações a ampliam. Com isto, uma população melhorada será constituída por vários genótipos e apresentará maior estabilidade fenotípica (ALMEIDA, 2011).

A estratégia de melhoramento a ser utilizada deve ser focada na geração de híbridos superiores, ou seja, que apresentam heterose positiva (efeitos de dominância), cuja média de produção supera a média dos genitores e também

do melhor genitor, quanto às características de interesse (FONSECA et al., 2010).

Ainda são muitos os desafios, porém os programas de melhoramento genético do eucalipto no Brasil têm sido eficientes na geração de florestas superiores. Embora os progressos sejam expressivos, há ainda espaço para avanços no melhoramento da qualidade da madeira para todos os segmentos industriais que utilizam a madeira do eucalipto como fonte de matéria-prima, ou como insumo energético (ASSIS et al., 1999).

O estabelecimento de estratégias eficientes de melhoramento depende essencialmente do prévio conhecimento dos mecanismos genéticos responsáveis pela herança do caráter que se deseja melhorar (RESENDE, 2002).

2.3.2 Seleção de material genético

A seleção é um assunto muito importante quando se trata da área da silvicultura, seja qual for a espécie, e só consegue-se realizar seleção se houver variabilidade genética (XAVIER et al., 2009).

No momento de fazer a seleção da espécie para o melhoramento da mesma, precisa-se levar em consideração alguns aspectos como: estudos das analogias climáticas, fisiológicas e edáficas, origens da semente e as áreas de plantio, conhecimento das qualidades tecnológicas da madeira das espécies, dentre outros. Após isso faz-se necessário definir as procedências mais adequadas, tanto para obtenção de sementes comerciais, como para busca de material genético para o estabelecimento de programas de melhoramento florestal (ASSIS, 1998).

A seleção precoce para características silviculturais tem-se mostrado eficiente tanto para seleção em testes de progênies de famílias de polinização aberta quanto para seleção em testes clonais de híbridos de eucalipto (FONSECA et al., 2010).

Muitos estudos têm mostrado que o comportamento silvicultural de diferentes procedências de uma mesma espécie varia com as condições ecológicas em que estão estabelecidas (SILVA et al., 2007).

A seleção de indivíduos ou progênies em uma população pode ser fenotípica, quando o valor fenotípico da característica é o referencial, ou

genotípica quando baseada nos valores genéticos desses indivíduos. Valores genéticos aditivos, como aqueles estimados nos testes de progênies de polinização aberta, são efeitos aleatórios. Estes podem ser obtidos pelo procedimento BLUP, que estima os efeitos fixos (médias de blocos) pelo método dos mínimos quadrados generalizados, considerando as variâncias, sendo esta a razão da maior acuidade. Ao mesmo tempo, o procedimento prediz os valores dos efeitos genéticos aleatórios e dos efeitos aleatórios não-correlacionados incluídos no modelo (RESENDE, 2006).

Normalmente, quando há o melhoramento de uma população para uma determinada característica é o resultado do ganho de seleção, que esse depende do diferencial de seleção, que por sua vez é a diferença entre a média do grupo selecionado e a média da população original. Contudo, quando está lidando com processo de seleção, quanto maior for a pressão de seleção, maior será esse diferencial e, conseqüentemente, o progresso genético (PATERNIANI; MIRANDA FILHO, 1987).

2.3.3 Teste de progênies

Testes de progênies são utilizados em programas de melhoramento, com o objetivo de conservação genética de populações, determinação da estrutura genética de populações, produção de sementes melhoradas, determinação do valor genético de matrizes selecionadas e determinação de parâmetros genéticos (ROCHA et al., 2005).

A conservação desse tipo de teste é chamada de *ex situ*, ou seja, fora do seu local de origem. Grande parte dos recursos genéticos florestais se enquadra neste caso, pois a variabilidade genética adequada de muitas espécies somente poderá ser garantida desta forma. Eles são instalados para analisar quais as melhores progênies, de acordo com a associação entre o seu genótipo e a resposta aos estímulos ambientais (PINTO, 2014).

Estes veem sendo amplamente empregados, principalmente em programas de melhoramento florestal. Em experimentos genéticos florestais, os testes de polinização aberta são os mais utilizados para estimar parâmetros genéticos. A vantagem que tem em relação aos testes de polinização controlada, são os baixos custos além de atenderem aos objetivos de determinação da capacidade geral de combinação (SHIMIZU et al., 1982).

2.4 ANÁLISES VIA REML/BLUP

O software Selegen REML/BLUP tem sido utilizado com sucesso, em vários países no mundo, no Brasil, principalmente com espécies florestais, como o *Eucalyptus* (OLIVEIRA et al., 2015).

Este foi adaptado da genética animal por Resende (2002), desenvolvido como base para melhoramento genético florestal e tem potencialidades bastante vastas, permite trabalhar com múltiplos sistemas reprodutivos e dezenas de métodos de seleção, além do delineamento de programas de melhoramento para a obtenção de máximos progressos genéticos imediatos, porém compatíveis com a manutenção de variabilidade genética suficiente para o melhoramento em longo prazo (MORAES et al., 2008).

O REML (Método da Máxima Verossimilhança Restrita) permite produzir estimativas ou previsões mais acuradas de efeitos de tratamentos quando existem dados perdidos no experimento. O BLUP (Melhor Predição Linear não Viciada) ajusta os dados para os efeitos ambientais inidentificáveis e simultaneamente prediz os valores genéticos dos indivíduos candidatos a seleção (RESENDE, 2002).

Esta metodologia (REML/BLUP) é indicada para dados desbalanceados, pois maximiza o ganho genético e a eficiência dos programas de melhoramento além de considerar o parentesco genético entre os indivíduos (RESENDE, 2007; PIRES et al., 2011).

Na avaliação dos dados o melhorista necessita de auxílio, com isso, é necessária a utilização de softwares voltados para a análise genética. Softwares como Selegen REML/BLUP (RESENDE, 2002) e Genes (CRUZ, 2013) são intensamente utilizados em pesquisas em universidades, empresas particulares e institutos públicos de pesquisa em nosso país.

2.4.1 Parâmetros genéticos

As estimativas dos parâmetros genéticos são de grande utilidade no planejamento dos programas de melhoramento, direcionando os procedimentos de seleção de indivíduos superiores com características importantes para o melhoramento (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

De acordo com Silva et al., (2014) os principais parâmetros genéticos para o melhoramento são: variância genotípica, componentes de herdabilidade, e as correlações genotípicas e fenotípicas.

O estudo dos componentes das variâncias são de grande importância, pois é um dos modos mais utilizados para obter o estimador da variância genotípica, e de seus componentes aditivos e não-aditivos, ser por meio das esperanças matemáticas dos quadrados médios da análise de variância. Logo a aquisição dos componentes de variância tem sido de grande importância no melhoramento genético, pois é por meio de delineamentos experimentais, estimar as variâncias genotípicas a partir dos dados fenotípicos observados (CRUZ, 2005).

Os coeficientes de herdabilidade são parâmetros chave na genética quantitativa aplicada ao melhoramento genético (PIEPHO; MOHRING, 2007). É através desses que define as estratégias de melhoramento que são mais apropriadas para cada espécie (WHITE et al., 2007). Logo esse parâmetro tem suma importância pois ele participa quase sempre, de todas as formulas relacionadas com a predição de ganho genético dos métodos de melhoramento e, também, de inúmeras decisões práticas (MIRANDA, 2012).

As correlações são de grande importância, tem como função o estudos dos caracteres de forma conjunta, permitem prever o que acontecerá com um dado caráter quando se faz a seleção em outro (TOLFO et al., 2005). Em casos, que deseja-se melhorar uma característica de difícil seleção, quer por dificuldades de identificação, medição, ou de baixa herdabilidade, o emprego de um outro a ele correlacionado, com alta herdabilidade e facilmente mensurável, pode resultar na maneira mais adequada de se alcançar sucesso (FALCONER, 1987).

A correlação genética é a definida entre caracteres como sendo a medida da magnitude da associação genética entre caracteres de um indivíduo. E a correlação fenotípica entre caracteres como sendo a medida da magnitude da associação fenotípica entre caracteres de um indivíduo, sendo causada pela combinação entre as covariâncias genéticas e ambientais (FALCONER; MACKAY, 1996).

E um dos programas mais utilizados para essa função de determinação dos parâmetros genéticos é o SELEGEN-REML/BLUP, desenvolvido pelo

pesquisador e professor Marcos Deon de Vilela Resende utilizando a metodologia de modelos lineares mistos que atende às necessidades de análises de experimentos balanceados e não balanceados em espécies florestais e agronômicas (RESENDE, 2007).

Esse tem a função de empregar modelos, estimadores e preditores apresentados por Resende e Higa (1994) e Resende (2000; 2002a), podendo ser aplicado às plantas alógamas, autóginas e com sistema reprodutivo misto. Um programa destinado a espécies perenes, semiperenes porém pode ser aplicado em espécies anuais e até mesmo ao melhoramento animal (MORAES et al., 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL GENÉTICO

A implantação do teste de progênies foi em 2016, onde foram utilizadas sementes de várias procedências que estavam disponíveis na câmara fria do IPEF - Instituto de Estudos e Pesquisas Florestais (Tabela 1).

Tabela 1: Descrição dos materiais para implantação.

	Procedências/ Origens	Lat.	Long.	Altitude (m)	Data de coleta	Obs.:
1	Condamine River, Qld	28°16' S	152° 25' E	680-710	11/2012	Progênies Dendros
2	Oaky Hill, NSW	28°24.5'S	152°20.5' E	590-660	11/2012	Progênies Dendros 12/01
3	INTA					85 progênies INTA
4	Palmasola					50 progênies

Fonte: A autora.

3.2 LOCAL

O experimento foi instalado no município de Palma Sola – SC (Empresa Palmasola) o clima do local de plantio, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical, com ocorrência de geadas (ALVARES et al., 2013).

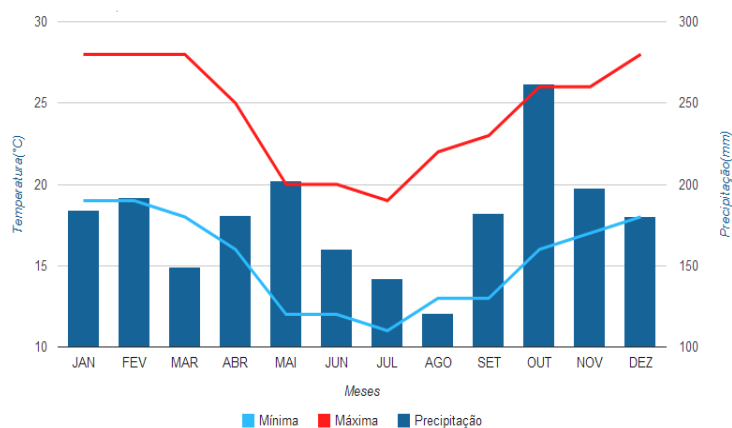
Tabela 2: Caracterização do local de estudo.

Local	N° de progênie s	Latitud e (S)	Longitud e (W)	Altitud e (m)	TM A (°C)	Tm (°C)	TM (°C)	PP (mm)
Palma Sola/S C	163	26°20'	53°16'	870	17,4	15, 0	24, 4	2200

Fonte: A autora.

TMA = temperatura média anual; **Tm** = temperatura média mínima anual; **TM** = temperatura média máxima anual; **PP** = precipitação pluviométrica.

As condições climáticas para o município de Palma Sola/SC onde foi instalado o teste de progênies está apresentada na Figura 1 nos mostra as médias de temperaturas mínima, máxima e de precipitação com base em 30 anos de observação.



Fonte: CLIMATEMPO, 2012

Figura 1. Médias de temperatura mínima, máxima e de precipitação com base em 30 anos de dados observados, para Palma Sola/SC.

O solo foi classificado como, Latossolo Bruno Distrófico, textura argilosa segundo a classificação feita pela EMBRAPA (2013). As coordenadas geográficas são: latitude 26°20'51" S, longitude 53°16'42" W, a uma altitude de 870 metros.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento estatístico foi em blocos ao acaso com 163 (cento e sessenta e três) progênies *Eucalyptus dunnii*, sendo 2 (duas) testemunhas clonais, 6 (seis) repetições e 6 (seis) plantas por parcela de modo a permitir a adequada recombinação do material. O espaçamento utilizado no plantio dos testes foi de 3 x 2 metros com bordadura externa dupla.

3.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

1. Altura total das plantas (ALT, em metros);
2. Forma de fuste (FF)
3. Porcentagem de plantas bifurcadas (B);
4. Tombadas (T);
5. Quebradas (Q);

As avaliações, de tolerância à geada, foram feitas indiretamente avaliando-se o comportamento das plantas, os indivíduos passaram pelo seguinte critério de notas: 1 a 5 para determinar os níveis de lesões ocorridas, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Escala de notas para danos causados por geadas (DCG).

1	2	3	4	5
Planta pouco ou não afetada (sem danos).	Planta com dano baixo (30% do limbo foliar com danos).	Planta moderadamente afetada (50% do limbo foliar e 30% do meristema apical do indivíduo com danos).	Planta altamente afetada (100% do limbo foliar e do caule com danos).	Planta morta ou falha.

Fonte: Adaptado de Moraes (2013).

As avaliações foram realizadas aos 07 e 14 meses de idade.

3.5 ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS GENÉTICOS

As estimativas dos componentes de variâncias e dos parâmetros genéticos foram obtidas a partir do programa estatístico SELEGEN utilizando o procedimento REML/BLUP (Estimativa dos parâmetros genéticos por máxima verossimilhança restrita - REML, e predição dos valores genéticos pelo procedimento da melhor predição linear não viciada - BLUP), conforme proposto por Resende (2007). Os parâmetros foram estimados utilizando o modelo 93 para as análises individuais de cada experimento, e para cada idade:

$$y = Xr + Za + Wp + \varepsilon,$$

Onde:

y: é o vetor de dados;

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

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

p: é o vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios);

ε : é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

“As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. X, Z e W são matrizes de incidência conhecidas, formadas por valores zero e um, as quais se associam as incógnitas r, a e p ao vetor de dados y, respectivamente”.

Foram calculados os seguintes parâmetros genéticos:

a) Variância genética aditiva: $\hat{\sigma}_a^2 = [\hat{a}'A^{-1}\hat{a} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr}(A^{-1}C^{22})]/q$

b) Variância ambiental entre parcelas: $\hat{\sigma}_c^2 = [\hat{c}'\hat{c} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr } C^{33}]/S_1$;

c) Variância residual (ambiental + não aditiva):

$$\hat{\sigma}_e^2 = [y'y - \hat{r}'X'y - \hat{a}'Z'y - \hat{c}'W'y]/[N - r(x)]$$

Em que: C^{22} , C^{33} , C^{44} e C^{55} vem da inversa de C.

C: matriz dos coeficientes das equações de modelo misto.

tr: operador traço matricial.

r(x): posto da matriz X.

N, q, s₁: números de dados, de indivíduos e de parcelas, respectivamente.

d) Variância residual: $\hat{\sigma}_e^2 = [y'y - \hat{r}'X'y - \hat{a}'Z'y - \hat{c}'W'y] / [N - r(x)]$

e) Variância fenotípica individual: $\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2 + \hat{\sigma}_e^2$

f) Herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos: $\hat{h}_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_e^2}{\hat{\sigma}_f^2}$,

g) Herdabilidade da média de progênies, assumindo sobrevivência completa: $\hat{h}_m^2 = \frac{(1/4).\hat{\sigma}_a^2}{(1/4).\hat{\sigma}_a^2 + \frac{\hat{\sigma}_c^2}{r} + \frac{(0,75.\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2)}{nr}}$

h) Herdabilidade aditiva dentro de parcela: $\hat{h}_{ad}^2 = \frac{0,75.\hat{\sigma}_a^2}{0,75.\hat{\sigma}_a^2 + 0,75.\hat{\sigma}_e^2}$;

i) Coeficiente de variação genética aditiva individual:

$$CV_{gi}(\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_a^2}}{\hat{m}} .100;$$

j) Coeficiente de variação genotípica entre progênies:

$$CV_{gp}(\%) = \frac{\sqrt{0,25.\hat{\sigma}_a^2}}{\hat{m}} .100;$$

k) Coeficiente de variação experimental:

$$CV_e(\%) = \frac{\sqrt{[(0,75.\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2)/n] + \hat{\sigma}_c^2}}{\hat{m}} .100;$$

l) Coeficiente de variação relativa: $CV_r = \frac{CV_{gp}}{CV_e}$;

m) Coeficiente de determinação dos efeitos de parcela:

$$\hat{C}_{Parc}^2 = \frac{\hat{\sigma}_e^2}{\hat{\sigma}_f^2}$$

n) Acurácia da seleção de progênies, assumindo sobrevivência completa: $\hat{r}_{aa} = \sqrt{\hat{h}_m^2}$.

o) Correlações genotípicas e fenotípicas: foram estimadas segundo Resende (2002 e 2007), utilizando os modelos 105 e 102 do programa SELEGEN.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DANOS CAUSADOS PELA GEADA

As avaliações foram feitas após 07 e 14 meses de idade, após ocorrido o fenômeno de geadas. A porcentagem de sobrevivência do teste após os 14 meses foi de 93%, ressaltando que o *E. dunnii* é uma espécie que se destaca em ambientes com climas mais amenos. Frigotto (2016), em seu estudo mostra um ranking de espécies potenciais, para regiões com ocorrência de geada, onde o *E. dunnii* tem destaque em primeiro lugar com maior taxa de sobrevivência, o que se confirma nesse estudo também.

Com 14 meses de idade pôde-se observar alguns danos mais severos. As progênies de *E. dunnii* tiveram diferentes comportamentos face à ocorrência das geadas, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2. Plantas de *Eucalyptus dunnii* tolerantes e susceptível à geada.

O acontecimento de geadas severas no estágio inicial da planta pode afetar o desenvolvimento do eucalipto de forma muito mais drástica que em plantas adultas, sobretudo no que se refere à sobrevivência (HIGA et al., 2000).

Após o fenômeno observou que existem progênies tolerantes (Figura 2, à esquerda) e progênies susceptíveis (Figura 2, à direita), as progênies

susceptíveis são classificadas com danos 4, conforme mostra a Tabela 3, 100% do limbo foliar e do caule com danos.

Um dos principais sintomas de danos que é observado após alguns dias da ocorrência à geada são os provocados na parte aérea das plantas, como podemos observar a Figura 3, caso também que foi notado por diversos autores (ALVAREZ et al., 2011; MORAES et al., 2011; PITZ FLORIANI et al., 2013).



Figura 3. Progênie de *Eucalyptus dunnii* aos 14 meses de idade.

Um outro dano causado na parte aérea das plantas notado que ocorreu foi o de quebramento. Progênies que apresentaram o ponteiro da copa quebrado, aproximadamente 4% dos indivíduos.

Em estudo realizado por Caroni et al., (2011) com *Eucalyptus grandis* foi observado maior dano na parte aérea, principalmente nas folhas, porém assim mesmo obteve 100% de sobrevivência. Nesse trabalho, diferentes intensidade de danos foram observados, com a segunda avaliação feita, reforçando-se assim a hipótese de que existem as progênies que são tolerantes e resistente a geadas.

Segundo Vieira et al., (2003) a diferença da capacidade de tolerância à geada, assim como a queima de tecidos da planta pode estar associada às diferenças fisiológicas, morfológicas e genéticas existentes entre as espécies e até dentro de uma mesma espécie.

Constatou que houve plantas que apresentaram rachaduras no caule como mostra a Figura 4. De acordo com Ferraz e Coutinho (1984), plantas com esse tipo de dano apresentam lenho apodrecido ou, segundo Higa (2000), madeira morta inclusa, o que inviabiliza sua utilização como madeira sólida, pelo menos em parte do seu tronco.



Figura 4. Tronco de *Eucalyptus dunnii* rachado pela geada.

Embora Sakai e Larcher (1987), Ferreira (1989) e Kozlowski et al. (1991), relatam que rachaduras no caule permitem a entrada de patógenos, fato este, não observado no teste.

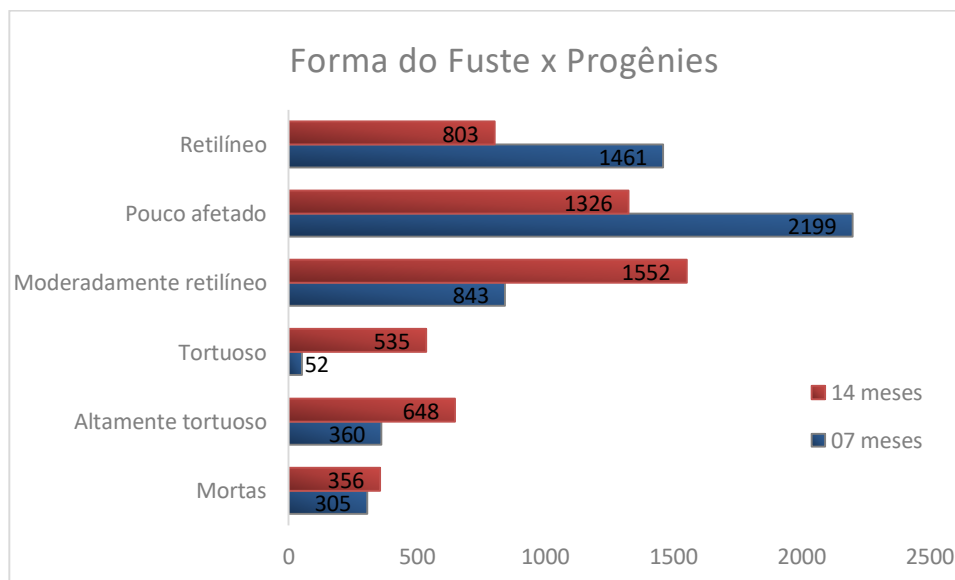
Os problemas que podem manifestar na forma do fuste são vários, dentre eles uma redução do diâmetro do caule com o aumento da altura, conhecida como “afilamento”, e problemas de tortuosidades e bifurcação do tronco foram encontrados no teste.

Quando se fala de produção de madeira serrada, é necessário que se tenha o máximo aproveitamento do fuste e para isso espera-se que a espécie plantada apresente baixo índice de afilamento, elevada retidão e baixo número de árvores bifurcadas (FERREIRA et al., 2012).

O Gráfico 1 apresenta os danos causados à forma do fuste pós geada. Essa característica é determinante tanto para o conteúdo volumétrico de madeira

do tronco, quanto para definição dos tipos de produtos que se pode obter dele (BATISTA et al., 2014).

Percebe-se que aos 07 meses o número de indivíduos com fuste retilíneo era maior que aos 14 meses, o que era esperado, pelo fato da tortuosidade no fuste ser uma característica que se mostra ao longo do tempo.



Fonte: A autora.

Gráfico 1. Danos causados à forma do fuste (FF) após a ocorrência de geadas em progênies de *Eucalyptus dunnii*.

Observou que algumas plantas sofreram danos intensos, o que significa classe de dano igual a 4, comprometendo 100% do limbo foliar, do caule e até o meristema apical. Segundo Sakai e Larcher (1987), Ferreira (1989), Higa (1989) e Kozlowski et al., (1991) os danos ao meristema apical são problemáticos, por bifurcar ou ramificar o eixo principal de crescimento da árvore.

Verificada em grande número de plantas após a ocorrência de geadas é a emissão de brotos laterais, consequência da morte da gema apical que pode provocar deformações no fuste ou bifurcações.

É importante ressaltar que a porcentagem de bifurcação é uma característica que está relacionada diretamente com a capacidade de adaptação da espécie (FRIGOTTO 2016), ou seja, quanto mais baixa for essa porcentagem maior a adaptação. Nesse caso o teor de porcentagem foi baixa, até mesmo na segunda avaliação apenas 10% das plantas apresentaram essa característica, indicando haver uma boa adaptação da espécie no local de estudo.

Tabela 4: Porcentagens de plantas bifurcada nas duas idades.

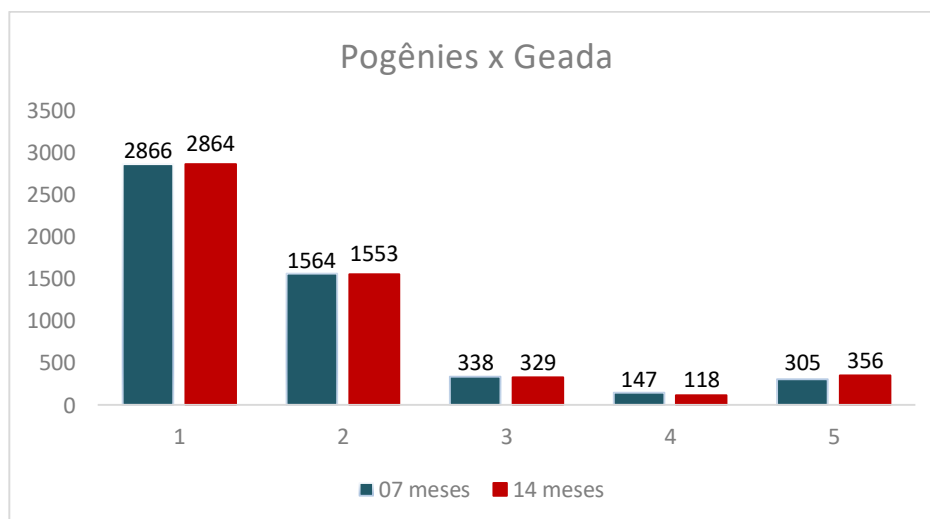
Porcentagem de planta bifurcadas	
Idade	(%)
07 meses	3,81
14 meses	10,28

Fonte: A autora.

A porcentagem de plantas bifurcadas aos 07 meses de idade foi de 3,81% a mesma porcentagem foi encontrada na soma de árvores tombadas e quebradas, na segunda avaliação do teste.

Quanto a porcentagem das progênies que estáveis (sem bifurcações, tombamentos e quebramento) foi de 86,41%. Não houve registros de pragas e doenças e foi observado 84 progênies inclinadas, cerca de 1,60% do teste.

É importante ressaltar que apesar de algumas progênies terem sofrido danos causados por geada, a quantidade de progênies que não sofreram danos nenhum foi maior, como podemos observar o Gráfico 2.



Fonte: A autora.

Gráfico 2. Escala de notas dos danos causados por geada (DCG) em progênies de *Eucalyptus dunnii* aos 07 e 14 meses.

O Gráfico 2 nos mostra em escala de notas o número de indivíduos que foram afetados pela geada. Como podemos perceber o dano 1 são aqueles indivíduos no qual sofreram pouco ou nenhum dano, ou seja, mais de 50% das

progênies, os que a tornam tolerantes pelo fato de não terem obtido nenhum dano visual, na duas idades, nas quais foram avaliadas.

Diferentemente do que foi encontrado por Higa et al., (2000), onde todas as plantas apresentaram danos visíveis, na avaliação que foi realizada, indicando a hipótese de que a espécie não era tolerante, mas apenas resistente a geadas.

Em relação a pequena quantidade de plantas mortas e/ou falhas (305 e 356 indivíduos) nos dá ênfase que o teste possui uma grande capacidade de seleção de material para o frio. O número de indivíduos que sofreram danos mais intensos, 3 e 4 respectivamente, foram quase que imperceptíveis.

Outra característica muito importante foi a brotação, observou-se que muitas plantas que haviam sido fortemente afetadas pela geada apresentaram brotação vigorosa a partir da base da planta.

4.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DO TESTE

Para as análises estatísticas o experimento apresentou-se com um baixo teor de mortalidade, mostrando adaptação dos genótipos nas condições ambientais estudadas. Os resultados referentes aos parâmetros genéticos das características em estudo para progênies de polinização aberta de *Eucalyptus dunnii* estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5: Estimativa dos parâmetros genéticos para as características de altura (ALT), forma do fuste (FF) e danos causados por geada (DCG) nas idades de 07 e 14 meses.

Meses	ALT		FF		DCG	
	07	14	07	14	07	14
h^2_a	0,39	0,59	0,18	0,28	0,83	0,86
h^2_{aj}	0,49	0,72	0,19	0,31	1,02	1,06
$h^2_{mp\%}$	0,65	0,75	0,58	0,64	0,81	0,82
h^2_{ad}	0,42	0,66	0,15	0,25	1,03	1,08
c^2_{parc}	0,19	0,18	0,04	0,09	0,17	0,18

r_{aa}	0,81	0,86	0,76	0,80	0,90	0,90
$CV_{gi\%}$	14,55	15,32	12,01	19,70	41,64	41,49
$CV_{gp\%}$	7,27	7,66	6,00	9,85	20,82	20,74
$CV_{exp\%}$	12,89	10,81	12,42	17,81	24,10	23,74
CV_r	0,56	0,70	0,48	0,55	0,86	0,87
$Gs\%$	17,41	17,56	18,64	27,45	42,34	42,86
Média Geral	3,00	5,17	3,87	3,21	1,55	1,54

h^2_a : herdabilidade individual no sentido restrito; h^2_{aj} : herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela; h^2_{mp} : herdabilidade da média de progênies, assumindo sobrevivência completa; h^2_{ad} : herdabilidade aditiva dentro de parcela; C^2_{parc} : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela; r_{aa} : acurácia da seleção de progênies, assumindo sobrevivência completa; $CV_{gi\%}$: coeficiente de variação genética aditiva individual; $CV_{gp\%}$: coeficiente de variação genotípica entre progênies; $CV_{exp\%}$: coeficiente de variação experimental; $CV_r = CV_{gp}/CV_e$ = coeficiente de variação relativa; $Gs\%$: ganho genético.

Fonte: A autora.

Existem vários fatores que podem afetar a herdabilidade, dentre eles: a característica que está sendo avaliada, a diversidade da população, o método pela qual é estimada, nível de endogamia, tamanho da amostra e precisão na condução do experimento (PIRES et al., 2011). Com isso, o coeficiente de herdabilidade está presente, quase sempre, em todas as fórmulas relacionadas com a predição de ganho genético dos métodos de melhoramento e, também, de inúmeras decisões práticas (MIRANDA, 2012).

O coeficiente de herdabilidade individual no sentido restrito (h^2_a) variou ao longo do tempo em que foi feito as duas avaliações, apresentando valores de médios à altos, conforme mostra a tabela 5.

A herdabilidade média de progênies ($h^2_{mp\%}$), nas duas avaliações, foram de magnitude alta segundo proposto por Resende (1995), mostrando ter pouca influência do meio na característica avaliada. E revelando assim também um alto controle genético para a seleção, podendo dessa forma, selecionar plantas individuais.

Conforme Moraes et al., (2015) as estimativas de herdabilidades são um dos mais importantes parâmetros genéticos, pois quantifica a fração da variação fenotípica de natureza herdável passível de ser explorada na seleção.

Outro parâmetro de grande importância é o coeficiente de determinação dos efeitos de parcela (C^2_{parcela}), pois este mede a variabilidade das parcelas dentro de cada bloco, sendo que uma estimativa acima de 10% interfere na estimativa dos parâmetros genéticos, segundo Rocha e Trugilho (2006). Assim para a característica forma do fuste, é possível afirmar que esses valores se encontram dentro do aceitável, pois foi inferior a 0,1.

A acurácia para ALT, forma de fuste e geada foram acima de 76% em todas as idades, indicando boa precisão da seleção e maior ganho genético. Resende (1995), explica que quanto maior a acurácia, maior a precisão da seleção e, logo, maior o ganho genético. Então ela representa a relação entre o valor genético verdadeiro e o estimado, o que apresentou adequado para todas as características em estudo, variando de 76% a 90%. Conforme relatado por Resende (2007) esses valores são ideais e ainda confirma que há chances de uma maior eficiência na seleção dos genótipos de interesse.

O coeficiente de variação genética aditiva individual ($CV_{gi\%}$), mostra a quantidade de variação genética entre progênies e esse parâmetro segundo o que descreve Garcia, (1989), acima de 7% considera-se alto, o mesmo considera este um parâmetro importante para programas de melhoramento vegetal, pois permite ganhos adicionais pela seleção entre e dentro de progênies. Os $CV_{gi\%}$, apresentou-se alto nesse estudo, maior que 12%, para todas as características avaliadas.

Conforme o exposto por Miranda (2012) valores das estimativas do coeficiente de variação genética dentro de progênies reforçam a hipótese da eficiência de ganhos em trabalhos de genética florestal. O coeficiente de variação genética aditiva individual ($CV_{gi\%}$) foram maiores que o genéticos entre progênies ($CV_{gp\%}$) nas duas idades avaliadas.

Quanto o coeficiente de variação experimental ($CV_{exp\%}$), para ALT e forma do fuste, obtiveram valores médios ($10\% < CV \leq 20\%$), isso sugere que tenha-se um boa precisão experimental na obtenção dos parâmetros (PIMENTEL – GOMES, 1985).

Higa (1998), avaliando *Eucalyptus dunnii* que foram atingidos por geada, aos 12, 24 e 36 meses, para as características: altura de plantas, DAP e volume de madeira, encontrou valores semelhante e até maiores (13,15% a 41,26%) que esses para coeficiente de variação experimental ($CV_{exp\%}$).

Já em relação ao coeficiente de variação relativa (CV_r), conforme Vencovsky e Barriga (1992), descrevem a relação de que quanto maior o seu valor (mais próximo de 1) maior é o controle genético das características e menor é a influência dos fatores ambientais no fenótipo. No teste os valores de (CV_r) foram valores de média e alta magnitude, tendo a característica forma do fuste o valor mais baixo nas duas idades, indicando que a mesma é que mais possa ser influenciada por fatores ambientais.

Em relação ao ganho genético ($G_s\%$), os resultados obtidos sugerem que a população em estudo pode ser considerada promissora para o programa de melhoramento genético de *Eucalyptus dunnii*, sendo possível a obtenção de ganhos expressivos via seleção.

O melhoramento genético florestal baseia-se na seleção massal e individual. O processo de seleção massal em povoamento envolve baixas intensidades (1:5 a 1:20) para transformação em Áreas de Coleta ou Áreas de Produção de Sementes (KAGEYAMA, 1980; ZOBEL, 1984). Logo a intensidade de seleção aplicada foi de 1:5 ou 20%.

4.3 CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS

Na Tabela 6 está apresentada às correlações genéticas (r_g) e fenotípicas (r_f) para as características ALT, DCG e FF para as duas idades em estudo. É de suma importância o estudo das correlações entre as características avaliadas para conhecer que tipo de mudança o melhoramento genético de um determinado caráter poderá acarretar em outros caracteres (FALCONER, 1987).

Tabela 6: Correlações genéticas aditivas (r_g) e fenotípicas (r_f) entre altura de plantas (ALT), forma do fuste (FF) e danos causados por geadas (DCG) para as idades de 07 e 14 meses.

Meses	ALT x DCG		ALT x FF		DCG x FF	
	r_g	r_f	r_g	r_f	r_g	r_f
7	0,47	0,42	-0,35	-0,46	0,03	-0,17
14	0,78	0,63	-0,67	-0,49	-0,63	-0,45

Fonte: A autora.

O que Kageyama (1980) corrobora é que correlações genéticas positivas e de alta magnitude entre características evidenciam que as mesmas podem ser consideradas como uma única característica na seleção, quando o sentido de

seleção for o mesmo, sem muito prejuízo para qualquer das características. Correlações não significativas indicam a independência entre elas. Correlações negativas altas podem prejudicar a seleção simultânea e, portanto, merecem cuidado especial na seleção.

As correlações genéticas aditivas e fenotípicas foram maiores e positivas entre ALT e DCG aos 14 meses, as demais correlações foram todas negativas. Segundo Cruz et al., (2012) quando um caráter correlaciona-se positivamente com alguns e negativamente com outros, há a indicação de se ter um cuidado adicional pois, ao selecionar um determinado caráter, podem-se provocar mudanças indesejáveis em outros.

As correlações genéticas e fenotípicas entre as variáveis, na maioria, foram fracas ($< 0,50$) e negativas, para as idades avaliadas, indicando que a seleção indireta não será uma boa alternativa e de maneira geral as variáveis avaliadas são independentes.

Tal fato, tem grande importância prática, pois pode-se propor a condução da seleção entre altura total, danos causados por geadas e forma do fuste, de forma independente, sem a preocupação da interferência de uma característica sobre a outra.

4.4 SELEÇÃO DAS MELHORES PROGÊNIES

Conforme exposto por Kageyama (1980), no Brasil os programas de melhoramento genético de *Eucalyptus* se baseiam em seleção entre e dentro de progênies de polinização aberta, fundamentando-se em medidas fenotípicas como médias de famílias e desvio do valor individual.

A seleção feita com base nos valores genéticos proporciona vantagens que vão desde a concepção dos experimentos até a seleção propriamente dita, pois permite selecionar progênies em diferentes testes de mesma idade, ou em experimentos com progênies pertencentes a várias procedências (RESENDE e HIGA, 1994).

Desse modo a tabela 7, apresenta o ranking do Selegen, com intensidade de seleção de 20%, das 32 melhores progênies baseados nos DCG.

Tabela 7: Seleção das melhores progênies de *Eucalyptus dunnii* com base em danos causados pela geada aos 14 meses.

Ordem	Progênie	Ganho	Nova Média
1 ^a	181	8,85	5,40
2 ^a	182	3,80	5,34
3 ^a	017	2,95	4,50
4 ^a	115	2,50	4,05
5 ^a	030	2,18	3,72
6 ^a	139	1,96	3,50
7 ^a	108	1,78	3,33
8 ^a	147	1,65	3,20
9 ^a	086	1,54	3,09
10 ^a	029	1,44	2,99
11 ^a	153	1,36	2,90
12 ^a	140	1,29	2,83
13 ^a	032	1,23	2,77
14 ^a	096	1,17	2,71
15 ^a	083	1,12	2,66
16 ^a	094	1,08	2,62
17 ^a	111	1,04	2,58
18 ^a	081	1,01	2,55
19 ^a	059	0,97	2,52
20 ^a	098	0,95	2,49
21 ^a	160	0,92	2,46
22 ^a	028	0,89	2,44
23 ^a	176	0,87	2,42
24 ^a	143	0,85	2,39
25 ^a	009	0,83	2,37
26 ^a	142	0,81	2,36

27 ^a	177	0,80	2,34
28 ^a	056	0,78	2,32
29 ^a	047	0,76	2,31
30 ^a	159	0,75	2,29
31 ^a	052	0,74	2,28
32 ^a	155	0,72	2,27

Fonte: A autora.

A seleção precoce se torna uma boa ferramenta e pode ser usada com grande eficiência para a seleção de caracteres de crescimento em programas de melhoramento florestal (MASSARO et al., 2010).

Analisando o resultado da tabela 7, seleção individual das 32 melhores progênies superiores classificadas pela análise, verifica-se que a grande maioria das progênies selecionadas contemplam de forma satisfatória para região de estudo, local de ocorrência à geada, apesar do teste ainda ser muito novo.

Com isso, sugere-se que em novos estudos, contínuos a esse, testem essas progênies selecionadas em diferentes níveis de espaçamentos para amenizar ainda mais o problema com os danos causados por geadas.

5 CONCLUSÕES

Foi observado que as progênies de *Eucalyptus dunnii* apresentaram alta tolerância à geada, com cerca de 54,86% das progênies com nota 1;

Alterações morfológicas ocorreram em poucas progênies, mas foram principalmente para forma do fuste e aumento da percentagem de plantas bifurcadas;

Há presença de variabilidade genética, essa variação genética entre as progênies de *E. dunnii* foi corroborada pelo fato das estimativas de $CV_{gi\%}$ serem superiores a 7% e ficarem acima do e $CV_{exp\%}$ para todos os caracteres em estudo;

As herdabilidades (h_2) foram de médias a altas para danos causados por geada, métodos simples podem ser eficientes na seleção;

Todas as variáveis, de maneira geral, apresentaram baixas correlações genéticas e fenotípicas entre si, demonstrando que a seleção indireta não é eficiente para os caracteres avaliados nessa população;

As 5 melhores progênies, dentre um raqueamento de 32, foram: 181, 182, 17, 115 e 30, apresentando potenciais para tolerância a geada, conforme mostra a Tabela 7.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. V. **Avaliação da variabilidade genética em progênes de *Myracrodruon urundeuva* (Fr. All) na baixada cuiabana.** 2011. 49f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Mato Grosso, 2011.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVAREZ, J. S.; STAPE, J. L.; FOX, T.; RUBILAR, R.; ALBAUGH, T. Estimating potential productivity of cold-tolerant *Eucalyptus benthamii* in the Southeastern US. In: IUFRO WORKING GROUP 2.08.03 IMPROVEMENT AND OF CULTURE EUCALYPTUS, 2011. Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro, 2011. CD-ROM.
- ASSIS, T. F. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. In: 3º ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3. 2015, Campinas. **Anais...** Campinas: Embrapa Florestas, 2015. p. 127-148.
- ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 9 p. 32-51, 1999.
- ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Orgs.). **Biologia Florestal**. Viçosa: Suprema, 2007, p.93-121.
- ASSIS, T. F.; RESENDE, M. D. V. Genetic improvement of forest tree species. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 1, n. 7, p. 44-49, 2011.
- ASSIS, T. F.; TEIXERA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Orgs.). **Cultura de tecidos e transformações genéticas de plantas**. Brasília: EMBRAPA, 1998. p.261-296.
- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; FILHO, D. F. S. **Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas**. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2014.
- BERTI, C. L. F. **Varição genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento e forma, em teste de progênes de polinização aberta de *Eucalyptus cloeziana*, aos 24 anos de idade em Luiz Antônio-SP.** 2010. 69f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.
- BILLARD, C. E.; LALLANA, V. H. Multiplicación in vitro de *Eucalyptus* (*E. tereticornis* Sm. x *E. camaldulensis* Dehn. Southern Form). **Silvae Genetica**, Erechim, v. 48, n. 2, p. 104-108, 1999.

- BROOKER, M. I. H.; KLEINIG, D. A. **Field guide to *Eucalyptus***. 3.ed. Melbourne: Bloomings Books, 2006. 356p.
- BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento Genético de Plantas: princípios e procedimentos**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 319p.
- CARONI, B. O.; SOUZA, V. Q.; ELOY, E.; BEHLING, A.; SCHMIDT, D.; TREVISA, R. Resistência inicial de quatro espécies arbóreas em diferentes espaçamentos após ocorrência de geada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 817-822, 2011.
- CRUZ, C. D. GENES, a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. 1.ed. Viçosa: UFV, 2005, 391p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2012. 512p.
- DOBNER JUNIOR, M.; BATISTA, K. M.; SARTÓRIO, I. P.; ARCE, J. E.; QUADROS, D. S. Crescimento e desempenho econômico de *Eucalyptus dunnii* em diferentes sítios no planalto sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 4, p. 397 - 406, 2017.
- DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. Seleção de espécies/procedências do gênero *Eucalyptus* potenciais para o semiárido do Brasil. **Ciência e Investigación Forestal- Instituto Forestal de Chile**. Petrolina, v. 13, n. 15, p. 3, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353p.
- FALCONER, D. S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1987. 279p.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. Longman: Harlow, 1996. 464p.
- FERRAZ, E. S. B.; COUTINHO, A. R. Efeitos da geada na madeira de *Eucalyptus saligna*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 3, n. 28, p. 57-62, 1984.
- FERREIRA, A. D.; SERRA, A. P.; MELOTTO, A. M.; BUNGENSTAB, D. J.; LAURA, V. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável. In: Davi José Bungenstab. (Orgs.). **Manejo das árvores e**

propriedades da madeira em sistema de ILPF com eucalipto. Brasília: Embrapa, 2012. p.121-142.

FERREIRA, F. A. **Patologia florestal: principais doenças florestais do Brasil.** Viçosa, 1989. 570p.

FLORES, T. B.; ALVARES, C. A.; SOUZA, V. C. STAPE, J. L. ***Eucalyptus no Brasil: Zoneamento climático e guia para identificação.*** Piracicaba: IPEF, 2016. 447p.

FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V.; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prática de melhoramento genético do eucalipto.** Viçosa: UFV, 2010. 200p.

FRIGOTTO, T. **Seleção de espécies/procedências e propagação vegetativa de *Eucalyptus* spp. na região norte de Santa Catarina.** 2016. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

GARCIA, C. H. **Tabela para classificação do coeficiente de variação.** Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. IPEF, 1989. 12p. (Circular Técnica 171).

HALLAUER, A. R. Evolution of plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 11, n. 3, p. 197-206, 2011.

HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; KODAMA, A. S. Efeito da poda de copa na produção de sementes de *Eucalyptus dunnii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 25 n. 43, p. 99-106, 2001.

HIGA, R. C. V. **Studies on the physiology of frost resistance in *Eucalyptus viminalis* LABILL.** Camberra: Australian National University, 1989. 111p.

HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; TREVISAN, R.; SOUZA, M. V. R. Comportamento de vinte espécies de *Eucalyptus* em área de ocorrência de geadas na região Sul do Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 42, n. 40, p. 67-76, 2000.

HIGA, R. C. V. **Avaliação e recuperação de *Eucalyptus dunnii* Maiden atingidos por geadas em Campo do Tenente, PR.** 1998. 111f. Tese (Doutorado em Silvicultura) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Anuário estatístico da indústria brasileira de árvores: ano base 2017. Brasília, 2017. 97p. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.

- IWAKIRI, S.; KEINERT JR., S.; PRATA, J. G.; ROSSO, S. Produção de painel compensado estrutural de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 363-367, 2007.
- KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. 1980. 125f. Dissertação (Mestrado em Genética), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1980.
- KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The Physiological Ecology of Woody Plants**. 1. ed., San Diego: Academic, 1991. 657p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 398p.
- LAVORANTI, O. J. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem "bootstrap" no modelo AMMI**. 2003. 166f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- MASSARO, R. A. M.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 597-609, 2010.
- MIRANDA, A. C. **Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Eucalyptus grandis***. Botucatu, 2012. 56f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.
- MOHR, H.; SCHOPFER, P. **Plant Physiology**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 629p.
- MORAES, C. B.; CARVALHO, E. V.; ZIMBACK, L.; LUZ, O. S. L.; PIERONI, G. B.; MORI, E. S.; LEAL, T. C. A. B. Variabilidade genética em progênies de meios-irmãos de eucaliptos para tolerância ao frio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 6, p.1047-1054, 2015.
- MORAES, C. B.; FREITAS, T. C. M.; PIERONI, G. B.; ZIMBACK, L.; MORI, E. S. Genetic variability in *eucalypt* for frost tolerance. In: IUFRO WORKING GROUP 2.08.03 Improvement and of culture *eucalyptus*. Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro, 2011.
- MORAES, C. B.; FREITAS, T. C. M.; PIERONI, G. B.; ZIMBACK, L.; RESENDE, M. D. V.; MORI, E. S. Estimativas dos parâmetros genéticos para seleção precoce de clones de *Eucalyptus* para região com ocorrência de geadas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 12, p. 219-227, 2014.
- MORAES, M. L. T.; MORI, E. S.; SILVA, A. M.; CANUTO, D. S. O.; SILVA, J. M.; GOMES, J. E.; AULES, D. S. Demonstração da utilização do software

Selegen – “seleção genética computadorizada” para o melhoramento de espécies perenes. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 10, n. 12, p. 120-122, 2008.

ODA, S.; MELLO, E. J.; SILVA, J. F.; SOUZA, I. C. G. Melhoramento florestal. In: BORÉM, A. **Biotecnologia Florestal**. Viçosa: UFV, 2007. p.51-71.

OLIVEIRA, L. S.; DIAS, P. C.; ALMEIDA, M. Avaliação genética do enraizamento de miniestacas de uma procedência de *Eucalyptus cloeziana*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 84, p. 391-397, 2015.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. **Considerações sobre o plantio de *Eucalyptus dunnii*, no estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 141p. (Comunicado Técnico).

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T.; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 45 p. (Documentos, 129).

PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J. B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Orgs.), **Melhoramento e Produção de Milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.217 – 265.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária Guaíba, 2002. 478p.

PIEPHO, H. P.; MOHRING, J. Computing heritability and selection response from unbalanced plant breeding trials. **Genetics**, Bethesda, v. 177, n. 3, p. 1881-1888, 2007.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Esalq), 1985. 384p.

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

PIRES, I. E.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, R. L.; RESENDE JÚNIOR, M. F. **Genética florestal**. Viçosa: Arka, 2011. 318p.

PITZ FLORIANI, M. M.; STEFFENS, C. A.; CHAVES, D. M.; AMARANTE, C. V. T.; PIKART, T. G.; RIBEIRO, M. S. Relação entre concentrações foliares de carboidratos solúveis totais e tolerância ao frio em diferentes espécies de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 165-174, 2013.

PRYOR, L. D. **The biology of eucalypts**. London: Edward, 1976. 82 p.

QUOIRIN, M.; VIEIRA, R. C. Rhizogenesis and nodule formation from callus of *Eucalyptus grandis*, and *E. grandis* x *urophylla*. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 793-798, 1995.

RESENDE, M. D. V. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 101p. (Documentos, 47).

RESENDE, M. D. V. Delineamento de experimentos de seleção para maximização da acurácia seletiva e do progresso genético. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 4, p. 479-500, 1995.

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

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**, Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 362p.

RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEN-REML/BLUP**, Colombo: Embrapa Florestas, 2002a. 45p. (Documentos 77).

RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEN-REML/BLUP**. Campo Grande: Embrapa Florestas, 2006. 299p.

RESENDE, M. D. V.; DIAS, L. A. S. Aplicação de metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos em espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 22, n. 1, p. 4452, 2000.

RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R. Estimação de valores genéticos no melhoramento de *Eucalyptus*: seleção em um caráter com base em informações do indivíduo e de seus parentes. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 28, n. 29, p.11-36, 1994.

ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito do modelo de desdobro na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 70-83, 2002.

ROCHA, M. P.; TRUGILHO, P. F. Qualidade de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e condição de umidade. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 314-321. 2006.

ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAÚJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método centróide para estudo da adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

- SAKAI, A.; LARCHER, W. **Frost survival of plants: Responses and adaptation to freezing stress**. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 321p.
- SHIMIZU, J. Y.; KAGEYAMA, P. Y.; HIGA, A. R. **Procedimentos e recomendações para estudos de progênies de essências florestais**. Curitiba: Embrapa Floresta, 1982. 33p. (Documentos 11).
- SILVA, F. P.; SILVA, M. D. D.; BRUNE, A.; ARNHOLD, A. Avaliação do desempenho inicial de procedências de *Eucalyptus tereticornis* Smith. no Vale do Rio Doce – MG. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 3, p. 270-275, 2007.
- SILVA, P. H. M.; PAULA, R. C.; MORAES, M. L. T. **Melhoramento de Populações de Eucaliptos**. Piracicaba: IPEF, 2018. 108p.
- SILVA, W. M.; MORAES, M. L. T.; PUPIN, S.; SILVA, J. M.; SEBBENN, A. M.; PAVAN, B. E. Influência do tamanho de parcelas experimentais na seleção de progênies de *E. camaldulensis* Dehnh. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 112 p. 979-986, 2016.
- SOUZA, V. Q.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; BAMBERG, R.; VIAN, A. L. Resistência de espécies arbóreas submetidas a extremos climáticos de geada em diferentes sistemas agroflorestais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 972-977, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2013. 954 p.
- THINLEY, C.; PALMER, G.; VANCLAY, J. K.; HENSON, M. Spiral and interlocking grain in *Eucalyptus dunnii*. **European Journal of Wood and Wood Products**, Berlim, v. 63, n. 5, p. 372-379, 2005.
- TOLFO, A. L. T.; PAULA, R. C.; BONINE, C. A. V.; BASSA, A.; VALLE, C. F. Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira em clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 31, n. 67, p. 101-110, 2005.
- TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; PÁDUA, F. A.; SORAGI, L. C.; ANDRADE, C. R. Deformação residual longitudinal (DRL) e tangencial (DRT) em seis clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 279-286, 2006.
- TURNBULL, J. W.; ELDRIDGE, K. G. The natural environment of *Eucalyptus* as the basis for selecting frost resistance species. In: COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LES *EUCALYPTUS* RESISTANTS AU FROID, 1983, Bordeaux. **Anais...** Bordeaux: IUFRO, 1983. p. 43-62.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 416p.

VIEIRA, A. R. R.; FEISTAUER, D.; SILVA, V. P. Adaptação de espécies arbóreas nativas em um sistema agrossilvipastoril, submetidas a extremos climáticos de geada na região de Florianópolis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 627-634, 2003.

WHITE, T. L.; ADAMS, W. T.; NEALE, D. B. **Forest genetics**. Wallingford: CABI, 2007. 704p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 2009. 272p.

ZOBEL, B. **Applied forest tree improvement**. New York, John Wiley, 1984. 505p.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales**. C.V. México: Editorial Limusa S.A., 1994. 545p.