

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDREA CHIZZOTTI CUSATIS

MELHORAMENTO GENÉTICO E SILVICULTURAL DE *Cedrela fissilis* VELL.

CURITIBA

2014

ANDREA CHIZZOTTI CUSATIS

MELHORAMENTO GENÉTICO E SILVICULTURAL DE *Cedrela fissilis* VELL.

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Engenharia Florestal, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Ph.D. Antonio Rioyei Higa
Co-orientadores: Prof.Dr. Diego Tyszka Martinez e
Profa. Dra. Luciana Duque Silva

CURITIBA

2014

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Cusatis, Andrea Chizzotti
Melhoramento genético e silvicultural de *Cedrela fissilis* vell. / Andrea
Chizzotti Cusatis. – 2014
166 f. : il.

Orientador: Prof. Ph.D. Antonio Rioyei Higa
Coorientador: Prof. Dr. Diego Tyszka Martinez
Profa. Dra. Luciana Duque Silva

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências
Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa:
Curitiba, 27/02/2014.

Área de concentração: Silvicultura

1. Meliaceae. 2. Seleção de plantas - Melhoramento genético. 3. Meliaceae –
Cultivo. 4. Cultivo consorciado. 5. Teses. I. Higa, Antonio Rioyei. II. Martinez,
Diego Tyszka. III. Silva, Luciana Duque. IV. Universidade Federal do Paraná,
Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9
CDU – 634.0.165.3



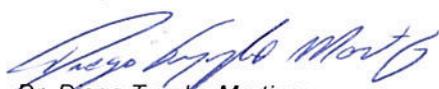
Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER
Defesa n.º. 1014

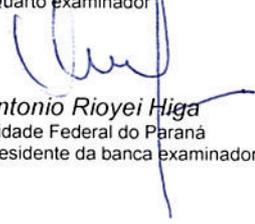
A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir o(a) doutorando(a) *Andrea Chizzotti Cusatis* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**MELHORAMENTO GENÉTICO E SILVICULTURAL DE *Cedrela fissilis VELL.***", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em SILVICULTURA.


Dr. João Carlos Bepalhok Filho
Universidade Federal do Paraná
Primeiro examinador


Dr. Ricardo Augusto de Oliveira
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador


Dr. Diego Tyszka Martinez
Universidade Federal de Mato Grosso
Terceiro examinador


Dr. Guilherme Schnell e Schühli
Embrapa Florestas
Quarto examinador


Dr. Antonio Rioyei Higa
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 27 de fevereiro de 2014.


Antonio Carlos Batista

Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Ao meu pai, Cesar Cusatis,
À minha mãe, Vera Maria Chizzotti Cusatis,
Ao meu irmão, Bruno Chizzotti Cusatis,
À minha recém-chegada sobrinha, Ana Clara Gonzalez Cusatis,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Ph.D. Antonio Rioyei Higa que acreditou em mim mesmo quando eu titubeei. Que investiu em uma ideia que durante os quatro anos eu ouvi como sendo o “sonho de todo engenheiro florestal”. Atribuo a ele o mérito da pesquisa com uma espécie nativa de madeira nobre. Que dispôs de recursos e contatos tornar a pesquisa viável e aprazível.

Aos meus co-orientadores, Prof. Dr. Diego Tyszka Martinez e Profa. Dra. Luciana Duque Silva, que não permitiram que a distância fosse empecilho para meu aprendizado. O Prof. Dr. Diego que perseverou a me ensinar e exercitou as habilidades de um verdadeiro mestre digno e generoso. A Profa. Dra. Luciana, também mentora da pesquisa, por confiar a mim a oportunidade.

Aos membros da banca, Prof. Dr. João Bessalho Filho, Prof. Dr. Ricardo Augusto de Oliveira, Prof. Dr. Diego Tyszka Martinez, Dr. Guilherme Schnell e Schühli, que gentilmente colaboraram e compartilharam com sabedoria seus conhecimentos.

À empresa Battistella Florestal, em especial ao Ulisses Ribas Jr., um nobre anfitrião que também acreditou na domesticação do cedro-rosa. Dispondo de cerca de 20 hectares dos talhões de pinus para instalação de experimentos, da equipe de pesquisa e monitoramento, contribuindo com discussões calorosas ao meu aprendizado.

Ao agrônomo Diego Fernando Roters e à engenheira florestal Fernanda Silveira pela cuidadosa e incansável atenção e presença em todos os detalhes e momentos no trabalho em campo e levantamento de informações na empresa. Ao Alexandre Murilo Corrêa (Chuchu) e Diego pela paciente elaboração dos mapas. À equipe de pesquisa: Rafael Preisler, Antonio Ramos dos Santos (Grandão), Cristiano Martins (Kiko), José Lucindo Martins (Purungo), Mauro Ruthes e Adriano pela valiosa e didática contribuição nos levantamentos de campo.

Ao Fabrício Antonio Biernaski precursor desta pesquisa com cedro-rosa. Por ter instalado os experimentos em campo e gerado cuidadoso, detalhado e incólume registros destes.

Ao gerente financeiro da Battistella Florestal, Jorge Marcos Pereira, entusiasta do trabalho, contribuiu para sensibilizar-me sobre a viabilidade econômica da produção de madeira nobre.

À Valor Florestal, atual gestora das fazendas onde estão situados os experimentos, por disponibilizar a equipe para a conclusão do trabalho.

Ao Prof. Dr. Cesar Augusto Taconeli que me abriu as portas do Laboratório de Estatística Aplicada LEA/UFPR e atendeu pacientemente minhas infindáveis dúvidas. Aos pesquisadores da Embrapa Florestas, Dr. José Alfredo Sturion e Dr. Osmir José Lavoranti que compreenderam minhas limitações e indicaram uma alternativa quando eu não mais enxergava.

Aos meus colegas de doutorado, Paulo André Trazzi e Mário Dobner Jr., por serem fonte de inspiração. Ao Paulo por ter sido referência de cooperação, alegria e superação. Ao Mário pela devoção ao trabalho e objetivos. Ambos por me ensinarem autoconfiança. Pela amizade e por me apoiarem nos momentos difíceis, cada um a sua maneira, a perseverar no caminho.

À Angela Cristina Ikeda pelo companheirismo. Por não medir esforços ora a me apoiar ora ao trabalho. Pelo doce sorriso, sábias palavras e ombro amigo.

À Carmen da Luz Ceccon pela singela e carinhosa presença do dia ou da noite.

Aos alunos do LAMEF: Sérgio Haliski, Marina Gilaverte, José Vicente Mendes Carneiro, Luana Goularte, Daniel Strozzi Soares, Flávia Tussulini, Jessica Tosato, Henrique Cronthal Moro, João Ricardo Kotovisz, Thiago Wendling Gonçalves de Oliveira, Karina Koguta, Melrian Schetz, Vanessa Ishibashi, Jéssica Jasper Furlan e família, Felipe Schumacher Sant'Anna, Lucas Abreu, Roberto Resende Lisboa Piassetta, Marieli Sabrina Ruza, Heloisa Pscheidt, Renata Aguayo Lopes, Michelle Marchand, entre outros, pelo apoio e disposição. Que desde mensuração em campo à maceração de folhas para extração de DNA, contribuíram

sobremaneira na redução da escala do trabalho. Pelas práticas diárias de aprendizado, humildade, tolerância e bom humor.

Ao Denis Uezu funcionário da Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira/UFPR pela eficiência e cordialidade no trabalho de revisão das referências e pronto atendimento às dúvidas quanto à formatação da tese.

À Pós-Graduação em Engenharia Florestal/UFPR e a CAPES pela oportunidade, e aos brasileiros por prover a bolsa de estudos.

À Soyen C. S. Amaral, fiel amiga e terapeuta, maga do inconsciente, por iluminar o caminho, ajudar a me entender, quando eu mesma não mais conseguia. Ao amigo Carlos Firkowski por tantos anos de parceria, estímulo, dedicação e coincidências.

À minha família pelo amor incondicional. Meu incansável pai, Cesar, pela força e inspiração. Minha mãe, Vera, pelo carinhoso, irrestrito e leal companheirismo. Ao meu corajoso irmão, Bruno, imagem de persistência e tolerância. À minha cunhada, Núbia, por proporcionar a alegria e perpetuidade à família.

A todos que participaram da minha história. Que propiciaram férteis experiências para que eu acreditasse cada dia mais, e continuo acreditando, no potencial de uso das espécies florestais nativas, como solução à conservação, entre outros desafios do mundo moderno.

A Grande Força que por inúmeras vezes me provou sua existência, proporcionando meu crescimento, quando eu A aceitava. A me ensinar principalmente o tempo certo.

Minha profunda gratidão a todos.

RESUMO

Cedrela fissilis Vell., cedro-rosa, esteve entre as três principais espécies madeireiras do neotrópico em função de seu alto valor comercial que gerou renda a economias locais e nacionais. A silvicultura da espécie encontra desafios como os danos provocados por *Hypsipyla grandella* e a susceptibilidade à geada, na Região Sul do Brasil. O melhoramento genético e a compreensão da autoecologia de *C. fissilis* em Floresta Obrófila Mista podem contribuir à superação destes problemas e, conseqüentemente, à sua domesticação. O objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade genética, selecionar genótipos superiores quanto à sobrevivência e crescimento e propor diretrizes para o cultivo de *C. fissilis* consorciada com *Pinus taeda*. Para tanto, foi avaliado um teste de progênies com 48 matrizes de *C. fissilis* consorciado com *P. taeda*, aos 43 meses de idade, plantado em Rio Negrinho/SC. As Análises de Deviance, estimadas por meio da máxima verossimilhança restrita (REML), *software* Selegen, determinaram que o material genético compõe uma única população e os valores genéticos de sobrevivência, diâmetro de colo e altura entre progênies apresentaram diferenças significativas. Para a produção de sementes voltadas à restauração florestal foi proposta a formação de um Pomar de Sementes por Mudanças com ganho predito de 2% em sobrevivência, estimados via melhor predição linear não viciada (BLUP), e tamanho efetivo populacional de 78. Para a produção de sementes melhoradas em crescimento, foi proposta a formação de um Pomar Clonal composto por 15 genótipos, com ganhos preditos de 4% em sobrevivência e 18% em diâmetro. Quatro experimentos silviculturais testaram: 37 e 67 árvores por hectare de cedro-rosa em clareiras de 10 e 25 m², presença e ausência inicial de cobertura com *P. taeda*. Foram avaliados a sobrevivência, diâmetro do colo, altura e bifurcação, aos 31, 38 e 49 meses de idade. O melhor estimador linear não viciado (BLUE) determinou que as clareiras de 10 m² propiciaram maior crescimento de *C. fissilis* em três experimentos. A cobertura de *P. taeda* foi positiva para sobrevivência e indiferente para crescimento. A ausência de danos de *H. grandella* indicou o potencial de prevenção dos modelos testados. Os resultados obtidos indicaram o potencial de *C. fissilis* à domesticação na região de Rio Negrinho.

Palavras-chave: Cedro-rosa. Meliaceae. Domesticação. Espécie nativa. Geada. *Hypsipyla grandella*. Modelos lineares mistos. Desbalanceamento.

***Cedrela fissilis* VELL. GENETIC IMPROVEMENT AND FORESTRY**

ABSTRACT

Cedrela fissilis Vell., cedro-rosa, was among the three main timber species in the Neotropics due to its high commercial value that generated income for local and national economies. Forestry of the species meets challenges, like damages caused by *Hypsipyla grandella* and its susceptibility to frost in the Southern Brazil. Genetic improvement and the understanding of *C. fissilis* autoecology in Araucaria Forest can contribute to solve these problems and, consequently, to its domestication. The objective of this work was to analyze the genetic variability, select superior genotypes for survival and growth and to propose guidelines for the cultivation of *C. fissilis* intercropped with *P. taeda*. Therefore, we evaluated a *C. fissilis* progeny test with 48 families intercropped with *P. taeda*, at the age of 43 months, in Rio Negrinho/SC. The Analyzes of Deviance, estimated by the restricted maximum likelihood (REML), Selegen software, determined that the genetic material comprises a single population and that the genetic survival values, like stem diameter and height between progenies, showed significant differences. A seed orchard was proposed to produce seeds to be used in forest restoration, with a predicted survival gain of 2 %, estimated by best linear unbiased prediction (BLUP), and effective population size of 78. For the production of seeds with improved growth characteristics, a clonal orchard was proposed, composed by 15 genotypes, with predicted gains of 4 % for survival and 18 % for diameter. Four forestry experiments were installed as follows: 37 and 67 trees per hectare of cedro-rosa in gaps of 10 and 25 m², with and without initial coverage of *P. taeda*. The following variables were evaluated: survival, stem diameter, height and fork at the ages of 31, 38 and 49 months. The best linear unbiased estimator (BLUE) determined that gaps of 10 m² provided better growth of *C. fissilis* in three experiments. The covering of *P. taeda* was positive for survival and indifferent to growth. The absence of damages by *H. grandella* indicated the prevention potential of the tested models. Results indicated the potential of *C. fissilis* for domestication in the Rio Negrinho region.

Keywords: Cedro-rosa. Meliaceae. Domestication. Native species. Frost. *Hypsipyla grandella*. Linear mixed models. Unbalance.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DE <i>C. fissilis</i> NO BRASIL.....	18
FIGURA 1 -	LOCALIZAÇÃO DE 28 MATRIZES, DENTRE AS 48 SELECIONADAS, NA DIVISA DOS ESTADOS DO PARANÁ E SANTA CATARINA	60
FIGURA 2 -	LOCALIZAÇÃO DOS OITO BLOCOS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> , FAZ. RIO DO SALTO, RIO NEGRINHO, SANTA CATARINA, BRASIL.....	61
FIGURA 3 -	COLETA DE DADOS EM MATRIZES E TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> , RIO NEGRINHO/SC E REGIÃO	64
FIGURA 1 -	LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS UM E DOIS, FAZ. RIO FEIO, E TRÊS E QUATRO, FAZ. RIO DA VEADA, RIO NEGRINHO, SANTA CATARINA, BRASIL...	109
FIGURA 2 -	CROQUI DO EXPERIMENTO DOIS, PLANTIO CONSORCIADO COM 67 ARV.HA ⁻¹ DE <i>C. fissilis</i> COM <i>P. taeda</i> , INICIALMENTE A CÉU ABERTO, FAZ. RIO FEIO, RIO NEGRINHO/SC.....	111
FIGURA 3 -	COLETA DE DADOS DOS QUATRO EXPERIMENTOS DE <i>C. fissilis</i> CONSORCIADOS COM <i>P. taeda</i> , RIO NEGRINHO/SC	113

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 -	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (MM) (COLUNAS), TEMPERATURA MÉDIA (LINHA), TEMPERATURAS MÍNIMA E MÁXIMA (LINHAS PONTILHADAS) (°C): VALORES MÉDIOS MENSIS ENTRE 1970-2011, RIO NEGRINHO/SC	107
GRÁFICO 2 -	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (MM) (COLUNAS), TEMPERATURA MÉDIA (LINHA), TEMPERATURAS MÍNIMA E MÁXIMA (LINHAS PONTILHADAS) (°C): VALORES MÉDIOS MENSIS ENTRE 2008-2011, RIO NEGRINHO/SC.....	107
GRÁFICO 3 -	NÚMERO DE DIAS COM INCIDÊNCIA DE GEADAS ENTRE 2008-2011, RIO NEGRINHO/SC.....	108
GRÁFICO 4 -	GRÁFICOS DA TAXA DE SOBREVIVÊNCIA (%) EM DOIS TAMANHOS DE CLAREIRA, 10 E 25 m ² , DOS QUATRO EXPERIMENTOS DE <i>C. fissilis</i> CONSORCIADOS COM <i>P. taeda</i> , RIO NEGRINHO/SC	125
GRÁFICO 5 -	GRÁFICOS DA TAXA DE BIFURCAÇÃO (%) EM DOIS TAMANHOS DE CLAREIRA, 10 E 25 m ² , DOS QUATRO EXPERIMENTOS DE <i>C. fissilis</i> CONSORCIADOS COM <i>P. taeda</i> , RIO NEGRINHO/SC	126
GRÁFICO 6 -	GRÁFICOS DO DIÂMETRO DE COLO EM DOIS TAMANHOS DE CLAREIRA, 10 E 25 m ² , DOS QUATRO EXPERIMENTOS DE <i>C. fissilis</i> CONSORCIADOS COM <i>P. taeda</i> , RIO NEGRINHO/SC	129
GRÁFICO 7 -	GRÁFICOS DE ALTURA EM DOIS TAMANHOS DE CLAREIRAS DE 10 E 25 m ² DOS QUATRO EXPERIMENTOS DE <i>C. fissilis</i> CONSORCIADOS COM <i>P. taeda</i> , RIO NEGRINHO/SC	130

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	NÚMERO DE SEMENTES POR QUILO DE <i>C. fissilis</i> EM DIFERENTES ESTUDOS	21
TABELA 1 -	ALTITUDE MÉDIA DAS MATRIZES DE <i>C. fissilis</i> LOCALIZADAS NOS TRÊS GRUPOS DELIMITADOS ESPACIALMENTE, DISTRIBUÍDAS ENTRE OS ESTADOS DO PARANÁ E SANTA CATARINA	65
TABELA 2 -	CLASSIFICAÇÃO DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO	69
TABELA 3 -	VALORES FENOTÍPICOS DE NOVE VARIÁVEIS NAS TRÊS PROCEDÊNCIAS PROPOSTAS TOTALIZANDO 33 PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC.....	73
TABELA 4 -	RESULTADO DAS ANÁLISES DE DEVIANCE (ANADEVs) ÀS PROCEDÊNCIAS PROPOSTAS DE <i>C. fissilis</i> EM TESTE DE PROGÊNIES, EM RIO NEGRINHO/SC.	74
TABELA 5 -	RESULTADOS DAS ANÁLISES DE DEVIANCE (ANADEVs) PARA 48 PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC.....	79
TABELA 6 -	PARÂMETROS GENÉTICOS DOS CARACTERES SILVICULTURAIS DE <i>C. fissilis</i> EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC	81
TABELA 7 -	MATRIZ DA CORRELAÇÃO FENOTÍPICA E GENÉTICA ENTRE CARACTERES DE <i>C. fissilis</i> EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC	86
TABELA 8 -	GANHO EM SOBREVIVÊNCIA EM FUNÇÃO DA SELEÇÃO ENTRE E DENTRO DE PROGÊNIES (F) PARA FORMAÇÃO DO POMAR DE SEMENTES POR MUDAS A PARTIR DE TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> , EM RIO NEGRINHO/SC	89
TABELA 9 -	ORDENAMENTO DOS EFEITOS GENÉTICOS ADITIVOS ESTIMADOS POR BLUP PARA SOBREVIVÊNCIA E DIÂMETRO E ÍNDICE MULTIEFEITO PARA DIÂMETRO, DE 25 INDIVÍDUOS SUPERIORES DE <i>C. fissilis</i> EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC.....	92
TABELA 10 -	ESTIMATIVA DE GANHO EM NÍVEIS INDEPENDENTES DE ELIMINAÇÃO ENTRE BLUP SOBREVIVÊNCIA, ÍNDICE MULTIEFEITO PARA DIÂMETRO E BLUP DIÂMETRO EM DIFERENTES INTENSIDADES EM TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> , RIO NEGRINHO/SC	93
TABELA 1 -	CARACTERÍSTICAS DOS QUATRO EXPERIMENTOS CONSORCIADOS DE <i>P. taeda</i> E <i>C. fissilis</i> , RIO NEGRINHO/SC.....	110
TABELA 2 -	RESULTADO DAS ANÁLISES FÍSICAS ¹ DE AMOSTRAS COMPOSTAS DE SOLOS, EM DUAS PROFUNDIDADES DIFERENTES, DOS QUATRO EXPERIMENTOS CONSORCIADOS DE <i>C. fissilis</i> COM <i>P. taeda</i> , RIO NEGRINHO/SC	114
TABELA 3 -	RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS ¹ DE AMOSTRAS COMPOSTAS DE SOLOS, EM DUAS PROFUNDIDADES DIFERENTES, DOS QUATRO EXPERIMENTOS CONSORCIADOS DE <i>C. fissilis</i> COM <i>P. taeda</i> , RIO NEGRINHO/SC.....	115
TABELA 4 -	RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS ¹ DE AMOSTRAS COMPOSTAS DE SOLOS, EM DUAS PROFUNDIDADES DIFERENTES, DOS QUATRO EXPERIMENTOS CONSORCIADOS DE <i>C. fissilis</i> COM <i>P. taeda</i> , RIO NEGRINHO/SC.....	116

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 MELIACEAE	15
2.1.1 <i>Cedrela fissilis</i>	16
2.2 SILVICULTURA DE MELIACEAES	24
2.2.1 Silvicultura de <i>Cedrela fissilis</i>	31
2.2.2 Resistência e tolerância à <i>Hypsipyla grandella</i>	34
2.3 TESTES GENÉTICOS	38
2.4 ANÁLISES GENÉTICAS	41
REFERÊNCIAS	45
SELEÇÃO PRECOCE DE <i>Cedrela fissilis</i> (VELL.) PARA CONSERVAÇÃO E PRODUÇÃO NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA	55
1 INTRODUÇÃO	57
2 MATERIAL E MÉTODOS	60
2.1 COLETA DE DADOS	60
2.2 ANÁLISE DEVIANCE	65
2.3 CORRELAÇÕES	69
2.4 ÍNDICES DE SELEÇÃO	70
2.5 TAMANHO EFETIVO POPULACIONAL	71
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
3.1 ANÁLISE DE DEVIANCE DE PROCEDÊNCIA	73
3.2 ANÁLISE DE DEVIANCE DE PROGÊNIES	78
3.3 ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS GENÉTICOS	80
3.4 CORRELAÇÕES	85
3.5 TAMANHO EFETIVO POPULACIONAL	87
3.6 SELEÇÃO	88
4 CONCLUSÕES	95
REFERÊNCIAS	96
MODELOS SILVICULTURAIS CONSORCIADOS DE <i>Cedrela fissilis</i> VELL. E <i>Pinus taeda</i> L.	102
1 INTRODUÇÃO	104

2 MATERIAL E MÉTODOS	106
2.1 ÁREA DE ESTUDO	106
2.2 ÁREA EXPERIMENTAL	108
2.3 ANÁLISE DE DADOS	117
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	120
3.1 EFEITO DO TAMANHO DA CLAREIRA (10 E 25 M ²) EM CONSÓRCIO DE 37 ARV.HA ⁻¹ DE <i>C. fissilis</i> Á CÉU ABERTO COM <i>P. taeda</i>	120
3.2 EFEITO DO TAMANHO DA CLAREIRA (10 E 25 M ²) EM CONSÓRCIO DE 67 ARV.HA ⁻¹ DE <i>C. fissilis</i> Á CÉU ABERTO COM <i>P. taeda</i>	121
3.3 EFEITO DO TAMANHO DA CLAREIRA (10 E 25 M ²) EM CONSÓRCIO DE 37 ARV.HA ⁻¹ DE <i>C. fissilis</i> SOB COBERTURA DE <i>P. taeda</i>	122
3.4 EFEITO DO TAMANHO DA CLAREIRA (10 E 25 M ²) EM CONSÓRCIO DE 67 ARV.HA ⁻¹ DE <i>C. fissilis</i> SOB COBERTURA DE <i>P. taeda</i>	123
3.5 SOBREVIVÊNCIA E BIFURCAÇÃO	124
3.6 DIÂMETRO E ALTURA	128
4 CONCLUSÕES	133
REFERÊNCIAS	134
CONSIDERAÇÕES FINAIS	138
APÊNDICES	141
ANEXOS	160

1 INTRODUÇÃO

Por mais de um século a família Meliaceae foi considerada o pilar do desenvolvimento florestal na América Latina. Dentre as três principais espécies estava *Cedrela fissilis* Vellozo, cedro-rosa, precedida por *Swietenia macrophylla* King e *Cedrela odorata* Linnaeus. T tamanha importância levou especialistas mundiais em recursos genéticos florestais indicar à *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) a promover ações voltadas à conservação e uso sustentável destas, em 1995 (PATIÑO, 1997).

Atualmente, no Brasil, o uso sustentável destas, entre outras espécies nativas, pode gerar uma nova perspectiva de crescimento nas áreas de silvicultura, meio ambiente e industrial madeireira (FRANCK FILHO, 2005). Mais ainda, podem corroborar com os projetos de restauração da Reserva Legal, em conformidade com o Novo Código Florestal (BRASIL, 2012).

A restauração da Reserva Legal com florestas produtivas pode contribuir indiretamente para redução das emissões pelo desmatamento, promover a fixação de carbono e, quando economicamente viável, gerar substituição do uso do solo. Esta estratégia de manejo florestal sustentável enquadra-se nas propostas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas recomendadas pela FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2013). Contudo, quando se trata das espécies florestais nativas, tal perspectiva têm entre seus desafios o domínio dos conhecimentos genéticos e silvicultais.

No tocante da genética um relevante aspecto é a baixa diversidade das mudas utilizadas na restauração florestal (BRANCALION *et al.*, 2010), bem como, a contaminação genética com sementes oriundas de outras regiões geográficas (DURIGAN *et al.*, 2010). Aliados a estes, no caso de *C. fissilis*, outra preocupação é o risco de extinção da espécie (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES, 2013), enfatizando a importância do seu conhecimento e conservação.

Quanto o aspecto silvicultural, as limitações da produção de espécies nativas, começam na quantidade e qualidade das mudas, assim como a variedade disponível (SANTARELLI, 2004; HIGA, DUQUE SILVA, 2006). E se estendem ao plantio, como tipos de consórcio, composição de espécies, espaçamento, tempo de

desbaste, entre outros. Para superação destes a compreensão da autoecologia da espécie pode contribuir na definição das recomendações silviculturais.

No caso de *C. fissilis* a indicação silvicultural é de plantios mistos para diferentes regiões do país (ANDRADE, 1957; INOUE, 1977; CARVALHO, 1994; CARVALHO, 2003). Povoamentos puros, a pleno sol, são desaconselhados devido à acentuada vulnerabilidade ao ataque de *Hypsipyla grandella* Zeller, a broca das meliáceas, que danifica a gema apical e a formação do fuste (CARVALHO, 1994). Outro aspecto que enfatiza a importância dos plantios mistos com cedro-rosa é a susceptibilidade a geadas dos povoamentos novos, estratégia que promove a mitigação dos danos (INOUE, 1972; CARVALHO, 1981; 1982).

Contudo, os programas de melhoramento genético e as recomendações silviculturais de *C. fissilis* são poucos. Não são encontrados na literatura com a mesma frequência que outras meliáceas de importância econômica. Portanto, acredita-se que pesquisas voltadas ao melhoramento genético e à silvicultura de *C. fissilis*, podem contribuir para viabilizar a domesticação da espécie. O uso de genótipos adaptados e com crescimento vigoroso aliado a práticas silviculturais adequadas pode corroborar para viabilizar o uso comercial de *C. fissilis* e gerar benefícios sociais, ambientais e econômicos estáveis e duradouros.

Os principais objetivos do trabalho foram avaliar a variabilidade genética, propor a seleção precoce e estimar a sobrevivência e o crescimento de *C. fissilis* em experimentos consorciados com *P. taeda* na região de Rio Negrinho/SC.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MELIACEAE

Na língua inglesa o nome atribuído ao mogno e o grupo de meliáceas com propriedades semelhantes é *mahogany*. A etimologia desta deriva de *M'oganwo* que significa “um grupo de objetos de grande altura” termo introduzido no Caribe por escravos nigerianos (LAMB, 1966).

Na década de mil novecentos e noventa, a família Meliaceae, era encontrada nas Américas, África e Ásia, incluía 50 gêneros e 200 espécies (WATSON; FALLWIS¹, 1995, *apud* PATIÑO, 1997). No Neotrópico oito gêneros foram descritos: *Cabralea*, *Carapa*, *Cedrela*, *Guarea*, *Ruegea*, *Schmardea*, *Swietenia* e *Trichilia*, sendo *Swietenia* e *Cedrela* os mais importantes do ponto de vista florestal (HOLDRIDGE; POVEDA, 1975; PENNINGTON; STYLES, 1975; PENNINGTON, 1981).

Os principais avanços nas pesquisas com meliáceas foram realizados com o mogno, *Swietenia macrophylla*, considerado dentre as espécies tropicais uma das mais valiosas no mercado internacional. Destacam-se as pesquisas desenvolvidas nos anos 1970 no Centro Agronômico Tropical de Investigação e Ensino (CATIE), Costa Rica, voltadas ao cultivo de mogno e seu principal desafio silvicultural, a broca das meliáceas, *Hypsipyla grandella* (PATIÑO, 1997).

Outro momento que estimulou pesquisas sobre a ecologia de mogno em floresta natural foi sua inclusão no Apêndice III da *Convention on International Trade in Endangered Species* - CITES (PATIÑO, 1997). Apesar das pesquisas daquelas décadas terem gerado poucos resultados práticos, foram encontradas nos mais diferentes países evidências do potencial econômico de *S. macrophylla*. Mais ainda, acreditava-se que plantios em escala comercial, poderiam colaborar à demanda futura da madeira de mogno, além da possibilidade de redução da pressão sobre a floresta natural (MAYHEW; NEWTON, 1998).

O gênero *Cedrela* foi descrito por P. Browne em 1756 (PATIÑO, 1997). Desde então, 69 espécies foram inseridas neste gênero, incluindo espécies das

¹ WATSON, L.; FALLWITZ, M. J. **The families of flowering plants: descriptions and illustrations.** 1995.

Américas, Índia, Sudeste da Ásia e Australásia. Em 1960, Smith realizou a descrição do gênero e reclassificou as espécies da Ásia e da Australásia no gênero *Toona*, deixando o gênero *Cedrela* com apenas nove espécies, todas ocorrendo nas Américas (LAMB, 1968).

Recentemente, 17 espécies Neotropicais do gênero *Cedrela* foram estudadas quanto à variabilidade por marcadores genéticos. Os autores afirmam ter encontrado distinção genética para quatro novas espécies (MUELLNER; PENNINGTON; CHASE, 2009). Havendo, portanto possibilidade de novos arranjos dentro do gênero *Cedrela*.

Em 1981, Styles e Germán revisaram o gênero e reconheceram sete espécies: *C. fissilis* Vellozo; *C. lilloi* C. de Candolle; *C. montana* Moritz ex Turczaninov; *C. oaxacensis* C. de Candolle e Rose; *C. odorata* Linnaeus; *C. salvadorensis* Standley e *C. tonduzii* C. de Candolle (PATIÑO, 1997). Notas científicas registraram a existência de um híbrido natural resultado do cruzamento de *C. odorata* L. e *C. cubensis* (Bissé), que segundo Marquetti (1990), demonstra heterose para crescimento.

No Brasil, ocorrem três espécies do gênero: *C. lilloi*, apenas no Sul do Brasil, *Cedrela fissilis* e *C. odorata* (sinônimo: *Cedrela angustifolia*) principalmente na Região Amazônica (CARVALHO, 2003). *C. fissilis* distingue-se de *C. odorata* particularmente pela forma do cálice e forma, número e nervação dos folíolos (AMARAL², 1981, *apud* CARVALHO, 2003).

2.1.1 *Cedrela fissilis*

A taxonomia de *C. fissilis*, segundo o Sistema de Classificação de Cronquist, enquadra-se na divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Sapindales, família Meliaceae e subfamília Swietenioideae (STYLES, 1981; CARVALHO, 2003).

As sinonímias botânicas atribuídas à *C. fissilis* até então foram: *Surenus fissilis* (Vell.) Kuntze, *Cedrela brasiliensis* Adr. Jussieu, *Cedrela brunellioides* Rusby, *Cedrela huberi* Ducke, *Cedrela macrocarpa* Ducke, *Cedrela regnelli* C. DC., *Cedrela tubiflora* Bertoni, *Cedrela pilgeri* C. DC., *Cedrela pachyrhachis* C. DC., *Cedrela*

² AMARAL, L. G. **Meliaceae**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1981. 56p. (Flora do Estado de Goiás. Publicação, 37).

longiflora C. DC., *Cedrela hirsuta* C. DC., *Cedrela elliptica* Rizzini & Heringer, *Cedrela barbata* C. DC. e *Cedrela alliacea* Ducke (KLEIN, 1984; CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA – CNCFLORA, 2012).

A etimologia explica que *Cedrela* deriva de *Cedrus* porque o perfume da árvore rescende ao legítimo cedro. Do grego *kedros* que procede de *keein*, *kaiein* (queimar, perfumar, purificar), uma vez que o lenho do cedro é usado para perfumar ambientes; *fissilis* do latim, que pode ser fendido, fácil de rachar (KLEIN, 1984).

O nome popular da espécie no Brasil varia conforme a região: acaiacá; acaiacatinga; acajá-catinga; acajatinga; acaju; acaju-caatinga; capiúva; cedrinho (PR); cedro-amarelo (BA, RJ, SP); cedro-batata (BA, SC); cedro-branco (GO, MG, RS); cedro-branco-batata, cedro-fofo, cedro-rosado, cedro-de-carangola e cedro-dorrio (BA); cedro-cetim; cedro-diamantina; cedro-rosa (MS, RJ, SC, SP); cedro-roxo (PA); cedro-verdadeiro (AL, BA); cedro-vermelho (BA, ES); cedro-da-bahia; cedro-da-várzea; cedro-do-campo; iacaiacá; ygari (madeira que flutua) (CNCFLORA, 2012).

Ocorre naturalmente na América Central e do Sul, a exceção do Chile, da Costa Rica (12° N) ao sul do Brasil, no Rio Grande do Sul (33° S); o limite norte do Brasil se dá no Pará (1° S) (STYLES, 1981; CARVALHO, 2003). No Brasil cedro-rosa compõe o Cerrado (*lato sensu*), Floresta de Terra Firme, Floresta Estacional Decidual e Semidecidual, e a Floresta Ombrófila (PENNINGTON, 1981; KLEIN, 1984; STEFANO; CALAZANS; SAKURAGUI, 2013). A espécie ocorre em 19 estados brasileiros, e no Distrito Federal (FIGURA 1), abrangendo uma extensão de ocorrência de 6.644.938,861 km² e área de ocupação de 1.184 km² (CNCFLORA, 2012).

Cedro-rosa é particularmente mais frequente nas regiões sul e sudeste do país (CNCFLORA, 2012). Concentra-se expressivamente nas formações florestais do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (KLEIN, 1984). Na Floresta Ombrófila Mista cedro-rosa é comum nas formações aluvial, submontana, montana e alto Montana, ocupa o estrato superior da floresta (CARVALHO, 2003).

A espécie ocorre em baixa densidade, uma árvore em 10 hectares, em floresta primária e em grande abundância entre a vegetação secundária (GANDARA, 1996). Em florestas nativas do sul do Brasil, Carvalho (2003) apresenta números mais restritos de densidade, variando de uma a três árvores por hectare. O autor defende que estes números são um equilíbrio da interação com a *H. grandella* e a demanda oportunista da espécie por clareiras para desenvolver-se plenamente.

Em contrapartida, em Missiones, Argentina, um levantamento registrou 11 a 43 exemplares por hectare de cedro-rosa (MARTINEZ-CROVETTO, 1963). Não se descarta a possibilidade do corte seletivo ao longo do tempo reduzir as estimativas em algumas localidades. Como também regulações climáticas como a incidência e intensidade de geadas.

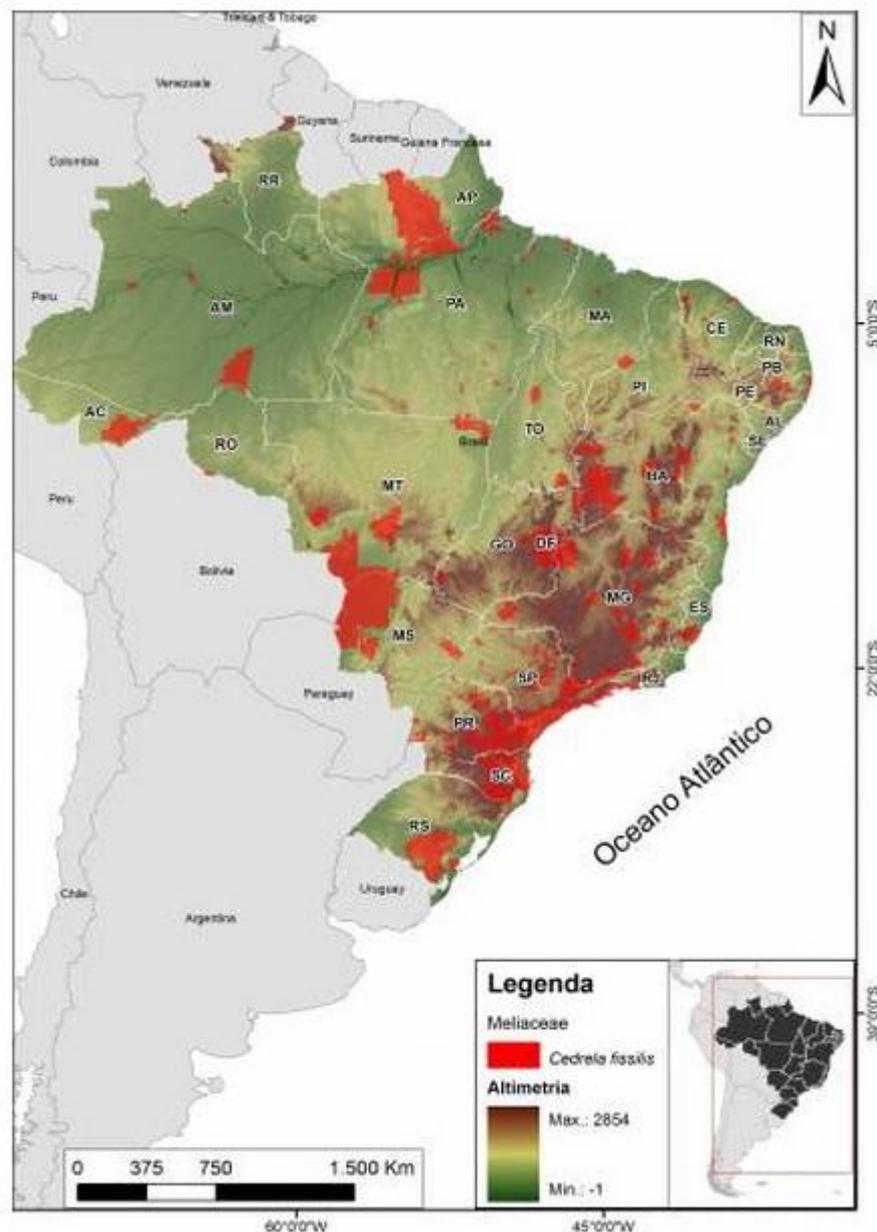


FIGURA 1 – MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DE *C. fissilis* NO BRASIL

FONTE: Centro Nacional de Conservação da Flora - CNCFLORA (2012)

Em revisão bibliográfica da espécie Carvalho (2003) encontrou autores que classificam a espécie como secundária inicial, secundária tardia, clímax até clímax

exigente por luz. *C. fissilis*, é uma espécie rara que, em floresta primária, se regenera preferencialmente em clareiras com menos de 60 m² (COSTA; MANTOVANI³, 1992, *apud* CARVALHO, 2003) ou em bordaduras de fragmentos, onde apresenta grande agressividade.

Quanto ao hábito, Lorenzi (1992) define cedro-rosa como heliófita ou esciófita. Inoue⁴ (1983) *apud* Carvalho (2003) detalha esclarecendo que a espécie é parcialmente esciófila no estágio juvenil e heliófita no estágio adulto.

CARVALHO (2003) confirma a tolerância variável, de mediana a tolerante, de cedro-rosa a baixas temperaturas. Ainda, destaca que em florestas naturais as árvores adultas toleram até – 10,4°C. O número de geadas na região de ocorrência da espécie varia de zero a 30, sendo a máxima absoluta de 81, registradas na Região Sul e em Campos do Jordão, SP.

Carvalho (2003) e Lorenzi (1992) atribuem à ocorrência da espécie em solos úmidos, profundos e nas formações aluviais. Styles (1981) e Carvalho (2003) destacam a boa drenagem do solo como característica importante para seu desenvolvimento. A textura argilosa a areno-argilosa favorecem o desenvolvimento, enquanto solos rasos, camadas de pedras e lençol superficial exercem efeito contrário (CARVALHO, 2003).

A floração, nos Estados do Paraná e Santa Catarina, ocorre de setembro a janeiro, logo após a brotação foliar anual, de agosto a setembro (CARVALHO, 1994). A polinização é possivelmente realizada por mariposas (MORELLATO, 1991) e abelhas (STEINBACH; LONGO, 1992). A maturação dos frutos, dispersão das sementes pelo vento e a queda das folhas ocorrem no período seco, de junho a julho, podendo ir até agosto, é, portanto caducifólia (PINHEIRO; MARAGON; PAIVA, 1990).

Cedro-rosa é monoica ou hermafrodita, as flores são unissexuais por aborto, as masculinas amadurecem em tempo diferente das femininas, é, portanto alógama

³ COSTA, L. G. S.; MANTOVANI, W. Flora arbustivo-arbórea de trecho de mata mesófila semidecídua, na Estação Ecológica de Ibicatu, Piracicaba (SP). **Hoehnea**, São Paulo, v.22, n.1/2, p.47-59, 1995.

⁴ INOUE, M. T. Bases ecofisiológicas para a silvicultura de espécies nativas. In: INOUE, M. T.; REICHMANN NETO, F.; CARVALHO, P. E. R.; TORRES, M. A. V. **A silvicultura de espécies nativas**. Curitiba: FUPEF, 1983. p. 1-18.

(CARVALHO, 2003). Considerando a classificação de Finkeldey (2005) *C. fissilis* é bissexual, hermafrodita.

Muitas das espécies florestais tropicais com flores bissexuais são auto-incompatíveis. Contudo, a possibilidade de ocorrer autofecundação pode ser atribuída ao enfraquecimento das barreiras de autoincompatibilidade durante o florescimento (BAWA; PERRY; BEACH, 1985). Tal teoria foi utilizada para explicar o sistema de reprodução de *C. fissilis*.

Em estudo com marcadores genéticos Kageyama e colaboradores (2003) estimaram para uma população de *C. fissilis* taxa de cruzamento uniloco ($\hat{t}_m = 0,88$), taxa de cruzamento multiloco ($\hat{t}_m = 0,69$), taxa de cruzamento entre indivíduos aparentados ($\hat{t}_m - \hat{t}_s = 0,19$) e correlação de autofecundação ($\hat{r}_s = 0,15$).

Além de constatar o caráter misto da reprodução da espécie, os autores destacaram que este caráter associado à distribuição espacial rara de cedro-rosa, facilita a autofecundação e, justificando o maior nível de endogamia, em comparação a outras espécies nativas estudadas.

Portanto, para programas de melhoramento e restauração florestal com espécies de sistema misto de reprodução, como *C. fissilis*, a recomendação para coleta de sementes é de maiores tamanhos amostrais para reter valores de referência (SEBBENN, 2006).

Os frutos de cedro-rosa são capsulas piriformes deiscente, septífraga, abrindo-se até mais da metade por cinco valvas longitudinais, lenhosas, espessas, rugosas, marrom-escuras, com lenticelas claras, com 3 a 10 cm de comprimento e 3 a 3,5 cm de largura, pesando cerca de 13 gr. Cada fruto contém de 30 a 100 sementes viáveis (CARVALHO, 2003). As sementes são aladas em uma das extremidades, comprimida lateralmente, bege a castanho-avermelhada, com pequeno núcleo seminal, com até 35 mm de comprimento por 15 mm de largura (BELTRATI; ALVES JUNIOR; PAGANO⁵, 1985 *apud* CARVALHO, 2003).

Na literatura, é possível encontrar variação na produção de sementes de *C. fissilis* até aproximadamente quatro vezes (TABELA 1). As variações climáticas sazonais podem exercer grande influência nestas diferenças.

⁵ BELTRATI, C. M.; ALVES JUNIOR, V. V.; PAGANO, S. N. Estudo morfo-anatômico das sementes e das plântulas de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.45, n.4, p.499-506, 1985.

TABELA 1 – NÚMERO DE SEMENTES POR QUILO DE *C. fissilis* EM DIFERENTES ESTUDOS

LOCALIDADE	MÉDIA POR QUILOGRAMA
Argentina ¹	14.700
Paraná/Brasil ²	28.100
Paraná/Brasil ³	56.818

FONTE: Adaptado de ¹Castiglioni (1975), ²Firkowski (1983) e ³Kuniyoshi (1983)

A altura da árvore de cedro-rosa varia de 25 a 30 metros e diâmetro a altura do peito de 60 a 150 cm (KLEIN, 1984). Já Carvalho (2003) estabelece padrões menores, de 10 a 25 m de altura e 40 a 80 cm de diâmetro a altura do peito, reconhecendo limites de altura até 40 m e diâmetro a altura do peito até 200 cm. As folhas de cedro-rosa são compostas paripinadas com 25 a 65 cm de comprimento (REITZ; KLEIN; REIS, 1978). Qualquer parte da planta quando esmagada apresenta cheiro de alho (CARVALHO, 2003).

O tronco é cilíndrico, longo, reto ou pouco tortuoso, com ramificação dicotômica ascendente, alburno branco a rosado, com cerne variando do bege rosado escuro ou castanho claro rosado, mais ou menos intenso, até castanho avermelhado (REITZ; KLEIN; REIS, 1978). O fuste pode alcançar até 15 m. A forma satisfatória e ramificação leve do tronco ocorrem na ausência dos ataques de *H. grandella*. Caso contrário, a espécie apresenta potencial de rebrota, principalmente quando jovem (CARVALHO, 2003).

A casca pode ter espessura até 40 mm, com coloração marrom a pardo-acizentada e fissuras longitudinais profundas e largas, típicas. A casca interna é avermelhada a amarelada, com odor agradável (IVANCHECHEN⁶, 1988 *apud* CARVALHO, 2003).

A madeira do cedro-rosa possui massa específica aparente entre 0,47 e 0,61 g cm⁻³, a 15% de umidade, a densidade é de 0,44 g cm⁻³. Trata-se de uma madeira leve a moderadamente densa (JANKOWSKY *et al.*, 1990). A superfície da madeira é lustrosa e com reflexos dourados, a textura é grosseira e a grã é direita ou pouco ondulada. Cheiro característico agradável pronunciado dependendo da amostra e gosto ligeiramente amargo (CARVALHO, 2003).

⁶ IVANCHECHEN, S. L. **Estudo morfológico e terminológico do tronco e casca de 30 espécies arbóreas em floresta ombrófila mista**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1988. 221p. Dissertação Mestrado.

A resistência natural desta madeira é moderada quanto ao ataque de organismos xilófagos, porém é resistente aos agentes exteriores, desde que não seja enterrada ou submersa. É de baixa permeabilidade aos tratamentos preservantes, em autoclave. Trata-se de uma madeira de secagem fácil, tanto em estufa, quanto ao ar livre, com baixa ocorrência de defeitos. A madeira de *C. fissilis* assemelha-se ao mogno sendo mais mole e textura mais grossa e qualidade inferior a *C. odorata* (CARVALHO, 2003).

A excelente estabilidade dimensional da madeira de cedro-rosa aliada à cor proporciona usos nobres como: compensados, contraplacas, esculturas e obras em telha, modelos e molduras, esquadrias, móveis em geral, instrumentos musicais, carpintaria, marcenaria, caixas pequenas, decoração de interiores, construção civil, naval e aeronáutica, entre outros (RIZZINI, 1978; CNCFLORA, 2012). Outras qualidades são a durabilidade da madeira quando exposta ao tempo e a facilidade de trabalhar (CARVALHO, 2003).

Apesar da boa qualidade da madeira de cedro-rosa para lenha o alto valor desta no mercado estimula a produção para outros fins. Segundo Sakita; Vallilo⁷ (1990), citado por Carvalho (2003), inferiu a partir da destilação do óleo essencial presente tanto na casca quanto no lenho de cedro-rosa que, mesmo em baixas concentrações, apresenta substâncias repelentes a cupins e outros insetos e alta intensidade de substâncias tanantes. Bueno e colaboradores (2005) confirmaram a toxidez de extratos de *C. fissilis* à *Atta sexdens rubropilosa* e a inibição ao fungo simbionte. Os autores consideraram a possibilidade de controle da formiga com compostos da planta.

Dentre os usos para cedro-rosa foi encontrado: forragem animal (14,5% proteína bruta e 20% de tanino), melífera (produtora de pólen e néctar), chá medicinal da casca (tônico, adstringente, combate a febre, disenterias, artrite, leucorréia, assepsia de feridas, inflamação dos testículos, úlcera, gagueira), frutos como artesanato (flores ornamentais com forma de flor de madeira), paisagismo, arborização de ruas, praças públicas, recuperação de ecossistemas degradados, recomposição de matas ciliares e revegetação de áreas contaminadas por metais pesados (zinco, cádmio, chumbo e cobre) (CARVALHO, 2003; CNCFLORA, 2012).

⁷ SAKITA, M. N.; VALLILO, M. I. Estudos fitoquímicos preliminares em espécies florestais do Parque Estadual do Morro do Diabo, Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 215-226, 1990.

O crescimento de cedro-rosa em condições naturais foi descrito em pesquisas na Floresta Ombrófila Mista. Mattos e colaboradores (2010) avaliaram seis amostras de lenho de *C. fissilis*. Os autores determinaram o incremento periódico anual em diâmetro em 0,57 cm ano⁻¹, para um período de 20 anos, e 0,70 cm ano⁻¹ nos últimos 10 anos mensurados, 20% a mais do que o período anterior.

Iwasaki-Marochi (2007) estudou anéis de crescimento de *C. fissilis* em florestas naturais na região de Campo Belo do Sul/SC. A autora encontrou um incremento médio de 0,8 cm ano⁻¹ em 11 indivíduos de cedro-rosa. Em mesmo número de indivíduos amostrados entre Paraná e Santa Catarina, Cusatis e colaboradores (2013) encontraram para espécie incremento médio em diâmetro de 1,1 cm ano⁻¹ e estimaram a rotação da espécie em 30 a 36 anos.

Observa-se a variação do crescimento diamétrico da espécie, resultado dos diferentes ambientes, bem como, dos genótipos das populações amostradas. Acredita-se que uma amostragem de maior amplitude e setorizada em sítios de fertilidade, concomitante a testes genéticos, possam trazer resultados mais contundentes do potencial de crescimento da espécie.

Há registros de extração legal de *C. fissilis* no Estado do Mato Grosso entre 2006 e 2011, cerca de 3.950 m³ de toras (SEMA-MT⁸, 2011, *apud* CNCFLORA, 2012). No Estado do Pará o volume extraído foi de 1.164 m³, 15 a 154 indivíduos, para o mesmo período (SEMA-PA⁹, 2011, *apud* CNCFLORA, 2012)

Ângelo, Brasil e Santos (2001) analisando as exportações de madeiras brasileiras relatam que cedro-rosa esteve em quarto lugar entre as espécies mais exportadas, atrás de mogno, jatobá e virola. Os autores interpretaram os resultados como uma tendência crescente no mercado internacional de madeiras tropicais. No mercado atacadista em São Paulo (dez/2007) a madeira de cedro-rosa laminada e serrada estava sendo cotada a R\$ 7,91/m² e R\$ 2.517,40/m³, respectivamente (FLORESTAR ESTATÍSTICO, 2008).

Tamanho valor reflete na exacerbada exploração da espécie. *C. fissilis*, *C. lilloi* e *C. odorata* foram declaradas protegidas na Bolívia e esta última também no Brasil (Apêndice III; CITES, 2013). De maneira geral, a *International Union for*

⁸ SEMA-MT. Extração e Comércio de Toras de Madeira Nativa. Período 2006 -2011, 2011.

⁹ SEMA-PA. Extração e Movimento de Toras de Madeira Nativa. Período de 1/1/2006 até 23/10/2011. Dados., Belém, PA, 2011.

Conservation of Nature (IUCN) classifica *C. fissilis* como espécie ameaçada de extinção, categoria A1acd + 2cd. Resumidamente, tal categoria representa uma redução da população em pelo menos 50% nas últimas três gerações, estimada em função do declínio da área de ocorrência (IUCN, 2013).

No Brasil, segundo o CNCFLORA (2012) a extinção de subpopulações de *C. fissilis*, em decorrência da exploração madeireira, e a degradação dos habitats, resultaram em um declínio populacional de 30% nas últimas três gerações.

2.2 SILVICULTURA DE MELIACEAES

Para se estabelecer a silvicultura de uma nova cultura faz-se necessário domesticá-la. Segundo Clement (2001) a domesticação de uma espécie é um processo de co-evolução onde tipos mais apropriados para as necessidades ou interesses do homem são favorecidos, por meio de seleção. Concomitantemente o homem altera o meio tornando-o mais produtivo. Tal processo é aplicado variando de populações naturais até monoculturas com um único genótipo.

No Brasil a silvicultura de plantios mistos desenvolveu-se a partir da demanda da recuperação de áreas degradadas desencadeadas no Estado de São Paulo. A base para seleção de espécies e arranjo foi considerar a forma com que estas ocorrem naturalmente: agrupadas ou dispersas e densidade de plantas em diferentes estágios do desenvolvimento (KAGEYAMA; CASTRO, 1989).

A silvicultura com finalidade econômica, hoje praticada no setor florestal brasileiro, está voltada para a produção em sistemas de larga escala monocultural, especializada nos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Ambos apresentam características de intolerância ao sombreamento e rápido crescimento inicial, típicos dos estágios iniciais de sucessão. Mais ainda, os maiores índices de produtividade destes gêneros mais plantados no mundo são encontrados fora das regiões de origem, atribuídos à falta de resistência natural a insetos e microorganismos (KAGEYAMA; CASTRO, 1989) aliados aos bons resultados do melhoramento genético.

Como *C. fissilis* não apresenta característica de espécie pioneira, tampouco pesquisas são feitas fora do local de origem, existe uma série de limitações da espécie para o estabelecimento e manutenção de povoamentos puros. Tais motivos justificam as tentativas de cultivo de cedro-rosa em povoamentos mistos.

Mais ainda, a possibilidade de plantio em densidades menores de cedro-rosa, em consórcio, por exemplo, pode ser estratégico devido à probabilidade de redução dos danos causados por *H. grandella*. Portanto, como existem pesquisas mais avançadas e bem sucedidas com meliáceas com as mesmas características que *C. fissilis*, faz-se necessário considerá-las, tendo em vista maior efetividade nos resultados à domesticação da espécie.

As espécies mais próximas à *C. fissilis* com informações silviculturais são *S. macrophylla* e *C. odorata*. Em 1980 havia 55.200 ha de plantios de *S. macrophylla* no mundo (PANDEY, 1983) e em 1998 estimativas sugerem mais de 200.000 ha, uma vez que no cômputo não está à maioria dos plantios particulares. Mogno foi amplamente plantado além da ocorrência natural, no Caribe, nas regiões do sul da Ásia, sudeste Asiático e Pacífico.

Exemplos, tanto de sucesso quanto de fracasso, foram registrados, a maioria dos experimentos plantados na África, por exemplo, não obteve sucesso até a década de 1990. Os registros de enriquecimento de mogno em áreas nativas são reduzidos. A disponibilidade de madeira em floresta natural e os danos provocados pela broca desestimulam o plantio. Contudo Belize, Honduras e algumas regiões do Brasil estabeleceram plantios em florestas nativas com sucesso (MAYHEW; NEWTON, 1998).

Gomes e colaboradores (2010) plantaram 17 espécies florestais em clareiras abertas em floresta de terra firme na Amazônia Oriental brasileira, dentre elas, *C. odorata*. Dos 469 indivíduos plantados, aproximadamente 11 meses após o plantio, 93% das mudas de *C. odorata* sobreviveram, sendo a segunda maior sobrevivência das espécies testadas. Os autores não observaram ataques de *H. grandella* que prejudicassem o desenvolvimento de *C. odorata*.

Apesar da existência de plantios adultos de mogno, a produção de sementes por árvores superiores é restrita. Por exemplo, Fiji tem a maior área de produção de sementes de mogno, contudo apenas 1,4% são de árvores superiores, 33,7% são coletadas de áreas de material marcado e 64,9% de árvores não selecionadas (SILVICULTURAL RESEARCH DIVISION, 1995).

Consultando diferentes estudos conduzidos na América Central, Ásia e Oceania, Meyhew e Newton (1998) concluíram que sob condição de plantio a produção de sementes de mogno inicia-se por volta dos 15 anos. A produção flutua consideravelmente entre os anos.

S. macrophylla apresenta relativa plasticidade quanto à tipologia edáfica, de solos argilosos, exceto os gley, aos solos de textura grossa e arenosa. Quanto à acidez são preferidos solos levemente alcalinos a neutros, mas solos ácidos com pH abaixo de 4,5 fornecem resultados aceitáveis. De forma geral o mogno parece preferir solos bem drenados, contudo, em climas secos, solos com maior retenção de água são preferidos (MAYHEW; NEWTON, 1998).

S. macrophylla parece ser tolerante às deficiências nutricionais se comparado a outras espécies, como *Tectona grandis*. Solos com excesso de cultivo sem matéria orgânica e compactados resultam em menor crescimento. A produtividade dos talhões de *S. macrophylla* é influenciada pela interação dos padrões de chuva, tipo de solo e face de exposição. Em áreas propensas ao alagamento, as porções medianas e altas são onde ocorrem as maiores taxas de crescimento. Áreas de alta precipitação, solos rasos em cumeeiras podem ser sítios de plantio (MAYHEW; NEWTON, 1998).

Mayhew e Newton (1998) relacionaram os resultados de 13 plantios puros de *S. macrophylla* entre a década de 1940 até 1980 na América Central, Oceania e Ásia, com espaçamento variando de 1,8 m x 1,8 m até 5,0 m x 5,0 m. Os registros variaram com o sucesso e insucesso dos plantios com e sem o ataque da broca ao mogno, até a perda da dominância apical e invasão por gramíneas.

O plantio misto de *S. macrophylla* foi inicialmente recomendado devido a evidências que em tais condições havia menor suscetibilidade ao ataque da broca do mogno. Mais ainda, por mogno ser uma espécie de longa rotação a inclusão de uma espécie de rápido crescimento no plantio pode trazer rendimentos antecipados.

O uso de consórcio não implica em reduzir a produção ou rendimento. Sistemas agroflorestais podem explorar o solo entre mudas de mogno antes do fechamento das copas destas (MAYHEW; NEWTON, 1998). Sistemas agroflorestais estabelecidos com mogno conduzidos com milho ou banana são tipicamente bem sucedidos e com rápido crescimento. O uso em sistemas florestais de longo prazo com mogno pode ser interessante se plantados em baixa densidade ou com culturas perenes tolerantes à sombra, como o cacau e o café.

Mayhew e Newton (1998) observaram que plantios mistos proporcionam ao mogno a combinação de sombreamento lateral e luz no topo para estimular o forte crescimento vertical. Os autores recomendam que as espécies consorciadas devam ter uma copa compacta, uma baixa altura final e curta rotação, assim elas poderão

ser desbastadas quando o mogno alcançar o ponto de inversão do fuste e com altura razoável.

Entre as tentativas de cultivo, mogno foi consorciado de forma a proporcionar cobertura, antes do fechamento das copas, à *Artocarpus integrifolia* e *Tectona grandis*. Ou em plantios equiâneos com *Leucena* e *Eucalyptus* spp. Um plantio misto na Indonésia com *Pinus merkusii* obteve êxito com intensos tratamentos silviculturais (WINANTO¹⁰, 1958, *apud* MAYHEW; NEWTON, 1998). Em um experimento de *Pinus caribaea* com mogno no Sri Lanka, após oito anos, o mogno apresentou bom crescimento (diâmetro a altura do peito médio de 9 cm) apesar de ser apenas aqueles que receberam iluminação após o desbaste, sugerido como um meio de agregar valor aos plantios inferiores de pinus (WEERAWARDANE, 1996).

Entre 21 plantios de mogno consorciados com diferentes espécies florestais pioneiras onde o objetivo final, na maioria, era um talhão monoespecífico de mogno (MAYHEW; NEWTON, 1998) a maior dificuldade relatada foi à extração das espécies de curta rotação sem danificar o mogno (WORMALD, 1992).

Um plantio misto de *S. macrophylla* em quincôncio (mogno disposto no centro e espécie diferente nos vértices) foi estabelecido sob cobertura de *Artocarpus integrifolia*, esta com 3 a 10 anos, em 3.000 ha, no Sri Lanka (SANDOM; THAYAPARAN¹¹, 1995 *apud* MAYHEW; NEWTON, 1998). Além de contribuir para agregar renda a área plantada, o mogno contribuiu para o controle de uma gramínea de pastagem, uma vez que o espaçamento inicial entre árvores era grande. Apesar de terem sido registrados ataques da broca do mogno, o monitoramento em parcelas permanentes indicou posterior recuperação alguns anos subsequentes ao ataque. O mogno passou a ser a cultura dominante e 30 anos depois, os plantios eram praticamente puros (REPORT¹², 1935, *apud* MAYHEW; NEWTON, 1998). A combinação das espécies foi considerada ideal. Contudo, *A. integrifolia* claramente não conseguiu competir com mogno. Wormald (1992) relata a dificuldade do manejo

¹⁰ WINANTO. Over de aanplant van *Pinus merkusii* op Java. Cited in: Indonesian Forestry Abstracts 1982 Dutch literature until about 1960. Abstract no. 654. Wageningen, Netherlands. 1958.

¹¹ SANDOM, J. H.; THAYAPARAN, S. **A revision of the Interim Management Plan for the Mixed Mahogany Forests of Sri Lanka**. Colombo, Sri Lanka, 1995. (documento não publicado do departamento florestal)

¹² REPORT on the management and exploitation of the forests of Ceylon. Colombo: Ceylon Government Press, 1935. (Sessional Paper VII).

de um plantio misto com dossel único, sendo mantida apenas uma estreita faixa de cada espécie.

Diferentes estudos com plantio misto de mogno registraram crescimento vigoroso de mogno e a redução do ataque da broca. Resultados favoráveis motivaram consórcios com *Acacia auriculiformis* no Sri Lanka (SANDOM; THAYAPARAN¹¹, 1994 *apud* MAYHEW; NEWTON, 1998) e nas Ilhas Salomão; *Acacia mangium* nas Ilhas Salomão (NOTES¹³, 1988 *apud* MAYHEW; NEWTON, 1998); *Albizia falcataria* para as Ilhas Salomão (JONES¹⁴, 1976 *apud* MAYHEW; NEWTON, 1998); *Eucalyptus deglupta* nas Filipinas (LAPIS¹⁵, 1995 *apud* MAYHEW; NEWTON, 1998); *Gmelina arborea* nas Filipinas (MALVAR¹⁶ *apud* MAYHEW; NEWTON, 1998) e sítios com fatores limitantes no Sri Lanka (SANDOM; THAYAPARAN¹¹, 1994 *apud* MAYHEW; NEWTON, 1998).

O sucesso do consórcio com mogno é determinado não apenas pelas exigências ecológicas das espécies envolvidas, como também, dos tratamentos silviculturais realizados. Talhões com consórcio de mogno requerem manutenção cuidadosa para garantir que mogno receba luz suficiente. O momento de intervenção é crítico para a sanidade e produtividade do talhão. Intensivos trabalhos operacionais podem ser necessários, evitando que, por exemplo, uma espécie não domine a outra. As evidências indicam que manejados apropriadamente sítios consorciados produzem árvores de mogno bem formadas (MAYHEW; NEWTON, 1998).

Talhões puros de mogno podem ser estabelecidos (com área entre 2 m² e 3 m² por indivíduo) se houver mercado local para madeira desbastada de pequenos diâmetros. Árvores jovens crescem rapidamente com rápido fechamento do dossel reduzindo a necessidade de capina a curto prazo (MAYHEW; NEWTON, 1998).

¹³ NOTES on the use of mixture and nurse crops in the establishment of plantations of high value species. Solomon Islands: Forestry Division, 1988. (Forest Research Note 30/7/88).

¹⁴ JONES, N. **Kolombangara reforestation project feasibility study**: tree breeding report for CDC. London, 1976. 40 p. (relatório não publicado *Commonwealth Development Corporation*)

¹⁵ LAPIS, E. B. **Mahogany shoot borer**. Laguna, Philippines, 1995. 5 p. (relatório não publicado *Center for Forest Pest Management and Research, Department of Environment and Natural Resources, College*)

¹⁶ MALVAR, W. Forest Management Bureau. Nueva Vizcaya, Luzon, the Philippines.

Plantios em linha de mogno são recomendados no enriquecimento de florestas nativas manejadas por meio da abertura de faixas de 2 a 3 m com entre linhas de 10 metros de distância e 2 a 5 m dentro da linha, dependendo do desbaste proposto. Nos casos de enriquecimento de florestas nativas degradadas a manutenção de uma suave cobertura deve ser mantida, contudo, recomenda-se a remoção do subosque para viabilizar o plantio denso de mogno (5 m por 2 a 5m) (MAYHEW; NEWTON, 1998).

Navarro-Cerrillo e colaboradores (2011) compararam diferentes métodos silviculturais de *S. macrophylla*, em clareiras abertas na floresta tropical Boliviana, com as análises realizadas com modelos lineares mistos. Os autores concluíram que a diferença de sobrevivência do plantio de mudas (85%) e semeadura direta (50%) aos 12 meses, não se manteve até os 96 meses, portanto os tratamentos foram iguais.

Maior proporção de sobrevivência foi encontrada nas clareiras tratadas com herbicida (62%), seguidas do controle manual (51%) que apresentaram menor cobertura de dossel que a clareira aberta seis meses antes do plantio ou clareiras recém abertas. A sobrevivência foi maior nas clareiras abertas seis meses antes (46%), que as clareiras recém abertas (18%), porque neste tratamento a cobertura do dossel aumentou para 82% e naquele manteve-se constante em 67%. Segundo os autores o nível de cobertura de dossel deste tratamento representa o limite da tolerância à sombra do mogno. Também foi maior a sobrevivência de mogno no controle manual (51%) e em comparação a testemunha (39%).

Os autores concluíram que os resultados de sobrevivência e crescimento são resultados das diferenças em luz, do que propriamente as técnicas silviculturais utilizadas. Por fim, os autores recomendam uma segunda intervenção de limpeza por volta dos 42 meses para prevenir a estagnação das taxas de crescimento por meio do aumento da incidência de luz (NAVARRO-CERRILLO *et al.*, 2011).

Poucas espécies indicadoras de sítios bons para o cultivo de *C. odorata* foram identificadas, entre elas o café adulto, é um conhecido exemplo (NAVARRO; MONTAGNINI; HERNÁNDEZ; 2004).

Ohashi, Costa e Pedroso (1993) recomendam o plantio nas clareiras de exploração do plantio de *C. odorata* em florestas tropicais. Para tanto, há necessidade de manutenção por meio da eliminação de cipós, eliminação de árvores concorrentes com valores econômicos e ecológicos desconhecidos, e eliminação de

bifurcações dos indivíduos plantados para concentração do crescimento em um só broto.

Podas aos 3 a 7 anos do plantio são recomendadas para a condução de *S. macrophylla*, principalmente sob ataque da broca. A poda é particularmente importante em plantios de baixa densidade quando há baixa competição entre as copas e pouca chance de uma recuperação natural do crescimento vertical (MAYHEW; NEWTON, 1998).

Os ciclos de desbastes devem ser de 5 a 10 anos em mogno plantados em espaçamento 2 m x 3 m. O primeiro desbaste pode ser sistemático visando à produção de árvores finais bem formadas, e os desbastes subsequentes devem ser seletivos. Sob ataque é melhor adiar o desbaste para estimular a recuperação do crescimento vertical e melhoria da formação do fuste. A área basal indicada do talhão para os desbastes deve ser entre 20 m².ha⁻¹ a 40 m².ha⁻¹. Para cultivar árvores de grande porte um estoque de 150 árv.ha⁻¹ é sugerido (MAYHEW; NEWTON, 1998).

A rotação registrada de mogno varia de 15 a 55 anos. Altos diâmetros (acima de 50 cm de DAP) podem ser produzidos em 20 anos com aplicação de fertilizantes. Há evidências que, em sítios férteis, a rotação pode ser de 20 a 30 anos. Contudo, para povoamentos com densidades suficientes para o desenvolvimento de formas de fuste e qualidade de madeira aceitáveis, a rotação deve ser 30 a 50 anos, conforme a fertilidade do sítio (MAYHEW; NEWTON, 1998).

O máximo incremento médio anual em povoamentos densos de mogno foi estimado entre 10 a 25 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, dependendo da qualidade do sítio. Em densidades menores o incremento médio anual foi de apenas 4 a 8 m³.ha⁻¹.ano⁻¹. A comparação entre a madeira de mogno plantada e a natural é que aquela é levemente menos densa e mais clara na coloração e a grã é mais grossa. O alburno é cerca de 1,5 a 5,0 cm da madeira comercializada em um DAP maior que 50 cm. A proporção de alburno para o cerne é maior em árvores que crescem mais rápido. Estudos conduzidos em florestas naturais indicam que a qualidade da madeira de mogno plantado pode melhorar pela redução das taxas de crescimento e expansão do período de rotação. Também é possível melhora a qualidade da madeira dos povoamentos de mogno por meio do melhoramento genético (MAYHEW; NEWTON, 1998).

Browder; Matricardi e Abdala (1996) compararam o fluxo de caixa do plantio de mogno em área degradada, em sistemas agroflorestais e em talhões puros no Brasil. Os talhões puros foram mais rentáveis, com 9 a 10 cenários investigados demonstrando viabilidade financeira.

2.2.1 Silvicultura de *Cedrela fissilis*

A produção de sementes de cedro-rosa em plantios inicia entre 10 e 15 anos (CARVALHO, 1994). Quanto à colheita e beneficiamento dos frutos são prescritos: a maturidade fisiológica das sementes ocorre entre 29 e 31 semanas após a antese e com umidade entre 50 a 60%; a colheita deve ser entre 30 a 32 semanas após a antese, quando ocorre uma redução da umidade, facilitando a extração das sementes; quando ocorre a mudança da coloração do fruto de verde para marrom-esverdeado a marrom-claro, indicando a maturidade fisiológica das sementes, ocorrendo duas a três semanas antes da deiscência natural (CORVELLO¹⁷ *et al.*, 1997, *apud* CARVALHO, 2003). Após a coleta, os frutos devem ser lavados para completar a deiscência em ambiente seco e ventilado. A liberação das sementes é feita pela agitação dos frutos (CARVALHO, 2003).

Para armazenamento das sementes é recomendado câmara fria a baixa umidade, pois mantêm a viabilidade integral por até três anos (ALCALAY¹⁸, 1990 *apud* CARVALHO, 2003). Em estudo sobre a ecofisiologia da germinação das sementes de cedro-rosa, Figliolia e Silva (1997) concluíram que o efeito positivo das temperaturas testadas, em interação com os níveis de umidade e regime de luz sobre a germinação, poderia indicar que a espécie é pouco exigente em quanto à germinação. Fundamentados nesta constatação os autores afirmaram que a espécie estaria adaptada a germinar e apresentar bom desenvolvimento em áreas abertas ou pequenas clareiras.

A produção de mudas de *C. fissilis* é relativamente simples uma vez que o percentual de germinação é alto. Recomenda-se a remoção da porção alada das

¹⁷ CORVELLO, W. B. V.; VILLELA, F. A.; NEDEL, J. L. Maturação fisiológica e qualidade de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) - Meliaceae. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.7, n.1/2, p.214, 1997.

¹⁸ ALCALAY, N. Armazenamento de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Trabalhos voluntários: resumos**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p.88. Publicado na Silvicultura, n.42, 1990.

sementes antes da germinação. A semeadura pode ser feita em sementeira, repicagem após seis semanas da germinação, ou duas sementes em sacos de polietileno (20 x 7 cm), ou em tubetes de polipropileno de 200 cm³ (CARVALHO, 2003). Contudo, considerando a mão de obra e falhas na sobrevivência das plântulas após a repicagem, observou-se que a semeadura direta, de uma semente por tubete, apresenta maior viabilidade na produção.

Cedro-rosa propaga-se com relativa facilidade, via: estacas radiculares; rebento de raízes; sementes, embriões zigóticos e ápice de plântulas *in vitro* e miniestaquia (CARVALHO, 2003). Ressalta-se que nos casos de restauração florestal requer-se rastrear o material de maneira a garantir a variabilidade da espécie, evitando povoamentos monoclonais. Tais técnicas podem ser interessantes na propagação de genótipos superiores.

Inoue (1977) após ensaio com mudas de *C. fissilis* sob intensidade de luz de 75%, 31% e 2,5% afirma que plantios puros não correspondem às exigências fisiológicas da espécie em estágio juvenil. Uma vez que, a espécie apresenta maior produtividade sob condições menos intensas de luz (31% e 2,5%). Assim, o autor recomenda o plantio consorciado sob cobertura de *nurse-tree*, com gradativa remoção desta até a formação apenas de sombreamento lateral nas árvores de cedro-rosa.

Observa-se que Inoue estabeleceu estas prescrições baseado em experimentos em casa de crescimento com 22 semanas de duração. Ainda que tenha observado um decréscimo nas taxas de crescimento a partir da 22^a e 15^a semana, nos experimentos instalados em 1974 e 1975 respectivamente. Apesar de serem boas referências para iniciar a domesticação da espécie, faz-se necessário avaliar o comportamento destas em campo, a longo prazo.

Finol (1964) indica que os locais mais apropriados para o cultivo de cedro-rosa são os solos arenosos, profundos, bem arejados e livres de inundação. Solos calcáreos e aluviais com pH entre 6,9 e 7,7 são preferidos (CUANALO GUEVARA, 1968).

Mattei (1995) estudou o efeito do preparo do solo e a proteção física na semeadura direta, a céu aberto, de *C. fissilis*. Aos 90 dias da avaliação as plantas variaram de 75,6% de sobrevivência (com protetor físico) e 48,9% sem proteção. O autor relata o cedro-rosa como uma espécie sensível a falta de umidade e calor,

durante a fase de emergência, ao aumento de profundidade e/ou soterramento, causado pela movimentação do solo.

Resultados em que o crescimento em altura do cedro-rosa foi maior à sombra que a céu aberto foram obtidos por Cañadas (1963), Inoue (1972) e Vega (1974). A compor o consórcio foram recomendadas *Syzygium cumini* na região nordeste Andrade¹⁹ (1957, *apud* CARVALHO, 2003) e *Melia azedarach* Vila²⁰ *et al.* (1982, *apud* CARVALHO, 2003), ambas como estratégia de redução aos danos por *H. grandella*.

Carvalho (2003) sugere o plantio de cedro-rosa em linhas abertas em capoeiras ou povoamentos, em uma densidade inferior a 100 árvores por hectare. Para formação de cortinas vegetais o autor recomenda 15 a 20 m entre árvores intercaladas com outras espécies dentro deste espaçamento.

Os experimentos decorrentes do presente estudo evidenciaram que nos plantios puros ou consorciados equiâneos (inicialmente á céu aberto) de *C. fissilis* em Curitiba/PR e Rio Negrinho/SC, com um e cinco anos, respectivamente, as mudas cresceram na ausência de sombra. De fato, o maior limitador do crescimento nestes casos foi a ocorrência de geadas.

Os principais tratos silviculturais recomendados são as podas de condução, decepa e poda de galhos perióticas e frequentes, devido a desrama natural deficiente. No caso dos indivíduos atacados por *H. grandella* as podas corretivas devem ser anuais durante os três primeiros anos (CARVALHO, 2003).

Em experimento testando capina manual, uso de herbicida e protetor laminado de madeira na semeadura direta a céu aberto de *C. fissilis*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium*, a sobrevivência dos indivíduos foram avaliados aos 30, 120 e 210 dias. A sobrevivência de *C. fissilis* foi de 95,1%, 89,5% e 82,9%, respectivamente, sendo estatisticamente superior às demais espécies. A redução da sobrevivência também ocorreu nas demais espécies avaliadas, sendo que a mínima foi de 62,5% para *P. dubium*. Ainda, o manejo da cobertura vegetal

¹⁹ ANDRADE, D. X. Considerações sobre a cultura do cedro. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v.9, n.9, p.122-130, 1957.

²⁰ VILA, W. M.; TEIXEIRA, E. P.; GARRIDO, M. A. de O.; ROSA, P. R. F. da.; SOUZA, W. J. M. de.; GARRIDO, L. M. do A. G. Ocorrência de *Hypsipyla* sp. (Lepidoptera: Pyralidae) em ensaios de consorciação de Meliaceae. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1982. p. 1209-1218. Publicado na Silvicultura em São Paulo, v.16 A, parte 2, 1982.

não exerceu influência significativa para sobrevivência em nenhuma das espécies estudadas. Portanto foi recomendado o uso de herbicida de ação total glifosante (Rondup® a 5 L.ha⁻¹) e manutenção deste material vegetal sobre o solo, bem como o protetor físico, como proteção e preparo do solo na semeadura direta de *C. fissilis* em campo (MENEGHELLO; MATTEI, 2004).

Sobre o crescimento de *C. fissilis* em plantios, Carvalho (2003) registrou em Cascavel – PR, incremento médio anual de cedro-rosa de até 3,25 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, aos 10 anos, variando em função do ataque da *H. grandella*. O autor relaciona 23 experimentos com *C. fissilis* nos Estados do Paraná e São Paulo em diferentes, idades, espaçamentos, sobrevivência, altura e diâmetro médio (ANEXO 1).

Em um experimento implantado em Moji Mirim sob talhão de *Pinus elliottii*, o cedro-rosa obteve incremento médio de 0,31 m ano⁻¹, altura de 2,51 m, aos 8 anos de idade, e uma sobrevivência de 78% (TOLEDO FILHO; PARENTE, 1982). Suspeita-se, neste trabalho elaborado com 27 árvores, que houve um equívoco na unidade de incremento médio sendo razoável tal dimensão em centímetros.

2.2.2 Resistência e tolerância à *Hypsipyla grandella*

A broca *Hypsipyla grandella* (Zeller) principal praga das meliáceas é o maior limitador ao estabelecimento de plantios no Neotrópico. Inúmeras investigações para desenvolver métodos de controle e prevenção de danos foram conduzidas, contudo, poucas práticas e efetivos métodos foram desenvolvidos. Por outro lado é evidente que há uma urgência no estabelecimento de plantios das espécies de *Swietenia* e *Cedrela* para reduzir a exploração ilegal às populações naturais (PATIÑO, 1997).

H. grandella é encontrada na América Central e do Sul, como no Caribe; e *H. robusta* (Moore) é encontrada na África tropical, Ásia e Australásia, a exceção das ilhas oceânicas, principalmente as do Pacífico (MAYHEW; NEWTON, 1998). Kageyama e Castro (1989) defendem a teoria da evolução conjunta das plantas e seus predadores para explicar a maior probabilidade do caráter endêmico e epidêmico em plantações artificiais na região de origem.

Tal teoria se aplica a predação de *C. fissilis* por *H. grandella* que ocorre tanto em viveiros quanto em plantios em pequena escala e até frutos (FIRKOWSKI, 1983; CARVALHO, 2003). O dano provocado pela larva de *H. grandella* acarreta em

necrose dos tecidos apicais e posteriormente, rebrota do fuste, e alguns casos, à morte das plantas (CARVALHO, 2003).

Segundo Pennington (1981) árvores de *C. fissilis* são menos suscetíveis ao ataque da broca se comparado à *C. odorata*. Contudo, mesmo em plantios consorciados o ataque da praga é intenso (VILA²¹ et al., 1982 apud CARVALHO, 2003).

Por outro lado *C. odorata* tem maior frequência e intensidade de ataque que *S. macrophylla*, *S. mahagoni* e *S. humilis*. Mais ainda, existem evidências que *C. odorata* tem palatabilidade melhor à broca que espécies de *Swietenia* (DOUROJEANNI, 1963; GRIJPMAN, 1970; SCHOONHOVEN, 1974; MENÉNDEZ; BERRIOS; CASTILLA, 1989).

Estudos mais elaborados foram realizados no controle de *H. grandella* em mogno. As principais formas estudadas foram: prevenindo a *Hypsipyla* sp. de localizar as plantas de mogno, reduzindo a suscetibilidade de plantas de mogno ao ataque da broca, aumentando a tolerância de mogno ao ataque ou estimulando o ataque de inimigos naturais de *Hypsipyla* sp. (MAYHEW; NEWTON, 1998).

Segundo os autores, técnicas silviculturais ainda podem incluir a seleção de procedências resistentes, seleção de sítios apropriados e cuidadoso desenho silvicultural do plantio (composição de espécies e distribuição). O estabelecimento técnicas como: capina, fertilização, poda e desbaste; são recomendadas para limitar o ataque e recuperação dos danos.

Outras técnicas que estimulem o crescimento vertical e limitem o desenvolvimento de brotações laterais, são recomendadas, através do sombreamento lateral e luz no topo da copa. Contudo uma combinação de técnicas deve ser adotada considerando as variações regionais da broca e do mogno, ou outra Meliaceae, e os possíveis efeitos do sítio nas interações hospedeiro parasita.

Um exemplo das variações regionais pode ser observado em um estudo realizado em Santa Helena, Paraná. Verificou-se que 70% dos povoamentos densos e espontâneos de *Leucaena leucocephala* na direção leste – oeste, foram atacados

²¹ VILA, W. M.; TEIXEIRA, E. P.; GARRIDO, M. A. de O.; ROSA, P. R. F. da.; SOUZA, W. J. M. de.; GARRIDO, L. M. do A. G. Ocorrência de *Hypsipyla* sp. (Lepidoptera: Pyralidae) em ensaios de consorciação de Meliaceae. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1982. p.1209-1218. Publicado na Silvicultura em São Paulo, v.16 A, parte 2, 1982.

pela broca, em comparação a 31% de ataque em plantio realizado na direção norte – sul (ZELAZOWSKI; LOPES²², 1993 *apud* CARVALHO, 2003).

Considerando o ponto de vista econômico e ambiental o controle químico de *H. grandella* não é recomendado normalmente. Contudo o controle sistemático pode ser realizado em viveiro.

O controle biológico de *Hypsipyla* ainda é incipiente, pois ainda não foi identificado um parasitoide efetivo e os altos custos e a preocupação em disseminar espécies exóticas são as principais limitações destas pesquisas (SANDS; MURPHY, 2001).

Um estudo preliminar conduzido na Malásia indicou correlação negativa e significativa entre a presença de formigas e os danos provocados pela broca (*H. robusta*) em *Khaya ivorensis*. A espécie de formiga *Oecophylla smaragdina* apresentou maior dominância nas árvores sendo conhecida como controle biológico em outras culturas (GRACE; LAURENCE, 2001).

Portanto, para o controle da *Hypsipyla* é provável a necessidade da aplicação da combinação silvicultural, biológica e talvez o método de controle químico (NEWTON *et al.*, 1993; NEWTON; LEAKEY; MIESÉN, 1993; LUNZ *et al.*, 2009). Mais ainda, alguns autores consideram que o inseto pode se melhor controlado por meio da identificação e seleção de indivíduos que são resistentes ao ataque, dentro de um programa de melhoramento genético (GRIPJAMA, 1976; NEWTON, 1990; NEWTON *et al.*, 1993; LUNZ *et al.*, 2009).

A resistência de plantas aos insetos é expressa por meio de três principais mecanismos: falta de preferência ou antixenose, antibiose e tolerância. O primeiro caso é a não preferência dos insetos por determinadas espécies, populações ou genótipos. No segundo a planta acarreta efeitos adversos aos insetos prejudicando a reprodução e sobrevivência. A terceira a planta suporta o ataque dos insetos sem alterar significativamente a sua performance fenotípica (GRIPJAMA, 1976; RESENDE; FANTINI JR., 2001).

Geneticamente a resistência aos insetos pode ser do tipo vertical ou horizontal. A resistência vertical é monogênica ou oligogênica e refere-se à resistência a apenas uma ou poucas raças do inseto. A resistência horizontal tem

²² ZELAZOWSKI, V. H.; LOPES, G. L. Avaliação preliminar da competição de crescimento entre 39 espécies arbóreas, em área sombreada com leucena (*Leucaena leucocephala*). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais**. Curitiba: SBS / SBEF, 1993. v. 2, p.755.

base poligênica ou quantitativa e é, portanto, mais duradoura e pode significar a resistência a todos os tipos de praga. Na prática a resistência pode ser avaliada através dos níveis de danos nas plantas provocados pelos insetos. Estes níveis podem ser quantificados por notas ou porcentagens de ataque (RESENDE; FANTINI JR., 2001). Espécies quando introduzidas fora do seu local de origem têm maior resistência natural aos predadores em comparação àquelas de gêneros monotípicos (WRIGHT, 1976).

Parcas evidências foram documentadas sobre o mecanismo de resistência em Meliaceae e poucas se referem à variação intraespecífica destes atributos (NEWTON *et al.*, 1993; PATIÑO, 1997). Grijpma e Roberts (1975) encontraram evidências de que compostos hidrossolúveis produzidos por *Toona ciliata* são tóxicos à *H. grandella* explicando as possíveis causas da resistência, exemplo de antibiose. Tais compostos mostraram-se responsáveis por retardar o crescimento e interferir no desenvolvimento das pupas, produzindo altas taxas de mortalidade dos insetos.

C. odorata enxertada em *Toona ciliata* apresentou resistência ao ataque de *H. grandella*, provavelmente, devido aos compostos químicos tóxicos aos insetos terem sido translocados do porta enxerto ao enxerto (PEREZ *et al.*, 2010). Alguns autores afirmam que certas meliáceas produzem resinas que podem impedir o ataque da broca (LAMB, 1968; WHITMORE, 1978).

Marquetti (1990) encontrou evidências que plantios jovens do híbrido natural de *C. odorata* e *C. cubensis* foram severamente afetados pela broca das meliáceas durante os primeiros dois anos. Contudo, nos quatro anos seguintes apresentou tolerância ao ataque de *H. grandella*, exemplo de resistência descrito por Grijpma (1976).

Cornelius e Watt (2003) encontraram variação genética quanto à forma e crescimento entre clones e procedências de *C. odorata* e propõe a seleção como estratégia de manejo integrado à broca.

Watt, Newton e Cornelius (1996) revisaram as evidências quanto as diferentes formas de resistência em *C. odorata* e *S. macrophylla* à *H. grandella* conduzidos na Costa Rica. A principal base da resistência deve ser a tolerância, mas há indícios de variações do mecanismo de preferência e antibiose em *C. odorata*. Os autores concluem que a melhor opção para o manejo da *Hypsipyla* deve ser a

seleção da resistência individual e uso de medidas silviculturais para minimizar o ataque.

2.3 TETES GENÉTICOS

Até a década de 1990 havia pouca informação sobre testes genéticos com meliáceas devido à escassez de implantação destes (NEWTON; LEAKEY; MESÉN, 1993). Entre os registros da primeira metade da década de sessenta, está uma série de testes com 18 procedências da América Central de *S. macrophylla*, estabelecidos em diferentes zonas climáticas de Porto Rico e Ilhas Virgens Americanas. Em sítios úmidos as melhores procedências foram as a leste da Nicarágua, região de curta estação seca, e a mais lenta em crescimento era de origem com maior estação seca. Em sítios secos o ataque da broca limitou o crescimento em altura dos novos brotos, dificultando a avaliação entre procedências. Tais conclusões, determinadas aos oito anos, permaneceram semelhantes em nova avaliação aos 21 anos (GLOGIEWICZ, 1986).

Em 1990 e 1991 dois testes genéticos de *S. macrophylla* foram estabelecidos em Costa Rica e Trinidad, respectivamente, pelo Centro Agronômico Tropical de Investigação e Ensino (CATIE) e o Serviço Florestal de Trinidad. Aos 30 e 33 meses a família com maior média em altura foi 192% superior à menor. As herdabilidades individuais no sentido restrito para altura nos testes da Costa Rica e Trinidad foram $0,38 \pm 0,120$ e $0,11 \pm 0,006$ respectivamente. Os resultados indicaram variação genética significativa entre e dentro das populações para altura em ambos os testes (NEWTON *et al.*, 1993).

Os testes também registraram diferenças significativas entre progênies e procedências para a resistência ao ataque de *H. grandella*. A diferença mais pronunciada foi registrada no teste da Costa Rica, 217% de diferença da média da família mais atacada em comparação à média da família com menor valor. A herdabilidade no sentido restrito para indivíduos do número de bifurcações foram $0,56 \pm 0,15$ e $0,42 \pm 0,12$ nos teste de Costa Rica e Trinidad. Tais resultados sugerem que haja amplitude suficiente para desenvolver mudas tolerantes à broca, através de um programa de melhoramento genético, para uso em plantios florestais (GRIJPMA, 1976; NEWTON *et al.*, 1993). Mayhew e Newton (1998) ressaltam que

experimentos de longo prazo, bem como testar amplitude maior de material, são necessários para desenvolver tal abordagem.

Em Fiji, um pomar clonal de sementes foi instalado como parte de um programa de melhoramento de mogno. Estacas de árvores selecionadas foram enxertadas com 88% de êxito (SILVICULTURAL RESEARCH DIVISION, 1995). Em Campeche, México em 1990 um pomar de sementes foi estabelecido com 25 clones selecionados e com registros de produção de sementes (PATIÑO, 1997).

Navarro (1996) instalou em 1991 um teste com cinco procedências de *S. macrophylla* em Florencia Sur na Costa Rica. No período de pior ataque, entre maio a junho de 1992, foi encontrado diferenças significativas entre procedências na média do número de ataques, na proporção da árvore atacada e na altura da primeira bifurcação. Aos quatro anos a procedência de Porto Rico foi superior para todas as variáveis exceto altura, que foi 16,7% inferior à melhor procedência. Apesar dos resultados preliminares, e baseados em um material de abrangência limitada e com avaliação aos quatro anos, as evidências indicam ampla variabilidade genética entre e dentro das procedências de mogno quanto a crescimento e resistência a insetos.

Em um teste conduzido em Trinidad o crescimento e média de altura entre progênies apresentaram variações entre 3,57 e 4,7 metros aos 30 meses. Na primeira avaliação a média em altura da melhor família foi 192% superior em comparação com a pior, indicando a presença de variação genética. Tanto procedências quanto progênies foram estatisticamente diferentes (NAVARRO, 1996).

Um teste de procedências e progênies foi instalado em 1988 em Campeche, ao sul do México, incluindo 36 progênies de três procedências de *S. macrophylla* e 36 progênies de *C. odorata*. Aos 6 anos de idade a herdabilidade para altura variou de 0,036 a 0,265 dependendo da procedência (PATIÑO, 1997). Em um teste de progênies de *S. macrophylla* conduzido em Vanatu aos seis anos a sobrevivência variou de 6 a 58% e altura de 6,50 a 16,08 m. Entre as procedências testadas havia híbridos de *S. macrophylla* e *S. mahogani*. A sobrevivência foi baixa devido a danos provocado por furacões e infecção por podridão da raiz (*Phellinus noxius*), mas não houve registro de ataque da broca do mogno. Em função dos desastres naturais a que a ilha está sujeita o autor indica a procedência de Honduras (Lancetilla) para

ilhas com riscos de furacão e as procedências locais de Vanatu e Fiji para situações de vulcões (LESLIE, 1994).

Fora da distribuição natural das espécies dos gêneros *Swietenia* e *Cedrela* a seleção de árvores superiores de plantios foram registrados em países africanos e asiáticos, assim como nas Filipinas (ZABALA, 1977) e em Fiji (SHEPHERD, 1969).

Um dos estudos mais importantes conduzido com *C. odorata* foi o teste internacional de procedências coordenado pelo Instituto Florestal de Oxford, Reino Unido. Sementes de 14 procedências foram distribuídas em 21 países tropicais em 1967. Poucos testes foram instalados com sucesso devido aos problemas com *H. grandella* e sítios pobres para estabelecimento de experimentos (WHITMORE, 1978). O mesmo lote de sementes foi testado em países na África com relativo sucesso. As procedências apresentaram diferenças de forma e crescimento, baixa incidência do ataque da broca. Os melhores resultados corresponderam às procedências de Belize e Costa Rica (BURLEY; NIKLES, 1973; CHAPLIN, 1980).

Foi registrado o melhoramento genético de *C. odorata* a partir de 1973 em Cuba. Neste caso foi estabelecida uma coleção de clones composta por 250 rametes de árvores superiores. Testes de progênies foram conduzidos entre 1986 a 1990 e uma área de produção de sementes com 10 hectares foi estabelecida (LAHERA; ALVAREZ; GAMEZ, 1994).

Os testes genéticos encontrados em *C. fissilis* relatam a variabilidade da espécie em estágio juvenil ou em frutos e sementes. Inoue (1972) estudou a variação do gênero em quatro procedências brasileiras até o primeiro ano em plantios puros e mistos instalados em Santo Antônio da Platina/PR. A procedência de Minas Gerais apresentou melhor crescimento em altura apesar da maior suscetibilidade à geada. O autor não constatou diferença quanto ao dano provocado pela broca.

Firkowski (1983) determinou a variância genética entre cinco procedências e 12 matrizes por procedência de *C. fissilis* coletadas no Paraná e Santa Catarina. A variação dos caracteres avaliados em mudas de dois anos foi maior nas procedências em comparação às progênies. O autor constatou que uma procedência apresentou menores danos de *H. grandella* nos frutos.

Mais recentemente Biernaski, Higa e Silva (2012) definiram a zona de coleta e uso de sementes de *C. fissilis* baseados na variabilidade genética de caracteres juvenis de *C. fissilis*. O trabalho foi realizado com 48 matrizes distribuídas em sete

municípios entre Paraná e Santa Catarina. Foram testadas as diferenças para três supostas populações a partir de 14 caracteres mensurados em mudas até 145 dias. Apesar do elevado controle genético dos caracteres não houve diferenças genéticas para as três populações testadas definindo, portanto, uma única população.

Constata-se que poucos estudos foram conduzidos sobre a variabilidade genética de *C. fissilis*, bem como, foram de curto prazo, baseados em caracteres juvenis. Para afirmar a possibilidade de domesticar a espécie e melhorá-la é preciso estabelecer estudos genéticos de longo prazo, com amplo material genético e em diferentes sites, a exemplo daqueles conduzidos com *S. macrophylla*.

2.4 ANÁLISES GENÉTICAS

A variabilidade de uma espécie está distribuída entre e dentro de populações resultante da mutação, migração, seleção e cruzamentos (LOVELESS; HAMRICK, 1984). As populações distinguem-se à medida que grupos de indivíduos com características ambientais distintas diferenciam-se geneticamente por meio do fluxo gênico limitado e pressões de seleção específicas (FREITAS; BEREL, 2003).

O tamanho da população ideal que apresenta a mesma taxa de aumento na homozigose ou deriva genética, é denominado tamanho efetivo populacional (N_e), apresentado pela população real em consideração. Genericamente, é o tamanho genético de uma população reprodutiva e não ao número de indivíduos que a compõe (PIRES *et al.*, 2011).

As características fenotípicas, normalmente de alto valor econômico, como diâmetro, volume do tronco e qualidade da madeira, são caracteres quantitativos de controle poligênico e fortemente influenciados pelo ambiente. Enquanto que caracteres qualitativos são monogênicos e pouca ou nenhuma influência ambiental (FALCONER, 1987).

O estudo genético em sucessivas gerações permite a compreensão da variação e herança destes caracteres. Desta forma, as características quantitativas são estudadas em nível populacional por meio da avaliação das médias e variâncias herdáveis (CRUZ, 2005).

Em geral, para estudos dos caracteres quantitativos em populações panmíticas (quando a frequência dos alelos é estável e os cruzamentos são ao acaso), ignorando a epistasia, para um dado caráter, tem-se que: $g = a + d$; onde: g :

efeito genotípico do indivíduo; a : efeito aditivo dos alelos do indivíduo; d : efeito ou desvio de dominância. O modelo fenotípico para estudo dos caracteres quantitativos é: $y = \mu + a + d + e_p + e_i$, em que: y : valor fenotípico do indivíduo; μ : média genotípica do caráter da população; e_p : efeito de ambiente permanente; e_i : efeito de ambiente temporário (PIRES *et al.*, 2011).

Os parâmetros genéticos usualmente estudados referem-se às variâncias genéticas em suas componentes aditivas e não aditivas, ao coeficiente de herdabilidade no sentido amplo e restrito, às interações dos efeitos genéticos e ambientais e às correlações genéticas entre características (FIER, 2001). Tais informações inferem sobre o efeito dos caracteres quantitativos, orientam sobre a estratégia de seleção a ser adotada e estimam o resultado esperado da seleção (KAGEYAMA, 1980).

O grau de associação genética entre os caracteres é expresso pela correlação genética, ou seja, quantifica as influências que determinado caractere exerce sobre outro. Em caso de seleção, altas correlações genéticas promovem alterações significativas nos caracteres correlacionados (PIRES *et al.*, 2011).

A metodologia que resulta na estimação e predição mais precisa de parâmetros e valores genéticos, os modelos lineares mistos (REML/BLUP), são particularmente indicados para analisar dados desbalanceados.

A experimentação de campo, via de regra, está associada a desbalanceamento de dados devido a perdas de plantas e parcelas, desiguais quantidades de sementes e mudas disponíveis por tratamento, rede experimental com diferentes números de repetições por experimento e diferentes delineamentos experimentais, não avaliação de todas as combinações genótipo-ambiente, entre outros (RESENDE, 2007).

Mais especificamente, a máxima verossimilhança residual - REML (*Restricted Maximum Likelihood*) permite lidar com dados desbalanceados e com parentesco entre tratamentos. O método REML é recomendado no estudo de várias fontes de variação associadas à variação dos experimentos em campo, permitindo desdobrar a variação fenotípica em seus vários componentes genéticos, ambientais e de interação genótipo x ambiente (RESENDE, 2007).

O procedimento ótimo de seleção, o método melhor predição linear não viciada - BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*) é utilizado para estimar os efeitos genéticos aditivos (a), de dominância (d) e genotípicos (g), dependendo da situação

(RESENDE, 2007). O BLUP é o procedimento que maximiza a acurácia seletiva e, portanto, é superior a qualquer outro índice de seleção combinada, exceto aquele que usa todos os efeitos aleatórios do modelo estatístico, o índice multiefeitos (RESENDE; HIGA 1994).

Entre as vantagens do REML/BLUP estão: comparar indivíduos ou variedades através do tempo (gerações, anos) e espaço (locais, blocos); simultânea correção para os efeitos ambientais; estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos; lidar com estruturas complexas de dados (medidas repetidas, diferentes anos, locais e delineamentos); aplicar a dados desbalanceados e a delineamentos não ortogonais; utilizar simultaneamente um grande número de informações de diferentes gerações, locais e idades; gerando estimativas e predições mais precisas; permite o ajuste de vários modelos alternativos, com a opção de escolher aquele que melhor se ajusta aos dados e apresenta menor número de parâmetros (RESENDE, 2002).

São muitos os exemplos do uso de modelos lineares mistos, difundido por meio do *software* SELEGEN-REML/BLUP, voltado às espécies florestais no Brasil, África do Sul, Argentina, Chile, China, Costa Rica, Índia, Peru e Tunísia. No melhoramento genético de: *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp., *Acacia mearnsii*, *Tectona grandis* e *Hevea brasiliense* (RESENDE, 2007). Destaca-se o estudo realizado com *C. fissilis* onde esta metodologia foi utilizada para estimativa dos parâmetros genéticos (BIERNASKI, HIGA, SILVA, 2012).

Segundo Sturion e Resende (2010) na análise de modelos mistos com dados desbalanceados, os efeitos do modelo não são testados via testes F, tal como se faz no método de análise de variância. Neste caso, para os efeitos aleatórios os autores recomendam o teste da razão de verossimilhança (LTR). Os autores simularam o uso do teste com dados desbalanceados do peso da massa foliar de poda de *Ilex paraguariensis* quando os efeitos testados foram significativos (STURION; RESENDE, 2010).

O índice de seleção considera simultaneamente os caracteres de interesse, gerando uma variável adicional que resulta da ponderação dos caracteres por meio de coeficientes calculados com base nas herdabilidades, valores econômicos relativos, correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres. No sistema níveis independentes de eliminação, níveis mínimos são estabelecidos para cada

característica, sendo que abaixo destes os indivíduos são eliminados (PIRES *et al.*, 2011).

Outra opção para predição é o índice multiefeitos, de grande valia na seleção para qualquer taxa de sobrevivência, equivalendo ao próprio BLUP para seleção dentro de qualquer experimento (RESENDE; HIGA, 1994). O índice multiefeitos diverge do índice de seleção por sistemas independentes de eliminação pois aquele considera apenas um caractere de interesse enquanto este, vários, por meio de uma variável adicional. Segundo Pires *et al.* (2011) tal variável é resultado da ponderação dos caracteres por meio de coeficientes calculados com base nas herdabilidades, valores econômicos relativos e correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D. X. Considerações sobre a cultura do cedro. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v.9, n.9, p.122-130, 1957.
- ANGELO, H.; BRASIL, A. A.; SANTOS, J. Madeiras tropicais: análise econômica das principais espécies florestais exploradas. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 31, n. 2, p. 237-248, 2001.
- BAWA, K. S.; PERRY, D. R., BEACH, J. H. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. 1. Sexual systems and incompatibility mechanisms. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 72, p. 331-345, 1985.
- BIERNASKI, F. A.; HIGA, A. R.; SILVA, L. D. Variabilidade genética para caracteres juvenis de progênies de *Cedrela fissilis* Vell.: subsídio para definição de zonas de coleta e uso de sementes. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 1, p. 49 – 58, jan./fev. 2012.
- BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P. Y.; NAVE, A. G.; GANDARA, F. B.; BARBOSA, L. M.; TABARELLI, M. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n.3, p. 455-470, 2010.
- BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 19 set. 2013.
- BROWDER, J. O.; MATRICARDI, E. A. T.; ABDALA, W. S. Is sustainable tropical timber production financially viable? A comparative analysis of mahogany silviculture among small farmers in the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v.16, p. 147-159, 1996.
- BUENO, F. C.; GODOY, M. P.; LEITE, A. C.; BUENO, O. C.; PAGNOCCA, F. C.; FERNANDES, J. B.; HEBLING, M. J. A.; BACCI, M.; VIEIRA, P. C.; SILVA, M. F. G. F. Toxicity of *Cedrela fissilis* to *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) and its symbiotic fungus. **Sociobiology**, v. 45, n. 2, p. 389-399, 2005.
- BURLEY, J.; NIKLES, D. G. (edit.) **Tropical provenance and progeny research and international cooperation**. Proceedings of IUFRO Working Party Meeting at Nairobi, Kenya. Oxford Commonwealth Forestry Institute. 1973.
- CAÑADAS, L. E. Comportamento de pseudoestadas de cinco espécies maderables variando dosel y época de plantación. **Turrialba**, San José, v. 13, n. 4, p. 233-235, 1963.

CARVALHO, P. E. R. Competição entre espécies florestais nativas em Irati – PR, cinco anos após o plantio. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 2, p.41–56, 1981.

CARVALHO, P. E. R. Comparação de espécies nativas, em plantio em linhas em capoeira, na região de Irati – PR, resultados aos sete anos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 5, p. 53–68, 1982.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo; Brasília, D.F.: EMBRAPA-CNPq; EMBRAPA-SPI, 1994. 639p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. [2003]. Disponível em: < http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/index_especies.htm>. Acesso em: 19 out. 2013.

CASTIGLIONI, J. A. Descripción botánica, forestal y tecnológica de las principales especies indígenas de la Argentina. In: COZZO, D. ARBOLES FORESTALES, MADERAS Y SILVICULTURA DE LA ARGENTINA. Buenos Aires: Acme, 1975. p. 38-60. (Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, 2).

CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA (CNCFLORA). [2012] Disponível em: < <http://cncflora.jbrj.gov.br/plataforma2/book/pub.php?id=9990>>. Acesso em: 09/04/2014.

CHAPLIN, G. E. Progress with provenance exploration and seed collection of *Cedrela* spp. In: COMMONWEALTH FORESTRY CONFERENCE, 11., 1980, Port-of-Spain. **Proceedings...** Oxford, U.K.: Commonwealth Forestry Institute, 1980. p. 1–17.

CLEMENT, R. C. Melhoramento genético de espécies nativas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa, 2001. p. 423-441.

CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES OF WILD FAUNA AND FLORA (CITES). [2013] Disponível em: <<http://www.cites.org/>>. Acesso em: 13 set. 13.

CORNELIUS, J. P.; WATT, A. D. Genetic variation in a *Hypsipyla*-attacked clonal trial of *Cedrela odorata* under two pruning regimes. **Forest Ecology and Management**, v. 183, n. 1, p. 341-349, 2003.

CUANALO GUEVARA, P. El cedro rojo (*Cedrela mexicana* M. L. Roem) en los bosques de México. In: CONGRESSO FLORESTAL MUNDIAL, 6., 1968, Madrid. **Actas...** Madrid, 1968. p. 2422-2429, v. 2.

CUSATIS, A. C.; TRAZZI, P. A.; DOBNER JR, M.; HIGA, A. R. Dendroecologia de *Cedrela fissilis* na Floresta Ombrófila Mista. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, p. 287-297, jul/set. 2013. Disponível em:<

<http://www.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/474>>. Acesso em: 22 out. 2013.

CRUZ, C. D. **Princípios da genética quantitativa**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.

DOUROJEANNI, R. M. El barreno de los brotes (*Hypsipyla grandella*) en cedro y caoba. **Agronomía**, v. 30, n. 1, p. 35–43, 1963.

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L.; TOREZAN, J. M.; MELO, A. C. G de; MARQUES, M. C. M.; MARTINS, S. V.; REIS, A.; SCARANO, F. R. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas? **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n.3, p. 471-485, 2010.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de Martinho de Almeida e Silva e José Carlos Silva. Viçosa, UFV, 1987.

FIER, I. S. N, **Variação genética e métodos de melhoramento para *Pinus maximinoi* H. Moore em Telêmaco Borba (PR)**. 46 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

FIGLIOLIA, M. B.; SILVA, A. da. Ecofisiologia da germinação de sementes de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell. - Meliaceae), em diferentes regimes de temperatura, umidade e luz. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.7, n.1/2, p.208, 1997.

FINKELDEY, R. **An indroduction to tropical forest genetics**. Göttingen: Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, 2005. (Göttingen, Büsgenweg2, D-37077).

FINOL, U. H. Estudio silvicultural de algunas espécies comerciales en el bosque universitario “El Caimital”, Estado Barinitas. **Revista Forestal Venezolana**, v. 7, n. 10/11, p. 17-63, 1964.

FIRKOWSKI, C. **Avaliação da variação genética e fenotípica entre procedências e progênies de *Cedrela fissilis***. 1983. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1983.

FLORESTAR ESTATISTICO. São Paulo: Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo, v. 11, n. 20, jun. 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Climate change guidelines for forest managers**. Rome, 2013. (FAO Forestry Paper, n. 172).

FRANCK FILHO, F. H. **Seleção de espécies arbóreas nativas da região Sul do Brasil para reflorestamento e emprego na arquitetura e no design**. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 142p.

FREITAS, L. B. de.; BEREL, F. **Genética e evolução vegetal**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003.

GANDARA, F. B. **Diversidade genética, taxa de cruzamento e estrutura espacial dos genótipos em uma população de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae)**. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

GLOGIEWICZ, J. S. **Performance of Mexican, Central American and West Indian Provenances of *Swietenia* grown in Puerto Rico**, MSc., Thesis, College of Environmental Science and Forestry, Faculty of Forestry, Syracuse, New York. 1986.

GOMES, J. M.; CARVALHO, J. O. P de.; SILVA, M. G. da; NOBRE, D. N. V.; TAFFAREL, M.; FERREIRA, J. E. R.; SANTOS, R. N. J. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**, v. 40, p. 171-178, 2010.

GRACE, T. L.; LAURENCE, G. K. A preliminary study on the prospects for biological control of the mahogany shoot borer, *Hypsipyla robusta* (Lepidoptera: Pyralidae), by ants (Hymenoptera: Formicidae). In: TROPICAL FORESTRY RESEARCH IN THE NEW MILLENNIUM: MEETING DEMANDS AND CHALLENGES. **Proceedings....**, Malaysia: Forest Research Institute Malaysia (FRIM), 2001. p. 240-244.

GRIPJMA, P. Immunity of *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (FVM) CDC and *Khaya ivorensis* A. Chev. to attack of *Hypsipyla grandella* Zeller in Turrialba, Costa Rica. **Turrialba**, San José, v. 20, n.1, p. 85–93, 1970.

GRIJPMA, P. Resistance of Meliaceae against the shoot borer *Hypsipyla* with particular reference to *Toona ciliata* M. J. Roem. var. *australis* (F. V. Muell.) C. DC. In: BURLEY, J.; STYLES, B. T. (eds.). **Tropical Trees: Variation, breeding and conservation**. London: Linnean Society, 1976. p. 69-78.

GRIJPMA, P.; ROBERTS, S. C. Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lep. Pyralidae); XXVII Biological and chemical screening for the basis of resistance of *Toona ciliata* M. J. Roem. var. *australis*. **Turrialba**, San José, v. 25, n. 2, p. 152–159, 1975.

HIGA, A. R.; DUQUE SILVA, L. D. (Coord.). **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF do Paraná, 2006. 264p.

HOLDRIDGE, L. R.; POVEDA L. J. **Árboles de Costa Rica, vol. I**. San José. Costa Rica: Centro de Ciencias Tropicales, 1975.

INOUE, M. T. Ensaio de procedência de *Cedrela* em Santo Antônio da Platina, PR. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 49–57. 1972.

INOUE, M. T. A auto-ecologia do gênero *Cedrela*: efeitos na fisiologia do crescimento no estágio juvenil em função da intensidade luminosa. **Revista Floresta**, Curitiba, v.8, n.2, p.58-61, 1977.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES (IUCN). **IUCN Red List of Threatened Species**. 2013. Versão 2013.2. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 04 abr. 14.

IWASAKI-MAROCHI, C. **Anéis anuais de crescimento do cedro (*Cedrela fissilis* – Meliaceae) aplicados à avaliação da taxa de crescimento e dendroclimatologia**. 2007. 124 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, 2007.

JANKOWSKY, I. P.; CHIMELO, J. P.; CAVANCANTE, A. de A.; GALINA, I. C. M.; NAGAMURA, J. C. S. **Madeiras brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172p.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em progênies de uma população de *E. grandis* (HILL) MAIDEN**, 1980, 125 p. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, Piracicaba, n. 41/42, p. 83- 93, jan./dez.1989.

KAGEYAMA, P. Y.; SEBBENN A. M.; RIBAS, L. A.; GANDARA, F. B.; CASTELLEN, M.; CALHEIROS, B. P.; VENKOVSKY, R. Diversidade genética em espécies arbóreas modelo da floresta tropical atlântica por diferentes marcadores genéticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 93–107, 2003.

KLEIN, R. M. **Meliaceas**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1984.

KUNIYOSHI, Y. S. **Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta com araucária**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1983. 233p. Tese Mestrado.

LAHERA, W.; ALVAREZ A.; GAMEZ, S. The genetic improvement programme in *Cedrela odorata* L. In: Cuba, Forest genetic resources, FAO, Roma, 22: 27–28, 1994.

LAMB, F. B. **Mahogany of Tropical America: its Ecology and Management**. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1966.

LAMB, A. F. A. (comp.). **Fast growing timber trees of the lowland tropics: *Cedrela odorata***. Oxford: Commonwealth Forestry Institute, n. 2, 1968. 46p.

LESLIE, A. D. **A compilation of results from forestry trials established on Espiritu Santo, Vanuatu**. 1994. (Technical Booklet n. 3). Santo Industrial Forest Plantation Project.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992.

LOVELESS, M. D.; HAMRICK, J. L. Ecological determinants of genetic structure in plant populations. **Ann. Rev. Ecol. Syst.** v. 15, p. 65-95, 1984.

LUNZ, A. M.; THOMAZINI, M. J.; MORAES, M. C. B.; NEVES, E. J. M.; BATISTA, T. F. C.; DEGENHARDT, J.; SOUSA, L. A. de; OHASHI, O. S. *Hypsipyla grandella* em mogno (*Swietenia macrophylla*): situação atual e perspectivas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 59, p. 45, 2009.

MARQUETTI, J. R. Híbridos de *Cedrela* resistentes a *Hypsipyla grandella*. Inst. Invest. For. La Habana. **Revista Forestal Baracoa**, La Habana, v. 20, n. 1, p. 97–101, 1990.

MARTINEZ-CROVETTO, R. Esquema fitogeográfico de la provincia de Misiones (República Argentina). **Bonplandia**, Corrientes, v.1, n.3, p.171-223, 1963.

MATTEI, V. L. Preparo de solo e uso de protetor físico, na implantação de *Cedrela fissilis* V. e *Pinus taeda* L., por semeadura direta. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, n. 3, p. 127–132, set./dez. 1995. Disponível em: <<http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/131/128>>. Acesso em: 22 out. 13.

MATTOS, P. P.; SANTOS, A. T. dos; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D. Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 319-326, nov./dez., 2010. Disponível em: <www.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/download/102/137>. Acesso em: 29 mar. 2011.

MAYHEW, J. E.; NEWTON, A. C. **The silviculture of mahogany**. Wallingford: CABI, c1998. 226p.

MENEGHELLO, G. E.; MATTEI, V. L. Semeadura direta de timbuava (*Enterolobium contortisiliquum*), canafístula (*Peltophorum dubium*) e cedro-rosa (*Cedrela fissilis*) em campos abandonados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n.2, p. 21–27, 2004. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/1803/1067>>. Acesso em: 22 out. 2013.

MENÉNDEZ, J. M.; BERRIOS M. del C.; CASTILLA R. Observaciones sobre los hábitos alimenticios de larvas de *Hypsipyla grandella* Zeller en condiciones de laboratorio. **Revista Forestal Baracoa**, La Habana, v. 19, n. 2, p. 7–14, 1989.

MORELLATO, L. P. C. **Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semi-decídua no sudeste do Brasil**. 1991. 176 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

MUELLNER, A. N.; PENNINGTON, T. D.; CHASE, M. W. Molecular phylogenetics of Neotropical Cedreleae (mahogany family, Meliaceae) based on nuclear and plastid DNA sequences reveal multiple origins of *Cedrela odorata*. **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 52, n. 2, p. 461-469, 2009.

NAVARRO, P. C. **Informe sobre los recursos genéticos de la familia Meliaceae en Centro América: Prioridades para actividades coordinadas.** Reporte no Publicado, Departamento de Montes, FAO, Roma, Italia, 31 p, 1996.

NAVARRO, P. C.; MONTAGNINI, F.; HERNÁNDEZ, G. Genetic variability of *Cedrela odorata* Linnaeus: results of early performance of provenances and families from Mesoamerica grown in association with coffee. **Forest ecology and management**, v. 192, n. 2, p. 217-227, 2004.

NAVARRO-CERRILLO, R. M.; GRIFFITH, D. M.; RAMÍREZ-SORIA, M. J.; PARIONA, W.; GOLICHER, D.; PALACIOS, G. Enrichment of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in logging gaps in Bolivia: The effects of planting method and silvicultural treatments on long-term seedling survival and growth. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 12, p. 2271-2280, 2011.

NEWTON, A. C. Selección por resistencia al perforador de las meliáceas. **Mejoramiento genético y semillas forestales para América Central.** Turrialba: CATIE, n. 5, p. 4-7, 1990.

NEWTON, A. C.; BAKER, P.; RAMNARINE, S.; MESÉN, J. F.; LEAKEY, R. R. B.. Mahogany shoot borer: prospects for control. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 57, p. 301-328, 1993.

NEWTON, A. C.; LEAKEY, R. R. B.; MESÉN, F. Genetic variation in mahoganies: its importance, capture and utilization. **Biodiversity and Conservation**, v. 2, p. 114–126, 1993.

OHASHI, S. T.; COSTA, L. G. S.; PEDROSO, L. M. Enriquecimento de floresta tropical mecanicamente explorada com espécies *Cedrela odorata* L. (cedro-rosa) e *Carapa guianensis* AUBL. (andiroba), no planalto de Curuá-Una, Pará, Brasil. **Boletim Faculdade de Ciências da Administração de Pernambuco**, v. 21, p. 1-21, 1993.

PANDEY, D. **Growth and yield of plantation species in the tropics.** Rome, Italy: FAO, 1983. (W/R0867).

PATIÑO, V. F. **Genetic resources of Swietenia and Cedrela in the Neotropics: Proposals for Coordinated Action.** Rome Italy. 1997. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/006/ad111e/AD111E00.htm>. Consultado em: 16/09/2013

PENNINGTON, T. D. **A monograph of the neotropical Meliaceae.** New York: The New York Botanical Gardens, 1981. p. 360–390. (Flora Neotropica)

PENNINGTON, T. D.; STYLES, B.T. A genetic monograph of the Meliaceae. **Blumea** (3): 419-540, 1975.

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

PINHEIRO, A. L.; MARAGON, L. C.; PAIVA, G. L. R. M. Características fenológicas do cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em Viçosa, Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p. 21-26, dez. 1990.

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

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira Santa Catarina**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978.

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

RESENDE, M. D. V. de. **SELEGEN-REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

RESENDE, M. D. V. de; FANTINI JR.; M. **Bifurcação e quebra de copa em eucalipto: efeitos genéticos, ambientais e silviculturais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. Documentos 63. 20p.

RESENDE, M. D. V. de; HIGA, A. R. Maximização da eficiência da seleção em testes de progênies de *Eucalyptus* através da utilização de todos os efeitos do modelo matemático. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 28/29, p. 37-55, 1994.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. São Paulo: Edgard Blucher, 1978. (Plantas do Brasil)

SANDS, D. P. A.; MURPHY, S. T. Prospects for biological control of *Hypsipyla* spp. with insect agents. In: ACIAR PROCEEDINGS. ACIAR; 1998, 2001. p. 121-130.

SANTARELLI, E. G. Produção de mudas de espécies nativas para florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2004. p. 313 - 317.

SCHOONHOVEN, L. M. Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lep., Pyralidae). XXIII. Electroantennograms (EAG) as a tool in the analysis of insect attractants. **Turrialba**, San José, v. 24, n. 1, p. 24-28, 1974.

SEBBENN, A. M. Sistemas de reprodução em espécies tropicais e suas implicações para a seleção de árvores matrizes para reflorestamentos ambientais. In: HIGA, A. R.; SILVA, L. D. (Eds.) **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p. 93-138.

SHEPHERD, K. R. A. **Development Plan for Tree Improvement in Fiji**, Department of External Affairs, Canberra, pp, 47 - 156, 1969.

SILVICULTURAL RESEARCH DIVISION (SRD). **Silvicultural Research Division Annual Report**. Department of Forestry, Suva, Fiji, 1995.

STEFANO, M. V.; CALAZANS, L. S. B.; SAKURAGUI, C. M. *Meliaceae*. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, [2013]. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB9990>>. Acesso em: 16 set. 2013.

STEINBACH, F.; LONGO, A. N. Lista preliminar das espécies da flora apícola nativa da Fazenda Faxinal. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 347-349. Publicado na Revista do Instituto Florestal, v.4, parte 1, edição especial, 1992.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. de. Avaliação genética e análise de deviance em um teste desbalanceado de procedência e progênie de *Ilex paraguariensis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 157-160, mai/jul.2010.

STYLES, B. T. Swietenioideae. In: PENNINGTON, T.D.; STYLES, B.T.; TAYLOR, D.A.H. **Meliaceae**. New York: The New Botanical Garden, 1981. p. 359-385.

TOLEDO FILHO, D. V. de.; PARENTE P. R. Essências indígenas sombreadas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, Campos do Jordão, 1982. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1982. p. 948-56.

VEGA, C. L. Influencia de la silvicultura em el comportamiento de *Cedrela* em Surinam. **Boletín del Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación**, Merida, v. 46/48, p. 57-86, 1974.

WATT, A. D.; NEWTON, A. C.; CORNELIUS, J. P. Resistance in mahoganies to *Hypsipyla* species: a basis for integrated pest management. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON *Hypsipyla* SHOOT BORERS IN MELIACEAE, 1996, Kandy. **Proceedings...** Sri Lanka: FLOYD, R. B.; HAUXWELL, C. 1996. p. 89-95.

WEERAWARDANE, N. D. R. **Environmental effects on the growth of broadleaved trees introduced under pine stands in Sri Lanka**. Thesis (PhD) - Edinburgh University, Edinburgh, UK, 1996.

WHITMORE, J. L. *Cedrela* provenance trials in Puerto Rico and St. Croix: establishment phase. Puerto Rico: Institute of Tropical Forestry, 1978. (USDA Forest Service Research Note, IRF-16).

WORMALD, T. J. **Mixed and pure Forest plantations in the tropics and subtropics**. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization, 1992. (FAO Forestry Paper 103).

WRIGHT, J. W. **Introduction to forests genetics**. New York: Academic Press, 1976. 463p.

ZABALA, N. Q. Field grafting of yamane, *Gmelina arborea* Roxb, and large leaf mahogany, *Swietenia macrophylla* King. **Pterocarpus**, Laguna, Philippines, v. 3, n. 1, p. 81-86, 1977.

SELEÇÃO PRECOCE DE *Cedrela fissilis* (VELL.) PARA CONSERVAÇÃO E PRODUÇÃO NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

RESUMO

A madeira de *Cedrela fissilis* contribuiu para o desenvolvimento e a geração de renda em toda a América Latina. Apesar desta importância, a espécie não é cultivada devido à broca das meliáceas, *Hypsipyla grandella*, que compromete o crescimento do fuste e limita o desempenho silvicultural da espécie. Para superação deste problema, resultados estão sendo encontrados em programas de melhoramento genético de meliáceas como *Swietenia macrophylla* e *Cedrela odorata*. O objetivo deste trabalho foi avaliar e selecionar precocemente genótipos em um teste de progênies de *C. fissilis* visando conservação genética e crescimento. O teste de progênies, composto por 48 famílias de cedro-rosa instalado em Rio Negrinho/SC, foi avaliado aos 43 meses de idade. As Análises de Deviance indicaram que o material tem origem em uma única população e que houve diferenças significativas entre progênies para sobrevivência, diâmetro do colo e altura. Bifurcação, número de rebrotas, danos por *H. grandella* e geada não foram significativos entre progênies e apresentaram elevado efeito ambiental. A estimativa dos parâmetros genéticos e a predição precoce das médias genéticas foram realizadas via modelos lineares mistos (REML/BLUP). As maiores correlações fenotípicas e genéticas foram encontradas entre diâmetro do colo e altura. Para a conservação da espécie, visando à produção de sementes voltadas à restauração florestal, foi proposta a formação de um Pomar de Sementes por Mudanças. Por meio da seleção baseada nos valores aditivos de progênies estimou-se 2% de ganho em sobrevivência e tamanho efetivo populacional de 78. Para produção de sementes melhoradas em sobrevivência e crescimento inicial, via Pomar Clonal de Sementes, foi proposta a seleção em níveis independentes de eliminação, entre os valores genéticos aditivos de sobrevivência (BLUP) e Índice Multiefeitos de diâmetro. Neste caso, foram selecionados 15 genótipos com ganhos preditos de 4% em sobrevivência e 18% em diâmetro. A variabilidade genética encontrada permite explorar o teste de progênies como banco ativo de germoplasma combinando os interesses de conservação e uso de cedro-rosa.

Palavras-chave: Cedro-rosa. Meliaceae. Domesticação. Espécie nativa. Análise de Deviance. Modelos lineares mistos. Desbalanceamento.

EARLY SELECTION OF *Cedrela fissilis* (Vell.) FOR CONSERVATION AND PRODUCTION IN ARAUCARIA FOREST

ABSTRACT

Cedrela fissilis wood contributed to development and income generation in the whole Latin America. Despite this importance, it is not cultivated due to the mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella*, which compromises the stem growth and limits the species forestry performance. To overcome this problem, results are being found on mahoganies breeding programs, such as *Swietenia macrophylla* and *Cedrela odorata*. The objective of this study was to early select and evaluate genotypes of *C. fissilis* in a progeny test, aiming to genetic conservation and growth. The progeny test, composed by 48 families of *C. fissilis* was installed in Rio Negrinho/SC and was evaluated at the 43rd month. Analyzes of Deviance indicated that the genetic material originates from a single population and that there were significant differences among progenies for survival, collar diameter and height. Bifurcation, number of sprouts, damages by *H. grandella* and frost were not significant among progenies and indicated high environmental effect. The estimate of genetic parameters and early prediction of genetic means were performed through mixed linear models (REML / BLUP). The highest phenotypic and genetic correlations were found between collar diameter and height. For the species conservation, in order to produce seeds to be used in forest restoration, the formation of a seed orchard was proposed. Through selection based on additive values of progenies, a survival gain of 2% and a population size of 78 were estimated. To produce genetically improved seeds for survival and early growth, in a Clonal Seed Orchard, it was proposed a selection based on independent elimination levels between additive genetic values for survival and Multieffect Index for diameter. In this case, 15 genotypes were selected with predicted gain of 4% in survival and 18% in diameter. The genetic variability found allows exploring the progeny test as an active germplasm bank combining conservation issues with the use of cedro-rosa.

Keywords: Cedro-rosa. Meliaceae. Domestication. Native species. Deviance Analyzes. Mixed linear models. Unbalance.

1 INTRODUÇÃO

A importância econômica das meliáceas no Neotrópico impulsionou programas de melhoramento de *Swietenia macrophylla* (mogno) e *Cedrela odorata* (cedro). O potencial de ganho em mogno foi constatado com variações de 217% na resistência ao predador natural *Hypsipyla grandella*, ou broca das meliáceas, e 192% em altura, ambos entre as progênies (GRIJPMÁ, 1976; NEWTON; LEAKEY; MESÉN, 1993). Tais resultados foram atribuídos às pesquisas realizadas entre as décadas de 1960 e 1990, em especial, as conduzidas pelo Centro Agronômico Tropical de Investigação e Ensino (CATIE) na Costa Rica (MAYHEW; NEWTON, 1998).

Apesar dos casos bem sucedidos do melhoramento de mogno, incipientes foram as tentativas com *C. fissilis*. Inoue (1972) relatou registros desde 1920 de tentativas de cultivo do gênero *Cedrela* com esporádicos bons resultados. Ainda, ressalta que a abrangência territorial de cedro-rosa é maior que o mogno, implicando em um número potencial de beneficiários pela exploração da madeira.

C. fissilis ocorre naturalmente na América tropical, da Costa Rica até o sul do Brasil, com exceção do Chile (SMITH, JR., 1960; STYLES, 1981). No Brasil cedro-rosa ocorre na Floresta Estacional Decidual, Semidecidual e na Floresta Ombrófila Mista, concentrando-se expressivamente nas formações florestais do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (KLEIN, 1984).

O cedro-rosa é uma planta monoica, as flores são unissexuais por aborto, sendo assim uma espécie basicamente alógama. Gandara (1996) reportou uma taxa de autofecundação de *C. fissilis*, variando de 8% a 24%, determinado por iso-enzimas. A espécie foi considerada com sistema misto de reprodução com taxa de autofecundação de 20% inclusive no presente trabalho.

A excelente estabilidade dimensional da madeira, aliada a cor rosada semelhante ao mogno, confere ao cedro-rosa usos nobres como: caixa para charutos (tradição em décadas passadas), mobiliário, instrumentos musicais, carpintaria, marcenaria, decoração de interiores, construção naval e aeronáutica, laminados, caixilhos e janelas, entre outros (INOUE, 1972; RIZZINI, 1981).

Outras qualidades são a durabilidade da madeira quando exposta ao tempo, a resistência a organismos xilófagos e a facilidade de trabalhar. Entre as madeiras

leves nativas a versatilidade do cedro-rosa pode ser superada apenas por *Araucaria angustifolia* (CARVALHO, 2003).

Firkowski (1983) localizou registros que em 1946 o cedro-rosa era a segunda espécie em volume exportado, precedida por *A. angustifolia*, originária da Região Sul. Em 1980 foi a quinta espécie em volume exportado no país e rendeu meio milhão de dólares, sendo a maior parte proveniente da Amazônia. Mais recentemente, em São Paulo (dez/2007), no mercado atacadista interno a madeira de cedro-rosa estava sendo cotada a R\$ 7,91/m² laminado e R\$ 2.517,40/m³ serrado (FLORESTAR ESTATÍSTICO, 2008).

Em programas de melhoramento de espécies nativas a seleção do material genético pode ter diferentes enfoques: produção, restauração ambiental e preservação de espécies ameaçadas de extinção. Contudo, a falta de material genético selecionado é a principal barreira para espécies brasileiras com potencial produtivo serem utilizadas em larga escala (HIGA; SILVA, 2006).

Considerando a reformulação do Novo Código Florestal Brasileiro há uma estimativa de recomposição de 21 milhões de hectares de reserva legal (SOARES-FILHO, 2013). Este gargalo demanda estratégias de melhoramento como a seleção precoce, tanto para produção quanto de restauração ambiental, em escala maior do que atualmente praticada.

Devido ao ciclo longo das espécies florestais, a seleção precoce pode diminuir o tempo requerido para avaliação e seleção, maximizando os ganhos genéticos por unidade de tempo, além de proporcionar vantagens adicionais como experimentos menos duradouros, maior facilidade para tomada de dados e maior adaptabilidade às mudanças de objetivos (REZENDE; BERTOLUCCI; RAMALHO, 1994).

A seleção precoce para características silviculturais tem-se mostrado eficiente tanto para seleção em teste de progênies de famílias de meios-irmãos quanto para seleção em testes clonais de híbridos de eucalipto (FONSECA *et al.*, 2010). Por exemplo, a seleção aos 17 meses, entre e dentro de famílias de meios-irmãos em *Eucalyptus camaldulensis* proporcionou ganho anual de 20 a 35% superior ao ganho anual obtido com a seleção aos 80 meses para diâmetro e altura, respectivamente (PEREIRA, 1996). Assim, a seleção precoce de genótipos superiores em crescimento de *C. fissilis* pode contribuir para tornar cedro-rosa rentável no uso sustentável da reserva legal.

O objetivo geral deste foi avaliar a variabilidade genética entre e dentro de três populações nativas de *C. fissilis* e selecionar precocemente genótipos, para sobrevivência e crescimento inicial, em um teste de progênies plantado em Rio Negrinho/SC consorciado com *P. taeda*. Os específicos foram:

- 1) avaliar a estrutura genética de 48 famílias de polinização aberta;
- 2) definir os caracteres silviculturais para seleção precoce;
- 3) propor seleção e estimar ganhos genéticos na produção de sementes melhoradas visando restauração florestal e crescimento inicial *C. fissilis*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 COLETA DE DADOS

Em 2008, Biernaski, Higa e Silva (2012), selecionaram e marcaram 48 matrizes de *C. fissilis* (APÊNDICE 1) em remanescentes florestais dos municípios de Rio Negrinho, Mafra e São Bento do Sul no Estado de Santa Catarina e nos municípios de Lapa, Rio Negro, Antonio Olinto e Campo do Tenente no Estado do Paraná (FIGURA 1).

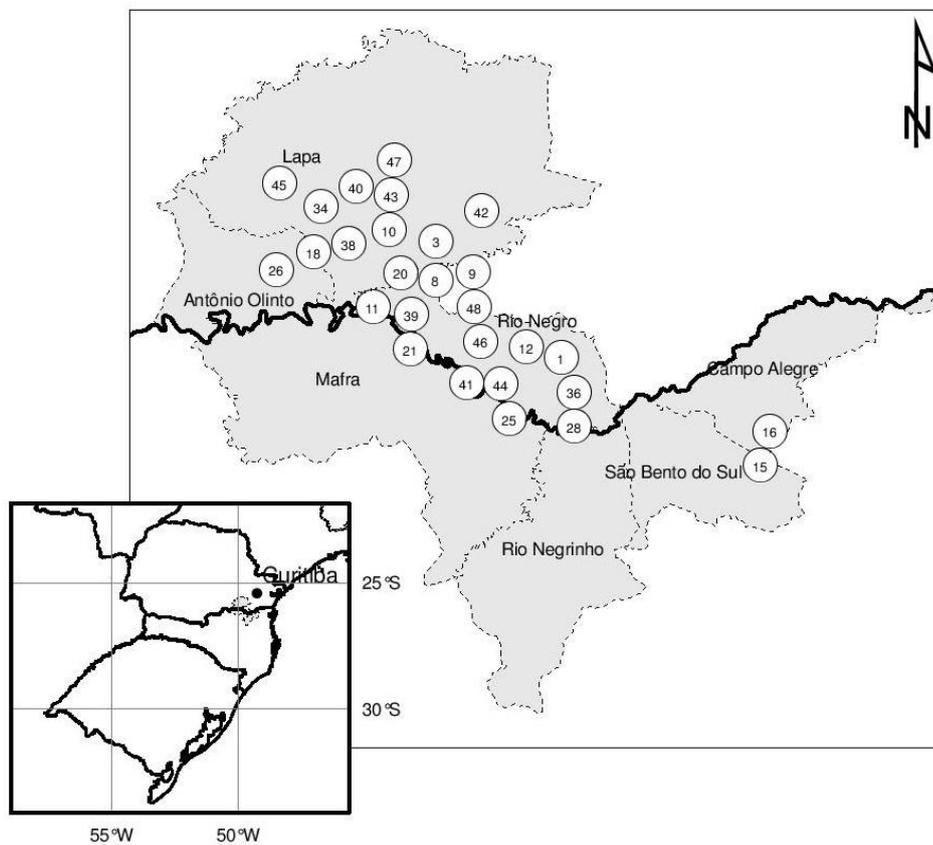


FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DE 28 MATRIZES, DENTRE AS 48 SELECIONADAS, NA DIVISA DOS ESTADOS DO PARANÁ E SANTA CATARINA

FONTE: Cusatis *et al.* (2013)

As mudas das referidas matrizes compuseram o teste de progênes instalado entre março e maio de 2009 na Fazenda Rio do Salto (FIGURA 2), de propriedade,

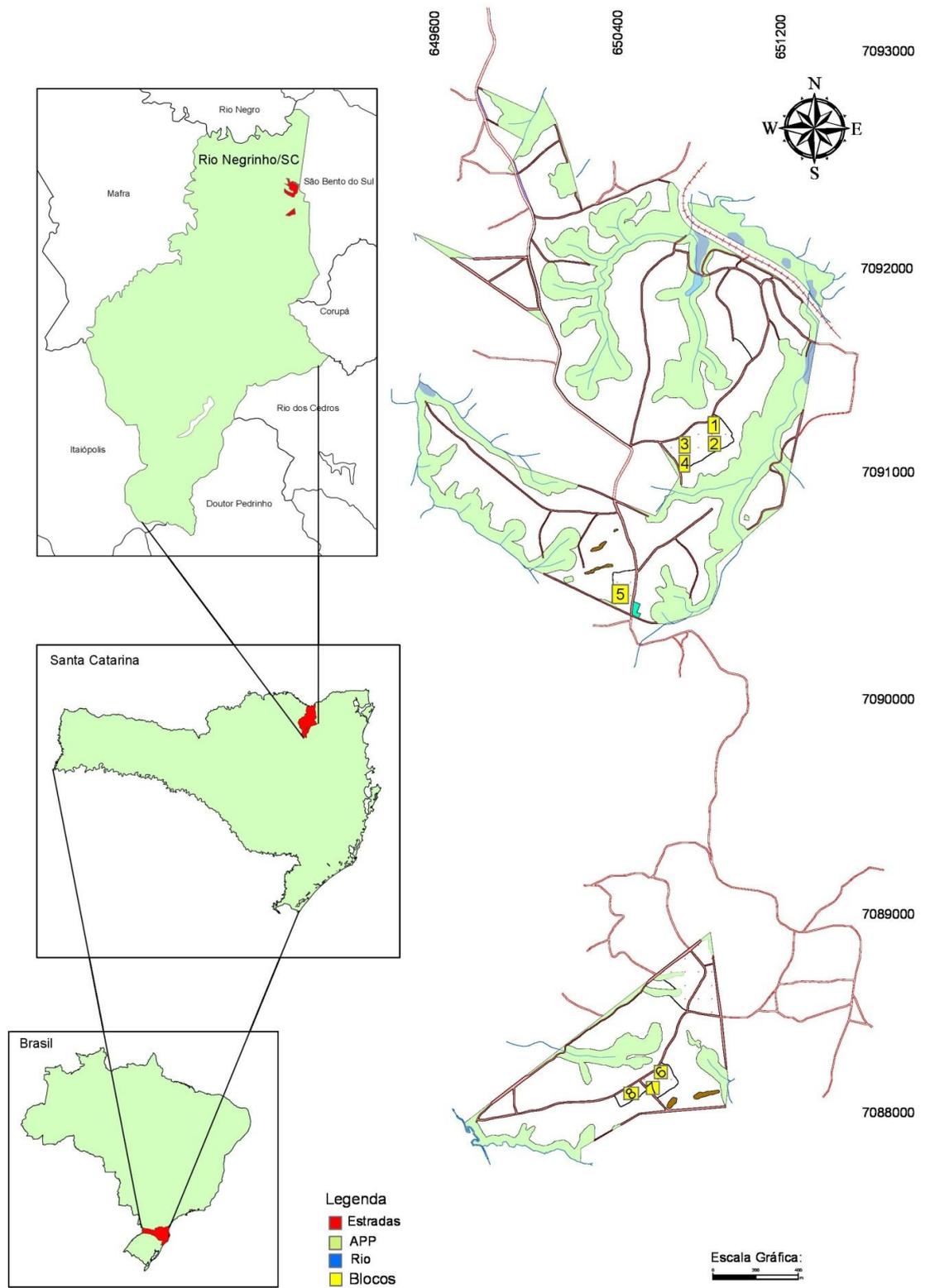


FIGURA 2 – LOCALIZAÇÃO DOS OITO BLOCOS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis*, FAZ. RIO DO SALTO, RIO NEGRINHO, SANTA CATARINA, BRASIL

FONTE: Corrêa; Roters (2014)

na época, da empresa Battistella Florestal, em Rio Negrinho/SC (BIERNASKI, 2009, não publicado)²³.

A fazenda onde o teste de progênies foi plantado localiza-se no Primeiro Planalto Catarinense. O clima é do tipo Cfa, com precipitação anual média de 1.734 mm e temperatura anual média de 18°C, temperatura máxima média de 23°C e mínima média de 13°C, com ocorrência de até 10 geadas por ano (EPAGRI, 2009, não publicado)²⁴.

A região está inserida na Floresta Ombrófila Mista, com paisagem caracterizada por mosaicos de vegetação nativa alterada e com diferentes estágios de regeneração, com uso do solo pela agricultura de pequeno e médio porte, assim como reflorestamentos de pinus e eucaliptos (BIERNASKI; HIGA; SILVA, 2012).

O experimento está localizado em duas regiões da Fazenda Rio do Salto, área 1: 650.994,56 e 7.085.869,62; e área 2: 650.801,01 e 7.091.277,65; Sirgas2000 Zona Utm 22S; e altitude média de 860 m.

O teste de progênies de *C. fissilis* foi instalado em consórcio com *P. taeda* em densidade de 1000 mudas de cedro-rosa por hectare. O delineamento utilizado foi o de blocos completos ao acaso, 48 progênies, oito repetições (APÊNDICE 2) e dez plantas por parcela, totalizando 3840 plantas. A área do teste, considerando duas linhas de bordadura, totalizou seis hectares (BIERNASKI, 2009, não publicado).

Entre 25 de outubro a 15 de novembro de 2012, aos 43 meses, foi realizado levantamento das variáveis no teste de progênies: sobrevivência, diâmetro à altura do colo (DAC), altura, presença de dano de *H. grandella*, presença de dano por geada, presença de bifurcação e número de rebrotas. Sobrevivência, presença de dano de *H. grandella*, por geada e bifurcação foram dimensionadas em escala binomial, portanto, zero foi considerado como significativo em todas as análises descritas.

Nas análises realizadas as variáveis: diâmetro do colo, altura, presença de dano de *H. grandella*, dano por geada, bifurcações, foram realizadas para os indivíduos sobreviventes. As análises para número de rebrotas foram realizadas aos

²³ BIERNASKI, F. A. **Teste de progênies de *Cedrela fissilis* da região de Rio Negrinho/SC**, Curitiba: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal - UFPR, 2009. 19 p. Relatório técnico. Não publicado.

²⁴ EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA – EPAGRI, Estação Meteorológica de Rio Negrinho – Santa Catarina, 2009. Não publicado.

indivíduos que rebrotaram havendo, portanto variação do número de indivíduos desta análise se comparado às sobreviventes.

Para caracterização edáfica foi realizada, em outubro de 2012, a coleta composta de cinco pontos de 0 - 20 e de 20 - 40 cm de profundidade, removidas com trado de rosca, aleatorizados dentro de cada um dos blocos. As análises químicas de macro e micronutrientes foram realizadas segundo Tedesco e colaboradores (1995) e as físicas segundo Gee e Bauder (1986). Os resultados das análises físicas e químicas dos solos dos oito blocos do teste de progênes encontram-se no ANEXOS 2, 3 e 4.

As imagens da coleta dos dados descritas podem ser observadas na FIGURA 3.



FIGURA 3 – COLETA DE DADOS EM MATRIZES E TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis*, RIO NEGRINHO/SC E REGIÃO

FONTE: A autora (2014)

NOTA: A – Matriz nº 50 em 15 de fevereiro de 2012; B – Plaqueta de identificação da matriz selecionada nº 2 em 13 de fevereiro de 2012; C – Retirada de bagueta da matriz selecionada nº 31 em 15 de fevereiro de 2012; D – Coleta de tecido cambial para extração de DNA da matriz selecionada nº 24 em 15 de fevereiro de 2012; E – Vista geral do teste de progênies consorciado com *Pinus taeda* em 2 de maio de 2011; F – Larva de *H. grandella* em *C. fissilis* em teste de progênies em 04 de maio de 2011; G – Dano de *H. grandella* em *C. fissilis* em teste de progênies em 4 de maio de 2011; H – Fezes de *H. grandella* com diferentes oxidações, indicando a formação descendente do canal da larva no caule de *C. fissilis* em teste de progênies em 6 de dezembro de 2011; I – Caule com canal e rebrota de *C. fissilis* em teste de progênies em 06 de dezembro de 2011; J – *C. fissilis* com rebrotas devido à geada em teste de progênies em 15 de novembro de 2012; K – *C. fissilis* bifurcada com dano de geada em teste de progênies em 25 de abril em 2011; L – Teste de progênies com 35 matrizes de *C. fissilis* no *campus* Jardim Botânico, UFPR, Curitiba/PR, em 18 de julho de 2013

2.2 ANÁLISE DEVIANCE

Para avaliar se os indivíduos amostrados pertencem a diferentes populações foi utilizada a Análise de Deviance (Anadev). Foi testado o grupamento proposto pelo precursor do presente trabalho (BIERNASKI, 2010), totalizando 33 famílias. O grupamento proposto considerou a distribuição espacial das matrizes e as respectivas altitudes, sendo: grupo 1 com altitude média de 916 m (variando de 881 a 936 m), grupo 2 altitude com média de 868 m (811 a 920 m) e grupo 3 com altitude média de 880 m (849 a 917 m) (TABELA 1).

TABELA 1 - ALTITUDE MÉDIA DAS MATRIZES DE *C. fissilis* LOCALIZADAS NOS TRÊS GRUPOS DELIMITADOS ESPACIALMENTE, DISTRIBUÍDAS ENTRE OS ESTADOS DO PARANÁ E SANTA CATARINA

NÚMERO	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	MATRIZ	ALTITUDE (M)	MATRIZ	ALTITUDE (M)	MATRIZ	ALTITUDE (M)
1	7	929	3	811	1	865
2	10	913	8	834	2	881
3	13	936	9	887	12	915
4	18	928	11	880	14	884
5	31	916	20	839	22	917
6	34	895	21	830	23	870
7	40	930	24	866	25	849
8	43	918	29	909	28	862
9	47	881	32	907	33	891
10			35	855	36	867
11			37	884		
12			39	891		
13			46	920		
14			48	837		
MÉDIA		916		868		880

FONTE: Biernaski (2010)

As Análises Deviance e os parâmetros genéticos foram estimados por meio da máxima verossimilhança restrita (REML), os valores genéticos aditivos estimados via melhor predição linear não viciada (BLUP), todos calculados com o *software* SELEGEN (RESENDE, 2007).

A Anadev foi utilizada para verificar a significância dos efeitos de procedência no modelo matemático (Modelo 112: Avaliação de progênies de meios-irmãos de várias populações, no delineamento em blocos ao acaso, com várias plantas por parcela, uma medição por indivíduo e um só caráter):

$$y = Xb + Za + Wc_1 + Qr + Uc_2 + e$$

Em que:

y = vetor de dados

b = vetor dos efeitos blocos (fixos)

a = vetor dos efeitos aleatórios genéticos aditivos

c_1 = vetor dos efeitos aleatórios de parcelas referentes a progênies

r = vetor dos efeitos de populações

c_2 = vetor dos efeitos aleatórios de parcelas relativos a procedências

e = vetor dos erros aleatórios

X, Z, W, Q e U = matrizes de incidência para b, a, c_1, r, c_2, e

Distribuições e estruturas de médias e variâncias:

$$y|b, V \sim N(Xb, V)$$

$$a|A, \sigma_a^2 \sim N(0, A\sigma_a^2)$$

$$c_1|\sigma_{c_1}^2 \sim N(0, I\sigma_{c_1}^2)$$

$$c_2|\sigma_{c_2}^2 \sim N(0, I\sigma_{c_2}^2)$$

$$r|\sigma_r^2 \sim N(0, I\sigma_r^2)$$

$$e|\sigma_e^2 \sim N(0, I\sigma_e^2)$$

$$\text{Cov}(a, c_1') = 0; \text{Cov}(a, r') = 0; \text{Cov}(a, c_2') = 0; \text{Cov}(a, e') = 0; \text{Cov}(c_1, r') = 0;$$

$$\text{Cov}(c_1, c_2') = 0; \text{Cov}(c_1, e') = 0; \text{Cov}(r, c_2') = 0; \text{Cov}(r, e') = 0; \text{Cov}(c_2, e') = 0, \quad \text{ou seja:}$$

$$E \begin{bmatrix} y \\ a \\ c_1 \\ r \\ c_2 \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad \text{Var} \begin{bmatrix} a \\ c_1 \\ r \\ c_2 \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma_{c_1}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_r^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_{c_2}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

$$\text{Var}(y) = ZA\sigma_a^2Z' + WI\sigma_{c_1}^2W' + QI\sigma_r^2Q' + UI\sigma_{c_2}^2U' + I\sigma_e^2$$

Equações do modelo misto:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W & X'Q & X'U \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\lambda_1 & Z'W & Z'Q & Z'U \\ W'X & W'Z & W'W + I\lambda_2 & W'Q & W'U \\ Q'X & Q'Z & Q'W & Q'Q + I\lambda_3 & Q'U \\ U'X & U'Z & U'W & U'Q & U'U + I\lambda_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \\ \hat{c}_1 \\ \hat{r} \\ \hat{c}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ W'y \\ Q'y \\ U'y \end{bmatrix}, \quad \text{em que:}$$

$$\lambda_1 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_a^2} = \frac{1 - h^2 - c_1^2 - r^2 - c_2^2}{h^2}; \quad \lambda_2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_{c_1}^2} = \frac{1 - h^2 - c_1^2 - r^2 - c_2^2}{c_1^2};$$

$$\lambda_3 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_r^2} = \frac{1 - h^2 - c_1^2 - r^2 - c_2^2}{r^2}; \quad \lambda_4 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_{c_2}^2} = \frac{1 - h^2 - c_1^2 - r^2 - c_2^2}{c_2^2};$$

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{c_1}^2 + \sigma_r^2 + \sigma_{c_2}^2 + \sigma_e^2} : \text{herdabilidade individual no sentido restrito}$$

$$c_1^2 = \frac{\sigma_{c_1}^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{c_1}^2 + \sigma_r^2 + \sigma_{c_2}^2 + \sigma_e^2} : \text{correlação entre indivíduos devida ao ambiente comum da parcela referente a progênies}$$

$$r^2 = \frac{\sigma_r^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{c_1}^2 + \sigma_r^2 + \sigma_{c_2}^2 + \sigma_e^2} : \text{correlação fenotípica intraclasse entre indivíduos de uma mesma procedência, em diferentes blocos}$$

$$c_2^2 = \frac{\sigma_{c_2}^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{c_1}^2 + \sigma_r^2 + \sigma_{c_2}^2 + \sigma_e^2} : \text{correlação devida ao ambiente comum da parcela de procedência}$$

Os valores da Deviance para as variáveis de progênies mensuradas foram estimadas por meio do modelo estatístico 110 (avaliação de progênies de meios-irmãos, no delineamento de blocos ao acaso, com várias plantas por parcela, uma medição por indivíduo, um só caractere e uma só população). O referido modelo estatístico é expresso por (RESENDE, 2002):

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

Em que:

y = vetor de dados

b = vetor dos efeitos de blocos (fixos)

a = vetor dos efeitos genéticos aditivos (aleatórios)

c = vetor dos efeitos de parcela (aleatórios)

e = vetor de erros ou resíduos (aleatórios)

X, Z e W = matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Distribuições e estruturas de médias e variâncias:

$$y|b, V \sim N(Xb, V)$$

$$a|A, \sigma_a^2 \sim N(0, A \sigma_a^2)$$

$$c|\sigma_c^2 \sim N(0, I \sigma_c^2)$$

$$e|\sigma_e^2 \sim N(0, I \sigma_e^2)$$

$$\text{Cov}(a, c') = 0; \text{Cov}(a, e') = 0; \text{Cov}(c, e') = 0$$

Ou seja:

$$E = \begin{bmatrix} y \\ a \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ e } Var = \begin{bmatrix} y \\ a \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V & ZG & WC & R \\ GZ' & G & 0 & 0 \\ CW' & 0 & C & 0 \\ R & 0 & 0 & R \end{bmatrix}$$

Em que:

$$G = A\sigma_a^2$$

$$R = I\sigma_c^2$$

$$C = I\sigma_e^2$$

$$V = ZA\sigma_a^2Z' + WI\sigma_c^2W' + I\sigma_e^2 = ZGZ' + WCW' + R$$

Equações de modelo misto:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\lambda_1 & Z'W \\ W'X & W'Z & W'W + I\lambda_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \\ \hat{c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ W'y \end{bmatrix}$$

Em que:

$$\lambda_1 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_a^2} = \frac{1 - h^2 - c^2}{h^2}; \lambda_2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_c^2} = \frac{1 - h^2 - c^2}{c^2}$$

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2} : \text{herdabilidade individual no sentido restrito no bloco}$$

$$c^2 = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2} : \text{correlação devida ao ambiente comum da parcela}$$

σ_a^2 : variância genética aditiva

σ_c^2 : variância entre parcelas

σ_e^2 : variância residual (ambiente dentro de parcelas + não aditiva)

A : matriz de correlação genética aditiva entre os indivíduos em avaliação

C. fissilis foi considerada como espécie com sistema reprodutivo misto com taxa de autofecundação de 20% conforme Gandara (1996) e Biernaski (2010). Portanto, tal índice foi utilizado no modelo 112 (Anadev procedências) e 110 (Anadev progênies) nas análises com o programa Selegen (RESENDE, 2007).

2.3 CORRELAÇÕES

As correlações genéticas e fenotípicas foram estimadas conforme descrito abaixo por Pires e colaboradores (2011):

Correlação genética aditiva entre os caracteres x e y:

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

Correlação fenotípica entre os caracteres x e y:

$$r_{(x,y)} = \frac{COV_{a(x,y)} + COV_{e(x,y)}}{\sigma_x\sigma_y} = \frac{COV_{(x,y)}}{\sigma_x\sigma_y}$$

Em que:

$COV_{a(x,y)}$: covariância genética aditiva entre os caracteres x e y

σ_{ax} : desvio padrão genético aditivo para o caráter x

σ_{ay} : desvio padrão genético aditivo para o caráter y

$COV_{e(x,y)}$: covariância ambiental entre os caracteres x e y

$COV_{(x,y)}$: covariância fenotípica entre os caracteres x e y

σ_x : desvio padrão fenotípico para o caráter x

σ_y : desvio padrão fenotípico para o caráter y

Para classificar a intensidade das correlações foi utilizada a proposta de Santos (2007) (TABELA 2).

TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO	CORRELAÇÃO
$r = 1$	Perfeita positiva
$0,8 \leq r < 1$	Forte positiva
$0,5 \leq r < 0,8$	Moderada positiva
$0,1 \leq r < 0,5$	Fraca positiva
$0 < r < 0,1$	Íntima positiva
$r = 0$	Nula
$-0,1 < r < 0$	Íntima negativa
$-0,5 < r \leq -0,1$	Fraca negativa
$-0,8 < r \leq -0,5$	Moderada negativa
$-1 < r \leq -0,8$	Forte negativa
$r = -1$	Perfeita negativa

FONTE: Santos (2007)

2.4 ÍNDICES DE SELEÇÃO

Para a seleção voltada para produção foi criado um índice de seleção combinando os valores genéticos aditivos individuais de sobrevivência e o índice multifeitos de diâmetro. O índice multifeitos (RESENDE; HIGA, 1994) foi calculado com os valores genéticos aditivos de altura visando à seleção e a propagação sexuada (RESENDE, 2002):

$$I_1 = b_1(Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij.}) + b_2(\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...}) + b_3(\bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y}_{...}),$$

Em que:

Y_{ijk} : valor individual

$\bar{Y}_{ij.}$: média de parcela

$\bar{Y}_{i..}$: média da progênie

$\bar{Y}_{...}$: média geral

$\bar{Y}_{.j.}$: média do bloco

$$b_1 = \frac{(1 - \rho_a)h_a^2}{1 - t_1}$$

$$b_2 = \frac{[1 + (\sum n_i - 1)\rho_a] h_a^2}{1 + (\sum n_i / \sum b_i - 1) t_1 + (\sum b_i - 1)(\sum n_i / \sum b_i) t_2}$$

$$b_3 = \frac{(1 - \rho_a) h_a^2}{1 + (n_{ij} - 1)t_1 - n_{ij} t_2}$$

Onde:

ρ_a : correlação genética intraclasse entre indivíduos da progênie $\rho_a = 0,25$ para progênies de meios-irmãos.

h_a^2 : herdabilidade individual no sentido restrito.

$t_1 = t_2 + c^2$: correlação intraclasse entre os indivíduos de uma mesma parcela

$t_2 = \rho_a + h_a^2$: correlação intraclasse entre os indivíduos de uma mesma família em diferentes blocos

$c^2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_y^2}$: correlação entre os indivíduos da parcela devida ao seu ambiente comum.

$\sum n_i$: somatório do número de indivíduos na progênie i .

$\sum b_i$: número de blocos em que está presente a progênie i .

n_{ij} : número de plantas na parcela ij .

Os estimadores associados ao Índice Multifeito para a predição dos efeitos aditivos foram pelo procedimento BLUP (melhor predição linear) conforme Henderson (1984).

No contexto dos modelos lineares mistos, tem-se o modelo:

$$y = X\beta + Za + Wp + e$$

Em que a é o vetor de efeitos genéticos aditivos (aleatórios).

As equações de modelo misto para a predição dos valores genéticos pelo procedimento BLUP sob modelo individual equivalem a (RESENDE, 2002):

$$\begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{a} \\ \hat{p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\lambda_1 & Z'W \\ W'X & W'Z & W'W + I\lambda_2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ W'y \end{bmatrix}$$

Em que:

$$\lambda_1 = \frac{\sigma_{rd}^2}{\sigma_a^2} = \frac{1-h_a^2-c^2}{h_a^2}; \lambda_2 = \frac{\sigma_{rd}^2}{\sigma_e^2} = \frac{1-h_a^2-c^2}{c^2}$$

$\sigma_{rd}^2 = \sigma_\delta^2 - (1 - \rho_a) \sigma_a^2$: variância residual (ambiental+ genética não aditiva)

A : matriz de parentesco genético aditivo entre indivíduos

2.5 TAMANHO EFETIVO POPULACIONAL

Considerando o sistema reprodutivo misto com um grande número de matrizes de genitores masculinos a expressão para o tamanho efetivo populacional é (RESENDE, 2002):

$$N_e = \frac{2(2-S)f\bar{n}}{(1+S)^2 + \frac{\sigma_n^2}{\bar{n}} + (1+S)^2\bar{n} + (3-2S-S^2)}$$

Em que:

S : taxa de autofecundação = 0,20 (GANDARA, 1996; BIERNASKI, 2010)

f : número de matrizes (geração prévia) selecionadas

σ_n^2 : variância do número de indivíduos selecionados por progênie

n : média do número dos indivíduos selecionados por progênie

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DE DEVIANCE DE PROCEDÊNCIA

A Análise de Deviance ou ANADEV foi aplicada, por meio do teste da razão de verossimilhança (LTR), para avaliar os efeitos aleatórios do modelo para um teste de progênies de *C. fissilis*, aos 43 meses de idade em campo. Para este material Biernaski, Higa e Silva (2012) analisaram a hipótese da existência de três grupamentos prováveis de populações ou procedências, totalizando 33 progênies, conforme descrito na TABELA 1.

A variável sobrevivência foi avaliada em 2640 indivíduos distribuídos entre as três procedências. Como a sobrevivência geral foi de 23,94% as variáveis: diâmetro, altura, bifurcação, ausência de *H. grandella* e geada; foram avaliadas em 632 indivíduos vivos (TABELA 3). A presença de rebrota e número de perfilhos foram avaliados em 614 indivíduos que apresentaram tais características. As médias das variáveis por procedência proposta estão relacionadas na TABELA 3.

TABELA 3 – VALORES FENOTÍPICOS DE NOVE VARIÁVEIS NAS TRÊS PROCEDÊNCIAS PROPOSTAS TOTALIZANDO 33 PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC

PROC	ALT1	PROG	IND	SOB1	SOB2	DMC	ALT2	BIF1	BIF2	REB	DHG	DG
1	916	9	720	187	25,97	3,21	58,20	182	97,33	2,55	2,67	5,35
2	868	14	1120	262	23,39	3,28	62,21	254	96,95	2,53	1,15	4,20
3	880	10	800	183	22,88	3,01	59,10	178	97,27	2,65	3,83	1,64

FONTE: A autora (2014)

NOTA: PROC – Procedência proposta; ALT1 – Altitude média da região de procedência (m); PROG – Número de progênies; IND – Total de indivíduos; SOB1 – Número de indivíduos sobreviventes; SOB2 – Percentual de indivíduos sobreviventes (%); DMC – Diâmetro médio de colo (cm); ALT2 – Altura média (cm); BIF1 – Número de indivíduos bifurcados; BIF2 – Percentual de indivíduos bifurcados (%); REB – Média de rebrotas por indivíduo; DHG – Percentual de dano por *Hypsipyla grandella* (%); DG – Percentual de dano por geada (%)

Conforme a proposta de grupamento das procedências de Biernaski, Higa e Silva (2012), o número de famílias entre as procedências variou, por consequência, o número total de indivíduos entre as três procedências não foi semelhante. Portanto, os valores de sobrevivência são relativos. Destaca-se a reduzida sobrevivência tanto no experimento em geral (23,94%) como das três procedências

(25,97%; 23,23%; 22,88%) do teste de progênies provocando um desbalanceamento dos dados.

A rebrota, apesar de comum, não ocorreu em todos os indivíduos avaliados, justificando o valor menor entre o número de indivíduos que rebrotaram e os que sobreviveram. De maneira geral observa-se que os caracteres pouco variaram entre as procedências propostas.

Os resultados do teste da razão de verossimilhança (LRT) (APÊNDICES 3 a 9) foram sintetizados (TABELA 4) e apontam que, para as sete variáveis testadas, o efeito procedência não foi significativo. Portanto, é possível afirmar que as progênies amostradas em diferentes altitudes médias, de 916, 868 e 880 m, abrangendo cerca de seis municípios, formam uma única população ou procedência.

TABELA 4 - RESULTADO DAS ANÁLISES DE DEVIANCE (ANADEVs) ÀS PROCEDÊNCIAS PROPOSTAS DE *C. fissilis* EM TESTE DE PROGÊNIES, EM RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	LRT ¹						
	SOB	DMC	ALT	BIF	REB	DHG	DG
PROCEDÊNCIAS	0,00 ^{ns}	-0,59 ^{ns}	0,16 ^{ns}				
PROGÊNIES	5,67*	3,02 ^{ns}	3,29 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
MÉDIA	23,94	3,17	57,28	97,25	2,55	2,22	3,72
VARIAÇÃO	6 - 33	2,38 - 4,05	37,53 - 91,06	89 - 100	1,64 - 3,68	0 - 11	0 - 18

FONTE: A autora (2014)

NOTA: ¹LTR - Teste da razão de verossimilhança, qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente, ^{ns} não significativo; SOB – Número de indivíduos sobreviventes; DMC – Diâmetro médio de colo (cm); ALT – Altura média (cm); BIF – Percentual de indivíduos bifurcados (%); REB – Média de rebrotas por indivíduo; DHG – Percentual de dano por *Hypsipyla grandella* (%); DG – Percentual de dano por geada (%)

Tal resultado corrobora com Biernaski, Higa e Silva (2012) quando avaliaram o mesmo material genético em fase juvenil. Os autores estimaram por ANADEV 13 variáveis, aos 61, 102 e 145 dias, sendo o efeito de procedência significativo apenas para diâmetro do colo aos 61 dias. Os autores concluíram que as variações ambientais na região amostrada não foram suficientes para gerar distinção genética.

Considerando que aos 61, 102 e 145 dias (BIERNASKI, HIGA e SILVA, 2012) e, até a avaliação aos 43 meses, a maior parte dos caracteres silviculturais indicam que o material genético tem origem em uma única procedência ou população, as análises subsequentes serão consideradas as 48 progênies amostradas caracterizando uma procedência.

Apesar do caractere sobrevivência, ter sido significativo ($p \leq 0,05$) para progênies, tal resultado foi desconsiderado, uma vez que, foram analisadas apenas 33 progênies na tentativa de caracterização das procedências. Assim, a análise com 48 progênies será melhor representativa da variabilidade dos caracteres estudados.

Entre os poucos trabalhos sobre a variabilidade genética em campo de *Cedrela* spp. no país está o desenvolvido por Inoue (1972). A pesquisa avaliou aos 6 e 12 meses as seguintes procedências de *Cedrela* sp.: Acesita/MG, Toledo/PR, Silvânia/GO e Santo Antônio da Platina/PR; sendo altitudes respectivas 315 m, 550 m, 999 m e 469 m. Os experimentos foram instalados em Santo Antônio da Platina, nordeste do Paraná, em plantios puros e consorciados com *Eucalyptus* sp..

Os resultados de sobrevivência obtidos por Inoue (1972) em qualquer das procedências, idades ou sistema silvicultural, variaram de 73 a 100%. Estes foram muito superiores à sobrevivência média das procedências (24%) ou mesmo da melhor suposta procedência (1) do presente trabalho (26%). No estudo de Inoue (1972) aos 12 meses, a altura média das procedências em campo aberto (51,50 cm) foi próxima à obtida no presente trabalho (57,28 cm) aos 43 meses. Apesar da semelhança em altura destaca-se a discrepância de idade entre elas. O menor crescimento do presente, que pode ser explicado pelas diferenças quanto às procedências, edáficas, meteorológicas, como menores temperaturas mensais e anuais, maior intensidade e frequência de geadas em Rio Negrinho/SC em comparação a Santo Antônio da Platina/PR.

Ressalta-se que aos 6 meses a procedência Acesita/MG era estatisticamente maior em altura, 60,55 e 59,43 cm, em plantio puro e sob proteção respectivamente; aos 12 meses, após o inverno, esta tendência foi superada estatisticamente pela procedência Platina/PR, 111,33 cm, apenas sob proteção (INOUE, 1972). Tal inversão nas taxas de crescimento entre as procedências foi explicada pelo autor pelos efeitos da geada. Contudo o autor não explorou a possibilidade da procedência de Platina ter sobrepujado as demais devido à adaptação, uma vez que, é oriunda da região de instalação do experimento.

Portanto, não é possível afirmar a superioridade de qualquer das procedências testadas nos trabalhos com *Cedrela*. Uma vez que, as pressões de seleção são muitas no decorrer de uma rotação, prevista para *C. fissilis* de 30 a 36 anos (CUSATIS *et al.*, 2013), pode continuar havendo inversões nas taxas de

sobrevivência e crescimento considerando danos por geada e *H. grandella*, principalmente.

A falta de estabilidade no comportamento da espécie é esperada, uma vez que a domesticação é um processo gradativo que parte das populações naturais até uma monocultura com um único genótipo (conforme a espécie) passando por situações intermediárias e intensidades de alterações genéticas e da paisagem (REIS; MARIOT; STEENBOCK, 2003). Considerando que ambos os estudos têm sementes de origem em populações ou população natural, 12 ou 43 meses de avaliação, há necessidade de continuidade nas avaliações até a conclusão do ciclo de rotação, para cumprir os mínimos preceitos da domesticação.

Outro estudo genético com *C. fissilis* foi realizado por Firkowski (1983) com menor abrangência territorial que Inoue (1972) e maior que o presente estudo. O autor constatou diferenças significativas entre cinco procedências: Jaracatia, Klabin, Roncador e Pinhal no Paraná e Chapecó em Santa Catarina. Os caracteres altura, diâmetro de colo, a 1 e 2 anos, como peso seco das mudas aos dois anos, apresentaram variação de 57 a 90% por procedência. A variação dentro de procedências foi maior em comparação a progênies.

A diferença significativa entre procedências encontrada por Firkowski (1983) foi justificada por Biernaski, Higa e Silva (2012) devido à síndrome de dispersão de pólen e sementes da espécie. Os autores argumentaram que a polinização de *C. fissilis* é realizada por pequenos insetos, como mariposa (MORELLATO, 1991) e abelhas (STEINBACH; LONGO, 1992); ainda, que espécies cujos agentes polinizadores atingem grandes distâncias (vento, aves e morcegos), e/ou dispersores (vento), apresentam maior variabilidade genética dentro de populações (MORI, 2003).

Os resultados encontrados dentro de três populações de *C. fissilis* avaliadas com isoenzimas por Póvoa (2002) na região de Minas Gerais corroboram com esta hipótese. Tal comportamento também foi encontrado em uma compilação de pesquisas realizada por Etori, Figliolia e Sato (2006), com 22 espécies florestais nativas, onde a maior variabilidade genética foi encontrada dentro procedências se comparada à variação entre as procedências ou populações.

Comparando os três estudos com *C. fissilis* e o presente algumas constatações podem ser feitas. Quanto maior a abrangência territorial de amostragem, maior o número de populações avaliadas, e por consequência, maior a

variabilidade, uma vez que maior variabilidade genética de cedro-rosa é entre procedências. Considerando tal comportamento, a recomendação para o melhoramento genético e domesticação da espécie é amostrar o maior número de procedências possível e reduzir o número de progênies por procedência. No caso da conservação genética o foco deve estar na preservação da população, aumentando o número de progênies por população.

Diferentes estudos foram realizados para avaliar a variabilidade de procedências e progênies de espécies florestais via ANADEV: *Ilex paraguariensis* (STURION; RESENDE, 2010), *Pinus greggii* (AGUIAR, SOUSA e SHIMIZU, 2010), *Handroanthus vellosi* (BATISTA *et al.*, 2012), *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (AGUIAR *et al.*, 2013), e *Toona ciliata* (SANTOS *et al.*, 2013).

Entre eles, Batista e colaboradores (2012) avaliou as populações de Bebedouro e Mogi Guaçu/SP de *Handroanthus vellosi* (ipê-amarelo). O caractere forma de fuste na procedência Mogi Guaçu foi significativo ($p \leq 0,01$) sendo o único que diferiu dentre cinco caracteres silviculturais avaliados. Apesar da semelhança da altitude entre Bebedouro e Mogi Guaçu, 573 e 591 m respectivamente, a distância de 225 km contribui na distinção das populações.

A configuração da estrutura genética encontrada nos trabalhos com *C. fissilis*, de apenas uma população (o presente estudo e BIERNASKI, HIGA e SILVA, 2012), pode ser explicada por meio do conceito de *stepping stone*. Uma vez que os pequenos fragmentos amostrados são próximos, não superior a 43 km. A pequena distância equilibra o fluxo gênico e a deriva genética dentro das populações (BITTENCOURT, 2007), enquanto que a distância de 225 km entre os fragmentos amostrados por Batista e colaboradores (2012) deve ser suficiente para isolar o fluxo gênico entre eles, distinguindo as populações.

Portanto, no presente trabalho, considerando o arranjo e idade das matrizes amostradas (APÊNDICE 1), e o respectivo espaço e tempo de fluxo gênico entre elas, é possível afirmar que o número efetivo de migrantes (N_m) é suficiente para configurar uma única população.

Por fim, destacam-se duas pesquisas voltadas ao melhoramento com meliáceas com potencial de seleção devido à alta variabilidade do material genético amostrado. Um dos estudos mais importantes conduzidos com *C. odorata* foram os testes internacionais de procedências coordenados pelo Instituto Florestal de Oxford, Reino Unido. Sementes de 14 procedências foram distribuídas em 21 países

tropicais em 1967. Poucos testes foram instalados com sucesso devido aos problemas com *H. grandella* e sítios pobres para estabelecimento de experimentos (WHITMORE, 1978). Contudo, o mesmo lote de sementes foi testado em um número de países na África com relativo sucesso, sendo que as procedências apresentaram diferenças de forma e crescimento e baixa incidência do ataque da broca. Os melhores resultados corresponderam às procedências de Belize e Costa Rica (BURLEY; NIKLES, 1973; CHAPLIN, 1980).

Um teste de procedência e progênies de *Toona ciliata* instalado em Campo Belo/MG com 16 procedências Australianas de 78 progênies foram avaliadas aos 6, 16 e 31 meses de idade. Os autores destacaram que o efeito de procedências ficou mais evidente com o passar do tempo, evidenciado pelo gradativo aumento da variância genética aditiva e coeficiente de variação genética aditiva individual (SANTOS *et al.*, 2013). Resultado contrário observou-se quando o efeito foi não significativo para procedência nos estudos de *C. fissilis*, quando o material genético apresentou-se estável dos 2 meses (BIERNASKI; HIGA; SILVA, 2012) até 43 meses, como já discutido.

Com a significativa e alta variabilidade genética encontrada para as procedências, bem como os valores de herdabilidade no sentido restrito e as correlações genotípicas nas diferentes idades, foi considerada promissora a seleção precoce de *T. ciliata* (SANTOS *et al.*, 2013). Em comparação com o presente trabalho, como os resultados dos componentes de variância das procedências foram opostos, ou seja, muito próximos à zero (APÊNDICES 3 a 9), a possibilidade de seleção desta população de *C. fissilis* deve ser entre e dentro das progênies avaliadas.

3.2 ANÁLISE DE DEVIANCE DE PROGÊNIES

As estimativas dos efeitos das 48 progênies amostradas foram realizadas considerando que as progênies fazem parte de uma única população, conforme abordado no item anterior.

Foram avaliados 3840 indivíduos para a variável sobrevivência. Destes, 880 sobreviveram e foram avaliados quanto ao: diâmetro de colo, altura, bifurcação, danos de *H. grandella* e danos de geada (APÊNDICE 10). A presença de rebrota foi

registrada em 851 indivíduos e como também o número de perfilhos nas respectivas progênies (APÊNDICE 10).

O resultado das Análises Deviance (APÊNDICES 11 a 17) sintetizados na TABELA 5 as diferenças entre as 48 progênies avaliadas foram significativas ($p \leq 0,05$) para os caracteres diâmetro de colo e progênies; e altamente significativas ($p \leq 0,01$) para altura. As demais variáveis não apresentaram variação significativa.

TABELA 5 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE DEVIANCE (ANADEVs) PARA 48 PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	LRT ¹						
	SOB	DMC	ALT	BIF	REB	DHG	DG
PROGÊNIES	4,48*	6,02*	7,55**	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}
MÉDIA	22,92	3,18	58,41	96,70	2,57	2,27	3,86
VARIAÇÃO	8 - 41	2,38 - 4,05	37,53 - 91,06	90 - 100	1,64 - 3,68	0 - 12	0 - 20

FONTE: A autora (2014)

NOTA: ¹LRT - Teste da razão de verossimilhança, qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente, ^{ns} não significativo; SOB – Número de indivíduos sobreviventes; DMC – Diâmetro médio de colo (cm); ALT – Altura média (cm); BIF – Percentual de indivíduos bifurcados (%); REB – Média de rebrotas por indivíduo; DHG – Percentual de dano por *Hypsipyla grandella* (%); DG – Percentual de dano por geada (%)

Em estudos sobre a variabilidade genética de espécies florestais nativas, resultados significativos em Análises de Deviance foram interpretados por Sebbenn e colaboradores (1998) e Sebbenn e Etori (2001) apropriados à conservação genética *ex situ* das populações amostradas. Biernaski, Higa e Silva (2012) também encontraram variabilidade genética significativa em 13 caracteres avaliados precocemente do presente material. Os autores concluíram que o material genético era suficiente para programas de melhoramento genético e restauração florestal, contudo ressaltaram a importância de acompanhar se as tendências permanecem na fase adulta. Acredita-se que a significância dos caracteres avaliados aos 43 meses continua relevante para o melhoramento genético, bem como para conservação *ex situ*. Mais ainda por se tratar de uma espécie em domesticação sob forte efeito de seleção natural.

Destaca-se o tempo de investimento em um programa de melhoramento genético em uma Meliaceae do mesmo gênero para obtenção de sementes melhoradas voltadas a produção. O melhoramento genético de *C. odorata* foi registrado em Cuba a partir de 1973. Neste caso uma coleção de clones composta

por 250 rametes de árvores superiores. Testes de progênies foram conduzidos entre 1986 a 1990 e uma área de produção de sementes com 10 hectares foi estabelecida (LAHERA; ALVAREZ; GAMEZ, 1994). Assim, apesar do potencial do material genético tanto para conservação *ex situ*, quanto para programas de melhoramento voltados à produção e restauração florestal, recomendam-se avaliações periódicas para acompanhar as tendências das estimativas realizadas ao longo do tempo.

3.3 ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS GENÉTICOS

A estimativa dos parâmetros genéticos variou entre os caracteres avaliados (TABELA 6). As acurácias das variáveis diâmetro (84%) e altura (87%) foram consideradas confiáveis quando comparadas aos valores reais, pois estiveram acima de 70% (RESENDE, 2002); afirmativa que não pode ser feita para sobrevivência (60%). Os valores do coeficiente de variação experimental (CVe) foram considerados baixos para todos os caracteres estimados inclusive sobrevivência, com altura se destacando acima dos demais. A magnitude do CVe está associada à precisão experimental e a forma de mensuração dos caracteres (BATISTA *et al.*, 2012).

Valores ideais para estimativas do coeficiente de determinação dos efeitos de parcela (c^2_{parc}) são valores iguais ou inferiores a 10% (RESENDE, 2002). Os caracteres número de rebrotas e dano de geadas, 11,4% e 23,64% respectivamente, apresentaram valores acima deste limite. Guerra e colaboradores (2009) avaliaram duas populações de *Myracrodruon urundeuva* e estimaram valores de 11,7% a 33,3% para altura. Batista e colaboradores (2012) cogitam a possibilidade destes coeficientes altos serem devido aos testes mistos (consoziados com *Trema micrantha*) reduzindo a precisão experimental dentro das parcelas. Tal hipótese também pode ser utilizada para explicar os c^2_{parc} acima de 10% da TABELA 6, uma vez que, o experimento foi instalado em plantio misto de cedro-rosa com *P. taeda*.

As herdabilidades individuais no sentido restrito (h^2_a) e aditiva dentro de parcela (h^2_{ad}) não foram altas para nenhum dos caracteres avaliados. A herdabilidade média de progênies (h^2_{mp}) para diâmetro (70,31%) e altura (75,4%) se destacaram em relação às demais, indicando o potencial de ganho nestes caracteres.

TABELA 6 - PARÂMETROS GENÉTICOS DOS CARACTERES SILVICULTURAIS DE *C. fissilis* EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC

CDV	SOB	DMC	ALT	BIF	REB	DHG	DG
Vg	0,0019	0,0594	46,0841	0,0000	0,0083	0,0000	0,0001
Vparc	0,0132	0,0142	10,2222	0,0009	0,2839	0,0009	0,0085
Ve	0,1442	1,865	1100,7782	0,0199	2,1979	0,0199	0,0275
Vf	0,1593	1,9387	1157,0845	0,0209	2,49	0,0209	0,0361
h ² a	0,0338 ± 0,0140	0,0851 ± 0,0464	0,1106 ± 0,0529	0,0041 ± 0,0101	0,0092 ± 0,0155	0,0041 ± 0,0101	0,0101 ± 0,0160
h ² ad	0,0239	0,0566	0,0744	0,0027	0,0067	0,0027	0,0085
h ² mp	0,3599	0,7031	0,7540	0,0783	0,1163	0,0783	0,0854
Acprog	0,5999	0,8385	0,8683	0,2798	0,3410	0,2798	0,2923
c ² parc	0,0826	0,0073	0,0088	0,0422	0,1140	0,0422	0,2364
CVg%	0,8290	1,9599	79,4443	0,0000	0,3077	0,0000	0,0105
CVe%	0,0063	0,0062	0,1898	0,0002	0,0081	0,0002	0,0003
MG	0,2292	3,0307	58,0081	0,9646	2,697	0,9646	0,9496

FONTE: A autora (2014)

NOTA: CDV - componentes de variância; SOB – Sobrevivência; DMC – Diâmetro médio de colo; ALT – Altura média; BIF – Bifurcação; REB – Número de rebrotas por indivíduo; DHG – Dano por *Hypsipyla grandella*; DG – Dano por geada; Vg - variância genética entre famílias, cujos componentes da variância genética aditiva e variância genética de dominância dependem da taxa de autofecundação; Vparc - variância ambiental entre parcelas; Ve - variância residual; Vf - variância fenotípica individual; h²a = h² - herdabilidade individual no sentido restrito; h²ad - herdabilidade aditiva dentro de parcela; h²mp - herdabilidade da média de progênies, assumindo sobrevivência completa. Acprog - acurácia da seleção de progênies, assumindo sobrevivência completa; c²parc = c² - coeficiente de determinação dos efeitos de parcela; CVg - coeficiente de variação genético entre progênies; CVe - coeficiente de variação ambiental; MG - Média geral do experimento

Para o mesmo material genético em experimento instalado em viveiro Biernaski (2010) encontrou herdabilidade individual no sentido restrito, aditiva dentro de parcela e média de progênies para diâmetro e altura e a herdabilidade média de progênies para sobrevivência maiores que o presente trabalho. Considerando que a herdabilidade é inversamente proporcional ao efeito ambiental sobre o genótipo (FALCONER, 1987), Biernaski (2010) explicou as altas herdabilidades encontradas devido às pequenas variações ambientais do experimento em viveiro. A redução da maioria das herdabilidades no presente trabalho instalado em campo, ou seja, em ambiente com maior variação ambiental corrobora com esta afirmativa.

Ainda, a sobrevivência (23%), e por consequência, as reduzidas estimativas de herdabilidades, indicam o alto efeito ambiental sobre os caracteres silviculturais, bem como, às limitações adaptativas do material genético às condições experimentais. Contudo, não se pode afirmar que as limitações adaptativas são do material genético de *C. fissilis* à região, uma vez que é oriundo desta; e sim, que as

condições experimentais não foram propícias para otimizar a expressão dos genótipos amostrados. Portanto, faz-se necessário explorar novos modelos silviculturais para tanto.

Em teste genético de *Handroanthus vellosi* com sobrevivência de 70%, maior que o presente estudo, Batista e colaboradores (2012) encontraram h^2 de 46%, maior que o presente trabalho. Contudo o coeficiente de variação experimental para sobrevivência foi de 31,7% contra zero no presente. Ainda assim, os autores concluíram que os caracteres estudados da espécie podem ser utilizados para avaliação da variabilidade genética de populações amostradas da espécie.

Outra justificativa para os reduzidos valores de herdabilidade encontrados para sobrevivência, bifurcação, danos de *H. grandella* e geada, é a escala binomial destes caracteres. Resende (2002) comparou os resultados de sobrevivência (88%), da herdabilidade no sentido restrito de caracteres silviculturais de *Eucalyptus grandis* em escala normal ($h^2 = 0,4207$) e em escala binomial ($h^2 = 0,1600$). O autor explica que a herdabilidade para sobrevivência em escala normal é mais realística para a população e a binomial é específica para o experimento. Ainda, Resende (2002) cogita a transformação dos dados e conclui pela superioridade da escala binomial devido à superioridade das estimativas de ganho e deficiências na estimação da variância dentro de parcela na escala arco-seno. Portanto, não se recomenda que os valores estimados de herdabilidade sejam utilizados como referência da espécie, pois se referem especificamente às condições do presente trabalho.

Ainda observa-se que estimativas de herdabilidades individuais obtidas de um único local são superestimadas, uma vez que, não é possível separar a variância da interação de progênies por locais da variância devida a progênies. Portanto, as estimativas contidas na Tabela 6 são válidas somente para o local do experimento onde foram determinadas (STURION *et al.*, 1994) ou para locais com características semelhantes (NASCIMENTO, 2010).

Segundo Resende e Fantini JR. (2001) a bifurcação é um fenômeno fisiológico que pode ser causada por fatores genéticos, ambientais e pela interação de ambos. Os fatores ambientais podem ser abióticos e bióticos como o ataque de pragas e doenças. *C. fissilis* tem a *H. grandella* como predador natural e é sensível à geada, comum na região do experimento, ambas danificando principalmente a gema apical.

Segundo Resende e Fantini JR. (2001) a expressão fenotípica teria efeito puramente genético se a herdabilidade do caráter fosse igual a um e seria decorrência de efeitos puramente ambientais se a herdabilidade do caráter fosse igual à zero. Como os valores das herdabilidades para bifurcação foram próximos à zero ($h^2_a = 0,41\%$; $h^2_{ad} = 0,27\%$; $h^2_{mp} = 7,83\%$) é possível inferir que foram maiores os efeitos ambientais sobre a bifurcação de *C. fissilis* no experimento do que propriamente genéticos. Tal afirmativa pode ser estendida para os caracteres número de rebrotas, danos de *H. grandella* e geadas. Ainda, os reduzidos valores de acurácia destes caracteres reforçam esta hipótese. Assim, conclui-se que os caracteres bifurcação, rebrota, danos de *H. grandella* e geadas são respostas da população amostrada de *C. fissilis* às interações genótipo e ambiente.

Acredita-se que o alto percentual de bifurcação (96,7%) dos indivíduos seja uma resposta fisiológica acumulativa de sucessivas geadas, contudo não foi possível fazer relação direta aos danos de geadas (3,86%), mensurados aos 43 meses (verão/2012). Apesar de haverem registros de resistência e resiliência ao dano de geadas em espécies de região de origem sujeita a tais intempéries como *Eucalyptus dunni* (HIGA *et al.*, 2000), não foi detectado variância genética para os danos de geadas em *C. fissilis* como também bifurcação e número de rebrotas. Também não foi possível afirmar que o número médio de rebrotas por indivíduo (2,57) está relacionado à resiliência da espécie.

O coeficiente de variação genética entre progênies variou de 79,44% para altura até valores nulos como para bifurcação e danos de *H. grandella*. Em caracteres juvenis a maior parte da variabilidade genética foi encontrada dentro de progênies, seguido pela variação entre progênies, para todos os caracteres avaliados (BIERNASKI, 2010). Tal resultado corrobora com levantamento realizado em testes de progênies de 13 espécies arbóreas nativas até nove anos de idade (ETTORI *et al.*, 1996).

Ettori, Figliolia e Sato (2006) observaram que os parâmetros genéticos variaram ao longo da idade das plantas, sendo que em algumas espécies os coeficientes de variação e herdabilidade aumentaram com o crescimento e outros diminuíram. Não se exclui a possibilidade de tal comportamento ser expresso ao longo do tempo em *C. fissilis*. Os valores de herdabilidade individual no sentido restrito para diâmetro de *C. fissilis* ($h^2_a = 8,51\%$) estão mais próximos a *Cariniana*

legalis, *Dipteryx alata*, *Tabebuia vellosi* e *Tabebuia heptaphylla* dentre as 21 espécies florestais nativas estudadas aqueles autores.

Os valores da herdabilidade para altura de *C. fissilis* ($h^2a = 11,06\%$) aproximou-se aos valores das espécies *Dipteryx alata*, *Tabebuia heptaphylla*, *Cariniana legalis* e *Balfourodendron riedelianum*. As idades de avaliação variaram de 4 a 15 anos de idade e a sobrevivência 62,2 a 98,9% e número de progênes de 2 a 32 (ETTORI; FIGLIOLIA; SATO, 2006). Assim, cogita-se a hipótese que as espécies nativas secundárias em sucessão possam apresentar maior desafio à domesticação devido ao elevado efeito ambiental a que estão sujeitas.

Contudo, diferentes pesquisas com meliáceas apontam seu potencial em programas de melhoramento. Estudos conduzidos pelo Centro Agronômico Tropical de Investigação e Ensino (CATIE) e o Serviço Florestal de Trinidad com *S. macrophylla* indicaram que, aos 30 e 33 meses, a progênie com maior média em altura foi 192% superior à menor. A herdabilidade no sentido restrito em árvores individuais em crescimento foram 38% e 11% respectivamente nos testes da Costa Rica e Trinidad. Houve a ampla variação genética entre e dentro das populações e diferença significativa em altura em ambos os testes (NEWTON *et al.*, 1996).

Em um teste de procedência e progênes instalado em 1988 em Campeche, ao sul do México incluindo 36 progênes de três procedências de *S. macrophylla* e 36 progênes de *C. odorata*. Aos 6 anos de idade a herdabilidade para altura variou de 3,6% a 26,5% dependendo da procedência (PATIÑO, 1997). Um teste de progênes de *S. macrophylla* conduzido em Vanuatu aos 6 anos a sobrevivência variou de 6 a 58% e altura de 6,50 e 16,08 m, entre as procedências testadas haviam híbridos de *S. macrophylla* e *S. mahogani* (LESLIE, 1994). *C. fissilis* apresentou variação de altura entre progênes de 58,79% e herdabilidade no sentido restrito de 11,06%, valores compatíveis aos estudos das espécies correlatas relacionadas acima, indicando semelhante potencial de melhoramento destas meliáceas.

A percentagem de indivíduos atacados por *H. grandella* no experimento foi de 3,86% e não foi significativa entre progênes (TABELA 6). Considerando que há uma correlação entre altura Ideal e a incidência do ataque de *H. grandella*, cogita-se que a ausência de ataque não seja resultado da eficiência do modelo silvicultural testado; e sim incompatibilidade da altura dos indivíduos de *C. fissilis* (58,41 cm) ao completo desenvolvimento de *H. grandella*.

Apesar de não haver variação genética entre as progênes ao dano de *H. grandella*, estudos de longo prazo com meliáceas registraram a existência de resistência (antixenose). Os testes da Costa Rica e Trinidad, citados acima, registraram diferenças significativas entre progênes e procedências para a resistência ao ataque da mariposa (NEWTON *et al.*, 1996). A diferença mais pronunciada foi registrada no teste da Costa Rica, 217%, comparando a progênie com maior incidência de dano com a menor. A herdabilidade no sentido restrito para indivíduos do número de bifurcações foram 56% e 42% nos teste de Costa Rica e Trinidad.

Tais resultados sugerem que haja amplitude suficiente para desenvolver mudas tolerantes à broca, através de um programa de melhoramento genético, para uso em plantios florestais (GRIJPM, 1976; NEWTON, 1993; NEWTON; LEAKEY; MESÉN, 1993). Mayhew e Newton (1998) ressaltam que experimentos de longo prazo, bem como testar amplitude maior de material genético, são necessários para desenvolver tal abordagem. Acredita-se que tal afirmativa seja aplicada também para o caso de *C. fissilis* onde é preciso validar a existência da variabilidade da resistência ao dano de *H. grandella*.

3.4 CORRELAÇÕES

As correlações fenotípicas e genéticas foram estimadas para os 880 indivíduos sobreviventes de forma a avaliar possíveis interações entre os caracteres silviculturais (TABELA 7), tendo em vista, o mais indicado à seleção de genótipos. Os valores de correlação foram interpretados de acordo com a classificação proposta por Santos (2007) (TABELA 2).

As correlações fenotípicas entre os caracteres diâmetro de colo, altura, bifurcação e número de rebrotas foram positivas (TABELA 7). A correlação em campo entre diâmetro e altura ($r = 0,6661$), moderada positiva, encontra-se abaixo da encontrada na literatura. Tal resultado pode ser explicado pelos danos provocados à gema apical alterando a perfeita expressão do caráter altura, sendo portanto, a correlação um parâmetro que indica as consequências dos danos de *C. fissilis* em campo.

TABELA 7 - MATRIZ DA CORRELAÇÃO FENOTÍPICA E GENÉTICA ENTRE CARACTERES DE *C. fissilis* EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC

FNT GNT	DMC	ALT	BIF	REB	DHG	DG
DMC	1	0,6661	0,2092	0,4098	-0,0942	-0,0222
ALT	0,7514	1	0,1285	0,2432	-0,1024	0,0547
BIF	0,1121	0,2794	1	0,2752	-0,0282	-0,0370
REB	0,2640	0,2061	0,0602	1	-0,0375	-0,0365
DHG	0,1633	0,0329	-0,2454	0,0640	1	-0,0306
DG	-0,3481	-0,1701	0,0324	-0,1257	-0,1245	1

FONTE: A autora (2014)

NOTA: FNT - Fenotípica; GNT – Genética; SOB – Sobrevivência; DMC – Diâmetro médio de colo; ALT – Altura média; BIF – Bifurcação; REB – Número de rebrotas por indivíduo; DHG – Dano por *Hypsipyla grandella*; DG – Dano por geada

Em caracteres juvenis deste material, Biernaski (2010) observou uma redução da correlação entre os caracteres de crescimento com o tempo, de 61 para 145 dias, de 0,73 para 0,45, respectivamente. Assim, tal correlação aumentou após a instalação do experimento em campo e, mesmo com a hipótese de refletir danos sujeitos em campo, estes não foram tão comprometedores pois correspondem aos valores em ambiente controlado, viveiro no caso.

As correlações entre diâmetro, altura, bifurcação e número de rebrotas foram fracas. Tais resultados podem indicar que bifurcação e número de rebrota aumentaram com o crescimento, mais em diâmetro, sendo aquelas possíveis respostas também ao estresse provocado por fatores ambientais. Portanto, é possível concluir que, em condições semelhantes ao experimento, tratos silviculturais como poda são necessários nos primeiros anos de cultivo de *C. fissilis*, até a recuperação da dominância apical.

Danos de *H. grandella* e geada apresentaram muito pequena correlação negativa com todos os demais caracteres avaliados. Tais resultados são esperados uma vez que indicam a independência destas ao crescimento, até o momento da avaliação.

As correlações genéticas entre os caracteres denota o grau de associação genética entre os caracteres, ou seja, quantifica as influências que determinado caractere exerce sobre outro (PIRES *et al.*, 2011). Correlação moderada positiva ($r = 0,7514$) foi encontrada entre diâmetro e altura mostrando efeitos pleiotrópicos entre estes caracteres ou o efeito de ligação gênica entre os locos, controlando o

desenvolvimento dos caracteres (BATISTA *et al.*, 2012). Portanto, a seleção de um caráter e a obtenção de ganhos indiretos em outro é relativamente alta. Ou seja, a determinação do caráter diâmetro implica em ganhos indiretos em altura, sendo a recíproca verdadeira.

Contudo, as pressões ambientais que comprometem a dominância apical, em especial a estimativa de altura, e o menor coeficiente de variação experimental do diâmetro, em comparação a altura, justificam a seleção do diâmetro como caractere de seleção para crescimento. Considerando a necessidade de domesticação da espécie e os poucos resultados de sobrevivência é notória a importância deste caractere para seleção.

Raciocínio inverso pode ser feito para os valores de bifurcação e número de rebrota, uma vez que, as demais correlações foram classificadas entre ínfimas, fracas e nulas não interferindo na escolha do caráter para seleção. Portanto bifurcação e rebrota são respostas fisiológicas com controle genético independente.

Os resultados apontam que as plantas do experimento estão sobre intensa seleção natural indicando que o modelo silvicultural do teste de progênies não é o mais apropriado para *C. fissilis*. Como consequência da mortalidade está à redução da base genética e a plena expressão de genótipos amostrados, muitos com interesse silvicultural. Por outro lado, o intenso processo seletivo natural aliado à seleção BLUP pode resultar em genótipos adaptados às condições silviculturais testadas e com melhores resultados silviculturais até agora alcançados.

Ressalta-se que no caso, a seleção de material genético está sendo proposta para um modelo silvicultural específico, consórcio simultâneo de *C. fissilis* e *P. taeda*. Contudo recomenda-se nova seleção, inclusive nova determinação de caracteres, em modelo silvicultural com melhores resultados de sobrevivência. Mais um importante motivo para manutenção de ampla base genética de *C. fissilis*.

3.5 TAMANHO EFETIVO POPULACIONAL

O tamanho efetivo populacional (N_e) do teste de progênies, com 3840 indivíduos e 48 progênies, no momento de planejamento e implantação foi de 121,08. Em novembro de 2012 a sobrevivência foi de 23%, totalizando 880 indivíduos e 48 progênies, e o N_e foi de 109,95. A redução de 9,2% do N_e original

não corresponde à mesma proporção do número de indivíduos (77%) justamente devido ao conceito de tamanho efetivo populacional.

Considerando que os 880 indivíduos remanescentes são das 48 famílias originalmente estabelecidas, e ainda, a perda dentro de família, ou entre meios-irmãos, têm menor representatividade no conjunto de alelos da população. O comprometimento da base genética da população de *C. fissilis* amostrada foi pequeno apesar da significativa mortalidade de indivíduos do teste de progênes.

Do ponto de vista de conservação, o N_e de 50 retém alelos com frequência maior que 6% e é necessário um N_e de 150 para reter alelos com frequências maior que 1%, ou raros (VENKOVSKY, 1987). Para prevenção da depressão endogâmica um N_e de 50 é considerado suficiente, enquanto que para garantir o potencial evolutivo da população é necessário um N_e de 500 (FRANKHAM, 1995). Estima-se que um tamanho efetivo da ordem de 100 garante 90% da variabilidade genética após a décima geração (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Portanto, é possível concluir que o tamanho efetivo do teste de progênes em 2012 era apropriado para conservação *ex situ* da população.

Do ponto de vista produtivo Resende e Barbosa (2005) recomendam para populações de primeira geração ou pouco melhoradas, como é o caso, que os tamanhos efetivos devem ser praticados de acordo com o terço superior da tabela (ANEXO 5). A maioria dos caracteres silviculturais com interesse econômico como sobrevivência e altura, apresentaram herdabilidades próximas às primeiras linhas do terço superior da tabela em ANEXO 5 assim como o valor de N_e no experimento. Portanto, os valores estimados de N_e e herdabilidades do teste de progênes são suficientes para iniciar um programa de melhoramento genético de *C. fissilis* na região.

3.6 SELEÇÃO

A estratégia proposta para a conservação da espécie é a conversão do teste de progênes em um Pomar de Sementes por Muda (PSM) visando à produção de sementes melhoradas para sobrevivência. Acredita-se que a partir do início da floração do teste de progênes, prevista a partir do oitavo ano, ou seja, a partir de 2017, seja possível gerar renda a partir da comercialização de sementes de *C. fissilis* voltada para restauração florestal.

Tal estimativa foi feita baseada nos estudos de Mayhew e Newton (1998), que registraram de informações que, em condições de pomar de sementes, a produção de mogno começa a partir de oito anos, contudo, mais tempo é necessário para produção em quantidade. As sementes, com origem comprovada, além de maior percentagem de germinação, irão apresentar tamanho efetivo populacional conhecido e apropriado para restauração.

Os blocos quatro, seis, sete e oito apresentaram 32% de sobrevivência em campo e juntos somam 620 sobreviventes, com as 48 famílias representadas, totalizando um Ne de 105,36. A Tabela 8 demonstra o efeito da redução até 20 progênies, com seleção entre e dentro de progênies, o respectivo tamanho efetivo populacional e ganho genético para sobrevivência.

TABELA 8 - GANHO EM SOBREVIVÊNCIA EM FUNÇÃO DA SELEÇÃO ENTRE E DENTRO DE PROGÊNIES (F) PARA FORMAÇÃO DO POMAR DE SEMENTES POR MUDAS A PARTIR DE TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis*, EM RIO NEGRINHO/SC

F	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30	28
N	168	164	157	150	146	138	131	124	117	110	105
NE	78	75	72	69	66	63	60	56	53	50	47
GANHO	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
NOVA MÉDIA	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35

FONTE: A autora (2014)

NOTA: N - número de indivíduos selecionados, NE – tamanho efetivo populacional

A exclusão das 20 famílias inferiores em sobrevivência foi realizada considerando o ordenamento dos efeitos genéticos aditivos das progênies (APÊNDICE 18). A exclusão dos indivíduos dentro da parcela/progênie, até um indivíduo por parcela/progênie por bloco, foi realizada em função do ordenamento do valor genético aditivo individual, de forma a evitar a erosão genética por endogamia.

Observa-se que a paulatina redução do número de progênies e, por consequência indivíduos, impacta expressivamente o tamanho efetivo populacional. O diferencial de seleção ou ganho em sobrevivência, praticamente constante, resulta em ínfimo acréscimo a nova média. O reduzido ganho na seleção para sobrevivência é esperado considerando, as herdabilidades e acurácia se seleção do caráter (APÊNDICE 19), valores característicos de uma espécie em domesticação. Além dos efeitos sobre as estimativas dos parâmetros genéticos de um caráter binomial como já discutido.

Portanto, neste contexto, propõe-se a conversão do teste de progênies de *C. fissilis* para um PSM com seleção apenas dentro de progênies. Resultando assim em um PSM com 48 progênies de *C. fissilis* com produção de sementes melhoradas com 34% de sobrevivência, ganho de 48% em comparação com a média do teste de progênies, e tamanho efetivo populacional de 78. Valores estimados para ambiente semelhante aos quatro blocos selecionados.

Destacam-se algumas recomendações de Sebbenn (2006) para implantação de PSM de espécies nativas: mínimo de 45 progênies, para fundar populações com variabilidade genética e potencial evolutivo; e matrizes oriundas da mesma zona genética, para aumentar a probabilidade de sucesso do reflorestamento, principalmente em termos de sobrevivência e crescimento. Estes importantes critérios estão cumpridos na atual proposta, evidenciando a adequação do PSM de *C. fissilis* às demandas de restauração florestal.

Acredita-se a estratégia de formação de Pomares de Sementes por Mudanças com seleção voltada à produção de sementes melhoradas para restauração florestal deva ser estendida às demais espécies nativas. O uso de sementes com sobrevivência e principalmente, Ne conhecido, em áreas em restauração é uma garantia da diversidade, e por consequência, da perpetuidade das populações amostradas. Concomitantemente à conservação *ex situ* das espécies e populações florestais brasileiras.

A estratégia de melhoramento visando à produção é propagar vegetativamente os genótipos superiores, técnica reconhecidamente simples para *C. fissilis*, para formação de um Pomar Clonal de Sementes (PCS). Desta forma a integridade do teste de progênies como banco de germoplasma e/ou Pomar de Sementes por Muda ficam garantidas, sendo possível futura intervenção em ciclos posteriores do melhoramento da espécie.

Tais iniciativas foram registradas no melhoramento de diferentes meliáceas em Fiji em um pomar clonal de sementes que foi instalado como parte de um programa de melhoramento de mogno. Estacas de árvores superiores foram enxertadas com 88% de êxito (SILVICULTURAL RESEARCH DIVISION, 1993). Em Campeche, México, em 1990 um pomar de sementes foi estabelecido com 25 clones selecionados e com registros de produção de sementes (PATIÑO, 1997).

Mudas de *S. macrophylla* de 1,3 anos e diâmetro do colo médio de 1 cm foram enxertadas com estacas, com as folhas e sem as brotações juvenis (16 a 24

cm), retiradas da porção superior da copa de árvores *plus*. O melhor resultado da enxertia foi de estacas retiradas na época de brotação com 57% de sobrevivência enquanto que três meses depois a sobrevivência caía para 20,6% (ZABALA, 1977).

Miniestacas de *C. fissilis* alcançaram 79% sobrevivência na ausência de AIB, aos 120 dias, propagadas de cepas de origem seminal (XAVIER *et al.*, 2003). A maior taxa de sobrevivência (84%) foi obtida com miniestacas caulinares, aos 90 dias, em comparação a estacas caulinares apicais, intermediária, apical desfolhada e foliar (XAVIER; SANTOS; OLIVEIRA, 2003).

Considerando que o teste de progênies têm quatro anos e supondo que o resgate do material seja feito em 2014, estima-se que a partir de 2019 inicia-se a produção de sementes melhoradas para crescimento de *C. fissilis*. Conforme descrito no item 3.4 os caracteres selecionados para o primeiro ciclo de melhoramento da espécie foram sobrevivência e diâmetro. A seleção precoce será feita no sentido restrito, ou seja, serão considerados os efeitos genéticos aditivos para estimativas de ganho.

Dentre os índices de seleção combinada optou-se pelo índice multiefeitos que utiliza todos os efeitos aleatórios do modelo estatístico (RESENDE; HIGA, 1994) devido ao desbalanceamento dos dados. Resende (2002) comprova a superioridade do índice multiefeitos comparando os ganhos obtidos em diferentes métodos de seleção (ANEXO 6). Segundo Resende e Fernandes (1999) o índice multiefeito é o próprio BLUP (*best linear unbiased prediction*) em casos de dados balanceados.

O ordenamento das estimativas por BLUP dos efeitos genéticos aditivos para sobrevivência e diâmetro e o índice multiefeitos para diâmetro encontram-se na TABELA 9.

Observa-se na TABELA 9 a superioridade da progênie 24 em sobrevivência e diâmetro. Contudo, as progênies 9 e 19 se destacaram entre as 25 primeiras em diâmetro. Comparando os métodos BLUP e índice multiefeitos observa-se diferenças sutis no ordenamento. Os primeiros indivíduos coincidem entre os métodos havendo suave variação à medida que decresce no ordenamento. Devido às pequenas diferenças e superioridade reconhecida em literatura do índice multiefeitos optou-se por este método para as estimativas de ganho.

Como simultaneamente serão melhorados dois caracteres, sobrevivência e diâmetro, optou-se pelo sistema de níveis independentes de eliminação. Para tanto

níveis mínimos são estabelecidos para cada característica e, todos os indivíduos abaixo deste nível, em pelo menos uma delas são eliminados (PIRES *et al.*, 2011).

TABELA 9 - ORDENAMENTO DOS EFEITOS GENÉTICOS ADITIVOS ESTIMADOS POR BLUP PARA SOBREVIVÊNCIA E DIÂMETRO E ÍNDICE MULTIEFEITO PARA DIÂMETRO, DE 25 INDIVÍDUOS SUPERIORES DE *C. fissilis* EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC

ORDEM	BLUP SOBREVIVÊNCIA			BLUP DIÂMETRO			MULTIEFEITO DIÂMETRO		
	BLC	PRG	IND	BLC	PRG	IND	BLC	PRG	IND
1	5	24	2	7	24	8	7	24	8
2	5	24	5	6	24	8	6	24	8
3	1	24	2	8	24	7	8	24	7
4	1	24	10	8	24	9	8	24	9
5	2	24	3	2	24	3	2	24	3
6	2	24	6	1	9	9	2	24	10
7	2	24	10	2	24	10	5	24	5
8	8	24	2	5	24	5	6	24	9
9	8	24	5	6	24	9	4	24	1
10	8	24	6	4	24	1	1	24	2
11	8	24	7	4	9	5	1	9	9
12	8	24	9	6	9	3	6	24	6
13	6	24	2	1	24	2	4	19	8
14	6	24	4	5	9	1	6	24	7
15	6	24	6	6	24	6	8	24	5
16	6	24	7	6	24	7	7	24	2
17	6	24	8	8	24	5	7	26	1
18	6	24	9	7	24	2	4	24	5
19	7	24	1	4	24	5	7	24	1
20	7	24	2	4	9	4	4	24	3
21	7	24	4	4	24	3	6	19	6
22	7	24	5	7	24	1	8	24	6
23	7	24	6	8	24	6	2	24	6
24	7	24	7	2	24	6	4	9	5
25	7	24	8	4	19	8	6	9	3

FONTE: A autora (2014)

NOTA: BLUP – melhor predição linear não viciada; BLC – Bloco; PRG – Progênies; IND – Indivíduo

Para ponderação dos ganhos testou-se, pelo sistema de níveis independentes, as 15 melhores famílias segundo BLUP para sobrevivência e um, dois ou três indivíduos superiores, das respectivas famílias, pelo índice multiefeitos para diâmetro e BLUP para diâmetro (TABELA 10).

Comparando as estimativas de ganho da seleção proposta, o Índice Multiefeito, como esperado, apresentou ganhos superiores em diâmetro quando comparado ao BLUP. Portanto optou-se pelo uso do índice combinado do BLUP para sobrevivência e Índice Multiefeito para diâmetro. Como esperado, o gradativo

aumento na intensidade de seleção provoca um acréscimo nos ganhos tanto para sobrevivência quanto para diâmetro, conseqüentemente reduz-se os valores do tamanho efetivo populacional. Considerando a formação do PCS propõe-se a seleção de quinze famílias superiores (24, 2, 47, 16, 39, 21, 8, 31, 3, 7, 20, 13, 42, 5, 1) com um indivíduo superior por família.

TABELA 10 – ESTIMATIVA DE GANHO EM NÍVEIS INDEPENDENTES DE ELIMINAÇÃO ENTRE BLUP SOBREVIVÊNCIA, ÍNDICE MULTIEFEITO PARA DIÂMETRO E BLUP DIÂMETRO EM DIFERENTES INTENSIDADES EM TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis*, RIO NEGRINHO/SC

F	N	NE	BLUP SOB		MULTI DIÂMETRO		BLUP DIÂMETRO	
			NM	GNH	NM	GNH	NM	GNH
15	45	24	0,27	0,04	3,31	0,13	3,13	0,10
15	30	20	0,27	0,04	3,33	0,15	3,14	0,11
15	15	14	0,27	0,04	3,36	0,18	3,17	0,14

FONTE: A autora (2014)

NOTA: F – número de famílias selecionadas/intensidade de seleção; N – número de indivíduos selecionados/intensidade de seleção; NE – tamanho efetivo populacional; BLUP SOB – melhor predição linear não viciada para sobrevivência; MULTI DIÂMETRO – Índice Multiefeito para diâmetro; BLUP DIÂMETRO - melhor predição linear não viciada para diâmetro; NM – nova média; GNH – ganho estimado

As médias preditas das sementes do PCS foram de 27% para sobrevivência e diâmetro de colo de 3,63 cm, 4% e 18% respectivamente maiores, em relação à média geral do teste de progênies. A intensidade de seleção proposta (1:59) foi preferida visando o tamanho efetivo populacional em detrimento do ganho. Nesta proposta o Ne do PCS foi de 14. Considerando que neste tipo de pomar não há necessidade de restrições no tamanho efetivo populacional, ganhos maiores em sobrevivência e diâmetro podem ser obtidos reduzindo o número de famílias selecionadas, e aumentando o número de indivíduos por família.

Recomenda-se que seja realizado um número maior de enxertias por matriz considerando possíveis perdas até o estabelecimento do PCS em campo.

A médio e longo prazo a estratégia proposta para o programa de melhoramento genético de *C. fissilis* é a Seleção Recorrente Intrapopulacional (SRI). Resende e Barbosa (2005) indicam a SRI para programas de melhoramento em fase inicial, como é o caso, uma vez que, após a seleção e inter cruzamento de clones superiores ocorre a recombinação destes para a geração das famílias híbridas em um novo ciclo seletivo. O potencial de propagação vegetativa da espécie pode ser

explorado via Jardim Clonal, por exemplo, após a confirmação do potencial de enraizamento e desenvolvimento em campo dos clones selecionados.

Por fim, recomenda-se a inclusão de novas populações de *C. fissilis* ao teste de progênies, tendo em vista o aumento do tamanho efetivo populacional, a ampliação da base genética para seleção visando sobrevivência e crescimento, a conservação de alelos raros e preservação *ex situ* da espécie.

4 CONCLUSÕES

O material genético que compõe o teste de progênies de *C. fissilis* instalado em Rio Negrinho, Santa Catarina, é composto por uma única população oriunda de sete municípios da região. Caracteriza, portanto, uma única zona de coleta e uso de sementes da espécie.

Dos sete caracteres silviculturais avaliados, foi determinado para o primeiro ciclo de melhoramento e domesticação de cedro-rosa, sobrevivência e diâmetro. Os danos de *H. grandella* e de geada, bifurcações e número de rebrotas não apresentaram controle genético entre as famílias. Evidencia-se a intensa pressão por seleção natural que a espécie está sujeita.

Para a produção de sementes de *C. fissilis* voltada à restauração florestal o Pomar de Sementes por Mudas prevê ganhos 2% para sobrevivência e Ne de 78. Para a produção de sementes voltadas ao crescimento, o Pomar Clonal de Sementes proposto, prevê ganhos de 4% para sobrevivência e 18% para diâmetro.

O teste de progênies apresentou tamanho efetivo populacional suficiente para conservação *ex situ* e melhoramento genético visando crescimento de *C. fissilis*. As propostas de seleção visam explorar concomitantemente o teste de progênie como banco ativo de germoplasma combinando os interesses de conservação e uso da espécie.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. V. de; ALVEZ, A. P. de O. ; SOUZA, T. da S.; DENIS, L. D.; SOUSA, V. A. de; SANTOS, W. dos; SHIMIZU, J. Y.; MORAES, M. L. T. de. Variação genética em caracteres quantitativos de procedências e progênes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia. **Anais...** Viçosa: SBMP, 2013. p. 369 – 371.
- AGUIAR, A. V. de; SOUSA, V. A. de; SHIMIZU, J. Y. Seleção genética de progênes de *Pinus greggii* para formação de pomares de sementes. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 107-117, maio/jul. 2010.
- BATISTA, C. M.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. A. de; ZANATTO, A. C. S.; SANTOS, P. C. dos; ZANATA, M.; MORAES, M. L. T de; SEBBENN, A. M. Estimativas de parâmetros genéticos e a variabilidade em procedências e progênes de *handroanthus vellosi*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 71, p. 269-276, jul./set. 2012.
- BIERNASKI, F. A. **Eficiência da amostragem de matrizes de *Cedrela fissilis* Vell. para melhoramento e conservação genética baseado em caracteres juvenis**. 2010. 86f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, 2010.
- BIERNASKI, F. A.; HIGA, A. R.; SILVA, L. D. Variabilidade genética para caracteres juvenis de progênes de *Cedrela fissilis* Vell.: subsídio para definição de zonas de coleta e uso de sementes. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 1, p. 49 – 58, jan./fev. 2012.
- BITTENCOURT, J. V. M. Proposta para conservação genética da *Araucaria angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 87-93, jul./dez. 2007. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/viewArticle/122>>. Acesso em: 15 dez. 2013.
- BURLEY, J.; NIKLES, D. G. (edit.) **Tropical provenance and progeny research and international cooperation**. Proceedings of IUFRO Working Party Meeting at Nairobi, Kenya. Oxford Commonwealth Forestry Institute. 1973.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003.
- CHAPLIN, G. E. Progress with provenance exploration and seed collection of *Cedrela* spp. In: COMMONWEALTH FORESTRY CONFERENCE, 11, 1980, Port-of-Spain. **Proceedings...** Oxford, U.K.: Commonwealth Forestry Institute, 1980. p. 1–17.

CUSATIS, A. C.; TRAZZI, P. A.; DOBNER JR., M.; HIGA, A. R. Dendroecologia de *Cedrela fissilis* na Floresta Ombrófila Mista. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 75, p. 287-297, jul./set. 2013.

ETTORI, L. de C.; FIGLIOLIA, M. B.; SATO, A. S. Conservação *ex situ* dos recursos genéticos de espécies florestais nativas: situação atual no Instituto Florestal. In: HIGA, A. R.; DUQUE SILVA, L. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2006.

ETTORI, L. de C.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; SATO, A. S.; CAMPOS, O. R. Variabilidade genética em populações de ipê-roxo – *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. para conservação “*ex situ*”. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 61-70, 1996.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de Martinho de Almeida e Silva e José Carlos Silva. Viçosa: UFV, 1987.

FIRKOWSKI, C. **Avaliação da variação genética e fenotípica entre procedências e progênies de *Cedrela fissilis***. 1983. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1983.

FLORESTAR ESTATÍSTICO. São Paulo: Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo, v. 11, n. 20, jun. 2008.

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

FRANKHAM, R. Conservation genetics. **Annual Review of Genetics**, Palo Alto, v. 29, p. 305-327, 1995.

GANDARA, F. B. **Diversidade genética, taxa de cruzamento e estrutura espacial dos genótipos em uma população de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae)**. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis, part 1: Physical and mineralogical methods**. 2.ed. Madison, US: Soil Science Society of America, 1986. p. 383-411. (Agronomy Series, 9).

GRIJPMA, P. Resistance of Meliaceae against the shoot borer *Hypsipyla* with particular reference to *Toona ciliata* M. J. Roem. var. *australis* (F. V. Muell.) C. DC. In: BURLEY, J.; STYLES, B. T. (eds.). **Tropical Trees: Variation, breeding and conservation**. London: Linnean Society, 1976. p. 69-78

GUERRA, C. R. S. B.; MORAES, M. L. T.; SILVA, C. L. S. P.; CANUTO, D. S. O.; ANDRADE, J. A. da C.; FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M. Estratégias de seleção dentro de progênies em duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 81, p. 79-87, 2009.

HENDERSON, C. R. **Applications of linear models in animal breeding**. Guelph: University of Guelph, 1984. 462 p.

HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; TREVISAN, R.; SOUZA, M. V. R. de. Resistência e resiliência a geadas em *Eucalyptus dunnii* Maiden plantados em Campo do Tenente, PR. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 40, p. 67-76, 2000. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim40/higa.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2014.

HIGA, A. R.; SILVA, L. D. Planejamento e implantação de pomares de sementes de espécies florestais nativas. In: HIGA, A. R., SILVA, L. D. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2006.

INOUE, M. T. Ensaio de procedência de *Cedrela* em Santo Antônio da Platina, PR. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 49-57, 1972.

KLEIN, R. M. **Meliaceas**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1984.

LAHERA, W.; ALVAREZ, A.; GAMEZ, S. The genetic improvement programme in *Cedrela odorata* L. in Cuba. **Forest genetic resources**, Roma, n. 22, p. 27–28, 1994.

LESLIE, A. D. **A compilation of results from forestry trials established on Espiritu Santo, Vanuatu**. 1994. (Technical Booklet n. 3). Santo Industrial Forest Plantation Project.

MAYHEW, J. E.; NEWTON, A. C. **The silviculture of mahogany**. Wallingford: CABI, c1998. 226p.

MORELLATO, L. P. C. **Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semi-decídua no sudeste do Brasil**. 176 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

MORI, E. S. Genética de populações arbóreas: orientações para seleção e marcação de matrizes. **I.F. Série Registros**, São Paulo, n. 25, p. 35-44, ago. 2003.

NASCIMENTO, A. G. do. **Parâmetros genéticos obtidos por modelos mistos em progênies e procedências da *Mimosa scabrella* Bentham (bracatinga)**. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba 2010.

NEWTON, A. C. The mahogany shoot borer: prospects for control. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 57, n. 1-4, p. 301- 328, Mar. 1993.

NEWTON, A. C.; CORNELIUS, J. P.; BAKER, P.; GILLIES, A. C. M.; HERNÁNDEZ, M.; RAMNARINE, S.; MESÉN, J. F.; WATT, A. D. Mahogany as a genetic resource. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 122, n. 1, p. 61 – 73, 1996.

NEWTON, A. C.; LEAKEY, R. R. B.; MESÉN, J. F. Genetic variation in mahoganies: its importance, utilization and conservation. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 2, n. 1, p. 114 – 126, 1993.

PATIÑO, V. F. **Genetic resources of *Swietenia* and *Cedrela* in the neotropics: proposals for coordinated action**. Rome, Italy: FAO, 1997.

PEREIRA, A. B. **Avaliação da eficiência da seleção precoce em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., na região noroeste do Estado de Minas Gerais**. 68 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

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

PÓVOA, J. S. R. **Distribuição da variação genética de *Cedrela fissilis* Vell., em fragmentos florestais, no sul de Minas Gerais, por meio de isoenzimas**. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Planta, 2001.

REIS, M. S.; MARIOT, A.; STEENBOCK, W. Diversidade e domesticação de plantas medicinais. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Orgs.) **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Florianópolis; Porto Alegre: Universidade Federal de Santa Catarina; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. p. 45-74.

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

RESENDE, M. D. V. de. **SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

RESENDE, M. D. V. de; BARBOSA, M. H. P. **Melhoramento genético de plantas de propagação assexuada**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 130p.

RESENDE, M. D. V. de; FANTINI JR.; M. **Bifurcação e quebra de copa em eucalipto: efeitos genéticos, ambientais e silviculturais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. (Documentos, 63). 20 p.

RESENDE, M. D. V. de; FERNANDES, J. S. C. Procedimento BLUP individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 17, p. 89-107, 1999.

RESENDE, M. D. V. de; HIGA, A. R. Maximização da eficiência da seleção em testes de progênies de *Eucalyptus* através da utilização de todos os efeitos do modelo matemático. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 28/29, p. 37-55, 1994.

REZENDE, G. D. S. P.; BERTOLUCCI, F. L. G.; RAMALHO, M. A. P. Eficiência da seleção precoce na recomendação de clones de eucalipto avaliados no norte do Espírito Santo e sul da Bahia. **Cerne**, v. 1, n. 1, p. 45-50, 1994.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**. São Paulo: E. Blücher, 1981. 296p.

SANTOS, C. **Estatística Descritiva: manual de auto-aprendizagem**. Lisboa: Edições Silabo, 2007.

SANTOS, A. M.; ROSADO, S. C. da S.; ROSADO, L. R.; STEHLING, E. de C. Estimação de parâmetros genéticos em teste de procedência e progênie de cedro australiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: 2013. p. 428–432.

SEBBENN, A. M. Sistemas de reprodução em espécies tropicais e suas implicações para a seleção de árvores matrizes para reflorestamentos ambientais. In: HIGA, A. R.; SILVA, L. D. (Eds.) **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p. 93 – 138.

SEBBENN, A. M.; ETTORI, L. de C. Conservação genética *ex situ* de *Esenbeckia leiocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* e *Peltophorum dubium* em teste de progênes misto. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 201-211, dez. 2001.

SEBBENN, A. M.; SIQUEIRA, A. C. M. de; KAGEYAMA, P. Y.; MACHADO, J. A. R. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva – *Myroxylon peruiferum* L. F. Alemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 31-38, jun. 1998.

SILVICULTURAL RESEARCH DIVISION – SRD. **Annual Report**. Department of Forestry, Suva, Fiji, 1993.

SMITH JR., C. E. A revision of *Cedrela* (Meliaceae). **Fieldiana. Botany**, Chicago, v. 29, n. 5, p. 295-341, 1960.

SOARES-FILHO, B. S. **Impacto da Revisão do Código Florestal: como viabilizar o grande desafio adiante?**. [S.l.]: Secretaria de Assuntos Estratégicos, [2013]. Disponível em: <<http://www.sae.gov.br/site/wp-content/uploads/Artigo-codigo-florestal.pdf>> Acesso em: 08 dez.13.

STEINBACH, F.; LONGO, A. N. Lista preliminar das espécies da flora apícola nativa da Fazenda Faxinal. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, pt. 1, p. 347-349, 1992. Edição de Anais do 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas, São Paulo, SP, mar. 1992.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. de. Avaliação genética e análise de deviance em um teste desbalanceado de procedência e progênie de *Ilex paraguariensis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 157-160, mai/jul.2010.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. de; CARPANEZZI, A. A.; ZANON, A. Variação genética e seleção para características de crescimento em teste de progênes de

Mimosa scabrella var. *aspericarpa*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p. 73-83, jan./dez. 1994.

STYLES, B. T. Swietenioideae. In: PENNINGTON, T. D.; STYLES, B. T.; TAYLOR, D. A. H. **Meliaceae**. New York: The New Botanical Garden, 1981. p. 359-385.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5).

VENKOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasma de espécies alógamas. **Revista IPEF**, v. 35, p. 79-84. 1987.

WHITMORE, J. L. *Cedrela* provenance trials in Puerto Rico and St. Croix: establishment phase. Puerto Rico: Institute of Tropical Forestry, 1978. (USDA Forest Service Research Note, IRF-16).

XAVIER, A.; SANTOS, G. A. dos; WENDLING, I.; OLIVEIRA, M. L. de. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 139 -143, mar./abr. 2003.

XAVIER, A; SANTOS, G. A. dos; OLIVEIRA, M. L. de. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 351-356, maio/jun. 2003.

ZABALA, N. Q. Field grafting of yamane, *Gmelina arborea* Roxb, and large leaf mahogany, *Swietenia macrophylla* King. **Pterocarpus**, Laguna, Philippines, v. 3, n. 1, p. 81-86, 1977.

MODELOS SILVICULTURAIS CONSORCIADOS DE *Cedrela fissilis* VELL. E *Pinus taeda* L.

RESUMO

Cedrela fissilis é uma espécie potencial para domesticação tendo em vista o alto valor comercial da madeira, contudo, danos provocados pela broca das meliáceas e a geada restringem seu cultivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da espécie em diferentes modelos silviculturais consorciados. Foram instalados quatro experimentos consorciados, sob cobertura (multiânneo) ou não (equiânneo), com *Pinus taeda* em Rio Negrinho/SC. Todos os experimentos em delineamento em blocos casualizados foram plantados, com ou sem cobertura inicial de *P. taeda* e com 37 ou 67 árvores por hectare de *C. fissilis*, tiveram os mesmos tratamentos, 10 e 25 m² de clareiras. As seguintes variáveis foram mensuradas aos 31, 38 e 49 meses de idade: sobrevivência, bifurcação, diâmetro do colo, altura, presença de danos por praga ou doenças. Foi utilizado o método do melhor estimador linear não viciado (BLUE) para gerar as análises de variâncias, segundo os modelos lineares mistos. As clareiras de 10 m² proporcionaram incremento significativo em altura em metade das avaliações, em dois dos quatro experimentos. Não se observou a mesma tendência em diâmetro. Os tamanhos de clareira não influenciaram na sobrevivência dos indivíduos de *C. fissilis* ao longo do tempo, contudo esta foi superior nos experimentos sob cobertura. Não foram registrados danos de *Hypsipyla grandella*.

Palavras-chave: Cedro-rosa. Meliaceae. Domesticação. Espécie nativa. Modelos lineares mistos. Desbalanceamento. Plantio misto. Geada.

MIXED FORESTRY MODELS WITH *Cedrela fissilis* VELL. AND *Pinus taeda* L.

ABSTRACT

Cedrela fissilis is a species with potential for domestication considering the high timber value; however, damages from mahogany shoot borer and frost restrict its forestry. The aim of this study was to evaluate the behavior of the species in different mixed forestry models. Four mixed forestry experiments were planted under cover (different ages) or not (equal ages) of *Pinus taeda* in Rio Negrinho/SC. All experiments were planted in randomized blocks design, with or without initial coverage of *P. taeda* and with 37 or 67 trees per hectare of *C. fissilis*; all had the same treatments, 10 and 25m² of gaps. The following variables were measured at 31, 38 and 49 months: survival, fork, collar stem diameter, height and presence of damages by pests or diseases. It was used the method of the best linear unbiased estimator (BLUE) to generate the analysis of variance, according to the linear mixed models. The gaps of 10 m² provided significant height increment in half of the evaluations, in two of the four experiments. The same trend was not observed for diameter. Gaps sizes did not influence the survival of *C. fissilis* individuals over time, however, the survival was higher in experiments under cover. No damage from *Hypsipyla grandella* was recorded.

Keywords: Cedro-rosa. Meliaceae. Domestication. Native species. Mixed linear models. Unbalance. Associated planting. Frost.

1 INTRODUÇÃO

A reformulação do Novo Código Florestal Brasileiro resultou em torno de 21 milhões de hectares de passivo florestal (SOARES-FILHO, 2013). Portanto, há uma demanda premente por modelos silviculturais que viabilizem a restauração das áreas de Reserva Legal, que, preferencialmente, gerem renda ao proprietário rural.

Levando-se em conta o grande número de espécies arbóreas da flora brasileira, é notável o potencial silvicultural das espécies nativas, porém, a inexistência de material genético selecionado (HIGA; SILVA, 2006) e a falta de técnicas silviculturais apropriadas às características de cada espécie (BIERNASKI, 2008) são as principais barreiras no seu emprego em plantios florestais de larga escala.

Neste contexto, o cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vellozo) é uma das espécies nativas promissoras para utilização em plantios comerciais, devido à qualidade de sua madeira e ao seu alto valor de mercado (RUSCHEL *et al.*, 2003).

Um fator limitante à silvicultura do cedro-rosa é a broca das meliáceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller), larva da Lepidóptera (Pyralidae), que retarda o crescimento da árvore e provoca prejuízos na qualidade do fuste. A fim de contornar esse problema fitossanitário, o plantio puro da espécie não é indicado (KAGEYAMA; CASTRO, 1989). A principal recomendação silvicultural para *C. fissilis* é o plantio em baixa densidade, associado com outras espécies de rápido crescimento (JOHNSON; TARIMA, 1995; CARVALHO, 2003). Ainda, devido à suscetibilidade de *C. fissilis* à geada (INOUE, 1972; CARVALHO, 1981; 1982), também são recomendados plantios sob cobertura (INOUE, 1972).

Os plantios de pinus em 2012 totalizaram 1.562.782 ha e se concentraram principalmente na região sul do país (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, 2013). Ainda, por *Pinus taeda* ser espécie pioneira, resistente à geada, ser manejada em rotações longas com desbastes, acredita-se que os reflorestamentos desta espécie possam criar uma condição propícia para consórcio com *C. fissilis*. Proporciona assim, cobertura para proteção de *C. fissilis* à geada e densidade mínima de árvores de outra espécie para evitar o ataque de *H. grandella*. Portanto, a abertura de clareiras em plantios

homogêneos de *P. taeda* provocadas pelo desbaste seletivo poderia ser uma oportunidade para o consórcio com *C. fissilis*.

Em condições naturais, a abertura no dossel da floresta provocada pela morte natural ou acidental de uma ou mais árvores, resulta em uma clareira (KAGEYAMA; CASTRO, 1989). Tal fenômeno provoca aumento na luz, temperatura do ar e do solo, na entrada por precipitação e na disponibilidade de nutrientes e um decréscimo na umidade relativa (BAZZAZ; PICKETT, 1980). Estas condições variam entre clareiras de diferentes tamanhos e formas e mesmo dentro das clareiras (OLDEMAN, 1978; HARTSHORN, 1978; ORIAN, 1982).

As clareiras são reocupadas por diferentes grupos ecológicos (classes de tolerância) cujas espécies são adaptadas para regenerar em clareiras de diferentes tamanhos (WHITMORE, 1982). Denslow (1980) classificou os grupos de espécies em: clareira grande, clareira pequena e subosque. Não há consenso do estágio sucessional de *C. fissilis*, variando entre os autores de secundária inicial a clímax (CARVALHO, 2003).

A espécie ocorre em baixa densidade, uma árvore em 10 hectares, em floresta primária e em grande abundância entre a vegetação secundária (GANDARA, 1996). Segundo Carvalho (2003) tal densidade é resultado da interação com a broca das meliáceas que resulta na má formação do fuste. Assim, estratégia silvicultural para meliáceas susceptíveis é o plantio a céu aberto de 60 árvores por hectare (NEWTON; LEAKEY; MESÉN, 1993). Contudo, a céu aberto *C. fissilis* na região do estudo está sujeita à geadas.

Portanto, o estudo do crescimento de *C. fissilis* em modelos de cultivo em diferentes tamanhos de clareira e densidades pode contribuir para o conhecimento da autoecologia da espécie.

O objetivo geral do trabalho foi avaliar o estabelecimento e crescimento de *C. fissilis* em modelos silviculturais consorciados com *P. taeda* instalados em Rio Negrinho/SC. Os objetivos específicos foram avaliar o efeito de clareiras de 10 e 25 m² quanto à sobrevivência e crescimento de cedro-rosa, em condições de presença e ausência de cobertura de *P. taeda* e densidade de 37 e 67 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi desenvolvido no Município de Rio Negrinho em duas fazendas Rio Feio (646.048,5610 e 7.067.696,245 Sirgas2000) e Rio da Veada (648.782,9155 e 7.074.389,510 Sirgas2000). A região localiza-se no planalto norte Catarinense, na faixa sedimentar da Bacia do Paraná, Brasil. Com altitude média de 792 metros, o clima da região segundo Köppen, é do tipo Cfa ou Mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, sem estação seca e com geadas severas.

A temperatura média anual na região é de 18,3 °C e a precipitação média anual é de 1.572 mm, a umidade relativa do ar varia de 80 a 86,2% (INPE, 2009²⁵; EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA, 2006; KOBAYAMA *et al.*, 2004). A precipitação e temperaturas médias, mínimas e máximas médias dos anos de 1970 a 2011 no Município de Rio Negrinho/SC encontram-se no GRÁFICO 1. Os dados referentes ao período do experimento, 2008 a 2011, são representados no GRÁFICO 2 e geadas GRÁFICO 3.

O período de avaliação apresentou médias mensais mais úmidas que nos últimos quarenta anos, salvo o mês de maio. As temperaturas médias, média mínima e média máxima apresentaram pequenas variações se comparadas ao período maior. Houve antecipação do mês com menores temperaturas, em julho no período de 40 anos, para junho no período mais recente.

O relevo da região predominam colinas, que localmente mostram certa concordância topográfica e parece corresponder a restos de uma superfície de aplanamento (BOGNOLA, 2007). A formação geológica predominante é composta por rochas sedimentares paleozoicas (arenito e folhelho) que demonstram estratificação horizontal (KOBAYAMA *et al.*, 2007).

²⁵ EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA – EPAGRI, Estação Meteorológica de Rio Negrinho – Santa Catarina, 2009. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/climatologia/Controller>>. Acesso em: 17 out. 2013.

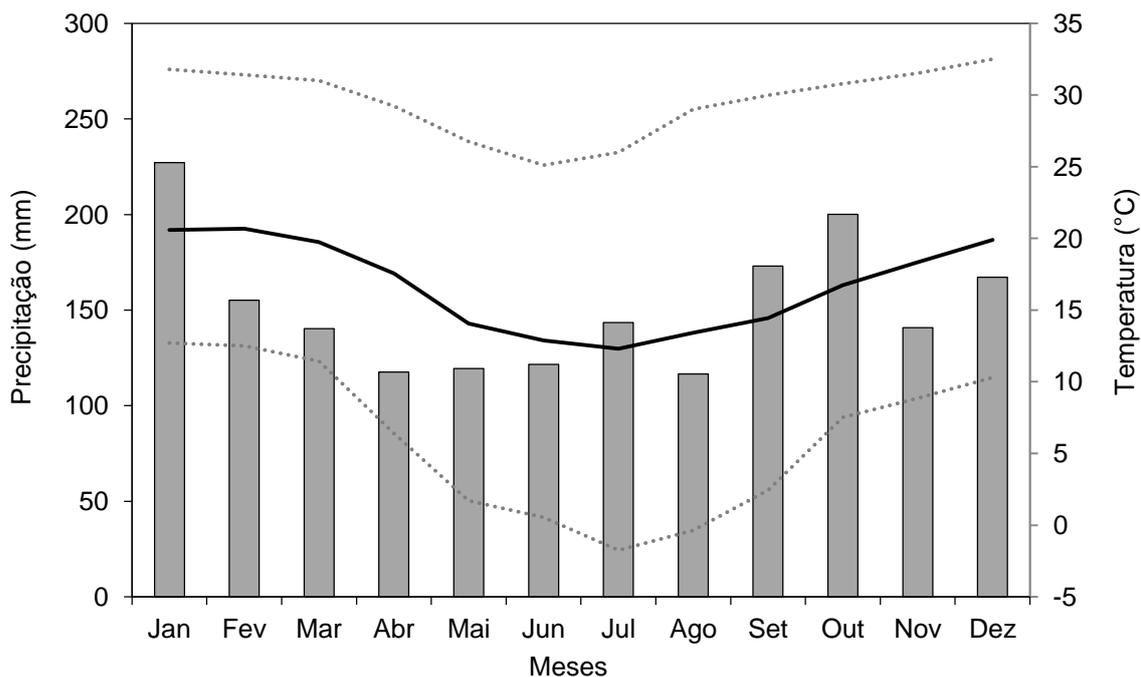


GRÁFICO 1 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA (MM) (COLUNAS), TEMPERATURA MÉDIA (LINHA), TEMPERATURAS MÍNIMA E MÁXIMA (LINHAS PONTILHADAS) (°C): VALORES MÉDIOS MENSAIS ENTRE 1970-2011, RIO NEGRINHO/SC

FONTE: EPAGRI (2011)

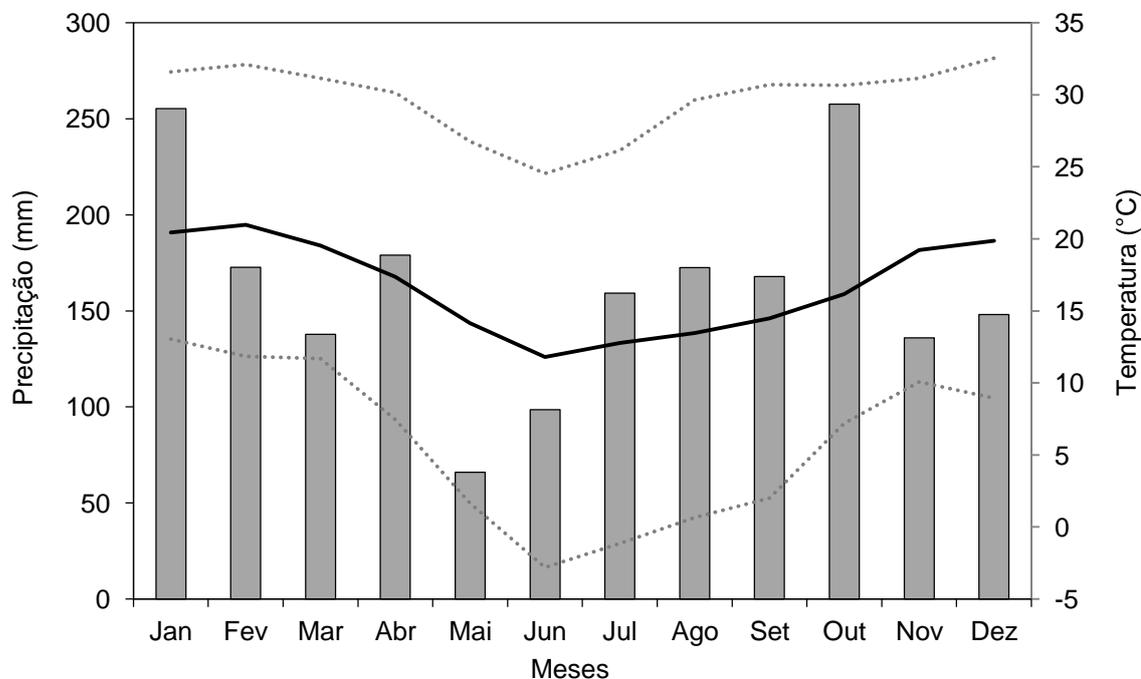


GRÁFICO 2 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA (MM) (COLUNAS), TEMPERATURA MÉDIA (LINHA), TEMPERATURAS MÍNIMA E MÁXIMA (LINHAS PONTILHADAS) (°C): VALORES MÉDIOS MENSAIS ENTRE 2008-2011, RIO NEGRINHO/SC

FONTE: EPAGRI (2011)

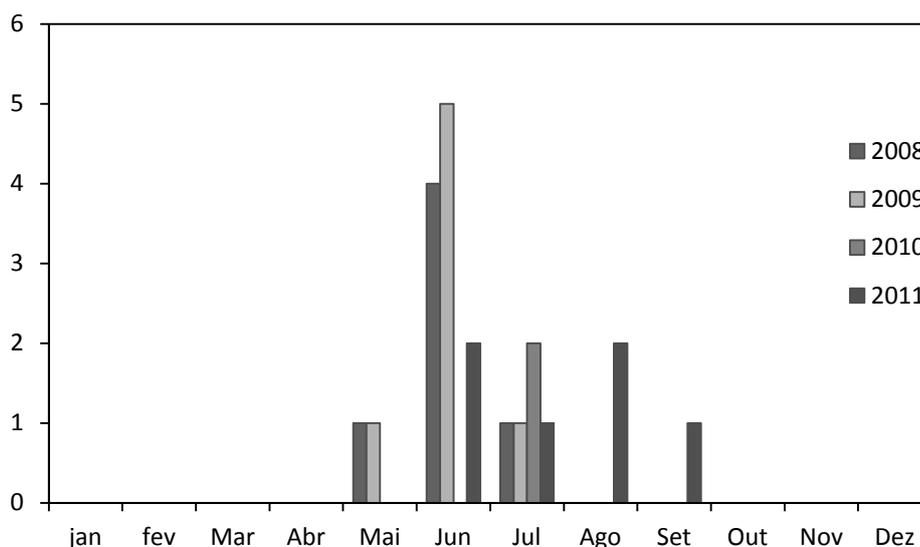


GRÁFICO 3 - NÚMERO DE DIAS COM INCIDÊNCIA DE GEADAS ENTRE 2008-2011, RIO NEGRINHO/SC

FONTE: EPAGRI (2011)

São 42 os tipos de solos em Santa Catarina, de acordo com a classificação de solos predominam os Cambissolos Húmicos Alumínicos típicos ou lépticos (EMBRAPA, 2006), com textura argilosa, sendo medianamente profundos, além de extremamente ácidos e com teores de alumínio trocável superiores a $4,0 \text{ cmol.dm}^{-3}$ (BOGNOLA, 2008).

A flora da região se insere originalmente na unidade fitogeográfica de Floresta Ombrófila Mista – FOM (Floresta de Araucária ou Floresta de Pinheiro-brasileiro) formação Montana (altitudes entre 400 e 1000 m).

O crescimento econômico da região se baseou principalmente na exploração vegetal em busca de madeira de valor econômico, e mais recentemente em silvicultura. Portanto, atualmente a região apresenta um mosaico com diversos usos/coberturas de solo, sendo os mais representativos o reflorestamento de pinus e fragmentos de FOM em diversos estádios de sucessão (MOTA, 2012).

2.2 ÁREA EXPERIMENTAL

Os quatro experimentos foram instalados em outubro de 2008 nas fazendas Rio Feio e Rio da Veada na região de Rio Negrinho, Santa Catarina, Brasil (FIGURA 1).

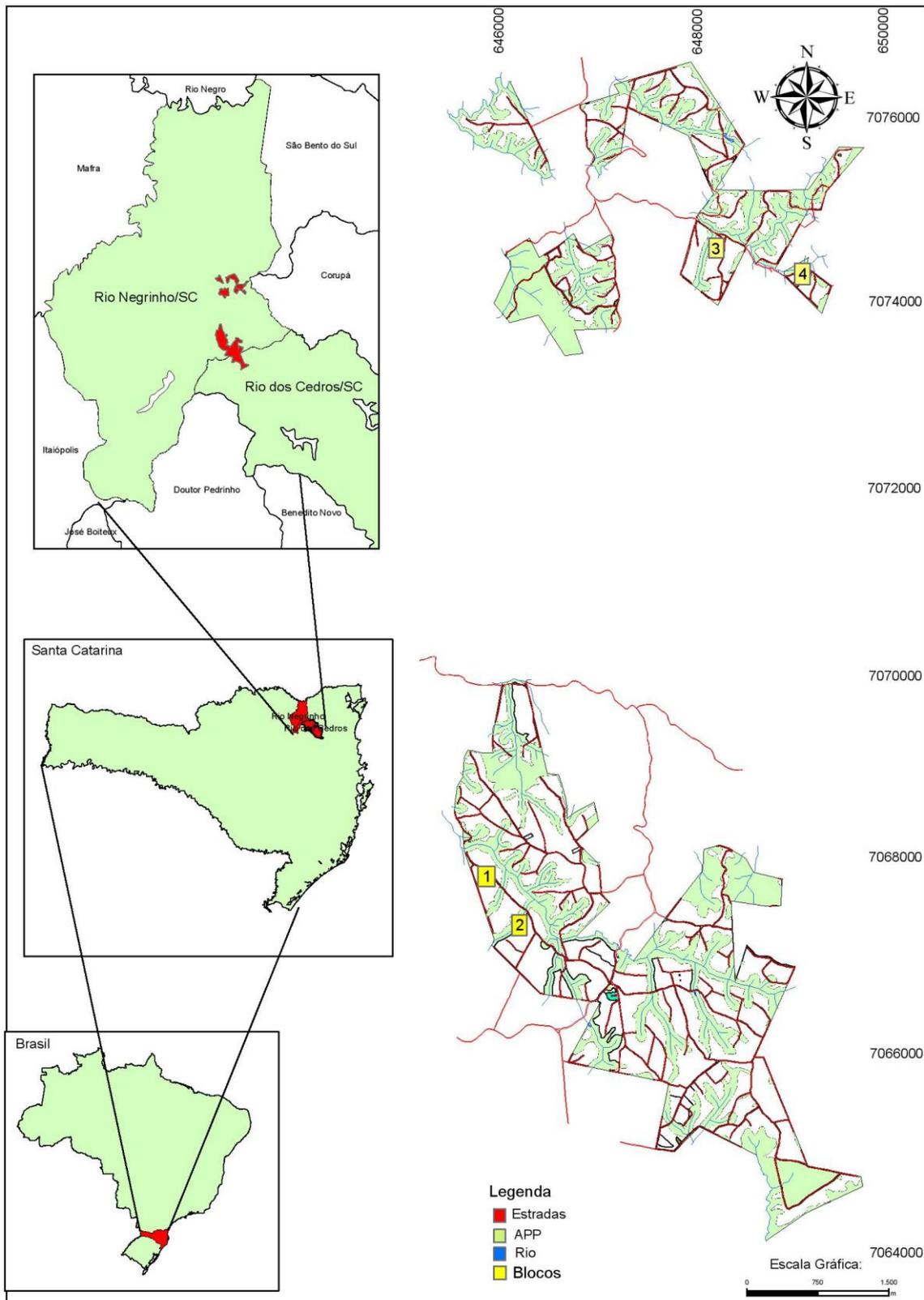


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS UM E DOIS, FAZ. RIO FEIO, E TRÊS E QUATRO, FAZ. RIO DA VEADA, RIO NEGRINHO, SANTA CATARINA, BRASIL

FONTE: Corrêa; Roters (2014)

Foram selecionados dois talhões de *P. taeda*, com espaçamento inicial 2,5 m x 2,0 m, com características semelhantes em topografia e solo em ambas as fazendas (BIERNASKI, 2008, não publicado)²⁶.

Os experimentos consorciados foram instalados conforme o detalhamento apresentado na TABELA 1. Os experimentos um e dois foram considerados inicialmente como céu aberto, uma vez que, as mudas de *C. fissilis* e *P. taeda* foram plantadas simultaneamente. Para a formação das clareiras de 10 m² duas mudas de *P. taeda* deixaram de ser plantadas e com 25 m² cinco mudas. Nos experimentos três e quatro as mudas de *C. fissilis* foram plantadas em clareiras abertas em um talhão de *P. taeda*, com altura média estimada em 6,80 m (aproximadamente 1,5 m.ano⁻¹), proporcionando cobertura ou sombreamento nas mudas recém-plantadas de *C. fissilis*.

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DOS QUATROS EXPERIMENTOS CONSORCIADOS DE *P. taeda* E *C. fissilis*, RIO NEGRINHO/SC

N	FAZ	COO	COB	DEN	BLO	TRA	PLA	ÁRE
1	Rio Feio	645.945,287 7.067.799,248	Céu aberto	37	6	10 - 25	5	1,7
2	Rio Feio	646.151,295 7.067.593,240	Céu aberto	67	10	10 - 25	5	1,6
3	Rio da Veada	648.315,396 7.074.544,290	Sob cobertura 6,8m	37	6	10 - 25	5	1,7
4	Rio da Veada	649.250,435 7.074.234,727	Sob cobertura 6,8m	67	10	10 - 25	5	1,6

FONTE: A autora (2014)

NOTA: N – número do experimento; FAZ – nome da fazenda; COO – coordenadas (Sirgas 2000 Zona Utm 22S); COB – cobertura de *P. taeda*; DEN – densidade de *C. fissilis* (ár.v.ha⁻¹); BLO – número de blocos do experimento; TRA – tratamentos do experimento, tamanhos de clareira (m²); PLA – número de plantas por parcela; ARE – área do experimento (ha)

Todos os experimentos foram instalados em delineamento em blocos casualizados. Os experimentos um e três com 37 mudas de *C. fissilis* por hectare, com seis blocos; enquanto os experimentos dois e quatro totalizaram 67 mudas de *C. fissilis* por hectare, com dez blocos respectivamente. Todos os tratamentos nos quatro experimentos continham cinco plantas por parcela. A FIGURA 2 representa a disposição do experimento dois sendo que os demais seguem a mesma lógica. Os

²⁶ BIERNASKI, F. **Consórcio de *Cedrela fissilis* com *Pinus taeda* na Battistella Florestal Rio Negrinho, SC**: relatório preliminar. 2008. 10 p. Não publicado.

quatro experimentos ocuparam em torno de 6,6 hectares, incluindo duas linhas de bordadura.



FIGURA 2 – CROQUI DO EXPERIMENTO DOIS, PLANTIO CONSORCIADO COM 67 ARV.HA⁻¹ DE *C. fissilis* COM *P. taeda*, INICIALMENTE A CÉU ABERTO, FAZ. RIO FEIO, RIO NEGRINHO/SC

FONTE: Adaptado de Biernaski (2008, não publicado)

As sementes que originaram as mudas de todos os experimentos foram de árvores selecionadas e marcadas em diferentes municípios da região (BIERNASKI, 2008, não publicado; CUSATIS *et al.*, 2013).

Os dados foram coletados em maio de 2011 (31 meses), dezembro de 2011 (38 meses) e novembro de 2012 (49 meses), sendo eles: sobrevivência, diâmetro do

colo, altura, bifurcação, presença de doenças e danos por pragas. Para tanto foram utilizados paquímetro digital e fita graduada. A FIGURA 3 representa as imagens dos experimentos em diferentes momentos da coleta de dados.

Aos 49 meses, para caracterização edáfica foi realizada a coleta composta de cinco pontos a 0 - 20 e a 20 - 40 cm de profundidade, removidas com trado de rosca, aleatorizados dentro de cada um dos quatro primeiros experimentos. As análises químicas de macro e micronutrientes foram realizadas segundo Tedesco e colaboradores (1995) e as físicas segundo Gee e Bauder (1986) (TABELAS 2, 3 e 4).

Nos experimentos predominam os solos franco, variando de franco arenosos a franco siltosos, independente da profundidade até 20 ou 40 cm, sem zona agrícola definida (TABELA 2). Quanto às características químicas dos solos de maneira geral são: ácidos, baixos teores de macro e micronutrientes, em geral baixa fertilidade, contudo boa capacidade de troca catiônica (TABELAS 3 e 4).

Os dados de sobrevivência e bifurcação foram tratados como variáveis qualitativa ordinal binomial; diâmetro do colo, altura, sobrevivência e variáveis quantitativas contínuas.



FIGURA 3 – COLETA DE DADOS DOS QUATRO EXPERIMENTOS DE *C. fissilis* CONSORCIADOS COM *P. taeda*, RIO NEGRINHO/SC

FONTE: A autora (2014)

NOTA: A – Clareira de 25 m² na Faz. Rio da Veada em 23 de maio de 2011; B – Clareira de 10 m² e muda de *C. fissilis* na Faz. Rio da Veada em 15 de novembro de 2012 ; C – *C. fissilis* na Faz. Rio da Veada em 19 de dezembro de 2011; D – Clareira de 25 m² na Faz. Rio Feio em 3 de maio de 2011; E – Clareira de 10 m² na Faz. Rio Feio em 3 de maio de 2011; F – *C. fissilis* na Faz. Rio Feio em 3 de maio de 2011

TABELA 2 – RESULTADO DAS ANÁLISES FÍSICAS¹ DE AMOSTRAS COMPOSTAS DE SOLOS, EM DUAS PROFUNDIDADES DIFERENTES, DOS QUATRO EXPERIMENTOS CONSORCIADOS DE *C. fissilis* COM *P. taeda*, RIO NEGRINHO/SC

EXP	PRO	TEOR			TIPO DE SOLO ZON. AGRÍCOLA - MAPA	CLASSE TEXTURAL (SBCS)
		AREIA	SILTE	ARGILA		
1	0 - 20	54	39	7	Sem tipo definido	Franco arenoso
	20 - 40	47	46	7	Sem tipo definido	Franco arenoso
2	0 - 20	44	52	4	Sem tipo definido	Franco siltoso
	20 - 40	35	45	21	Tipo 2	Franco
3	0 - 20	59	33	8	Sem tipo definido	Franco arenoso
	20 - 40	43	51	6	Sem tipo definido	Franco siltoso
4	0 - 20	54	37	9	Sem tipo definido	Franco arenoso
	20 - 40	48	40	12	Tipo 1	Franco

FONTE: Departamento de Solos e Recursos Naturais, UDESC (2012)

NOTA: ¹Tedesco *et al.*, (1995); EXP - experimentos 1 - inicialmente a céu aberto com 37 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis*; 2 - inicialmente a céu aberto com 37 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis*; 3 – sob cobertura de *P. taeda* com 37 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis*; 4 – sob cobertura de *P. taeda* com 67 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis*; PRO – profundidade (cm); TEOR – (%)

TABELA 3 – RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS¹ DE AMOSTRAS COMPOSTAS DE SOLOS, EM DUAS PROFUNDIDADES DIFERENTES, DOS QUATRO EXPERIMENTOS CONSORCIADOS DE *C. fissilis* COM *P. taeda*, RIO NEGRINHO/SC

EXP	PRO	pH-H ₂ O (1:1)	ÍNDICE SMP	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC EFETIVA	SATURAÇÃO (%)		M.O.	C.O. ²	ARGILA
									ALUMÍNIO	BASES			
									cmol/dm ³		%		
1	0 - 20	3,7	4,1	0,28	0,34	8,47	38,6	9,22	91,87	1,91	7,1	4,12	12
	20 - 40	4,0	4,4	0,29	0,14	6,88	27,4	7,38	93,22	1,81	4,9	2,84	15
2	0 - 20	3,8	4,1	0,20	0,18	8,19	38,6	8,69	94,25	1,27	6,0	3,48	18
	20 - 40	4,0	4,3	0,20	0,15	6,73	30,7	7,17	93,86	1,42	5,1	2,96	18
3	0 - 20	3,8	4,1	0,21	0,18	9,51	38,6	10,09	94,25	1,49	6,5	3,77	19
	20 - 40	3,9	4,4	0,20	0,15	7,44	27,4	7,87	94,54	1,55	5	2,90	19
4	0 - 20	3,8	4,2	0,20	0,15	7,39	34,5	7,86	94,02	1,34	5,5	3,19	19
	20 - 40	3,9	4,2	0,22	0,17	8,25	34,5	8,73	94,50	1,36	5,1	2,96	21

FONTE: CAMPOS (2012)

NOTA: ¹ GEE e BAUDER (1986); EXP - experimentos 1 - inicialmente a céu aberto com 37 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis*; 2 - inicialmente a céu aberto com 37 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis*; 3 – sob cobertura de *P. taeda* com 37 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis*; 4 – sob cobertura de *P. taeda* com 67 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis*; PRO – profundidade (cm); ² Carbono orgânico semi-total

TABELA 4 – RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS¹ DE AMOSTRAS COMPOSTAS DE SOLOS, EM DUAS PROFUNDIDADES DIFERENTES, DOS QUATRO EXPERIMENTOS CONSORCIADOS DE *C. fissilis* COM *P. taeda*, RIO NEGRINHO/SC

EXP	REG	PRO	P MEHLICH	Na	K	CTC pH 7,0	K	Cu MEHLICH	Zn MEHLICH	Fe MEHLICH	Mn	RELAÇÕES		
												Ca.Mg ⁻¹	Ca+Mg.K ⁻¹	K.(Ca+Mg) ^{-1/2}
			mg.dm ⁻³	cmolc.dm ⁻³			mg.dm ⁻³							
1	17598	0 - 20	4,1	37	52	39,4	0,13	0,5	0,8	261,5	3,6	0,8	4,66	0,17
	17599	20 - 40	2,1	28	29	27,9	0,07	0,3	0,3	122,6	2,6	2,1	5,81	0,11
2	17600	0 - 20	0,5	23	46	39,1	0,12	0,5	0,6	212,6	5,1	1,1	3,22	0,19
	17601	20 - 40	1,4	27	36	31,1	0,09	0,3	0,2	114,4	3,4	1,3	3,80	0,16
3	17600	0 - 20	0,4	37	76	39,2	0,19	0,5	0,7	236,3	4,7	1,2	2,01	0,31
	17601	20 - 40	2,1	25	32	27,8	0,08	0,4	0,3	168,1	3,4	1,3	4,27	0,14
4	17604	0 - 20	0,5	18	47	35,0	0,12	0,4	0,6	220,8	8,5	1,3	2,92	0,20
	17605	20 - 40	1,4	3	34	35,0	0,09	0,4	0,4	178,5	3,2	1,3	4,48	0,14

FONTE: CAMPOS (2012)

NOTA: ¹ GEE e BAUDER (1986); EXP - experimentos 1 - inicialmente a céu aberto com 37 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis*; 2 - inicialmente a céu aberto com 37 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis*; 3 – sob cobertura de *P. taeda* com 37 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis*; 4 – sob cobertura de *P. taeda* com 67 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis*; REG – número do registro da análise; PRO – profundidade (cm)

2.3 ANÁLISE DE DADOS

Resende e Sturion (2000) propuseram estimadores para as médias de tratamentos, que fornecem informações livres das influências genotípicas e dos erros aleatórios ou ambientais para experimentos silviculturais.

Considerando o delineamento experimental de blocos ao acaso, com t tratamentos, b blocos e n plantas por parcela (plantas obtidas aleatoriamente de uma população), caso dos experimentos em questão, tem-se o modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + b_j + e_{ij} + d_{ijk}$$

Em que:

μ : efeitos da média geral

t_i : efeitos de tratamentos

b_j : efeitos de blocos

e_{ij} : efeitos de parcelas

d_{ijk} : efeitos de indivíduos dentro de parcelas

Resende (2007) denomina os componentes de média estimados pelo modelo acima de melhor estimador linear não viciado (BLUE). Assumindo t_i , e_{ij} e d_{ijk} como efeitos aleatórios e b_j como efeito fixo, como parte da dedução da proposta de artigo de Resende e Sturion (2000) têm-se a seguinte distribuição dos efeitos genotípicos (G) através dos efeitos do modelo estatístico:

$$G = b_1(Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij.}) + b_2(\bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y}_{...}) + b_3(\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...})$$

Em que:

$$b_1 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_d^2} = \frac{h_G^2}{1 - t_1} = \frac{h_G^2}{1 + c^2};$$

$$b_2 = \frac{\sigma_G^2/n}{\frac{\sigma_d^2}{n} + \sigma_e^2} = \frac{h_G^2}{1 + (n-1)t_1} = \frac{h_G^2}{1 + (n-1)c^2};$$

$$b_3 = \frac{\sigma_G^2/nb}{\frac{\sigma_d^2}{nb} + \frac{\sigma_e^2}{b} + \sigma_t^2} = \frac{h_G^2}{1 + (n-1)t_1 + (nb-1)t_2} = \frac{h_G^2}{1 + (n-1)c^2 + (nb-1)t_t};$$

Em que:

$t_1 = C^2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_F^2}$: correlação intraclassa entre indivíduos na parcela ou correlação devida ao ambiente comum da parcela

$t_2 = t_t = \frac{\sigma_t^2}{\sigma_F^2}$: correlação intraclassa entre indivíduos que recebem um mesmo tratamento

h_G^2 : herdabilidade no sentido amplo ao nível de indivíduo

$\sigma_F^2 = \sigma_t^2 + \sigma_e^2 + \sigma_d^2$: variância fenotípica

Considerando as expressões b_1 , b_2 e b_3 a maioria da variação genotípica presente no material experimental fica retida nos efeitos de indivíduo dentro de parcela ($Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij.}$) e de parcela ($\bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y}_{...}$). Sendo que a fração σ_G^2/nb permanece confundida nos efeitos de tratamentos.

Com base neste resultado, os autores afirmam que com um nb muito baixo, os valores genotípicos das plantas que recebem os tratamentos, podem mascarar os efeitos de tratamento, exceto quando o material experimental for homogêneo ($\sigma_G^2 = h_G^2 = 0$) ou a herdabilidade no sentido amplo for muito baixa.

Por outro lado, o uso de material experimental homogêneo só é desejável quando o objetivo for à realização de recomendações específicas para o material em experimentação. Quando o objetivo for à extrapolação dos resultados para outros materiais genéticos, é recomendável a utilização de material genético heterogêneo e neste caso, com um número razoável de plantas de cada tratamento.

O efeito de tratamento ($\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...}$) pode ser assim decomposto:

$$\begin{aligned}
(\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...}) &= \left(\frac{nb t_1}{1 + (n-1)c^2 + (nb-1)t_t} + \frac{h_G^2}{1 + (n-1)c^2 + (nb-1)t_t} \right. \\
&\quad \left. + \frac{nc^2}{1 + (n-1)c^2 + (nb-1)t_t} + \frac{(1 - h_G^2 - t_t - c^2)}{1 + (n-1)c^2 + (nb-1)t_t} \right) (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...}) \\
&= \left(\frac{nb t_t + h_G^2 + nc^2 + (1 - h_G^2 - t_t - c^2)}{1 + (n-1)c^2 + (nb-1)t_t} \right) (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...})
\end{aligned}$$

O efeito de tratamento, na realidade, é devido a quatro fatores:

- (i) Efeito do tratamento propriamente dito, que é função de $nb t_t$;
- (ii) Efeito genotípico, que é função de h_G^2 ;
- (iii) Efeito ambiental entre parcelas que é função de nc^2 ;
- (iv) Efeito ambiental dentro de parcelas que é função de $(1 - h_G^2 - t_t - c^2)$

Para detecção de diferenças significativas entre tratamentos, é desejável que o efeito descrito em (i) seja muito superior aos demais e que explique a quase totalidade de $(\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...})$. Uma ação que pode permitir atingir tal objetivo é aumentar o número de repetições, pois neste caso, aumenta-se $nb t_t$ sem aumentar nc^2 e reduzindo também (σ_G^2/nb) .

A média (valor esperado em uma nova repetição do ensaio ou em uma aplicação do tratamento ao nível operacional) verdadeira (M) do tratamento é então, melhor predita fazendo-se (RESENDE, 1999):

$$M = \left(\frac{1-1}{F}\right) (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...}) + \bar{Y}_{...} = \left(\frac{1-1}{F}\right) \bar{Y}_{i..} + \left(\frac{1}{F}\right) \bar{Y}_{...}$$

Em outras palavras, a melhor estimacão da média é dada pela fracão (1-1/F) da média amostral do tratamento mais a fracão (1/F) da média geral. Esta expressão para a média, além de ser mais coerente com a prática, considera adequadamente a precisão experimental na estimacão da média de tratamento, pois quanto mais preciso ($>F$) o experimento, menor é a correção (-1/F) aplicada sobre as médias amostrais de tratamento. Neste caso, níveis de significância diferentes (por exemplo 5% e 1%) conduzirão a médias ajustadas diferentes, embora na metodologia convencional conduzissem a inferências idênticas sobre as médias (RESENDE; STURION, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 EFEITO DO TAMANHO DA CLAREIRA (10 E 25 M²) EM CONSÓRCIO DE 37 ARV.HA⁻¹ DE *C. fissilis* Á CÉU ABERTO COM *P. taeda*

Os dois tratamentos testados referem-se ao tamanho de abertura no momento do plantio de *C. fissilis* 10 e 25 m² (futuras clareiras) em consorcio com *P. taeda*, com 37 árvores por hectare de cedro-rosa, neste experimento. Aos 31 meses o total de sobreviventes não passava de 27% das mudas plantadas (APÊNDICE 20). A sobrevivência das mudas de cedro-rosa reduziu ao longo tempo resultando em apenas dois sobreviventes no experimento aos 49 meses.

Segundo o método melhor estimador linear não viciado (BLUE) não houve diferença significativa para a variável sobrevivência, entre os tratamentos, em nenhum momento de avaliação do experimento (APÊNDICE 20).

Observam-se os crescentes valores do coeficiente de variação experimental ao longo do tempo nos caracteres avaliados. Tal comportamento pode ser explicado pela redução da sobrevivência, ou seja, o reduzido valor do número de indivíduos (n) nas estimativas das análises de variância.

A bifurcação das mudas de *C. fissilis* foi muito alta ao longo de todo o período de mensuração do experimento, onde, praticamente todas as mudas bifurcaram. Aos 31 meses o tratamento com clareira de 25 m², 6 indivíduos bifurcaram, ou seja, 85%, dos 7 sobreviventes. Contudo esta diferença não foi significativa (APÊNDICE 20). Como todas as mudas dos dois tratamentos estavam bifurcadas aos 38 meses e as duas sobreviventes do experimento estavam bifurcadas aos 49 meses eram do tratamento com clareira de 10m², não foi avaliada a diferença estatística entre os tratamentos.

Não houve registro de danos de *H. grandella* nas mudas do experimento. Um indivíduo do experimento aos 31 meses apresentou sintomas de doença nas folhas. Aos 38 meses foi observado que dez, dos 12 indivíduos vivos, apresentaram danos nas gemas apicais provocados por geada, seis do tratamento de 10 m² e quatro do tratamento de 25 m². Da avaliação de 38 para 49 meses houve redução de 10 indivíduos, todos eles apresentaram danos de geada aos 38 meses, ainda, os

dois sobreviventes aos 49 meses não apresentaram danos em nenhuma avaliação, contudo apresentavam-se bifurcados.

Os indivíduos que sobreviveram no experimento apresentaram praticamente o dobro do incremento em diâmetro à altura do colo, entre 31 e 38 meses. Tal tendência não se repetiu no período seguinte, de 38 para 49 meses, praticamente um ano, estes indivíduos não apresentaram o mesmo vigor. Não houve diferença significativa entre os tratamentos em diâmetro do colo em nenhum dos períodos avaliados (APÊNDICE 20).

A altura média geral do experimento reduziu no primeiro intervalo de avaliação de 28,36 cm para 16,19 cm o que pode ser explicado pela mortalidade dos indivíduos mais altos. Apesar de um ligeiro incremento em altura dos indivíduos aos 49 meses a média geral de altura foi inferior se comparado à altura aos 31 meses (APÊNDICE 20). Não houve diferença significativa entre os tratamentos.

3.2 EFEITO DO TAMANHO DA CLAREIRA (10 E 25 M²) EM CONSÓRCIO DE 67 ARV.HA⁻¹ DE *C. fissilis* À CÉU ABERTO COM *P. taeda*

O experimento inicialmente a céu aberto, consorciado de *P. taeda*, com 67 árvores por hectare de *C. fissilis* totalizou 100 mudas na instalação. Na tabela do APÊNDICE 21 constata-se a progressiva queda da sobrevivência de *C. fissilis*, à medida que o experimento se aproxima dos quatro anos de instalação. Aos 31 meses apenas 13% dos indivíduos plantados sobreviveram, aos 38 meses 10% e aos 49 meses 3%.

Apesar do tratamento com clareira de 10 m² apresentar, na maior parte do período de avaliação, maior sobrevivência em relação ao tratamento com clareira de 25 m², não houve diferença estatística entre eles (APÊNDICE 21).

A bifurcação geral nas mudas de cedro-rosa aumentou ao longo do período de avaliação, variando de 76% aos 31 meses até 100% dos indivíduos aos 49 meses. Aos 31 meses, não houve diferença estatística entre os tratamentos para bifurcação. Por haver apenas um indivíduo sobrevivente no tratamento com clareiras de 25 m², aos 38 e 49 meses, o valor *n* foi considerado insuficiente, não sendo possível gerar a análise de variância para tais períodos (APÊNDICE 21).

Não foi registrado dano de *H. grandella* ou sintomas de doenças nas mudas do experimento. Aos 38 meses foram registrados oito indivíduos com danos por

geada todos eles do tratamento com clareira de 10 m². Apenas dois destes indivíduos sobreviveram aos 49 meses, todos com bifurcação.

O diâmetro do colo apresentou incremento progressivo nos indivíduos remanescentes de *C. fissilis*. O maior período de crescimento foi 0,94 cm de crescimento em sete meses, se comparado com o período seguinte, de 0,05 cm em 11 meses (APÊNDICE 21).

Não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados para diâmetro, mesmo aos 31 meses quando a diferença entre o tratamento de clareiras com 10 m² foi o dobro do tratamento de clareiras com 25 m² (APÊNDICE 21). O reduzido valor de *n* no tratamento com clareiras de 25m² ao longo de todo o período de avaliação pode comprometer a significância das análises.

Seguindo a tendência do diâmetro do colo, os indivíduos sobreviventes cresceram em altura mais do que o dobro em um período de 18 meses (APÊNDICE 21). A redução da altura aos 31 para 38 meses de 16,19 cm para 11,86 cm pode ser explicada pela morte dos indivíduos maiores aos 38 meses. Aos 31 e 38 meses de idade houve diferença significativa para altura entre os tratamentos, indicando que as mudas de *C. fissilis* foram estatisticamente ($p < 0,05$) mais altas nas clareiras com 10 m² (APÊNDICE 21). Contudo com a gradativa redução da sobrevivência, aos 49 meses, não foi mantida a significância estatística entre os tratamentos.

3.3 EFEITO DO TAMANHO DA CLAREIRA (10 E 25 M²) EM CONSÓRCIO DE 37 ARV.HA⁻¹ DE *C. fissilis* SOB COBERTURA DE *P. taeda*

A sobrevivência no experimento consorciado de *C. fissilis*, com 37 árvores por hectare, sob cobertura de *P. taeda*, também reduziu durante o período de avaliação do experimento (APÊNDICE 22). Neste caso as 60 mudas iniciais do experimento chegaram a menos da metade, 26 indivíduos, aos 49 meses. Apesar da sobrevivência ter sido superior no tratamento com clareiras de 25 m² em todas as avaliações não houve diferença significativa entre os tratamentos (APÊNDICE 22).

A bifurcação variou pouco ao longo dos 18 meses de avaliação tanto entre os tratamentos como entre os períodos de avaliação. Aos 31 meses 88% das mudas do experimento estavam bifurcadas, uma diferença de 10% entre tratamentos. Aos 38 meses houve uma redução causada pela mortalidade dos indivíduos bifurcados.

Assim, não houve diferença significativa para bifurcação entre as mudas de *C. fissilis* entre os tratamentos com clareiras de 10 e 25 m² (APÊNDICE 22).

Foi registrado aos 31 meses oito indivíduos, aos 38 meses quatro indivíduos e aos 49 meses um indivíduo com sintoma de doença nas folhas. Aos 38 meses, 30 indivíduos, dos 35 sobreviventes, apresentaram danos por geada, sendo 12 indivíduos do tratamento com clareira de 10 m² e 18 do tratamento com 25 m². Deste grupo, sete estavam mortas aos 49 meses e todas as sobreviventes apresentavam-se bifurcadas.

Neste experimento houve incremento dos indivíduos sobreviventes conforme as médias gerais de diâmetro do colo (APÊNDICE 22). No período de um ano e meio as mudas sobreviventes dobraram em diâmetro, de 1,47 cm para 3,26 cm. O ligeiro acréscimo em diâmetro entre os indivíduos no tratamento de clareiras com 25m², nos dois primeiros períodos de avaliação, não foram significativamente diferentes. Contudo, aos 49 meses o diâmetro foi estatisticamente superior ($p < 0,05$) no tratamento com clareira de 25 m² (APÊNDICE 22).

A altura média dos indivíduos variou entre os tratamentos e entre os períodos de avaliação (APÊNDICE 22). Aos 31 meses as mudas sobreviventes do experimento apresentavam em média 49 cm de altura e superioridade do tratamento com clareiras de 10 m² em 51,76 cm. Contudo não foi significativamente diferente do tratamento com 25 m² de clareira. Aos 38 meses o tratamento de clareiras com 10 m² permanecia superior em relação ao tratamento com 25 m², contudo tanto tratamentos quanto a média geral reduziram, o que pode ser explicado pela morte de sete indivíduos (APÊNDICE 22) com alturas maiores. Aos 49 meses de idade as mudas recuperaram muito bem o crescimento, com altura média chegando a 66,84 cm. Contudo, as diferenças entre tratamentos não foram estatisticamente significativas para a variável altura neste experimento (APÊNDICE 22).

Não foi registrado danos de *H. grandella* nas mudas do experimento.

3.4 EFEITO DO TAMANHO DA CLAREIRA (10 E 25 M²) EM CONSÓRCIO DE 67 ARV.HA⁻¹ DE *C. fissilis* SOB COBERTURA DE *P. taeda*

Apesar da contínua redução da sobrevivência ao longo das avaliações do experimento, a última avaliação resultou em 54% de 100 mudas plantadas. Dentre os quatro experimentos consorciados de *C. fissilis* este foi o melhor resultado de

sobrevivência até então obtido. Destaca-se também a sobrevivência de 77% aos 31 meses de idade (APÊNDICE 23). Contudo, a sobrevivência média dos tratamentos, em todas as avaliações, foram muito próximas, não havendo diferença significativa entre elas.

A bifurcação ao longo do período ocorreu em média de 71 a 94% dos indivíduos avaliados. A diferença entre os tratamentos não apresentaram significância a 5% de probabilidade.

Quatro indivíduos aos 31 meses apresentaram sintoma de doenças. Não houve registro de danos de *H. grandella* em nenhum momento das avaliações. A avaliação aos 38 meses registrou 42 indivíduos com danos provocados por geada, 20 no tratamento com 10 m² de clareira e 22 no tratamento com 25 m². Aos 49 meses cinco destes estavam mortos e apenas um não estava bifurcado.

Os indivíduos sobreviventes no experimento ao longo do tempo apresentaram incremento gradual de diâmetro do colo, com 0,34 cm entre a primeira e segunda avaliação e 0,14 cm da segunda para a terceira. Apesar da diferença de 0,31 cm entre os tratamentos de 10 m² e 25 m² de clareira, aos 31 meses de idade, não houve diferença estatísticas para esta variável nesta idade, como em nenhuma outra idade avaliada (APÊNDICE 23).

Comportamento oposto ao diâmetro do colo, a altura total das mudas reduziu em mais de um terço ao longo do período de avaliação, de 31,36 cm de altura aos 31 meses para 10 cm aos 49 meses. A altura média do tratamento com clareiras com 10 m² foi maior em todas as avaliações, sendo que, aos 38 meses foi estatisticamente superior ($p < 0,05$) em comparação ao tratamento dois, clareiras com 25 m².

Não foi registrado danos de *H. grandella* nas mudas do experimento.

3.5 SOBREVIVÊNCIA E BIFURCAÇÃO

Nos quatro experimentos avaliados, quando foi possível estatisticamente analisar a diferença entre os tratamentos do plantio de *C. fissilis* em clareiras de 10 e 25 m² de *P. taeda*, observou-se que não houve diferença significativa para sobrevivência e bifurcação (ANEXOS 20, 21, 22 e 23). Contudo destacam-se três resultados: 1) a sobrevivência aos 49 meses de 47% e 54% nos experimentos 3 e 4,

respectivamente, ambos sob cobertura, em comparação aos experimentos 1 e 2 de 3% ambos a céu aberto (GRÁFICO 4); 2) a alta porcentagem de indivíduos bifurcados independente do tratamento em todos os experimentos (GRÁFICO 5); 3) a gradativa redução da sobrevivência em todos os experimentos ao longo do tempo (GRÁFICO 4).

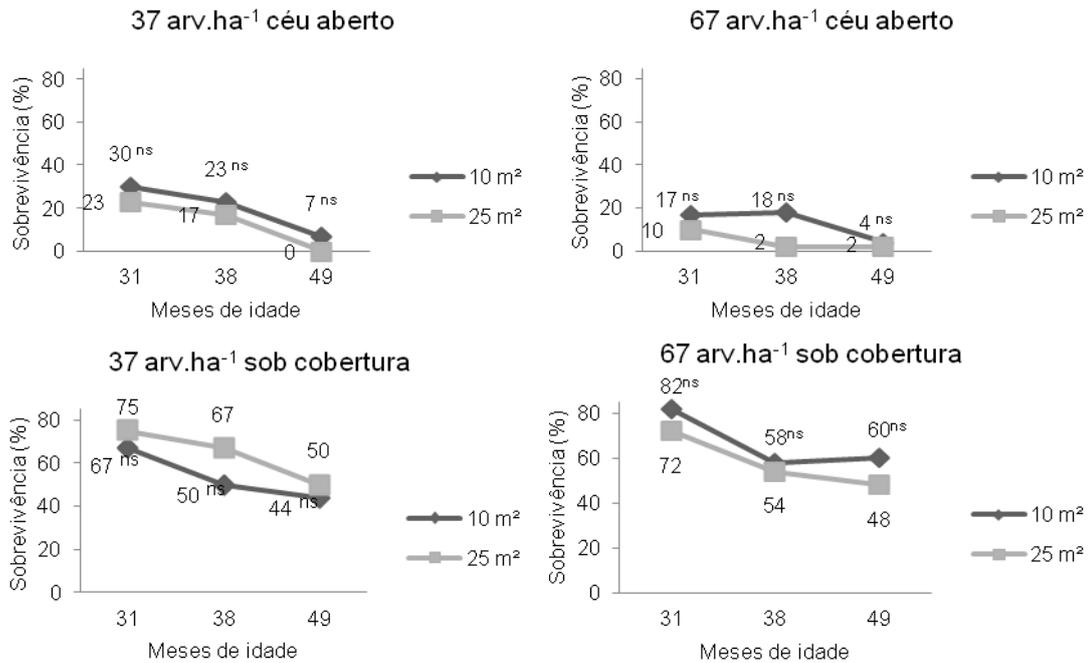


GRÁFICO 4 – GRÁFICOS DA TAXA DE SOBREVIVÊNCIA (%) EM DOIS TAMANHOS DE CLAREIRA, 10 E 25 m², DOS QUATRO EXPERIMENTOS DE *C. fissilis* CONSORCIADOS COM *P. taeda*, RIO NEGRINHO/SC

FONTE: A autora (2014)

NOTA: * - 5% de significância; ** - 1% de significância; ^{ns} - não significativo

A precipitação e temperaturas médias local nos quatro anos do experimento (GRÁFICO 2) estiveram dentro das médias anuais dos últimos 40 anos para a região com variações mínimas (GRÁFICO 1). Portanto, descarta-se a possibilidade da queda da sobrevivência ter sido resultado de discrepâncias das variáveis climáticas em praticamente todo o período de avaliação do experimento.

A avaliação de dezembro de 2011 (38 meses) foi, das três avaliações realizadas, a mais próxima ao período de inverno. Foi possível realizar o registro de danos de geada às gemas apicais dos indivíduos de *C. fissilis*. Na avaliação seguinte (49 meses), destaca-se o acréscimo na bifurcação e/ou mortalidade dos

indivíduos, a reunião de tais indícios, somados à ausência de outros agentes danosos à *C. fissilis*, contribuem para supor que a geada tenha sido o causador daqueles. Bifurcações e deformações no fuste como efeito de geada foram descritas em pesquisas com as seguintes espécies suscetíveis: *Eucalyptus dunnii* (HIGA *et al.*, 2000), *Allophylus edulis* (BIONDI; LEAL; COBALCHINI, 2007), *C. fissilis*, *Cabralea cangerana*, *Lafoensia pacari* e *Balfourodendron riedelianum* (CARVALHO, 1982). Inoue (1972) relata a suscetibilidade de *C. fissilis* à geada em estado juvenil em estudo no mesmo bioma.

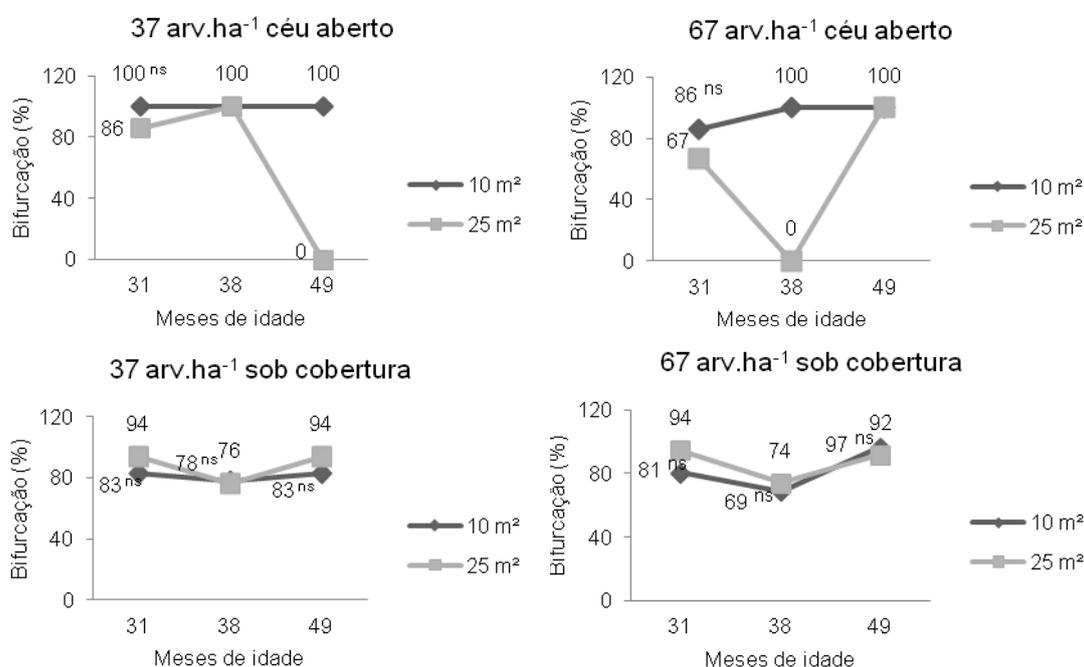


GRÁFICO 5 – GRÁFICOS DA TAXA DE BIFURCAÇÃO (%) EM DOIS TAMANHOS DE CLAREIRA, 10 E 25 m², DOS QUATRO EXPERIMENTOS DE *C. fissilis* CONSORCIADOS COM *P. taeda*, RIO NEGRINHO/SC

FONTE: A autora (2014)

NOTA: * - 5% de significância; ** - 1% de significância; ^{ns} - não significativo

Em Rio Negrinho, o número médio de dias com geada dos últimos 40 anos foi de 9,32, no período de instalação e avaliação do experimento (2008 a 2011) a média foi de 5,25 dias (EPAGRI, 2011, não publicado)²⁷. Apesar do número de geadas no período experimental ter sido menor que a média dos últimos 40 anos, é

²⁷ EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA – EPAGRI, Estação Meteorológica de Rio Negrinho – Santa Catarina, 2011. Não publicado.

possível que a falta de cobertura nos experimentos 1 e 2 tenha sido a causa da redução da sobrevivência para 3% ao longo dos quatro anos de experimento. Talvez, se as médias mensais seguissem a tendência de longo prazo, não haveria nenhum sobrevivente nos experimentos, há algum tempo. Pesquisas que avaliaram diretamente o efeito da sobrevivência em diferentes modelos silviculturais corroboram com tal afirmativa.

Em estudo silvicultural na região sul do Brasil Carvalho (1978) registrou uma diferença média de 2,4°C entre a temperatura a pleno sol e a temperatura em cobertura, o que justifica em geral, menores os danos por geada em plantas sob cobertura. Inoue (1972) prescreveu para *C. fissilis* e Carvalho (1978) para *Balfourodendron riedelianum* (pau-marfim), *Lafoensia pacari* (dedaleiro), *Ocotea porosa* (imbuia) o plantio sob cobertura devido à suscetibilidade destas espécies à geada.

Carvalho (1982) realizou o plantio de 11 espécies nativas em linhas de 1 m de largura sob cobertura de capoeira de *Mimosa scabrella* (10 a 14 m de altura). A luminosidade na linha foi de 75% da luz a céu aberto. O espaçamento entre plantas na linha foi de 1 m x 1 m e 3 m entre linhas. Aos sete anos foram avaliadas as 28 árvores centrais de cada linha. Neste período variou entre 5 e 15 geadas por ano e *C. fissilis* teve sobrevivência regular de 50 a 69% e crescimento em altura insatisfatório (inferior a 0,5 m.ano⁻¹) e comprometido pelo intenso ataque de *H. grandella*. O autor recomenda o plantio misto em cobertura em capoeiras menores (6 a 10 m de altura), com abertura de faixas de 2 a 3 m para as quatro espécies testadas exceto *C. fissilis*.

Toledo Filho e Parente (1982) cultivou diversas espécies nativas do Estado de São Paulo, entre elas *C. fissilis*, em plantio sob cobertura de *Pinus elliotti* após vários desbastes. Aos oito anos obteve IMA de 0,31 m, a sobrevivência de 78%, 2,51 m de altura média e 2,39 cm de DAP. Não foram registrados danos por *H. grandella* como no presente estudo. Contudo, sobrevivência e crescimento de *C. fissilis* foram proporcionalmente maiores aos oito anos, se comparado aos quatro resultados deste trabalho.

Melo, Durigan e Kawabata (2004) testaram plantios puros de catorze espécies nativas em uma área utilizada como pastagem por 30 anos em cerrado no Estado de São Paulo. Apesar das mudas produzidas em sacos plásticos, de terem

sido realizados tratamentos culturais como roçada mecanizada, coroamento e controle de formiga as 100 mudas de *C. fissilis* não sobreviveram até os seis anos de idade. Resultado semelhante foi obtido nos experimentos 1 e 2, a céu aberto, quando aos quatro anos apenas 3% dos indivíduos sobreviveram.

Considerando os seguintes resultados semelhantes nos quatro experimentos: a mortalidade ou bifurcação aos 49 meses daqueles indivíduos que tiveram danos de geada registrados aos 38 meses; a alta percentagem de indivíduos bifurcados; a gradativa redução da sobrevivência; conclui-se que os indivíduos estão sob estresse ambiental, preconizado e/ou causado provavelmente pela geada.

3.6 DIÂMETRO E ALTURA

Algumas análises de variância pelo método BLUE não foram realizadas devido ao reduzido número de indivíduos avaliados, uma vez que, apenas os dados de diâmetro e altura dos indivíduos sobreviventes foram analisados.

No experimento dois, inicialmente a céu aberto 67 árv.ha⁻¹, nas avaliações aos 31 e 38 meses, as alturas médias foram estatisticamente maiores no tratamento com clareira de 10 m² ($p < 0,01$). Estima-se que a altura média do talhão de *P. taeda* onde foi instalado o experimento tenha sido de 3,9 e 4,8 m, naqueles períodos respectivamente. No experimento três, sob cobertura com densidade de 37 árv.ha⁻¹, aos 49 meses, *P. taeda* com altura estimada em 12 m, o tratamento com clareira de 10 m² apresentou média diamétrica maior ($p < 0,05$). No experimento quatro, sob cobertura com densidade de 67 árv.ha⁻¹, aos 38 meses, a altura média do tratamento com clareira de 10 m² também foi maior ($p < 0,05$).

Considerando os resultados relatados, as clareiras com 10 m² favoreceram o incremento em diâmetro em metade das avaliações (GRÁFICO 6) e, em altura em praticamente todas (GRÁFICO 7) as avaliações nos quatro modelos silviculturais testados. Segundo Mayhew e Newton (1998) a silvicultura indicada para a Meliaceae *Swietenia macrophylla* são plantios mistos que proporcionem a combinação de sombreamento lateral e luz no topo da copa para estimular um intenso crescimento vertical. Tal recomendação pode explicar os resultados, uma vez que, as clareiras de 10 m² proporcionam maior sombreamento lateral e menor intensidade luminosa, e conseqüentemente crescimento, se comparado às clareiras de 25 m².

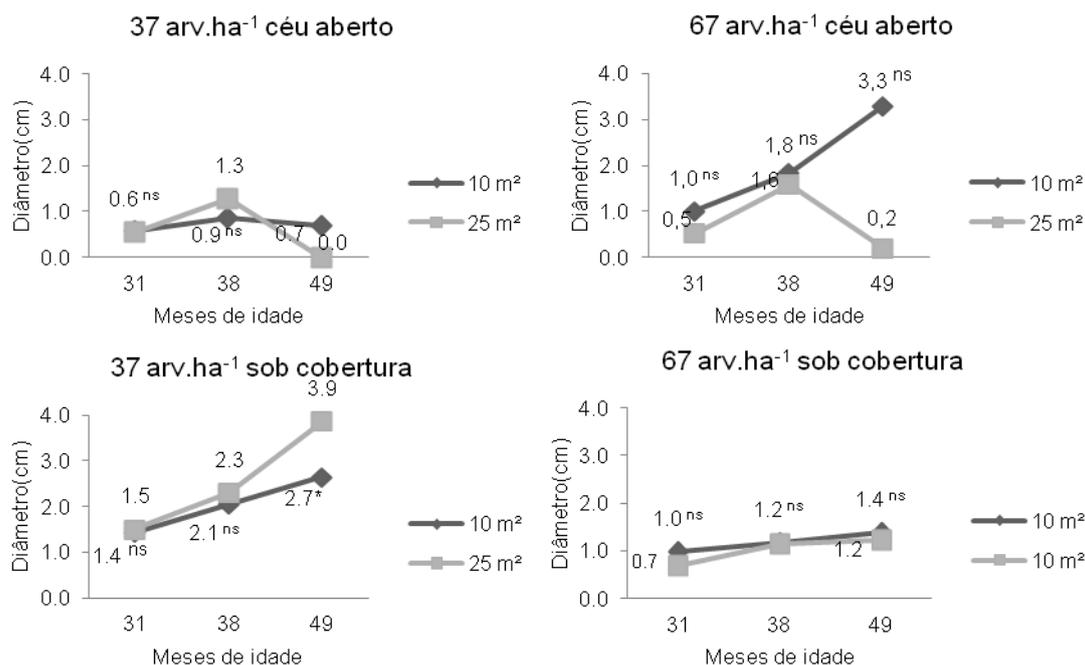


GRÁFICO 6 – GRÁFICOS DO DIÂMETRO DE COLO EM DOIS TAMANHOS DE CLAREIRA, 10 E 25 m², DOS QUATRO EXPERIMENTOS DE *C. fissilis* CONSORCIADOS COM *P. taeda*, RIO NEGRINHO/SC

FONTE: A autora (2014)

NOTA: * - 5% de significância; ** - 1% de significância; ^{ns} - não significativo

Souza (1981) concluiu que *C. fissilis* tem melhor desenvolvimento em viveiro em condições medianas de intensidade luminosa, afirmando então, que a espécie é tolerante a sombra. As mudas cultivadas em sete intensidades luminosas foram testadas em campo, em Campo Largo/PR, nos tratamentos: a céu aberto, em faixa de 2 e 3 m abertas em bracingal. O autor concluiu que a sobrevivência é maior quando a intensidade de luz é menor, independente do vigor da muda, e ainda, o incremento em campo independe das condições de luz.

Tais resultados corroboram com os obtidos no presente trabalho se comparado com a sobrevivência dos experimentos 3 e 4 sob cobertura. Mais ainda, se considerada as médias totais de altura e diâmetro, a exceção do experimento 3, de fato a presença de cobertura, ou seja, sombreamento ou menor intensidade de luz, não modificou entre os experimentos 1, 2 e 4. O crescimento diferenciado das mudas no experimento 3 pode indicar uma qualidade de sítio superior em relação aos demais experimentos (VAN LAAR, 1961).

Cedrela spp. são intolerantes a solos com reduzida drenagem e compactados, apresentando melhor desempenho em solos bem drenados ou cumeeiras (MARSHALL, 1939). Apesar das análises físicas (TABELA 2) e químicas dos solos (TABELAS 3 e 4) não apresentarem diferenças entre os experimentos, em campo o experimento 3 estava instalado em terreno mais acidentado em relação aos demais, confirmando então a preferência da espécie por esta condição edáfica.

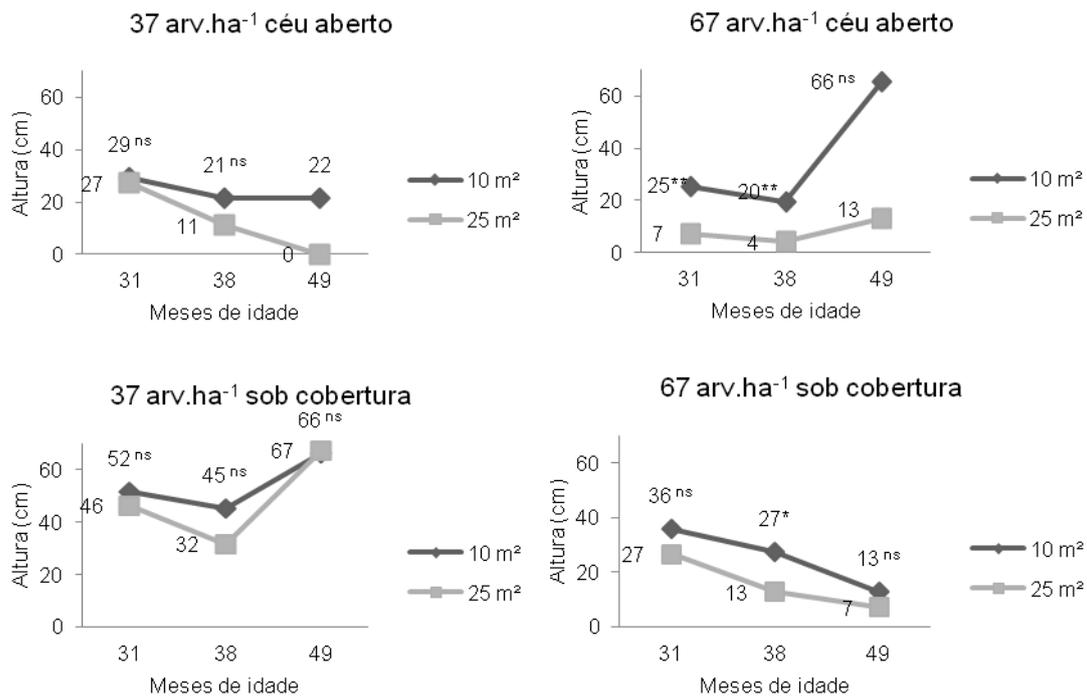


GRÁFICO 7 – GRÁFICOS DE ALTURA EM DOIS TAMANHOS DE CLAREIRAS DE 10 E 25 m² DOS QUATRO EXPERIMENTOS DE *C. fissilis* CONSORCIADOS COM *P. taeda*, RIO NEGRINHO/SC

FONTE: A autora (2014)

NOTA: * - 5% de significância; ** - 1% de significância; ^{ns} - não significativo

Apesar das clareiras de 10 m² terem apresentado maior crescimento em altura de *C. fissilis* nos quatro experimentos, acredita-se que este resultado seja insustentável ao longo do tempo. Indicativos da efemeridade deste pode ser observado no experimento 2, Quando aos 31 e 38 meses de idade a superioridade das clareiras com 10 m² foi de 99% de probabilidade, e aos 49 meses não houve diferença estatística (APÊNDICE 21). A redução do número de indivíduos explica porque aos 49 meses não houve diferença entre os tratamentos. Portanto, para que

haja expressão do vigor de crescimento de *C. fissilis* é preciso garantir altos e estáveis índices de sobrevivência.

Em experimento na Amazônia comparando plantios homogêneo e consorciado de *S. macrophylla* com *Eucalyptus urophylla* Guimarães Neto e colaboradores (2004) encontraram melhores resultados aos 40 meses em altura e diâmetro no plantio puro. Ainda, aos 24 meses no plantio consorciado os autores perceberam uma desaceleração no crescimento do mogno devido à competição. Considerando o resultado obtido por Neto e colaboradores (2004) e o presente trabalho, há um indicativo que o consórcio com espécies de crescimento diferenciado provoquem supressão dos indivíduos das meliáceas.

Souza (1981) registrou danos em *C. fissilis* causados por *H. grandella* tanto a céu aberto como sob cobertura, neste caso nas linhas mais estreitas. Contudo, em *S. macrophylla* na Amazônia o ataque foi menor em plantio consorciado, tendo o *E. urophylla* atuado como uma barreira física (GUIMARÃES NETO *et al.*, 2004).

Weaver e Bauer (1986) recomendam plantios mistos de mogno em densidade de 60 árv.ha⁻¹ com outra espécie comercial para reduzir os danos de *C. fissilis*. De fato, para as duas densidades testadas nos modelos com 36 e 67 árv.ha⁻¹ não houve registros de dano de *H. grandella*. Evidências sugerem que a seleção do hospedeiro é realizada a princípio pelo olfato (GRIJPMA; GARA, 1970), portanto o número de árvores por hectare foi suficiente para evitar que a praga localizasse o hospedeiro.

H. grandella e a geada são fatores bióticos e abióticos que regulam a densidade de *C. fissilis* na região de estudo e a ocorrência natural da espécie. Considerando as semelhanças ecofisiológicas de *C. fissilis*, *C. odorata* e *S. macrophylla* e os resultados relacionados, acredita-se que a limitação quanto à sobrevivência de *C. fissilis* em campo em plantios puros esteja relacionado à baixa resiliência (HIGA *et al.*, 2000) a geada da espécie do que propriamente a tolerância à sombra.

O ataque de *H. grandella* é maior no período de chuvas quando novos brotos são emitidos (MORGAN; SURATMO, 1976). Embora não ter sido encontrado descrição do ciclo da praga em região subtropical, acredita-se que o ataque de *H. grandella* seja menor, uma vez que, seja mais longo, principalmente, o estágio de pupa. Portanto, em regiões sem incidência de geada é possível que a sobrevivência em plantios puros de cedro-rosa seja maior, contudo, a ocorrência da praga maior.

Uma vantagem do plantio consorciado, quando ajustado a uma espécie com crescimento e porte apropriados, é o estímulo à concorrência. Enfim, para reduzir o ataque do inseto, os danos de geada e potencializar o crescimento o modelo mais indicado é o consórcio.

4 CONCLUSÕES

Clareiras de 10 m² ou 25 m² em *P. taeda* não afetaram de forma diferenciada na sobrevivência de cedro-rosa. Contudo, as clareiras de 10 m² proporcionaram incremento em altura de *C. fissilis* em três dos quatro modelos silviculturais consorciados testados.

Cobertura de *P. taeda* teve efeito positivo na sobrevivência das mudas enquanto que os modelos silviculturais a céu aberto tiveram baixíssima sobrevivência de *C. fissilis*, o crescimento foi indiferente à presença ou ausência de cobertura.

A ausência de danos de *H. grandella* nos quatro modelos silviculturais testados indicam o potencial destes na prevenção do ataque do predador natural de *C. fissilis*. Portanto não foi possível inferir sobre o efeito da densidade de 37 e 67 árv.ha⁻¹ de *C. fissilis* na ocorrência de danos provocados pela broca.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico ABRAF 2013**: ano base 2012. Brasília, 2013. 148p. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf>. Acesso em: 21 out.13.
- BAZZAZ, F.A.; PICKETT, S.T.A. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual review of ecology and systematic**, Palo Alto, v. 11, p. 287-310, 1980.
- BIONDI, D.; LEAL, L.; COBALCHINI, J. L. Tratamentos silviculturais em mudas de *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk. para arborização de ruas. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, set/dez. 2007.
- BOGNOLA, I. A. **Unidades de manejo para *Pinus taeda* L. no Planalto Norte catarinense, com base em características do meio físico**. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- BOGNOLA, I. A; RIBEIRO JÚNIOR, P. J; SILVA, E. A. A; LINGNAU, C.; HIGA, A. R. modelagem uni e bivariada da variabilidade espacial de rendimento de *Pinus taeda* L. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, abr./jun. 2008.
- CARVALHO, P. E. R. **Algumas características ecológicas e silviculturais de quatro espécies florestais do Estado do Paraná**. 171 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1978.
- CARVALHO, P. E. R. Competição entre espécies florestais nativas em Irati – PR, cinco anos após o plantio. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 2, p.41–56, 1981.
- CARVALHO, P. E. R. Comparação de espécies nativas, em plantio em linhas em capoeira, na região de Irati – PR, resultados aos sete anos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 5, p. 53–68, 1982.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. [2003]. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/index_especies.htm>. Acesso em: 26 nov. 2013.
- CUSATIS, A. C.; TRAZZI, P. A.; DOBNER JR, M.; HIGA, A. R. Dendroecologia de *Cedrela fissilis* na Floresta Ombrófila Mista. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, p. 287-297, jul/set. 2013. Disponível em:<<http://www.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/474>>. Acesso em: 22 out. 2013.
- DENSLOW, J. S. Gap portioning among tropical rain Forest trees. **Biotropica**, Lawrence, v. 12, p. 47-55, 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. rev. Brasília: EMBRAPA-SPI; Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 2006. 306p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (EPAGRI). Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM). **Zoneamento agro-ecológico e socioeconômico**. 2006. Disponível em: <<http://ciram.epagri.sc.gov.br/images/documentos/ZonAgroecoMapas.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2009.

GANDARA, F. B. **Diversidade genética, taxa de cruzamento e estrutura espacial dos genótipos em uma população de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae)**. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

GEE, G.W.; BAUDER, J. W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. (ed.). **Methods of soil analysis, part 1: Physical and mineralogical methods**. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1986. p.383 - 411. (Agronomy Series, 9).

GRIJPMAN, P.; GARA, R. I. Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller). I. Host selection behavior. **Turrialba**, San José, v. 20, n. 2, p. 233-240, 1970.

GUIMARÃES NETO, A. B.; FELFILI, J. M.; SILVA, G. F. da; MAZZEI, L.; FAGG, C. W.; NOGUEIRA, P. E. Avaliação do plantio homogêneo de mogno, *Swietenia macrophylla* King, em comparação com o plantio consorciado com *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, após 40 meses de idade. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n.6, p. 777-784, 2004.

HARTSHORN, G. S. Tree falls and tropical Forest dynamics. In: TOMLINSON, P. B.; ZIMMEERMANN, M. **Tropical trees as living systems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1978. p. 617-638.

HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; TREVISAN, R.; SOUZA, M. V. R. de. Resistência e resiliência a geadas em *Eucalyptus dunnii* Maiden plantados em Campo do Tenente, PR. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 40, p. 67-76, jan/jun. 2000.

HIGA, A. R.; SILVA, L. D. Planejamento e implantação de pomares de sementes de espécies florestais nativas. In: HIGA, A. R., SILVA, L. D. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2006.

INOUE, M. T. Ensaio de procedência de *Cedrela* em Santo Antônio da Platina, PR. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 49-57, 1972.

JOHNSON, J.; TARIMA, J. M. **Selección de especies para uso en cortinas rompevientos en Santa Cruz, Bolivia**. Santa Cruz: CIAT / MBAT, 1995. 83p. (CIAT / MBAT. Informe Técnico, 24).

KAGEYAMA, P. Y. ; CASTRO, C. F. A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, n. 41/42, p. 83- 93, jan./dez. 1989.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; CORSEUIL, C. W.; LINO, J. F. L.; LOPES, N. H. Y.; GRISON, F.; CHAFFE, P. L. B.; MALUTTA, S.; RIBAS JUNIOR, U.; LANGA, R.; BASSO, S. Forest hydrology project (UFSC MOBASA) for water resources management in Rio Negrinho City, Santa Catarina, Brazil. In: GIESEN, N. V. et al. (eds.). **Changes in water resources systems: methodologies to maintain water security and ensure integrated management**. Wallingford: IAHS, 2007. p. 250-257. (IAHS-AISH Publication, 315).

KOBIYAMA, M.; FRUET, D.; LIMA, R. T.; MARSCHNER, S.; GUIMARÃES, L. M. R.; CHAFFE, P. L. B. Estudo hidrológico comparativo entre três pequenas bacias experimentais no município de Rio Negrinho, SC. In: ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 1., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004. p. 12. CD-ROM.

MARSHALL, R. C. **Silviculture of the trees of Trinidad and Tobago**. Oxford: Oxford University Press, 1939. 247 p.

MAYHEW, J. E.; NEWTON, A. C. **The silviculture of mahogany**. Wallingford: CABI, c1998. 226p.

MELO, A. C. G. de; DURIGAN, G.; KAWABATA, M. **Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em área de cerrado, Assis –SP**. 2004. p. 315 – 324. (Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista). Disponível em: <http://www.iflorestal.sp.gov.br/loja/artigos_pesquisas_em_conservacao/IF-c18.pdf>. Acesso em: 22 out. 13.

MORGAN, F. D.; SURATMO, F. G. Host preferences of *Hypsipyla robusta* (Moore) (Lepidoptera:Pyralidae) in West Java. **Australian Forestry**, v. 39, n. 2, p.103-112, 1976.

MOTA, A. de A. **Tempo de concentração em pequena bacia experimental**. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/100709/311941.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 17 out. 2013.

NEWTON, A. C.; LEAKEY, R. R. B.; MESÉN, J. F. Genetic variation in mahoganies: Its importance, utilization and conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 2, p. 114 –126, 1993.

OLDEMAN, R. A. A. Architecture and energy exchange of dycotiledoneous trees in the forest. In: TOMLINSON, R.B.; ZIMMERMANN, M. H. **Tropical trees as living systems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1978. p.535 - 560.

ORIAN, C.H. The influence of tree-falls in tropical forests in tree species richness. **Tropical ecology**, v. 23, p. 255-278, 1982.

RESENDE, M. D. V. de. **Predição de valores genéticos, componentes de variância, delineamentos de cruzamento e estrutura de populações no melhoramento florestal**. 434 f. Tese (Doutorado) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

RESENDE, M. D. V. de. **SELEGEN-REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

RESENDE, M. D. V. de; STURION, J. A. Delineamento e análise estatística de experimentos em silvicultura: efeitos genotípicos, erros aleatórios e estimadores melhorados para média de tratamentos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 41, p. 67 – 73, jul./dez. 2000. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/280599/1/resende.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2013.

RUSCHEL, A. R.; NODARI, E. S.; GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. Evolução do uso e valorização das espécies madeiráveis da Floresta Estacional Decidual do Alto-Uruguaí, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 153-166, 2003.

SOARES-FILHO, B. S. **Impacto da Revisão do Código Florestal**: como viabilizar o grande desafio adiante? [Brasília]: Secretaria de Assuntos Estratégicos, [2013]. Disponível em: <<http://www.sae.gov.br/site/wp-content/uploads/Artigo-codigo-florestal.pdf>> Acesso em: 08 dez.13.

SOUZA, L. J. B. de. **Fotomorfose e crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. no viveiro e no plantio de enriquecimento em linhas**. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1981. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/25237/D%20-%20SOUZA%2c%20LUIZ%20JOAQUIM%20BACELAR%20DE.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 22 out. 2013.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. ; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5).

TOLEDO FILHO, D. V.; PARENTE, P. R. Essências indígenas sombreadas. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 16A, pt. 2, p. 948-58, 1982.

VAN LAAR, A. *Eucalyptus saligna* in South Africa: an investigation into the silviculture and economics. **Annale Universiteit Van Stellenbosch**, Stellenbosch, v. 36, n.1, Série A. p. 25, 1961.

WEAVER, P. L.; BAUER, G. P. Growth, survival and shoot borer damage in mahogany plantings in the Luquillo Forest in Puerto Rico. **Turrialba**, San José, v. 36, n. 4, 509-522, 1986.

WHITMORE, T. C. On pattern and process in forests. In: NEWMAN, E. I. **The plant community as a working mechanism**. Oxford: Blackweel, 1982. p. 45-59.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em fevereiro de 2012, amostras de lenho foram retiradas em forma de baguetas das 50 matrizes inicialmente marcadas (BIERNASKI, 2008, não publicado)²⁸. Tal trabalho resultou em um estudo dendroecológico que contribui para a descrição das idades das matrizes que compõe o teste de progênes, o crescimento potencial da espécie e compreensão deste em função do clima na Floresta Ombrófila Mista (CUSATIS *et al.*, 2013).

Concomitante, foram coletadas amostras de tecido cambial das matrizes localizadas e, posteriormente, o tecido foliar de seis meios-irmãos de cada uma das 48 matrizes do teste de progênes. O DNA de cerca de 350 indivíduos de *C. fissilis* foi extraído segundo Ferreira e Grattapaglia (1995) e depositado em *freezer* do Laboratório de Genética e Melhoramento Florestal (LAMEF) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Tal material será utilizado em estudos futuros sobre a estrutura genética das populações de *C. fissilis*, em Floresta Ombrófila Mista, por meio de marcadores microssatélites.

Em dezembro de 2012, um teste de progênes com 35 das 48 progênes de *C. fissilis* de Rio Negrinho/SC, foi instalado no *campus* do Jardim Botânico, da UFPR, Curitiba/PR. O delineamento foi em blocos casualizados em uma planta por parcela, com 30 blocos, totalizando 1050 mudas. O espaçamento utilizado foi de 0,5 m x 0,5 m, duas linhas de bordadura ocupando 370 m² aproximadamente (APÊNDICE 24). O material genético será destinado a estudos futuros do controle genético de bifurcação, rebrota e enraizamento de estacas. Acredita-se que o resultado deste possa contribuir na compreensão da resiliência voltada à dominância apical e na produção de mudas em jardim clonal de *C. fissilis*.

Em abril de 2013 três experimentos foram instalados no viveiro florestal do Laboratório de Genética e Melhoramento Florestal da Universidade Federal do Paraná, visando à compreensão dos efeitos da propagação vegetativa na espécie. O primeiro experimento foi sobre a enxertia de *C. fissilis* nas meliáceas *Toona ciliata*, *Cedrela odorata*, *Khaya senegalensis* e *C. fissilis* como porta-enxertos; e

²⁸ BIERNASKI, F. **Consórcio de *Cedrela fissilis* com *Pinus taeda* na Battistella Florestal Rio Negrinho, SC**: relatório preliminar. 2008. 10 p. Não publicado.

testemunha, todas com 14 meses de idade. O objetivo deste é avaliar o efeito da enxertia na indução de resistência a *H. grandella* em *C. fissilis*. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 10 blocos, cinco tratamentos, nove plantas por parcela; totalizando 450 mudas.

As mudas decepadas de *C. fissilis* geraram um segundo experimento voltado para avaliação da produtividade da espécie em jardim clonal em cinco alturas de cepa. O terceiro voltado ao enraizamento de estacas apicais das meliáceas citadas visando à indução de resistência a *H. grandella* via propagação vegetativa.

O primeiro e terceiro experimentos foram plantados em janeiro de 2014 sob um teste de progênes de *P. taeda*, na área experimental do LAMEF, no campus da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. A sobrevivência, crescimento e danos por geada e *H. grandella* serão avaliados e divulgados em publicações em revistas científicas.

Considerando os resultados alcançados neste trabalho de pequena escala, principalmente quanto à variabilidade significativa de caracteres silviculturais, acredita-se na viabilidade da domesticação de *C. fissilis*. Contudo, sua domesticação deve ter duas estratégias, uma para regiões sujeitas à geada e outra sem a ocorrência desta intempérie. Apesar de não ter sido possível a avaliação direta dos danos de geada em *C. fissilis*, por meio de indícios como: necrose da gema apical, intensa bifurcação, rebrota e mortalidade, além dos relatos em bibliografia, acredita-se que a geada tenha sido o principal causador da mortalidade dos indivíduos nos cinco experimentos (um teste de progênes e quatro modelos silviculturais) avaliados.

Portanto faz-se necessário estabelecer uma linha de pesquisa voltada à silvicultura, concomitante a um programa de melhoramento, nestas duas situações. Considerando que há registros de hibernação em *H. grandella*, é possível supor que em regiões sujeitas à geada a incidência do dano seja baixo, como foi observado nos cinco experimentos, não sendo uma prioridade na primeira etapa da domesticação. Então, o programa de melhoramento nestas regiões deve identificar genótipos resistentes à geada, ainda sem registros para a espécie e o gênero, e com índices altos de sobrevivência e incremento, e também em condições de alta amplitude térmica diária.

A silvicultura em regiões frias deve priorizar plantios sobre cobertura total, sem abertura de linhas ou clareiras, em uma densidade de cedro-rosa superior às testadas, a partir de 50% por exemplo. A espécie consorciada deve ter menor porte que cedro-rosa, de forma que o ponto de inversão de cedro-rosa ocorra no dossel. Uma possibilidade de pesquisa é o enriquecimento de bracatingais, sugere-se a introdução de cedro-rosa a partir do terceiro ano. Tratos silviculturais como coroamento manual antes do período de chuvas e podas de condução anuais são recomendados. Neste caso faz-se necessário pesquisar o manejo do bracatingal de forma que o corte inicie quando cedro-rosa estiver estabelecido, a partir de 1,5 m de altura, por exemplo, em clareiras ou linhas.

As pesquisas em silvicultura em regiões quentes devem focar na prevenção dos ataques da broca. Tais como: consórcio com espécies como *Melia azedarach* ou *Azadirachta indica* com exudatos repelentes a insetos, com crescimento próximo ao *C. fissilis* (incremento diamétrico de 1,1 cm.ano⁻¹), em linhas ou clareiras pequenas de 10 m² por exemplo, de forma que cedro-rosa tenha sombreamento lateral e insolação no topo da copa. Neste caso recomenda-se testar o consórcio equiâneo, uma vez que, não há limitações climáticas ao estabelecimento inicial. Recomendam-se tratos silviculturais como coroamento manual e poda, ambos anuais, antes do período de chuvas ou até mais no caso do coroamento, se for necessário. A densidade de cedro-rosa deve ser testada inicialmente em 100 indivíduos por hectare. O melhoramento deve focar na busca por genótipos resistentes ou tolerantes ao dano de *H. grandella*, com registros em Meliaceas, e crescimento.

Para a identificação de genótipos resistentes à geada ou a danos de *H. grandella* faz-se necessário à ampliação da base genética, com a introgressão de novas populações que abrangem diferentes regiões edafo-climáticas.

Considerando a necessidade de tratos silviculturais e manejo cuidadoso acredita-se que a silvicultura de cedro-rosa seja viável, no momento, em pequenas propriedades rurais, com perfil florestal.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 -	DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS MATRIZES QUE COMPÕE O TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> ENTRE OS ESTADOS DO PARANÁ E SANTA CATARINA	143
APÊNDICE 2 -	LOCALIZAÇÃO DOS OITO BLOCOS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> , FAZENDA RIO DO SALTO, EM RIO NEGRINHO/SC	148
APÊNDICE 3 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA SOBREVIVÊNCIA EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM RIO NEGRINHO/SC	148
APÊNDICE 4 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA DIÂMETRO DO COLO EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM RIO NEGRINHO/SC	148
APÊNDICE 5 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA ALTURA EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM RIO NEGRINHO/SC	149
APÊNDICE 6 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA BIFURCAÇÃO EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM RIO NEGRINHO/SC	149
APÊNDICE 7 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA AUSÊNCIA DE NÚMERO DE REBROTAS EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM RIO NEGRINHO/SC.....	149
APÊNDICE 8 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA AUSÊNCIA DE DANO <i>H. GRANDELLA</i> REBROTA EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM RIO NEGRINHO/SC	150
APÊNDICE 9 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA AUSÊNCIA DE DANO DE GEADA EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM RIO NEGRINHO/SC.....	150
APÊNDICE 10 -	VALORES FENOTÍPICOS DE 48 PROGÊNIES EM TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM RIO NEGRINHO/SC	150
APÊNDICE 11 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA SOBREVIVÊNCIA EM PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC	152
APÊNDICE 12 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA DIÂMETRO DO COLO EM PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC.....	152
APÊNDICE 13 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA ALTURA EM PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC	152
APÊNDICE 14 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA BIFURCAÇÃO EM PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC	152
APÊNDICE 15 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA NÚMERO DE REBROTAS EM PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC	153
APÊNDICE 16 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA DANO DE <i>H. grandella</i> EM PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC.....	153
APÊNDICE 17 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA DANO DE GEADA EM PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC	153
APÊNDICE 18 -	ORDENAMENTO DO EFEITO GENÉTICO ADITIVO PARA SOBREVIVÊNCIA EM POMAR DE SEMENTES POR MUDAS A PARTIR DE TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> , RIO NEGRINHO/SC.....	153
APÊNDICE 19 -	PARÂMETROS GENÉTICOS ESTIMADOS PARA SOBREVIVÊNCIA PARA POMAR DE SEMENTES POR MUDAS A PARTIR DE TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> , RIO NEGRINHO/SC.....	155

APÊNDICE 20 -	RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE EXPERIMENTO DE <i>C. fissilis</i> EM 37 ARV.HA ⁻¹ INICIALMENTE A CÉU ABERTO, EM CLAREIRAS DE 10 E 25 M ² , CONSORCIADA COM <i>P. taeda</i> , AOS 31, 38 E 49 MESES DE IDADE, RIO NEGRINHO/SC.....	155
APÊNDICE 21 -	RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE EXPERIMENTO DE <i>C. fissilis</i> EM 67 ARV.HA ⁻¹ INICIALMENTE A CÉU ABERTO, EM CLAREIRAS DE 10 E 25 M ² , CONSORCIADA COM <i>P. taeda</i> , AOS 31, 38 E 49 MESES DE IDADE, RIO NEGRINHO/SC.....	156
APÊNDICE 22 -	RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE EXPERIMENTO DE <i>C. fissilis</i> EM 37 ARV.HA ⁻¹ , SOB COBERTURA DE <i>P. taeda</i> , EM CLAREIRAS DE 10 E 25 M ² , AOS 31, 38 E 49 MESES DE IDADE, RIO NEGRINHO/SC.....	157
APÊNDICE 23 -	RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE EXPERIMENTO DE <i>C. fissilis</i> EM 67 ARV.HA ⁻¹ , SOB COBERTURA DE <i>P. taeda</i> , EM CLAREIRAS DE 10 E 25 M ² , AOS 31, 38 E 49 MESES DE IDADE, RIO NEGRINHO/SC	158
APÊNDICE 24 -	CROQUI DO TESTE DE PROGÊNIES, 35 PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> , NA ÁREA EXPERIMENTAL DO LABORATÓRIO DE GENÉTICA E MELHORAMENTO FLORESTAL – LAMEF, CAMPUS JARDIM BOTÂNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, CURITIBA/PR	159

APÊNDICE 1 - DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS MATRIZES QUE COMPÕE O TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis* ENTRE OS ESTADOS DO PARANÁ E SANTA CATARINA

MATRIZ	ANO 1	IDADE	CORRELAÇÃO	DAP (CM)	ALTURA (M)	1ª BIFURCAÇÃO (M)	LOCALIZAÇÃO	CARACTERIZAÇÃO
1	1978	33	0,606	57	16	3,5	La geado Cordeiro, 1 km da casa do Sr. Antonio Cordeiro, Rio Negro/PR	À margem de estrada, entre fragmento nativo e plantio de eucalipto. Bifurcada. Plaqueta removida
2				44	20	7	Lençol a Ovelha, 50 m da estrada principal	Em fragmento alterado. Pupa na casca. Bagueta cor avermelhada
3	1975	36	0,647	46,3	17,5	10	Casa Sitio, Vista Alegre, Fazendinha, Lapa/PR	Isolada, em vilarejo, casa e milharal próximo, boa forma de fuste
6				42,5	20,5	8,5	BR 280, Rio da Areia	À margem da rodovia, fragmento nativo, em barranco e desnível abaixo (2,5 m) da rodovia. Fuste levemente tortuoso
7				50	15	4,5	BR 476, Km 236	Em acesso da rodovia, casa e fragmentos alterados próximos
8	1988	23	0,661	40,7	14,5	6,5	Chácara do Salitre, Rio Negro/PR	Em fragmento alterado por pisoteio e pastoreio de gado, pomar próx.. Plantio de pinus em frente, Sem placa, Propriedade rural com cerca branca
9	1990	21	0,447	24,3	12,5	4,5	Estrada Fazendinha à Rio Negro, Campo do Tenente/PR	À margem de estrada de terra e plantio de pinus. Com frutos e tronco com pupas
10				48,8	19	6,5	BR 476 Km 223,5 Faz. Turvo/Berneck, Lapa/PR	Em pomar de frutíferas, próx. a acesso de estrada
11	1987	24	0,584	58,5	14,5	3	Chegando à Fazendinha Rio Negro/PR	À margem de acesso de estrada de terra e fragmento muito alterado, milharal em frente e plantio de eucalipto conectando nas laterais do fragmento

Continua...

...continuação

MATRIZ	ANO 1	IDADE	CORRELAÇÃO	DAP (CM)	ALTURA (M)	1ª BIFURCAÇÃO (M)	LOCALIZAÇÃO	CARACTERIZAÇÃO
12				55,9	23	7	Estrada Ovelha a Campina dos Anjos	Dentro de fragmento nativo
13							Cortada	
14	1994	17	0,582	34,3	22	10	Estrada principal Lageados Morte, Parto da Uvaia Grande	Em fragmento alterado, entorno fragmento nativo
15	1982	29	0,351	41,2	22	7	Estrada Rio Natal, próx., Serra, São Bento do Sul/SC	Em barranco em desnível abaixo e à margem da estrada, em fragmento alterado, forte ondulado, entorno com mata nativa
16				48,2	15	8,5	Rio Vermelho, próx., a pedreira e a Serra, Campo Alegre/SC	À margem de fragmento nativo e estrada de terra, Roças e fragmentos no entorno
17							Cortada	
18	1985	26	0,777	37,1	12	5,8	BR 476, entre Água Amarela e Água Amarela de Cima, em curva, Lapa/PR	Em desnível abaixo e à margem de rodovia, área em regeneração, casa próx..Árvore bifurcada a 1,3m
20	1970	41	0,570	82,9	17,5	3	Estrada Butiá, Lapa/PR	À margem de estrada de terra em fragmento nativo e plantio de pinus em frente. Medula da bagueta descolou na árvore. Com frutos.
21	1986	25	0,181	37,1	18,5	8,5	Estrada Buriti, 200 m da matriz 48, Mafra/SC	Próx. a estrada em fragmento nativo, em frente a plantio de pinus. Com frutos, bom tronco comercial
22	1979	32	0,612	44,7	19	6	Estrada Lençol a Ovelha	À margem de plantio de plantio de soja e regeneração natural, próx. estrada de terra. Com fruto

Continua...

...continuação

MATRIZ	ANO 1	IDADE	CORRELAÇÃO	DAP (CM)	ALTURA (M)	1 ^a BIFURCAÇÃO (M)	LOCALIZAÇÃO	CARACTERIZAÇÃO
23				55	23	5	Próx. à casa do Sr. Aldo, Areia Fina	À margem da estrada em fragmento alterado
24				64,5	16,5	4	Estrada do Buriti, 3 Km da matriz 48	Em área em alterada, bambus no entorno, próx, a estrada de terra e milharal em frente. Com frutos
25	1984	27	0,665	44	12	2,8	Propriedade do Sr, Osni Oliveira, Areia Fina, Mafra/SC	Em quintal da propriedade do Sr. Osni Oliveira, fragmento nativo próximo. Propagada por estaca, com fruto, mais de 40 anos de idade segundo proprietário
26	1977	34	0,502	63	20	9	BR 476, Antônio Olinto/PR	Plantio de pinus e fragmento nativas no entorno, 1 ^a bagueta descartada: porções desestruturadas
27				30,3	15	4	Estrada Campo do Tenente à Lageado Vieira	Em desnível, acima e à margem de estrada de terra e plantios de eucalipto. Bifurcada. Bagueta desestruturada, 1 ^a descartada
28	1987	24	0,582	39,5	18	4,6	Estrada principal para Rio Negro, Areia Fina, Rio Negro/PR	À margem de estrada em fragmento nativo. Poucas folhas e pequenas, com fruto
29							Cortada para plantio de soja	
31				52,5	17,5	5,5	BR 476, Km 226	Em acesso a rodovia, isolada, roças e pequenos fragmentos alterados próxs.. Bagueta desestruturada, 1 ^a descartada. Placa removida
32				33,5	19,5	1	Estrada laranjal, Fazendinha	À margem de fragmento nativo e plantio de soja possivelmente mecanizado. Com frutos e bifurcada. Árvore sem placa
33				61,1	22	8	Estrada da Torre, 800 metros da principal Lageado a Rio Negro	Dentro de fragmento alterado, bagueta com cor rosa intenso

Continua...

...continuação

MATRIZ	ANO 1	IDADE	CORRELAÇÃO	DAP (CM)	ALTURA (M)	1ª BIFURCAÇÃO (M)	LOCALIZAÇÃO	CARACTERIZAÇÃO
34	1974	37	0,565	59	16	4	Povinho, Butiá dos Colaços, Lapa/PR	Isolada em quintal de chácara do Sr. João Ediel Fonceca Moubach, Fragmento nativo próx.. Com fruto. Proprietário estima idade em 35 anos. Duas baguetas não atingiram a medula
35							Cortada	Área de roça abandonada
36	1982	29	0,520	32,8	14	7,5	Próx., casa do Sr, Aldo, Areia Fina, Rio Negro/PR	Em fragmento nativo, Em frente à matriz 23
37	1986	25	0,715	53	12	1,5	Estrada Buriti, a 5 Km da matriz 39	Sobre barranco, acima do nível da estrada de terra, entre eucaliptos, próx. a plantio de soja. Grande cicatriz e rachadura no tronco, bagueta com porções desestruturadas, vestígios de ataque de <i>H. grandella</i> em copa
38	1982	29	0,401	54	16	3,5	Estrada Povinho à Butiá dos Colaços, Lapa/PR	À margem de fragmento nativo e próx., plantio de soja. Com muitos frutos e trepadeira até a copa. Retirada 2 baguetas, a primeira sem medula e a segunda perdeu a casca
39	1983	28	0,737	40,9	18,5	5,5	Estrada Buriti, Rio Negro/PR	Próx., a estrada de terra em fragmento alterado, milharal próx.. Medula da bagueta descolou na árvore. Placa removida
40	1978	33	0,392	32,7	11	7,5	BR 476, Areia Fina, em frente ao Posto de combustível, Lapa/PR	À margem de rodovia em fragmento nativo, árvore bifurcada a 1,4 m, grande galho quebrado
41	1991	20	0,782	32	17	8	BR 280, Rio do Areia, Mafra/SC	À margem da rodovia em fragmento nativo. Em barranco e desnível (2,5 m) com estrada

Continua...

...conclusão

MATRIZ	ANO 1	IDADE	CORRELAÇÃO	DAP (CM)	ALTURA (M)	1 ^a BIFURCAÇÃO (M)	LOCALIZAÇÃO	CARACTERIZAÇÃO
42				48,8	18	3,5	Estrada Buriti, Lapa/PR	Placa na base da árvore. Com fruto. Em fragmento nativo, lianas na árvore e fragmento próximo a estrada de terra
43	1977	34	0,582	63,8	19,5	3,5	BR 476, Km 221, Lapa/PR	À margem da rodovia, em área em regeneração, fragmentos alterados no entorno, subosque com alta dominância de taquara
44	1984	27	0,185	39	21,5	7,5	BR 280, Rio do Areia, Rio Negro/PR	À margem da rodovia, em fragmento nativo. Em desnível abaixo da estrada
45	1989	22	0,663	52,4	15	2	BR 476, Lapa/PR	À margem de estrada, em barranco, casas próx., pequenos fragmentos. Copa frondosa e com muitos frutos
46	1988	23	0,725	41,8		3	Estrada Buriti, Rio Negro/PR	Árvore quebrada, fragmento pequeno nativo alterado, lianas em abundância
47	1983	28	0,235	84,8	22	4	BR 476, Km 220, Lapa/PR	À margem da rodovia, em área em regeneração, fragmentos alterados no entorno
48	1984	27	0,572	38,5	17	5,5	Estrada do Buriti, Campo do Tenente/PR	Em fragmento nativo, bagueta com porções desestruturadas, próx. a matriz 21, Com frutos
49				56	17	2,8	BR 476, Km 229, Sem coordenada	À margem de rodovia em fragmento alterado, lianas nas margens. Árvore descartada dos testes de progênes
50				sem dados	sem dados	sem dados	Estrada Butiá	Isolada entre plantio de pinus silvipastoril e cruzamento de estrada de terra. Próx. matriz 20, não inclusa no teste de progênes

APÊNDICE 2 – LOCALIZAÇÃO DOS OITO BLOCOS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis*, FAZENDA RIO DO SALTO, EM RIO NEGRINHO/SC

BLOCO	COORDENADAS ¹
1	650.802,41 / 7.091.263,64
2	650.556,22 / 7.088.158,7
3	650.612,44 / 7.088.200,86
4	650.719,08 / 7.091.129,58
5	650.691,9 / 7.091.202,04
6	650.418,34 / 7.090.499,13
7	650.835,02 / 7.091.192,99
8	650.449,82 / 7.088.120,55

NOTA: ¹ Sirgas2000 Zona Utm 22S

APÊNDICE 3 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA SOBREVIVÊNCIA EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Genético dentro de procedências	- 2163,56 ²	5,67*	Vg = 0,0025*	h ² a = 0,0434*
Parcela	- 2137,48 ²	31,75**	Vparc = 0,0102**	c ² parc = 0,0626**
Procedência	- 2169,23 ²	0,00 ^{ns}	Vproc = 0,0000 ^{ns}	c ² proc = 0,0002 ^{ns}
Resíduo			Ve = 0,1497	c ² res = 0,3174
Modelo completo	- 2169,23			c ² total = 1,0000
Bloco		F=30,86**		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo. ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

APÊNDICE 4 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA DIÂMETRO DO COLO EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Genético dentro de procedências	1073,37 ²	3,02 ^{ns}	Vg = 0,0487 ^{ns}	h ² a = 0,0693 ^{ns}
Parcela	1070,43 ²	0,08 ^{ns}	Vparc = 0,0232 ^{ns}	c ² parc = 0,0119 ^{ns}
Procedência	1070,35 ²	0,00 ^{ns}	Vproc = 0,0002 ^{ns}	c ² proc = 0,0001 ^{ns}
Resíduo			Ve = 1,8786	c ² res = 0,4806
Modelo completo	1070,35			c ² total = 1,0000
Bloco		F=45,56**		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo. ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

APÊNDICE 5 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA ALTURA EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Genético dentro de procedências	5018,93 ²	3,29 ^{ns}	Vg = 35,5475 ^{ns}	h ² a = 0,0850 ^{ns}
Parcela	5015,84 ²	0,20 ^{ns}	Vparc = 18,8018 ^{ns}	c ² parc = 0,0162 ^{ns}
Procedência	5015,64 ²	0,00 ^{ns}	Vproc = 0,0360 ^{ns}	c ² proc = 0,0000 ^{ns}
Resíduo			Ve = 1107,72	c ² res = 0,5237
Modelo completo	5015,64			c ² total = 1,0000
Blocos		F=47,30**		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo., ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

APÊNDICE 6 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA BIFURCAÇÃO EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Genético dentro de procedências	-1601,31	0,00 ^{ns}	Vg = 0,0000 ^{ns}	h ² a = 0,0010 ^{ns}
Parcela	-1601,30	0,010 ^{ns}	Vparc = 0,0002 ^{ns}	c ² parc = 0,0061 ^{ns}
Procedência	-1601,31	0,00 ^{ns}	Vproc = 0,0000 ^{ns}	c ² proc = 0,0000 ^{ns}
Resíduo			Ve = 0,0266	c ² res = 0,0591
Modelo completo	-1601,31			c ² total = 1,0000
Blocos		F=22,58**		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo. ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

APÊNDICE 7 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA AUSÊNCIA DE NÚMERO DE REBROTAS EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Genético dentro de procedências	1175,79 ²	-0,02 ^{ns}	Vg = 0,0081 ^{ns}	h ² a = 0,0091 ^{ns}
Parcela	1181,31 ²	5,50*	Vparc = 0,2277*	c ² parc = 0,0925*
Procedência	1175,81 ²	0,00 ^{ns}	Vproc = 0,0002 ^{ns}	c ² proc = 0,0001 ^{ns}
Resíduo			Ve = 2,4609	c ² res = 0,1000
Modelo completo	1175,81			c ² total = 1,0000
Blocos		F = 19,7398**		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo. ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

APÊNDICE 8 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA AUSÊNCIA DE DANO H. *GRANDELLA* REBROTA EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Genético dentro de procedências	-1729,98 ²	0,00 ^{ns}	Vg = 0,0000 ^{ns}	h ² a = 0,0015 ^{ns}
Parcela	-1729,99 ²	-0,01 ^{ns}	V _{parc} = 0,0002 ^{ns}	c ² _{parc} = 0,0102 ^{ns}
Procedência	-1729,40 ²	-0,59 ^{ns}	V _{proc} = 0,0001 ^{ns}	c ² _{proc} = 0,0045 ^{ns}
Resíduo			Ve = 0,02153	c ² _{res} = 0,0928
Modelo completo	-1729,98			c ² _{total} = 1,0000
Blocos		F = 31,50**		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo. ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

APÊNDICE 9 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA AUSÊNCIA DE DANO DE GEADA EM PROCEDÊNCIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Genético dentro de procedências	-1485,14 ²	0,01 ^{ns}	Vg = 0,0001 ^{ns}	h ² a = 0,0074 ^{ns}
Parcela	-1463,74 ²	21,41**	V _{parc} = 0,0105**	c ² _{parc} = 0,2912**
Procedência	-1484,99 ²	0,16 ^{ns}	V _{proc} = 0,0001 ^{ns}	c ² _{proc} = 0,0039 ^{ns}
Resíduo			Ve = 0,0253	c ² _{res} = 0,0664
Modelo completo	-1485,15			c ² _{total} = 1,0000
Blocos		F = 19,5360**		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo. ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos.

APÊNDICE 10 - VALORES FENOTÍPICOS DE 48 PROGÊNIES EM TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM RIO NEGRINHO/SC

PROG	SOB1	SOB2	DMC	ALT	BIF1	BIF2	REB	DHG	DG
1	19	23,75	2,92	44,58	18	94,74	2,50	5,26	0,00
2	25	31,25	3,52	72,62	25	100,00	2,40	4,00	0,00
3	23	28,75	2,97	49,57	23	100,00	2,52	4,35	0,00
4	11	13,75	2,94	56,95	11	100,00	2,55	0,00	9,09
5	22	27,50	3,28	54,05	20	90,91	2,35	0,00	4,55
6	20	25,00	3,32	53,40	20	100,00	3,30	0,00	0,00
7	25	31,25	3,28	51,76	25	100,00	2,68	8,00	12,00
8	23	28,75	3,15	48,61	22	95,65	3,00	0,00	4,35
9	17	21,25	3,93	91,06	17	100,00	2,82	0,00	5,88
10	22	27,50	3,19	43,30	21	95,45	2,90	4,55	4,55
11	20	25,00	3,53	63,23	20	100,00	2,15	5,00	5,00
12	16	20,00	3,06	56,88	15	93,75	2,13	0,00	0,00
13	19	23,75	3,38	51,21	17	89,47	2,94	0,00	5,26

Continua...

...conclusão

PROG	SOB1	SOB2	DMC	ALT	BIF1	BIF2	REB	DHG	DG
14	9	11,25	3,34	55,83	9	100,00	1,89	0,00	11,11
15	13	16,25	3,79	73,77	12	92,31	1,83	0,00	0,00
16	29	36,25	3,19	63,22	28	96,55	3,25	3,45	3,45
17	13	16,25	3,66	79,15	12	92,31	2,00	0,00	0,00
18	15	18,75	2,96	37,53	14	93,33	2,50	0,00	6,67
19	13	16,25	4,00	74,27	12	92,31	2,33	0,00	0,00
20	20	25,00	3,12	53,20	19	95,00	2,21	0,00	5,00
21	25	31,25	3,10	51,88	23	92,00	2,13	0,00	4,00
22	18	22,50	2,57	45,00	17	94,44	2,65	11,11	0,00
23	11	13,75	2,75	56,73	11	100,00	2,09	0,00	0,00
24	33	41,25	4,05	69,45	32	96,97	2,63	0,00	9,09
25	13	16,25	3,07	66,85	13	100,00	2,92	0,00	0,00
26	19	23,75	3,82	87,89	19	100,00	2,74	5,26	10,53
27	19	23,75	3,08	57,26	18	94,74	3,06	5,26	10,53
28	23	28,75	2,61	48,72	22	95,65	2,95	8,70	0,00
29	13	16,25	3,46	67,08	12	92,31	2,25	7,69	0,00
30	10	12,50	2,58	39,10	9	90,00	2,44	0,00	20,00
31	22	27,50	3,17	68,23	21	95,45	2,43	0,00	0,00
32	18	22,50	3,28	58,82	17	94,44	2,88	0,00	0,00
33	20	25,00	3,56	66,93	19	95,00	3,68	0,00	10,00
34	19	23,75	2,79	54,26	19	100,00	2,00	5,26	5,26
35	7	8,75	2,78	56,29	7	100,00	2,71	0,00	0,00
36	29	36,25	2,78	55,38	29	100,00	2,62	3,45	0,00
37	21	26,25	2,94	59,81	21	100,00	3,14	0,00	4,76
38	13	16,25	2,95	71,69	12	92,31	2,58	0,00	7,69
39	23	28,75	2,38	38,96	22	95,65	1,64	0,00	4,35
40	17	21,25	3,25	57,71	17	100,00	2,29	5,88	17,65
41	17	21,25	2,87	64,31	17	100,00	2,00	11,76	0,00
42	21	26,25	2,50	52,02	20	95,24	2,70	0,00	0,00
43	24	30,00	3,20	51,06	24	100,00	2,75	0,00	0,00
44	11	13,75	2,46	52,73	11	100,00	2,55	0,00	0,00
45	17	21,25	3,13	47,62	16	94,12	1,88	0,00	0,00
46	6	7,50	3,29	60,83	6	100,00	2,00	0,00	0,00
47	24	30,00	3,58	69,37	24	100,00	2,42	0,00	0,00
48	13	16,25	3,72	67,58	13	100,00	3,38	0,00	7,69

NOTA: PROG – Número da progênie; SOB1 – Número de indivíduos sobreviventes; SOB2 – Percentual de indivíduos sobreviventes (%); DMC – Diâmetro médio de colo (cm); ALT – Altura média (cm); BIF1 – Número de indivíduos bifurcados; BIF2 – Percentual de indivíduos bifurcados (%); REB – Média de rebrotas por indivíduo; DHG – Dano por *Hypsipyla grandella* (%); DG – Dano por geada (%)

APÊNDICE 11 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA SOBREVIVÊNCIA EM PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Genótipos	-3271,32 ²	4,48*	Vg = 0,0019*	h ² a = 0,0338*
Parcela	-3200,09 ²	75,71**	Vparc = 0,0132**	c ² parc = 0,0826**
Resíduo			Ve = 0,1442	c ² res = 0,2645
Modelo completo	-3275,80			c ² total = 1,0000
Bloco		F = 35,8223**		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo. ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

APÊNDICE 12 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA DIÂMETRO DO COLO EM PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Genótipos	1484,46 ²	6,02*	Vg = 0,0594*	h ² a = 0,0851*
Parcela	1478,46 ²	0,02 ^{ns}	Vparc = 0,0142 ^{ns}	c ² parc = 0,0073 ^{ns}
Resíduo			Ve = 1,8651	c ² res = 0,5441
Modelo completo	1478,44			c ² total = 1,0000
Bloco		F = 72,5927**		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo. ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

APÊNDICE 13 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA ALTURA EM PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Genótipos	7055,98 ²	7,55**	Vg = 46,0841**	h ² a = 0,1106**
Parcela	7048,50 ²	0,07 ^{ns}	Vparc = 10,2222 ^{ns}	c ² parc = 0,0088 ^{ns}
Resíduo			Ve = 1100,7782	c ² res = 0,6189
Modelo completo	7048,43			c ² total = 1,0000
Bloco		F = 80,06**		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo. ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

APÊNDICE 14 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA BIFURCAÇÃO EM PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Genótipos	-2114,99 ²	0,00 ^{ns}	Vg = 0,0000 ^{ns}	h ² a = 0,0008 ^{ns}
Parcela	-2114,96 ²	0,03 ^{ns}	Vparc = 0,0002 ^{ns}	c ² parc = 0,0065 ^{ns}
Resíduo			Ve = 0,0310	c ² res = 0,0529
Modelo completo	-2114,99			c ² total = 1,0000
Bloco		F = 22,86**		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo. ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

APÊNDICE 15 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA NÚMERO DE REBROTAS EM PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Progênies	1630,88 ²	0,03 ^{ns}	Vg = 0,0082 ^{ns}	h ² a = 0,0092 ^{ns}
Parcela	1641,40 ²	10,55 ^{**}	Vparc = 0,2839 ^{**}	c ² parc = 0,1140 ^{**}
Resíduo			Ve = 2,1979	c ² res = 0,0983
Modelo completo	1630,85			c ² total = 1,0000
Bloco		F = 25,16 ^{**}		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo. ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

APÊNDICE 16 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA DANO DE *H. grandella* EM PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Progênies	-2469,89 ²	0,01 ^{ns}	Vg = 0,0000 ^{ns}	h ² a = 0,0041 ^{ns}
Parcela	-2469,26 ²	0,64 ^{ns}	Vparc = 0,0009 ^{ns}	c ² parc = 0,0422 ^{ns}
Resíduo			Ve = 0,0199	c ² res = 0,1031
Modelo completo	-2469,90			c ² total = 1,0000
Bloco		F = 37,41 ^{**}		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo. ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

APÊNDICE 17 - ANÁLISE DE DEVIANCE PARA DANO DE GEADA EM PROGÊNIES DE *C. fissilis* EM TESTE DE PROGÊNIES, RIO NEGRINHO/SC

EFEITO	DEVIANCE	LRT (QUI-QUADRADO ¹)	COMPONENTE DE VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
Progênies	-2050,25 ²	0,05 ^{ns}	Vg = 0,0001 ^{ns}	h ² a = 0,0101 ^{ns}
Parcela	-2033,88 ²	16,42 ^{**}	Vparc = 0,0085 ^{**}	c ² parc = 0,2364 ^{**}
Resíduo			Ve = 0,0275	c ² res = 0,0814
Modelo completo	-2050,30			c ² total = 1,0000
Blocos		F = 27,16 ^{**}		

NOTA: ¹Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de 5% (*) e 1% (**), respectivamente. ^{ns} não significativo. ² Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

APÊNDICE 18 - ORDENAMENTO DO EFEITO GENÉTICO ADITIVO PARA SOBREVIVÊNCIA EM POMAR DE SEMENTES POR MUDAS A PARTIR DE TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis*, RIO NEGRINHO/SC

ORDEM	PROGÊNIES	a	GANHO	NOVA MÉDIA
1	24	0,0544	0,0544	0,3773
2	2	0,0336	0,0440	0,3669
3	47	0,0295	0,0392	0,3621
4	16	0,0253	0,0357	0,3586
5	39	0,0253	0,0336	0,3565
6	21	0,0253	0,0322	0,3551
7	8	0,0170	0,0300	0,3530

Continua...

... conclusão

ORDEM	PROGÊNIES	a	GANHO	NOVA MÉDIA
8	31	0,0170	0,0284	0,3513
9	3	0,0170	0,0271	0,3501
10	7	0,0128	0,0257	0,3486
11	20	0,0128	0,0245	0,3475
12	13	0,0128	0,0236	0,3465
13	42	0,0087	0,0224	0,3453
14	5	0,0087	0,0214	0,3443
15	1	0,0087	0,0206	0,3435
16	10	0,0087	0,0198	0,3428
17	36	0,0087	0,0192	0,3421
18	22	0,0045	0,0184	0,3413
19	37	0,0045	0,0176	0,3406
20	45	0,0045	0,0170	0,3399
21	11	0,0045	0,0164	0,3393
22	26	0,0045	0,0158	0,3388
23	43	0,0045	0,0154	0,3383
24	12	0,0003	0,0147	0,3376
25	6	0,0003	0,0142	0,3371
26	28	0,0003	0,0136	0,3365
27	15	0,0003	0,0131	0,3360
28	18	-0,0080	0,0124	0,3353
29	34	-0,0080	0,0117	0,3346
30	32	-0,0080	0,0110	0,3339
31	33	-0,0080	0,0104	0,3333
32	9	-0,0080	0,0098	0,3327
33	40	-0,0121	0,0092	0,3321
34	41	-0,0121	0,0085	0,3315
35	48	-0,0121	0,0079	0,3309
36	27	-0,0121	0,0074	0,3303
37	44	-0,0121	0,0069	0,3298
38	23	-0,0163	0,0063	0,3292
39	19	-0,0163	0,0057	0,3286
40	25	-0,0163	0,0051	0,3280
41	29	-0,0163	0,0046	0,3275
42	38	-0,0204	0,0040	0,3269
43	4	-0,0204	0,0034	0,3264
44	17	-0,0204	0,0029	0,3258
45	14	-0,0288	0,0022	0,3251
46	30	-0,0288	0,0015	0,3244
47	35	-0,0329	0,0008	0,3237
48	46	-0,0371	0,0000	0,3229

APÊNDICE 19 - PARÂMETROS GENÉTICOS ESTIMADOS PARA SOBREVIVÊNCIA PARA POMAR DE SEMENTES POR MUDAS A PARTIR DE TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis*, RIO NEGRINHO/SC

COMPONENTES DE VARIÂNCIA	SOBREVIVÊNCIA
Variância genética entre famílias	0,0021
Variância ambiental entre parcelas	0,0242
Variância residual	0,1758
Variância fenotípica individual	0,2021
Herdabilidade individual no sentido restrito	0,0286 ± 0,0182
Coefficiente de determinação dos efeitos de parcela	0,1200
Herdabilidade da média de progênies	0,1662
Acurácia da seleção de progênies	0,4076
Herdabilidade aditiva dentro da parcela	0,0211
Média Geral	0,3229

APÊNDICE 20 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE EXPERIMENTO DE *C. fissilis* EM 37 ARV.HA⁻¹ INICIALMENTE A CÉU ABERTO, EM CLAREIRAS DE 10 E 25 M², CONSORCIADA COM *P. taeda*, AOS 31, 38 E 49 MESES DE IDADE, RIO NEGRINHO/SC

MÊS	TRAT	IND	SOB	BFC	DMC	ALT
	10	9	30	100	0,58	29,45
	25	7	23	86	0,56	27,28
31	MED		27	93	0,57	28,36
	DEP		0,45	0,25	0,35	12,69
	FCALC		0,41 ^{ns}	4,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,34 ^{ns}
	FTAB		(1,5) = 6,61	(1,4) = 7,70	(1,4) = 7,71	(1,4) = 7,71
	CVe%		67,96	12,02	28,60	20,78
	10	7	23	100	0,86	21,35
	25	5	17	100	1,29	11,02
38	MED		20	100	1,07	16,19
	DEP		0,40	0,00	0,78	15,70
	FCALC		0,22 ^{ns}		3,73 ^{ns}	4,94 ^{ns}
	FTAB		(1,5) = 6,61		(1,4) = 7,71	(1,4) = 7,71
	CVe%		123,82		32,89	45,38
	10	2	7	100	0,70	21,50
	25	0	0	0	0,00	0,00
49	MED		3	50	0,70	21,50
	DEP		0,18	0,00	0,04	3,54
	FCALC		1,02 ^{ns}			
	FTAB		(1,5) = 6,61			
	CVe%		342,31			

FONTE: A autora (2014)

NOTA: MÊS – número de meses de idade do plantio; TRAT – tratamentos (m²); IND – número de indivíduos sobreviventes; SOB – percentual de sobrevivência (%); BFC – percentual de indivíduos bifurcados (%); DMC – diâmetro médio de colo (cm); ALT – altura média (cm); MED – média; DEP – desvio padrão; FCALC – valor de F calculado; FTAB – valor de F tabelado; CVe% - Coeficiente de variação experimental; * - 5% de significância; ** - 1% de significância; ^{ns} - não significativo

APÊNDICE 21 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE EXPERIMENTO DE *C. fissilis* EM 67 ARV.HA⁻¹ INICIALMENTE A CÉU ABERTO, EM CLAREIRAS DE 10 E 25 M², CONSORCIADA COM *P. taeda*, AOS 31, 38 E 49 MESES DE IDADE, RIO NEGRINHO/SC

MÊS	TRAT	IND	SOB	BFC	DMC	ALT
	10	8	17	86	1,01	25,10
	25	3	10	67	0,51	7,29
31	MED		13	76	0,76	16,20
	DEP		0,31	0,40	0,88	16,92
	FCALC		0,97 ^{ns}	2,81 ^{ns}	4,95 ^{ns}	32,89**
	FTAB		(1,9) = 5,12	(1,4) = 7,71	(1,4) = 7,71	1% (1,4) = 21,20
	CVe%		113,59	23,92	46,76	30,33
	10	9	18	100	1,83	19,55
	25	1	2	0	1,58	4,18
38	MED		10	50	1,70	11,87
	DEP		0,30	0,32	1,53	13,06
	FCALC		3,75 ^{ns}		0,91 ^{ns}	25,11**
	FTAB		(1,9) = 5,12		(1,4) = 7,71	1% (1,4) = 21,20
	CVe%		184,72		23,65	40,89
	10	2	4	100	3,30	65,50
	25	1	2	100	0,20	13,00
49	MED		3	100	1,75	39,25
	DEP		0,17	0,00	2,61	41,61
	FCALC		0,33 ^{ns}		5,45 ^{ns}	6,94 ^{ns}
	FTAB		(1,9) = 5,12		(1,2) = 18,51	(1,2) = 18,51
	CVe%		259,10		92,98	62,18

FONTE: A autora (2014)

NOTA: MÊS – número de meses de idade do plantio; TRAT – tratamentos (m²); IND – número de indivíduos sobreviventes; SOB – percentual de sobrevivência (%); BFC – percentual de indivíduos bifurcados (%); DMC – diâmetro médio de colo (cm); ALT – altura média (cm); MED – média; DEP – desvio padrão; FCALC – valor de F calculado; FTAB – valor de F tabelado; CVe% - Coeficiente de variação experimental; * - 5% de significância; ** - 1% de significância; ^{ns} - não significativo

APÊNDICE 22 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE EXPERIMENTO DE *C. fissilis* EM 37 ARV.HA⁻¹, SOB COBERTURA DE *P. taeda*, EM CLAREIRAS DE 10 E 25 M², AOS 31, 38 E 49 MESES DE IDADE, RIO NEGRINHO/SC

MÊS	TRAT	IND	SOB	BFC	DMC	ALT
31	10	19	67	83	1,44	51,76
	25	23	75	94	1,51	46,33
	MED		71	88	1,47	49,04
	DEP		0,46	0,43	1,06	30,63
	FCALC		0,46 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,52 ^{ns}
	FTAB		(1,5) = 6,61	(1,4) = 7,71	(1,5) = 6,61	(1,5) = 6,61
	CVe%		30,05	16,59	31,37	26,71
38	10	14	50	78	2,06	45,12
	25	21	67	76	2,31	31,69
	MED		58	77	2,19	38,40
	DEP		0,50	0,43	1,33	30,15
	FCALC		1,61 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,60 ^{ns}	3,00 ^{ns}
	FTAB		(1,5) = 6,61	(1,5) = 6,61	(1,5) = 6,61	(1,5) = 6,61
	CVe%		39,04	25,15	25,04	34,98
49	10	12	44	83	2,65	66,38
	25	14	50	94	3,87	67,29
	MED		47	88	3,26	66,84
	DEP		0,50	0,33	1,69	42,48
	FCALC		0,20 ^{ns}	0,07 ^{ns}	9,23*	0,01 ^{ns}
	FTAB		(1,5) = 6,61	(1,5) = 6,61	(1,4) = 7,71	(1,4) = 7,71
	CVe%		45,53	31,37	19,42	24,54

FONTE: A autora (2014)

NOTA: MÊS – número de meses de idade do plantio; TRAT – tratamentos (m²); IND – número de indivíduos sobreviventes; SOB – percentual de sobrevivência (%); BFC – percentual de indivíduos bifurcados (%); DMC – diâmetro médio de colo (cm); ALT – altura média (cm); MED – média; DEP – desvio padrão; FCALC – valor de F calculado; FTAB – valor de F tabelado; CVe% - Coeficiente de variação experimental; * - 5% de significância; ** - 1% de significância; ^{ns} - não significativo

APÊNDICE 23 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE EXPERIMENTO DE *C. fissilis* EM 67 ARV.HA⁻¹, SOB COBERTURA DE *P. taeda*, EM CLAREIRAS DE 10 E 25 M², AOS 31, 38 E 49 MESES DE IDADE, RIO NEGRINHO/SC

MÊS	TRAT	IND	SOB	BFC	DMC	ALT
31	10	41	82	81	0,99	35,93
	25	36	72	94	0,68	26,78
	MED		77	88	0,83	31,36
	DEP		0,42	0,34	0,67	22,07
	FCALC		0,00 ^{ns}	4,20 ^{ns}	3,16 ^{ns}	1,90 ^{ns}
	FTAB		(1,9) = 5,117	(1,9) = 5,117	(1,9) = 5,117	(1,9) = 5,117
	CVe%		21,63	17,32	46,81	47,30
38	10	29	58	69	1,18	27,40
	25	27	54	74	1,16	12,78
	MED		56	71	1,17	20,09
	DEP		0,499	0,456	0,824	18,403
	FCALC		0,01 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,01 ^{ns}	7,33*
	FTAB		(1,9) = 5,12	(1,9) = 5,12	(1,9) = 5,12	(1,9) = 5,12
	CVe%		44,91	28,91	62,24	60,10
49	10	30	60	97	1,39	12,85
	25	24	48	92	1,23	7,21
	MED		54	94	1,31	10,03
	DEP		0,50	0,23	0,84	15,42
	FCALC		0,00 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,40 ^{ns}	3,37 ^{ns}
	FTAB		(1,9) = 5,12	(1,9) = 5,12	(1,9) = 5,12	(1,9) = 5,12
	CVe%		37,27	11,12	41,72	68,53

FONTE: A autora (2014)

NOTA: MÊS – número de meses de idade do plantio; TRAT – tratamentos (m²); IND – número de indivíduos sobreviventes; SOB – percentual de sobrevivência (%); BFC – percentual de indivíduos bifurcados (%); DMC – diâmetro médio de colo (cm); ALT – altura média (cm); MED – média; DEP – desvio padrão; FCALC – valor de F calculado; FTAB – valor de F tabelado; CVe% - Coeficiente de variação experimental; * - 5% de significância; ** - 1% de significância; ^{ns} - não significativo

ANEXOS

ANEXO 1 -	CRESCIMENTO DE <i>C. fissilis</i> EM EXPERIMENTOS NO ESTADO DO PARANÁ E SÃO PAULO	161
ANEXO 2 -	RESULTADO DAS ANÁLISES FÍSICAS ¹ DAS AMOSTRAS COMPOSTAS DE SOLOS, EM DUAS PROFUNDIDADES, DOS OITO BLOCOS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> , RIO NEGRINHO/SC	163
ANEXO 3 -	RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS ¹ DAS AMOSTRAS COMPOSTAS DE SOLOS, EM DUAS PROFUNDIDADES, DOS OITO BLOCOS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> , RIO NEGRINHO/SC.....	164
ANEXO 4 -	RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS ¹ DAS AMOSTRAS COMPOSTAS DE SOLOS, EM DUAS PROFUNDIDADES, DOS OITO BLOCOS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>C. fissilis</i> , EM RIO NEGRINHO/SC	165
ANEXO 5 -	TAMANHO EFETIVO (N_e) A SER MANTIDO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES HERDABILIDADES (h^2) E GRAUS DE MELHORAMENTO DAS POPULAÇÕES	166
ANEXO 6 -	GANHOS GENÉTICOS* E ACURÁCIAS ASSOCIADAS A DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA O CARÁTER SOBREVIVÊNCIA.....	166

ANEXO 1 – CRESCIMENTO DE *C. fissilis* EM EXPERIMENTOS NO ESTADO DO PARANÁ E SÃO PAULO

LOCAL	IDADE (ANOS)	ESPAÇAMENTO (M X M)	PLANTAS VIVAS (%)	ALTURA MÉDIA (M)	DAP MÉDIO (CM)	CLASSE DE SOLO ^A	FONTE
Campo Mourão, PR	2	2 x 2	48,9	1,37	-	LVdf	Silva, Torres (1992)
Cascavel, PR	10	3 x 2	90,0	5,30	10,2	LVdf	Embrapa Florestas/Ocepar
Colombo, PR ^d	6	10 x 10	100,0	2,52	-	CHa	Embrapa Florestas
Colombo, PR ^c	8	7 x 1,5	81,6	2,91	-	CHa	Embrapa Florestas
Colombo, PR ^b	11	10 x 1,5	80,9	3,30	-	CHa	Embrapa Florestas
Cosmópolis, SP	20	-	-	14,30	18,0	LVdf	Nogueira (1977)
Foz do Iguaçu, PR	9	4 x 4	87,5	3,94	7,4	LVdf	Embrapa Florestas/Itaipu Binacional
Foz do Iguaçu, PR	11	4 x 4	93,7	6,93	12,5	LVdf	Embrapa Florestas/Itaipu Binacional
Ilha Solteira, SP ^c	1	3 x 3	-	1,58	-	LVdf	Santarelli (1990)
Mamburê, PR	3	2 x 2	92,0	1,82	4,5	LVdf	Carvalho, Costa (1981)
Maringá, PR ^c	5	4 x 4	33,7	1,04	-	LVdf	Martins <i>et al.</i> (1990)
Moji Mirim, SP ^b	8	2 x 2	78,0	2,51	2,4	LVA	Toledo Filho, Parente (1982)
Paranaguá, PR	9	3 x 2	48,0	2,42	4,3	LVA	Embrapa Florestas
Quedas do Iguaçu, PR	8	4 x 3	76,9	4,67	9,4	LVdf	Embrapa Florestas/Araupel
Santa Helena, PR ^e	5	4 x 2	47,2	2,51	4,4	LVef	Zelazowski, Lopes (1993)
Santa Helena, PR ^f	5	4 x 2	66,6	2,72	3,5	LVef	Zelazowski, Lopes (1993)
Santa Helena, PR	9	4 x 3	100,0	6,00	10,9	LVef	Embrapa Florestas/Itaipu Binacional
Santa Helena, PR ^g	10	3 x 3	87,5	5,71	8,0	LVef	Itaipu Binacional
Santa Helena, PR ^h	10	3 x 3	93,7	5,93	9,5	LVef	Itaipu Binacional
Santa Helena, PR	10	4 x 4	87,5	7,39	12,3	LVef	Embrapa Florestas/Itaipu Binacional

Continua...

...conclusão

LOCAL	IDADE (ANOS)	ESPAÇAMENTO (M X M)	PLANTAS VIVAS (%)	ALTURA MÉDIA (M)	DAP MÉDIO (CM)	CLASSE DE SOLO ^A	FONTE
Santa Rita do Passa Quatro, SP	24	2 x 2	-	22,67	41,1	LVd	Gurgel Filho <i>et al.</i> (1982)
Teixeira Soares, PR	5	2,5 x 2,5	34,4	1,08	-	CHa	Carvalho (1981)
Teixeira Soares, PR ^d	7	3 x 1	64,3	1,19	-	CHa	Carvalho (1982)

FONTE: Carvalho (2003)

NOTA: ^a LVdf = Latossolo Vermelho Distrófico; CHa = Cambissolo Húmico Alumínico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissólico; LVef = Latossolo Vermelho Eutroférrico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico. ^b Abertura de faixas em povoamento de *Pinus* sp. e plantio em linha. ^c Abertura de faixas em capoeira alta e plantio em linha. ^d Abertura de faixas em capoeira alta e plantio em grupo Anderson. ^e Abertura de faixas em povoamentos densos espontâneos de leucena (*Leucaena leucocephala*) e plantio em linhas na direção Leste – Oeste. ^f Abertura de faixas em povoamento de leucena e plantio em linhas na direção Norte – Sul. ^g Em plantio misto; dados fornecidos pela Itaipu Binacional. ^h Em plantio puro; dados fornecidos pela Itaipu Binacional. - Dado desconhecido, apesar de o fenômeno existir

ANEXO 2 – RESULTADO DAS ANÁLISES FÍSICAS¹ DAS AMOSTRAS COMPOSTAS DE SOLOS, EM DUAS PROFUNDIDADES, DOS OITO BLOCOS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis*, RIO NEGRINHO/SC

BLOCOS	PROTOCOLO	PROFUNDIDADE (CM)	TEOR (%)			TIPO DE SOLO ZON. AGRÍCOLA - MAPA	CLASSE TEXTURAL (SBCS)
			AREIA	SILTE	ARGILA		
1	8978	0 - 20	57	25	18	Tipo 2	Franco Arenoso
	8985	20 - 40	35	37	28	Tipo 2	Franco
2	8979	0 - 20	45	27	28	Tipo 2	Franco Argiloso
	8986	20 - 40	43	30	27	Tipo 2	Franco
3	8980	0 - 20	42	33	25	Tipo 2	Franco
	8987	20 - 40	41	27	32	Tipo 2	Franco Argiloso
4	8981	0 - 20	68	31	1	Sem tipo definido	Franco Arenoso
	8988	20 - 40	58	16	27	Tipo 2	Franco Argilo Arenoso
5	8982	0 - 20	71	20	10	Sem tipo definido	Franco arenoso
	8990	20 - 40	62	15	23	Tipo 2	Franco Argilo Arenoso
6	8989	0 - 20	65	18	17	Tipo 2	Franco Arenoso
	8991	20 - 40	57	20	23	Tipo 2	Franco Argilo Arenoso
7	8983	0 - 20	63	23	14	Tipo 1	Franco Arenoso
	8992	20 - 40	55	19	26	Tipo 2	Franco Argilo Arenoso
8	8984	0 - 20	37	37	25	Tipo 2	Franco
	8993	20 - 40	35	38	27	Tipo 2	Franco

FONTE: Departamento de Solos e Recursos Naturais, UDESC (2012)

NOTA: ¹ Tedesco *et al.* (1995)

ANEXO 3 – RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS¹ DAS AMOSTRAS COMPOSTAS DE SOLOS, EM DUAS PROFUNDIDADES, DOS OITO BLOCOS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis*, RIO NEGRINHO/SC

BLOCO	REGISTRO	PROFUNDIDADE (CM)	pH-H ₂ O (1:1)	ÍNDICE SMP	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC EFETIVA	SATURAÇÃO (%)		M.O.	C.O. ²	ARGILA
										ALUMÍNIO	BASES			
					cmol.dm ⁻³									
											%			
1	17524	0 - 20	4,5	4,5	0,95	0,63	4,20	24,40	5,81	72,29	6,19	4,10	2,38	36
	17525	20 - 40	4,6	4,8	0,30	0,19	3,55	17,30	4,07	87,22	2,89	3,00	1,74	26
2	17526	0 - 20	4,1	4,4	0,46	0,39	5,30	27,40	6,16	86,04	3,03	4,40	2,55	28
	17527	20 - 40	4,2	4,4	0,16	0,31	6,04	27,40	6,55	92,21	1,81	2,50	1,45	36
3	17528	0 - 20	4,0	4,3	0,22	0,29	6,44	30,70	7,03	91,61	1,88	4,70	2,73	27
	17529	20 - 40	4,3	4,3	0,11	0,18	6,11	30,70	6,45	94,73	1,09	2,50	1,45	34
4	17530	0 - 20	4,4	4,6	0,10	0,20	3,94	21,80	4,30	91,63	1,64	4,30	2,49	17
	17531	20 - 40	4,6	4,9	0,51	0,23	3,04	15,40	3,80	80,00	4,67	2,60	1,51	18
5	17532	0 - 20	4,3	4,5	0,44	0,25	4,86	24,40	5,58	87,10	2,88	6,40	3,71	17
	17534	20 - 40	4,6	4,8	0,60	0,24	3,46	17,30	4,32	80,09	4,71	2,80	1,62	22
6	17535	0 - 20	4,3	4,4	0,63	0,16	5,65	27,40	6,47	87,33	2,92	6,50	3,77	15
	17536	20 - 40	4,4	4,7	0,88	0,11	4,24	19,40	5,25	80,76	4,95	3,00	1,74	18
7	17537	0 - 20	4,3	4,4	1,11	0,28	5,31	27,40	6,74	78,78	4,97	5,90	3,42	18
	17538	20 - 40	4,6	4,7	1,20	0,25	3,95	19,40	5,42	72,88	7,05	3,80	2,20	18
8	17539	0 - 20	4,3	4,2	1,15	0,21	7,42	34,50	8,86	83,75	4,01	5,00	2,90	31
	17540	20 - 40	4,4	4,4	0,95	0,09	5,04	27,40	6,11	82,49	3,75	2,70	1,57	36

FONTE: CAMPOS (2012)

NOTA: ¹ GEE e BAUDER (1986) ² Carbono orgânico semi-total

ANEXO 4 – RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS¹ DAS AMOSTRAS COMPOSTAS DE SOLOS, EM DUAS PROFUNDIDADES, DOS OITO BLOCOS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *C. fissilis*, EM RIO NEGRINHO/SC

BLO	REG	PRO	P MEHLICH	Na	K	CTC pH 7,0	K	Cu MEHLICH	Zn MEHLICH	Fe MEHLICH	Mn	RELAÇÕES		
												Ca.Mg ⁻¹	Ca+Mg.K ⁻¹	K.(Ca+Mg) ^{-1/2}
			mg.dm ⁻³	cmolc.dm ⁻³				mg.dm ⁻³						
1	17524	0 - 20	1,0	29	12	26,0	0,03	0,5	0,9	218,7	5,0	1,5	50,97	0,03
	17525	20 - 40	0,8	10	10	17,8	0,03	0,4	0,6	173,8	3,2	1,6	18,85	0,04
2	17526	0 - 20	1,4	8	2	28,3	0,01	1,2	1,4	332,6	21,8	1,2	170,00	0,01
	17527	20 - 40	1,0	84	14	27,9	0,04	1,0	0,9	281,1	20,4	0,5	13,06	0,05
3	17528	0 - 20	1,8	5	31	31,2	0,08	1,0	1,5	263,7	17,7	0,8	6,46	0,11
	17529	20 - 40	0,5	7	19	31,0	0,05	0,8	0,8	239,3	12,4	0,6	5,92	0,09
4	17530	0 - 20	1,9	18	25	22,2	0,06	0,5	0,0	308,6	4,4	0,5	4,69	0,12
	17531	20 - 40	1,0	4	6	16,2	0,02	0,4	0,6	242,9	1,7	2,2	49,33	0,02
5	17532	0 - 20	2,7	3	13	25,1	0,03	0,4	1,2	287,7	2,4	1,8	20,91	0,04
	17534	20 - 40	0,5	15	6	18,2	0,01	0,4	0,8	196,4	1,9	2,5	56,00	0,02
6	17535	0 - 20	1,9	2	13	28,2	0,03	0,5	1,4	257,3	4,9	3,9	23,94	0,04
	17536	20 - 40	0,5	1	8	20,4	0,02	0,4	0,7	157,1	2,9	8,0	49,50	0,02
7	17537	0 - 20	2,9	3	17	28,8	0,04	0,6	1,1	317,4	2,4	4,0	32,33	0,04
	17538	20 - 40	1,0	6	8	20,9	0,02	0,7	0,8	245,9	1,3	4,8	72,50	0,02
8	17539	0 - 20	2,7	3	32	35,9	0,08	1,2	1,1	278,3	27,5	5,5	16,59	0,07
	17540	20 - 40	0,4	4	11	28,5	0,03	1,2	0,8	210	14,4	10,6	37,14	0,03

FONTE: CAMPOS (2012)

NOTA: ¹ GEE e BAUDER (1986); BLO – número do bloco no experimento; REG – número do registro da análise; PRO – profundidade (cm)

ANEXO 5 - TAMANHO EFETIVO (N_e) A SER MANTIDO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES HERDABILIDADES (h^2) E GRAUS DE MELHORAMENTO DAS POPULAÇÕES

	h^2 (%)	Ne A SER MANTIDO
Populações pouco melhoradas $\bar{p} = 0,33$ ($N_e \cdot h = 22$)	5	100
	10	70
	20	50
	30	40
	40	35
	50	31
Populações com nível intermediário de melhoramento $\bar{p} = 0,50$ ($N_e \cdot h = 17$)	5	75
	10	54
	20	40
	30	31
	40	27
	50	24
Populações melhoradas $\bar{p} = 0,67$ ($N_e \cdot h = 9$)	5	40
	10	29
	20	20
	30	16
	40	14
	50	13

FONTE: RESENDE; BARBOSA (2005)

NOTA: $N_e \cdot h$ – obtidos a partir de dados apresentados por Pereira; Vencovsky (1988)

ANEXO 6 - GANHOS GENÉTICOS* E ACURÁCIAS ASSOCIADAS A DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA O CARÁTER SOBREVIVÊNCIA

MÉTODO DE SELEÇÃO	ACURÁCIA	GANHO GENÉTICO (%)	SUPERIORIDADE SOBRE A MASSAL (EFICIÊNCIA)
Individual	0,40	2,14	1,00
Combinada	0,50	8,90	4,16
Índice Multifeitos	0,51	9,08	4,24
Entre progênes	0,41	8,70	4,07

FONTE: Resende (2002)

NOTA: *Considerando a seleção dos 36 melhores indivíduos