

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

JOSÉ ARIMATÉIA RABELO MACHADO

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA CONSERVAÇÃO E USO DA
Araucaria angustifolia (BERT.) O. KTZE EM TESTE DE PROCEDÊNCIAS E
PROGÊNIES**

Ilha Solteira
2018

JOSÉ ARIMATÉIA RABELO MACHADO

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA CONSERVAÇÃO E USO DA
Araucaria angustifolia (BERT.) O. KTZE EM TESTE DE PROCEDÊNCIAS E
PROGÊNIES**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Prof. Dr. MIGUEL LUIZ MENEZES FREITAS
Orientador

Prof. Dr. ANANDA VIRGINIA DE AGUIAR
Co-orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

M149v Machado, José Arimatéia Rabelo.
Viabilidade técnica e econômica da conservação e uso da *Araucaria angustifolia* (BERT.) o. ktze em teste de procedências e progênies / José Arimatéia Rabelo Machado. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018
98 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia.
Área de conhecimento: Sistema de Produção, 2018

Orientador: Miguel Luiz Menezes Freitas
Co-orientador: Ananda Virginia de Aguiar
Inclui bibliografia

1. Conífera. 2. Conservação ex stu. 3. Avaliação econômica. 4. Produção de sementes. 5. Diversidade genética. 6. Melhoramento genético.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Viabilidade técnica e econômica da conservação e uso de Araucaria angustifolia em teste de procedências e progênies

AUTOR: JOSÉ ARIMATÉIA RABÉLO MACHADO
ORIENTADOR: MIGUEL LUIZ MENÉZES FREITAS
COORIENTADORA: ANANDA VIRGÍNIA DE AGUIAR

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA, especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MIGUEL LUIZ MENEZES FREITAS
Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo / Instituto Florestal de São Paulo



Prof. Dr. OMAR JORGE SABBAG
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. RAFAEL SIMÕES TOMAZ
Coordenação de Engenharia Agrônoma / Faculdade de Ciência e Tecnologia de Dracena



Prof. Dr. VITOR CORRÊA DE MATTOS BARRETTO
Departamento de Agronomia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena



Profa. Dra. VALDERÊS APARECIDA DE SOUSA
Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento / EMBRAPA FLORESTAS

Ilha Solteira, 23 de agosto de 2018

DEDICO

A minha mãe Maria Socorro e ao meu pai Joaquim (*in memoriam*) pelo amor e exemplo de vida, a minha esposa Cristina e aos meus filhos Vinícius e Ana Júlia pelo amor, paciência e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me dar força, coragem, saúde nesses anos para vencer os obstáculos e concluir o trabalho.

Ao pesquisador Miguel Luiz Menezes Freitas pela orientação, pelo apoio, conselhos, incentivo e por confiar no meu trabalho.

À pesquisadora Ananda Virgínia de Aguiar pela co-orientação, por todos os ensinamentos partilhados, conselhos, paciência, acolhimento e por confiar no meu trabalho.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP) pela oportunidade de realizar o doutorado e pela infraestrutura oferecida, aos professores, pelos ensinamentos que contribuíram para a minha formação acadêmica e aos funcionários em especial, aos da pós-graduação pelos serviços prestados.

Ao Prof. Dr. Mário Luiz Teixeira de Moraes, por estar sempre à disposição, pelos conselhos e atenção dedicada.

A banca da qualificação composta por Prof. Dr. Antônio Lázaro Santana, Profa. Dra. Marcela Aparecida de Moraes e a banca da defesa composta por Prof. Dr. Omar Jorge Sabbag, Prof. Dra. Valderês Aparecida de Sousa, Prof. Dr. Rafael Simões Tomaz, Prof. Dr. Vitor Corrêa de Mattos Barreto e suplentes Prof. Dr. Mário Luiz Teixeira de Moraes, Profa. Dra. Camila Regina Baleroni Recco e Pesquisador Dr. Léo Zimback.

A Embrapa Floresta pelo uso e apoio do pessoal da biblioteca para revisão bibliográfica. Em especial ao Pesquisador Edilson Batista de Oliveira pelo apoio ao uso dos softwares SISArucaria e Planin. E a todos os outros membros da Embrapa Florestas, pelo acolhimento bem representado pelo Dr. Kalil.

Ao colega de doutorado Bruno Marchetti Souza pelos conhecimentos compartilhados e auxílio no uso e compreensão do software Selegen.

A todos os colegas que pude conviver durante as disciplinas do doutorado representados na figura emblemática do meu amigo José Cambuim.

Ao amigo e pesquisador Ananias Pontinha e toda a sua equipe da Estação Experimental de Itapeva, do Instituto Florestal, pelo apoio dado no resgate de informações sobre o experimento, no campo para a medição das árvores e na tabulação dos dados.

Aos pesquisadores do Instituto Florestal que me incentivaram a fazer o doutorado e me ajudaram das mais variadas formas. Em especial o Marcelo Zanata dando força para prosseguir e a Matê (Maria Teresa) por ter assumido a Seção de Bauru nos meus afastamentos para fazer as disciplinas e executar o projeto de pesquisa.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado.

RESUMO

Araucaria angustifolia (Bertol.) O. Kuntze ou pinheiro-do-paraná é uma espécie florestal fornecedora de madeira valiosa e sementes de alto valor nutritivo, mas considerada em risco de extinção. A manutenção de plantios com a finalidade de conservação da espécie é uma estratégia complementar para reduzir a possibilidade de erosão genética em seu habitat natural. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica da conservação genética da *Araucaria angustifolia* a partir de um teste de procedências e progênies, que será transformado em uma área de produção de sementes, com a finalidade de manter uma representação da base genética da espécie e fornecer material genético de qualidade para fins de produção de madeira e sementes. Estabeleceu-se o experimento em abril de 1982, na Estação Experimental de Itapeva, do Instituto Florestal, no Estado de São Paulo. O delineamento experimental adotado foi em blocos de famílias compactas com três repetições, cinco procedências (parcelas), 14 a 26 progênies/procedência (subparcelas), 10 plantas por subparcela e espaçamento de 3,0 x 2,0 metros. Avaliou-se o experimento aos 33 anos de idade tendo sido considerado os seguintes caracteres: sobrevivência (%), altura total (m), diâmetro à altura do peito (DAP, cm) e volume (m³). A análise genético-estatística do experimento com o auxílio do software Selegen estimou os parâmetros genéticos, conforme a metodologia do modelo linear misto univariado aditivo REML/BLUP (Restricted maximum likelihood/Best linear unbiased prediction). A viabilidade econômica foi avaliada a partir dos cenários de produção e manejo, obtidos com o auxílio do software SISAraucaria, e da estimação dos parâmetros econômicos pelo software Planin. Os parâmetros genéticos indicaram boas condições tanto para a conservação quanto para o melhoramento, sugerindo haver viabilidade técnica para a transformação do teste em uma área de produção de sementes. Os parâmetros econômicos indicaram viabilidade da conservação, com a exploração da madeira, apesar do baixo crescimento e manejo inadequado do experimento. A exploração conjunta de madeira e pinhão se revelou uma estratégia altamente rentável, viável e recomendável, considerando os parâmetros econômicos estimados. A produção de sementes com qualidade genética superior poderá subsidiar novos plantios com maior produtividade do que à encontrada na população atual. Conclui-se que a conservação genética da araucária pelo uso é uma estratégia de conservação *ex situ* viável técnica e economicamente.

Palavras-chave: Pinheiro-do-paraná. Avaliação econômica. Conservação genética. Economia florestal.

ABSTRACT

Araucaria angustifolia (Bertol.) O. Kuntze is a kind forest species supplier wooden valuable and seeds of recognized nutritional value, however considered threatened on extinction. Plantations maintenance with species conservation purpose is a complementary strategy to reduce genetic erosion in natural areas. So, the aim of this work was to evaluate technical and economic viability of *Araucaria angustifolia* genetic conservation by the use. The analyzed provenance and progeny test was established in 1982 at Itapeva Experimental Station – São Paulo State, from Forestry Institute, following a compact family blocks design with 110 open-pollinated progenies, from five natural populations, three replicates, ten plants per subplot, spaced from 3,0 x 2,0 meters. At age 33 the trial was measured for following traits: total height, diameter at breast height (DBH), wood volume and survival. The variance components and genetic parameters estimates were performed by REML/BLUP methods (Restricted maximum likelihood/Best linear unbiased prediction) using Selegen software. The production and management scenarios were obtained by using SisAraucaria software. Sensitivity analysis and economic parameters estimates were obtained through several methods of economic evaluation using the Planin software. In general, genetic parameters indicated that the evaluated population has enough variability for both conservation and breeding, and it suggests a technical viability use in seedling seed orchard. The economic parameters indicated viability of conservation with wood exploitation, despite the low growth and the inadequate trial management. Exploitation of both: wood and seeds has proved to be a highly profitable, viable and recommended strategy facing the excellent estimates of economic parameters. The production of seeds with genetic quality may also support new plantations with higher productivity than those from current population. In conclusion, the araucaria genetic conservation by use is an technically and economic viable ex situ conservation strategy.

Keywords: Parana-pine. Economic evaluation. Genetic conservation. Forest economics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Relação entre custo unitário de conservação e número de plantas de uma coleção.	28
Figura 2	- Teste de procedências e progênies de <i>A. angustifolia</i> em Itapeva, SP.	31
Figura 3	- Estróbilo masculino e pinha das árvores do experimento.	39
Figura 4	- Ganho na seleção por número de indivíduos conforme o método de seleção: individual (Si), entre progênies (Se) e dentro de progênies (Sd) em um teste de procedências e progênies de <i>A. angustifolia</i> aos 33 anos de idade em Itapeva, SP.	52
Figura 5	- Diversidade por número de indivíduos conforme o método de seleção: individual (Si), entre progênies (Se) e dentro de progênies (Sd) em um teste de procedências e progênies de <i>A. angustifolia</i> aos 33 anos de idade, em Itapeva, SP.	53
Figura 6	- Otimização com base no método de seleção individual e diferentes intensidades de seleção.	54
Figura 7	- Otimização com base no método de seleção entre progênies e diferentes intensidades de seleção.	55
Figura 8	- Otimização com base no método de seleção dentro de progênies e diferentes intensidades de seleção.	55
Figura 9	- Tendência do Valor Presente Líquido (VPL) dos cenários de produção de madeira, em função de diferentes Taxas de Atratividade em um teste de procedências e progênies de <i>A. angustifolia</i> aos 33 anos de idade, em Itapeva, SP.	61
Figura 10	- Tendência do Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA) dos cenários de produção de madeira, em função de diferentes Taxas de Atratividade em um teste de procedências e progênies de <i>A. angustifolia</i> aos 33 anos de idade, em Itapeva, SP.	61
Figura 11	- Tendência da Razão Benefício Custo (B/C) dos cenários de produção de madeira, em função de diferentes Taxas de Atratividade em um teste de procedências e progênies de <i>A. angustifolia</i> aos 33 anos de idade, em Itapeva - SP.	62
Figura 12	- Tendência do Valor Presente Líquido (VPL) dos cenários de produção de madeira e pinhão, em função de diferentes Taxas de Atratividade em um teste de procedências e progênies de <i>A. angustifolia</i> aos 33 anos de idade, em Itapeva, SP.	65

- Figura 13** - Tendência do Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA) dos cenários de produção de madeira e pinhão, em função de diferentes Taxas de Atratividade em um teste de procedências e progênies de *A. angustifolia* aos 33 anos de idade, em Itapeva, SP. 66
- Figura 14** - Tendência da Razão Benefício Custo (B/C) dos cenários de produção de madeira e pinhão, em função de diferentes Taxas de Atratividade em um teste de procedências e progênies de *A. angustifolia* aos 33 anos de idade, em Itapeva - SP. 66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Informações geográficas e climáticas das procedências amostradas.	30
Tabela 2	- Análise de deviance para os caracteres de crescimento e sobrevivência em um teste de procedências e progênes de <i>A. angustifolia</i> em Itapeva–SP aos 33 anos.	45
Tabela 3	- Médias dos caracteres de crescimento e sobrevivência em um teste de procedências e progênes de <i>A. angustifolia</i> , avaliado aos 33 anos de idade, em Itapeva - SP.	46
Tabela 4	- Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de crescimento e sobrevivência em um teste de procedências e progênes de <i>A. angustifolia</i> aos 33 anos de idade em Itapeva, SP.	48
Tabela 5	- Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de crescimento e sobrevivência dentro das procedências de <i>A. angustifolia</i>	51
Tabela 6	- Otimização entre Ganho e Diversidade conforme o Método de Seleção adotado para transformar o teste de procedências e progênes de <i>A. angustifolia</i> em uma área de produção de sementes aos 33 anos de idade, em Itapeva, SP.	56
Tabela 7	- Volume de Madeira Desbastada (VD_{33}) e IMA aos 33 anos, Volume de Madeira de Corte Final (VCF_{40}) e IMA aos 40 anos, Volume de Madeira Total (VMT), em m^3 , por cenário.	56
Tabela 8	- Volume de Madeira Desbastada (VD_{33}), Volume de Madeira de Corte Final (VCF_{40}), em m^3 , conforme o cenário e a classe de DAP.	57
Tabela 9	- Estimativas de parâmetros econômicos para a produção de madeira baseado na otimização entre G_S e D para três métodos de seleção de indivíduos em um teste de procedências e progênes de <i>A. angustifolia</i> aos 33 anos de idade, em Itapeva, SP.	59
Tabela 10	- Estimativas de parâmetros econômicos para a produção de madeira e pinhão baseado na otimização entre G_S e D para três métodos de seleção de indivíduos de <i>A. angustifolia</i> .	63

ANEXOS

Tabela 1A	- Variâncias para caracteres de crescimento e sobrevivência em teste de procedências e progênes de <i>A. angustifolia</i> aos 33 anos de idade em Itapeva, SP.	79
Tabela 2A	- Crescimento e produção de <i>A. angustifolia</i> em teste de procedências e progênes, em Itapeva, SP.	80
Tabela 3A	- Sortimento para árvores removidas no corte final (33 anos) de <i>A. angustifolia</i> em teste de procedências e progênes, em Itapeva, SP.	81
Tabela 4A	- Cenário ótimo individual, crescimento e produção de <i>A. angustifolia</i> em teste de procedências e progênes, desbaste de 1.091 árvores aos 33 anos, em Itapeva, SP.	82
Tabela 5A	- Cenário ótimo individual, sortimento para 1.091 árvores removidas no desbaste (33 anos) de <i>A. angustifolia</i> em teste de procedências e progênes, em Itapeva, SP.	83
Tabela 6A	- Cenário ótimo individual, sortimento para 375 árvores removidas no corte final (40 anos) de <i>A. angustifolia</i> em teste de procedências e progênes, em Itapeva, SP.	84
Tabela 7A	- Cenário ótimo entre progênes, crescimento e produção de <i>A. angustifolia</i> em teste de procedências e progênes, desbaste de 884 árvores aos 33 anos, em Itapeva, SP.	85
Tabela 8A	- Cenário ótimo entre progênes, sortimento para 884 árvores removidas no desbaste (33 anos) de <i>A. angustifolia</i> em teste de procedências e progênes, em Itapeva, SP.	86
Tabela 9A	- Cenário ótimo entre progênes, sortimento para 582 árvores removidas no corte final (40 anos) de <i>A. angustifolia</i> em teste de procedências e progênes, em Itapeva, SP.	87
Tabela 10A	- Cenário ótimo dentro de progênes, crescimento e produção de <i>A. angustifolia</i> em teste de procedências e progênes, desbaste de 1.356 árvores aos 33 anos, em Itapeva, SP.	88

Tabela 11A	- Cenário ótimo dentro de progênies, sortimento para 1.356 árvores removidas no desbaste (33 anos) de <i>A. angustifolia</i> em teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	89
Tabela 12A	- Cenário ótimo dentro de progênies, sortimento para 110 árvores removidas no corte final (40 anos) de <i>A. angustifolia</i> em teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	90
Tabela 13A	- Volume de Aquisição da Floresta (VAF) para os cenários otimizados (individual, entre progênies, dentro de progênies), em m ³ .	91
Tabela 14A	- Fluxo de receitas e custos em reais para corte final da madeira após 7 anos da aquisição da floresta, cenário ótimo individual do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	92
Tabela 15A	- Relatório de custos em reais para corte final da madeira após 7 anos da aquisição da floresta, cenário ótimo individual do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	92
Tabela 16A	- Fluxo de receitas e custos em reais para corte final da madeira após 7 anos da aquisição da floresta, cenário ótimo entre progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	93
Tabela 17A	- Relatório de custos em reais para corte final da madeira após 7 anos da aquisição da floresta, cenário ótimo entre progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	93
Tabela 18A	- Fluxo de receitas e custos em reais para corte final da madeira após 7 anos da aquisição da floresta, cenário ótimo dentro de progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	94
Tabela 19A	- Relatório de custos em reais para corte final da madeira após 7 anos da aquisição da floresta, cenário ótimo dentro de progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	94

Tabela 20A	- Fluxo de receitas e custos em reais para produção de pinhão com corte raso da floresta após 7 anos, cenário ótimo individual do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	95
Tabela 21A	- Relatório de custos em reais para produção de pinhão com corte raso da floresta após 7 anos, cenário ótimo individual do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	95
Tabela 22A	- Fluxo de receitas e custos em reais para produção de pinhão com corte raso da floresta após 7 anos, cenário ótimo entre progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	96
Tabela 23A	- Relatório de custos em reais para produção de pinhão com corte raso da floresta após 7 anos, cenário ótimo entre progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	96
Tabela 24A	- Fluxo de receitas e custos em reais para produção de pinhão com corte raso da floresta após 7 anos, cenário ótimo dentro de progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	97
Tabela 25A	- Relatório de custos em reais para produção de pinhão com corte raso da floresta após 7 anos, cenário ótimo dentro de progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.	97
Tabela 26A	- Levantamento do valor de terra nua, EDR – Itapeva, em R\$/ha, 06/2017, em Itapeva, SP.	98
Tabela 27A	- Arrendamento em dinheiro em R\$/ha.ano, levantamento em 11/2015, EDR – Itapeva (15 municípios), SP.	98

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	DESCRIÇÃO GERAL DA ARAUCÁRIA	19
2.2	CONSERVAÇÃO E MELHORAMENTO GENÉTICO	21
2.2.1	A degradação ambiental e a necessidade de conservação	21
2.2.2	Conservação <i>in situ</i> da araucária	23
2.2.3	Conservação <i>ex situ</i> da araucária	24
2.3	ASPECTOS SILVICULTURAIS	25
2.4	ASPECTOS ECONÔMICOS DA CONSERVAÇÃO DA ARAUCÁRIA	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	AMOSTRAGEM E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	30
3.2	ESTIMATIVAS DE COMPONENTES DE VARIÂNCIA E PARÂMETROS GENÉTICOS	33
3.3	CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS DE CONSERVAÇÃO	35
3.4	PRODUÇÃO E MANEJO	36
3.4.1	Produção de madeira	37
3.4.2	Produção de pinhão	37
3.5	AVALIAÇÃO ECONÔMICA	39
3.5.1	Custos e receitas	39
3.5.2	Parâmetros de avaliação econômica	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1	ANÁLISE DE DEVIANCE	45
4.2	CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA	
4.3	ANÁLISE GENÉTICA-ESTATÍSTICA	45
4.3.1	Análise individual ignorando o efeito das procedências	47
4.3.2	Análise individual considerando o efeito das procedências	50

4.4	INTENSIDADE DE SELEÇÃO, GANHO E DIVERSIDADE	51
4.5	INTENSIDADE DE SELEÇÃO, GANHO E DIVERSIDADE	53
4.6	CENÁRIOS OTIMIZADOS PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA	56
4.7	AVALIAÇÃO ECONÔMICA DOS CENÁRIOS OTIMIZADOS	57
4.7.1	Avaliação econômica do cenário com produção de madeira	57
4.7.2	Análise de sensibilidade dos cenários com produção de madeira	60
4.7.3	Avaliação econômica do cenário para a produção de madeira e pinhão	62
4.7.4	Análise de sensibilidade dos cenários com produção de madeira e pinhão	64
4.8	O CUSTO DA CONSERVAÇÃO <i>EX SITU</i> E <i>IN SITU</i> DA ARAUCÁRIA	67
5	CONCLUSÕES	69
	REFERÊNCIAS	70
	ANEXOS	

1 INTRODUÇÃO

Informações sobre a viabilidade econômica para a conservação de uma espécie nativa fora do seu habitat, bem como o retorno econômico da formação de uma área de produção de sementes para atender diferentes finalidades de plantio, ainda são pouco ressaltadas em trabalhos técnicos-científicos. Há carência de estudos sobre o valor econômico gerado por futuras florestas formadas com material genético nativo melhorado ou a própria área de conservação para a produção de sementes.

Inúmeras espécies florestais nativas estão sendo perdidas com o aumento da fragmentação das áreas podendo levá-las à extinção (FRANKHAM et al., 2008). A Floresta Ombrófila Mista (FOM) ou Floresta com Araucária ocupava 20 milhões de hectares principalmente na região Sul do Brasil (REITZ; KLEIN, 1966). Segundo Guerra et al. (2002), a exploração predatória fez com que restassem entre 2 e 4 % da sua área original. Esses percentuais podem ser ainda mais críticos e a FOM pode estar no limiar do seu desaparecimento (SONEGO; BACKES; SOUZA, 2007), compreendendo entre 1 e 2 % da sua área original (KOCH; CORRÊA, 2002; GUERRA et al., 2002). Portanto, a valoração do potencial econômico, social e ambiental não está sendo estimada.

A transformação de uma espécie da biodiversidade em um recurso de valor econômico requer investimentos vultosos e longo tempo de maturação, o que inibe uma maior prospecção dos recursos florestais brasileiros com potencial para atender às necessidades humanas (CLEMENT, 2001; CLEMENT et al., 2005). Dentro desse contexto, a araucária, por seu nítido papel ecológico, social e econômico, assim como a exploração predatória de suas populações naturais por várias décadas, pode ser usada como modelo nesse estudo.

A fragmentação das populações de araucária causada pelo intenso desmatamento do Bioma Mata Atlântica fez com que esta espécie arbórea, de alto valor comercial, fosse enquadrada em perigo de extinção (BRASIL, 2016). Também incluída na lista de espécies ameaçadas de extinção, a “Red List” da IUCN (The World Conservation Union). Entre as subdivisões da Mata Atlântica, a Floresta Ombrófila Mista é também conhecida como Floresta com Araucária, devido à presença marcante da araucária (VELOSO et al., 1991). Do ponto de vista biológico, a conservação de populações em seu habitat é mais adequada porque não

interrompe o processo evolutivo (LLERAS, 1992). No entanto, tal medida implica em altos custos, além do risco de ser insuficiente, diante da pressão social e econômica para ocupação destas áreas.

A conservação *ex situ* é uma estratégia complementar muito adequada para garantir a conservação de determinada espécie. Os recursos para estabelecer essa estratégia correspondem em torno de 1 % dos recursos financeiros gastos na conservação *in situ* (LI; PRITCHARD, 2009). Para essa espécie é muito importante medida complementar à conservação *in situ* visto que muitas áreas onde a espécie ocorre naturalmente estão pressionadas a se extinguir devido ao desenvolvimento agropecuário, dentre outros fatores.

A araucária, apesar de ser a espécie nativa mais estudada para fins de conservação genética *in situ* e *ex situ*, carece de um programa de melhoramento genético sólido para essa espécie (SOUSA; AGUIAR, 2012). A conservação do material genético pelo uso é uma medida efetiva para embasar as políticas públicas quanto à produção. O melhoramento genético participativo, como vem sendo proposto pela Embrapa e seus parceiros (Instituto Florestal do Estado de São Paulo, agricultores e empresas) também pode colaborar para conservação da espécie.

Com a crescente demanda por sementes de espécies nativas, principalmente para projetos de recuperação de áreas degradadas, recomposição da Reserva Legal e Área de Preservação Permanente, os projetos de conservação e melhoramento florestal da araucária são importantes para o abastecimento do mercado com sementes de qualidade. Além disso, contribui substancialmente para reduzir a pressão ambiental sobre os remanescentes, e, conseqüentemente a erosão genética. A conservação *ex situ*, na forma de teste de procedências e progênies, pode propiciar o estudo contínuo de diferentes procedências reunidas em um único local, além de poderem ser transformados em áreas de produção de sementes.

Pressupõe-se que os custos para conservação *ex situ* da espécie sejam menores que os da conservação *in situ* pelo fato da última necessitar de grandes áreas. Além disso, a coleta de sementes nas áreas *in situ* para diferentes propostas é muito dispendiosa. A conservação genética *ex situ* de uma espécie apresenta uma série de vantagens, principalmente no quesito de redução de gastos com a coleta de sementes, material com boa qualidade genética prontamente disponível para uso, entre outras. As simulações de cenários financeiros, com base nos diferentes

padrões de populações, poderá nortear a melhor conservação da espécie, bem como gerar retornos financeiros consideráveis para diferentes usos.

Diante disso, o objetivo geral desta pesquisa foi realizar uma avaliação técnica e econômica de uma população de araucária com a finalidade de conservação genética, uso da madeira e do pinhão (área de produção de sementes) e melhoramento genético com base em parâmetros genéticos e econômicos.

Os objetivos específicos foram: estimar os componentes de variância e os parâmetros genéticos da população; identificar e selecionar os genótipos mais produtivos para se propor um desbaste seletivo a fim de transformar esse teste de procedências e progênies (TPP) em uma Área de Produção de Sementes(APS); estimar os ganhos genéticos obtidos em várias combinações de métodos e intensidades de seleção da população estudada; estimar os parâmetros de viabilidade econômica da conservação *ex situ* para a população com desbaste seletivo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DESCRIÇÃO GERAL DA ARAUCÁRIA

Araucaria angustifolia (Bert.) O. Kuntze é a denominação científica, de acordo com o Sistema de Classificação de Engler, dada a uma das mais relevantes espécies arbóreas da flora brasileira. Dentre os nomes populares destacam-se: pinheiro-do-paraná, pinheiro, pinho, pinheiro brasileiro, araucária, etc (LORENZI, 1992; CARVALHO, 2002). A araucária é uma gimnosperma da Família Araucariaceae cujo gênero *Araucaria* é o mais diversificado e amplamente distribuído no Hemisfério Sul (SETOGUCHI et al., 1998). Na América do Sul ocorrem duas espécies filogeneticamente próximas: *Araucaria angustifolia* e *Araucaria araucana* (KERSHAW; WAGSTAFF, 2001), sendo que a primeira ocorre naturalmente no Brasil e em pequenas manchas na região de Misiones, Argentina e no Paraguai (GUERRA et al., 2008).

No Brasil, as florestas com esta espécie ocupavam cerca de 18,5 milhões de hectares, distribuídos principalmente na região Sul, pelos estados do Paraná (40 %), Santa Catarina (31 %), Rio Grande do Sul (25 %), São Paulo (3 %) e o restante nas regiões altas de Minas Gerais e Rio de Janeiro (1 %). Distribuída naturalmente no Brasil entre altitudes de 500 a 2.300 metros, latitude de 19°15'S (Conselheiro Pena - MG) a 31°30'S (Canguçu - RS) e longitude de 41°30'W a 54°30'E (CARVALHO, 2002).

É considerada uma espécie secundária longeva (140 a 250 anos) com comportamento pioneiro (IMAGUIRE, 1979), porque avança sobre os campos para formar novos capões com composição variando conforme as condições edafoclimáticas. A fisionomia da vegetação é marcada por esta espécie emergente com fraca regeneração natural em ambientes pouco perturbados (CARVALHO, 2002). Planta heliófita, busca o dossel da floresta e associa-se com espécies dos gêneros *Ilex*, *Ocotea* e *Podocarpus* que ocupam o extrato abaixo das copas do pinheiral (HERTEL, 1980). Espécie característica e exclusiva da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), nas formações Aluvial (galeria), Submontana, Montana e Alto-Montana (VELOSO et al., 1991).

O desenvolvimento da araucária pode ser visualizado pela transformação da sua copa: cônica, umbela e caliciforme (NOGUEIRA; SEITZ, 1990). As plantas

juvêns possuem copa cônica com dois a três ramos. A partir do desenvolvimento do terceiro verticilo em diante começam a esboçar a forma piramidal e a medida que a planta vai crescendo, ocorre a desrama natural conforme o local: mata, borda ou campo (REITZ; KLEIN; REIS, 1978; MATTOS, 1994). Na fase adulta, a araucária assume aspecto original e diferenciado das demais árvores por causa das suas ramificações em forma de taça no dossel da Floresta. O porte das árvores atinge de 10 a 35 m de altura e 50 a 120 cm de DAP, podendo atingir 50 m de altura e 250 cm ou mais de DAP (CARVALHO, 2002).

Os indivíduos dessa espécie apresentam sexos separados (dioícia) com as estruturas reprodutoras organizadas em estróbilos masculinos e femininos (pinhas), mas podem ocorrer casos de árvores monóicas devido a doenças ou traumas (CARVALHO, 2002). A determinação da proporção sexual da araucária têm sido objetivo de vários estudos (SOUSA; ROBINSON; HATTEMER, 2004; ZANON; FINGER; SCHNEIDER, 2009; FIGUEIREDO FILHO et al., 2015). A proporção de indivíduos masculinos e femininos de araucária tem se mostrado significativamente equilibrada (1:1) em distintos povoamentos naturais e plantados (SOUSA, 2001; PALUDO et al., 2009).

O período de reprodução, liberação do pólen dos cones masculinos e recepção deles pelos estróbilos femininos, ocorre nos meses de setembro a outubro (LORENZI, 1992), porém, a polinização pode se estender até dezembro, sendo realizada principalmente pelo vento (MATTOS, 1994). A sexagem é feita entre 10 a 15 anos. Dois anos após a polinização, as pinhas ficam maduras, de fevereiro até dezembro, conforme a variedade (CARVALHO, 2002), mas o ciclo reprodutivo completo dura cerca de 4 anos (SHIMOYA, 1962).

Os tipos climáticos (Koppen) de ocorrência da araucária são: temperado úmido (Cfb – preferencialmente), subtropical úmido (Cfa) e subtropical de altitude (Cwb) (CARVALHO, 2002). A precipitação pluvial média anual é de 1.400 a 2.300 mm (Região Sul) e entre 1.200 e 2.000 mm (Região Sudeste). As precipitações na Região Sul são uniformemente distribuídas, na maior parte de sua área; já a Região Sudeste apresenta chuvas periódicas, concentradas no verão. Não há deficiência hídrica na Região Sul e na Região Sudeste é de pequena a moderada no inverno. As temperaturas médias anuais variam de 13,2 °C (São Joaquim, SC) a 21 °C (Cianorte, PR); de 8,2 °C (Campos do Jordão, SP) a 17,3 °C (Cianorte, PR), no mês

mais frio; e, de 17,2 °C (São Joaquim, SC) a 24,6 °C (Cianorte, PR), no mês mais quente (CARVALHO, 2002).

As condições do solo podem ser fator limitante à viabilidade do reflorestamento com araucária. A enorme diferença observada no desenvolvimento dos plantios, dentro da área natural de ocorrência ou de uma mesma propriedade, é devido tanto a fertilidade química quanto a estrutura física do solo, em especial a sua profundidade (CARVALHO, 2002). A espécie apresenta melhor desenvolvimento nos solos argilosos, ricos em matéria orgânica e bem drenados (BASSO, 2010). Em relação a outras coníferas, a araucária necessita de solos mais férteis com uma boa disponibilidade de nutrientes para atender ao seu potencial de desenvolvimento (HANDRO; FERREIRA, 1986).

Segundo Hoog (1981), o sítio ideal para o desenvolvimento das plantas seria aquele após a ocorrência de uma vegetação de floresta, solos com horizonte A bem desenvolvido, com alto conteúdo de cálcio e magnésio, ou alta percentagem de saturação de bases, profundos, friáveis, porosos, bem drenados, com boa capacidade de retenção de água e de textura franca a argilosa. Solos com profundidade inferior a 1,0 m prejudicam o crescimento, mas não a regeneração natural. Um lençol freático alto, inferior a 90 cm, restringe o desenvolvimento das plantas (BOLFONI et al., 1980).

2.2 CONSERVAÇÃO E MELHORAMENTO GENÉTICO

2.2.1 A degradação ambiental e a necessidade de conservação

A Mata Atlântica é o bioma brasileiro onde vivem cerca de 120 milhões de brasileiros e são gerados 70% do PIB. Atualmente, os remanescentes da vegetação nativa estão reduzidos a 22% da cobertura original, mas apenas 8,5% estão bem conservados em fragmentos acima de 100 hectares. Mesmo assim, estima-se que existam 20.000 espécies vegetais (mais do que América do Norte ou Europa), o que a torna uma das regiões mais ricas do mundo em biodiversidade e altamente prioritária para a conservação a nível global (BRASIL, 2016).

O “Bioma Mata Atlântica” é a somatória de um conjunto de formações florestais e ecossistemas associados que se estendem originalmente por 1.300.000 Km² em 17 estados do território brasileiro (BRASIL, 2017). Dentre estas formações

florestais, a Floresta Ombrófila Mista é uma das mais ameaçadas com apenas 1 % de florestas remanescentes. No Estado do Paraná, onde esta formação é característica, os índices de desmatamento voltaram a subir pelo segundo ano consecutivo, no período de 2015 a 2016 (WORLD WILDLIFE FUND'S- WWF, 2017).

A Floresta Ombrófila Mista é também conhecida como Floresta com Araucária devido à presença marcante da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze ou Pinheiro-do-paraná (VELOSO et al., 1991). Esta espécie madeireira de valor comercial é considerada “Em Perigo (EN)”, segundo a lista nacional das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção (BRASIL, 2016); também está incluída na lista de espécies ameaçadas de extinção, a “Red List” da IUCN (The World Conservation Union). Diante disso, os remanescentes existentes precisam ser conservados a fim de se evitar o desaparecimento da espécie pela perda dos seus recursos genéticos.

A conservação de espécies arbóreas florestais é possível a partir da conservação *in situ* e *ex situ*. No primeiro caso, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) recomenda um mínimo de 10 % de áreas conservadas. Atualmente, no Brasil, as áreas integrantes do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC estão distribuídas em todos os biomas e abrangem aproximadamente 17 % do território nacional (WWF, 2008). Já a conservação *ex situ* do material genético das espécies pode ser feita de várias formas dentre as quais: coleções vivas (banco ativo de germoplasma), armazenamento de sementes, bancos clonais, conservação de pólen, cultura de tecidos e meristemas, etc.

De maneira geral, há precariedade dos programas brasileiros na conservação *in situ* e, por outro lado, os projetos de conservação *ex situ* são bem sucedidos (GRIFFITH, 1987). Algumas entidades preocupadas com a situação atual têm se empenhado para garantir a manutenção da variabilidade genética das populações remanescentes a partir de ações de conservação *in situ* e *ex situ* (SOUSA-LANG; PINTO JUNIOR, 1997). A formação de bancos de germoplasma *in situ* e *ex situ* de araucária possibilitou que esta espécie nativa brasileira se tornasse a mais estudada em termos de conservação e melhoramento dos recursos genéticos (CARVALHO, 2002).

2.2.2 Conservação *in situ* da araucária

Uma grande preocupação em relação à conservação *in situ* de araucária é que o reduzido tamanho efetivo populacional nos fragmentos aumenta a endogamia e a perda de alelos devido à deriva genética e conduz a gerações cada vez mais frágeis no futuro (SHIMIZU et al., 2000). Além disso, o rompimento da dinâmica de regeneração, amadurecimento e reprodução pode estar inviabilizando muitos dos remanescentes com araucária, levando-os à extinção (SOUZA, 2006).

Os trabalhos técnico-científicos nas populações remanescentes com araucária que visavam determinar a variação genética dentro e entre populações eram poucos até 1980 (KAGEYAMA; JACOB, 1980). Mesmo assim, pode-se ratificar a existência de altos níveis de variação genética entre as procedências estudadas que cobriam grande parte da ocorrência natural da espécie (FAHLER; DI LUCCA, 1980; KAGEYAMA; JACOB, 1980; MONTEIRO; SPELTZ, 1980; SHIMIZU; HIGA, 1980; TIMONI et al., 1980; SHIMIZU, 1999). A ampla distribuição da araucária e o seu isolamento foram fatores primordiais para a diferenciação em raças geográficas ou ecótipos (CARVALHO, 1994).

Estudos mais recentes sobre a genética de populações foram realizados (SHIMIZU et al., 2000; SOUSA, 2001; AULER, 2002; MANTOVANI et al., 2006; PUCHALSKI et al., 2006; STEFENON, 2007; BITTENCOURT; SEBBENN, 2007) visando aumentar o conhecimento sobre os parâmetros genéticos das populações naturais. Contudo, em razão da ampla área de ocorrência da espécie, há necessidade da realização de mais pesquisas para embasar as políticas públicas de conservação (SOUSA et al., 2010).

A recuperação dos remanescentes florestais com araucária, de maneira a se alcançar uma conservação *in situ* efetiva, implica no estabelecimento de mecanismos de gestão territorial que não onerem a região de influência de tal modo que prejudiquem o crescimento econômico (PIRES; ZENI JUNIOR; GAULKE, 2012). Além disso, a conservação da espécie deve considerar o mapa de vulnerabilidade (WREGGE et al., 2009) já que a araucária poderá ser afetada fortemente pelas mudanças climáticas.

A conservação *in situ* procura manter parte da variabilidade genética de uma espécie no seu ambiente natural (SEBBENN, 2003). No caso da araucária, devido a sua resposta negativa às mudanças climáticas, pressão socioeconômica, restrição

legal ao uso da espécie e baixa regeneração natural, a conservação *ex situ* é uma medida complementar fundamental para evitar a perda de parte da variabilidade genética e o desaparecimento da espécie.

2.2.3 Conservação *ex situ* da araucária

A redução da pressão sobre remanescentes nativos passa necessariamente não só pela implantação de novas áreas de conservação *in situ*, mas também pelo incentivo aos novos programas de melhoramento genético e o estabelecimento de plantios com parceiros locais (SOUSA et al., 2010). Tais plantios poderiam servir como uma alternativa segura para a conservação. A implantação de populações com sistema de produção florestal manejado ou como bancos ativos de germoplasma podem servir de reserva de material genético para futuras plantações ou regenerações naturais (SHIMIZU; JAEGER; SOPCHAKI, 2000).

No contexto da conservação pelo uso ou conservação “*on farm*” (na propriedade) é importante valorizar e viabilizar a utilização dos produtos não madeiráveis (SOUZA et al., 2010). Quando agricultores se interessam pelo cultivo da araucária para a produção do pinhão, o uso deste importante recurso genético da Floresta Ombrófila Mista caracteriza a conservação pelo uso enquanto o interesse persistir (CLEMENT et al., 2007).

A conservação pelo uso ou conservação “*on farm*” é uma das formas de conservação *ex situ* que tem se mostrado mais efetiva no mundo para a manutenção do patrimônio genético de uma espécie (SOUSA et al., 2010). Contudo, essa modalidade sozinha não pode garantir o suprimento das necessidades para futuros programas (SOUSA; AGUIAR, 2012).

Uma possível estratégia de conservação genética da espécie é a conservação *ex situ* a partir da transformação de um teste de progênies e/ou procedências de primeira geração em uma Área de Produção de Sementes (CARVALHO, 2002). Nesta situação deve se evitar desbastes acima de 50% para cada sexo, pois podem comprometer a representatividade genética das amostragens obtidas nas populações naturais (HIGA et al., 1992). Na década de 1980, vários testes de procedências e progênies foram instalados nos estados de São Paulo e Paraná pela EMBRAPA FLORESTAS e parceiros. Após avaliação genética e

seleção de matrizes, houve o desbaste seletivo com a transformação dos testes em áreas de produção de sementes (SOUSA; AGUIAR, 2012).

2.3 ASPECTOS SILVICULTURAIS

A araucária pode ser plantada tanto em plantios puros quanto em sistemas agroflorestais. Nos plantios puros, a pleno sol, responde satisfatoriamente quando plantada em solos com boa fertilidade química (CARVALHO, 2002). Nos sistemas agroflorestais, o seu sistema radicular pouco competitivo e folhagem permeável à radiação solar, favorece as condições para a associação com culturas e pastagens; desde que respeitados os arranjos espaciais adequados e com regime de manejo planejado para a produção de madeira e/ou sementes (SOUSA et al., 2010). No caso da regeneração, o método mais adequado é a semeadura direta no campo com uma superlotação inicial (6 a 12 mil sementes/ha) e posterior seleção das plantas mais vigorosas (CARVALHO, 2002).

Segundo Zanette et al., (2010), para a produção de pinhão, a principal recomendação de manejo é plantar em espaçamento de 10 x 10 m e não efetuar desbaste de ramos (ZANETTE et al., 2010). Já para as pesquisadoras Ananda Virginia de Aguiar e Valderês Aparecida de Sousa, da EMBRAPA FLORESTAS (Informação verbal, 10 de dezembro de 2017), deve-se plantar em espaçamento de 5 x 5 m e efetuar desbaste logo em torno de 10 a 15 anos quando se inicia o desenvolvimento de estruturas reprodutivas. O desenvolvimento de tecnologia para se realizar a sexagem das plantas antes do desbaste, seria muito indicado.

Quando o plantio visa a produção de toras é recomendado um espaçamento de 2,5 x 2,0 m (2000 plantas/ha) com 5 desbastes e corte final aos 40 anos (DANNER et al., 2012). Em plantios com superlotação de plantas é feita a semeadura direta na cova; às vezes, com 3 sementes por cova e depois é realizado um super-raleio.

No caso de espaçamentos mais largos no plantio da araucária para a produção de pinhão, como sugerido por Zanette et al., (2010), deve-se estar atento ao controle de plantas daninhas e aos seus custos. Um estudo, no planalto serrano de Santa Catarina, constatou que árvores isoladas que crescem em campo aberto formam galhadas maiores porque não tem outras plantas para competir por luz e atingem uma estatura menor do que em capões fechados. São árvores próprias para

a produção de pinhões, apesar da qualidade inferior da madeira devido à presença de muitos nós (GUERRA et al., 2002).

2.4 ASPECTOS ECONOMICOS DA CONSERVAÇÃO DA ARAUCÁRIA

A importância da araucária para a região Sul do Brasil não se limita à economia. Nos dias atuais, história, cultura, hábitos e artes, em várias áreas dessa região, ainda são influenciados pela araucária. Durante a Segunda Guerra Mundial, a madeira da araucária liderou as exportações do Estado do Paraná e foi fundamental para o processo de industrialização dos estados do Sul do Brasil. Por volta de 1940, o ciclo econômico da araucária terminou, mas deixou como legado a formação da indústria madeireira, como fábricas de fósforos, de caixas e de móveis. Após o conflito mundial, as áreas desmatadas foram substituídas pelo café no Paraná (SOUSA et al., 2010). Até a década de 1970 foi componente importante na economia Catarinense (ZECHINI et al., 2012).

A exploração predatória da araucária levou ao esgotamento das reservas naturais dizimando a Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) para menos de 1 % da sua área original. Atualmente, várias restrições têm sido impostas à exploração desse bioma, especialmente de sua principal espécie, a *Araucaria angustifolia* (SOUSA et al., 2010). O risco de infringir leis ambientais tem levado a preferência da madeira do pinus em relação a araucária pelos mercados (AQUINO, 2005). Em razão da necessidade urgente de conservação dos recursos genéticos, o incentivo a produção do pinhão pode ser uma alternativa de sucesso para evitar o desaparecimento da araucária.

A restrita disponibilidade de populações naturais de araucária tem sido um dos fatores de dificuldade para a conservação *in situ* que tem sido agravada pelo alto custo de manutenção de áreas extensas e sob pressão social para outros usos (CARVALHO, 2002). As reservas da diversidade genética têm importância econômica porque melhoram, aumentam e sustentam a produção atual e das agroindústrias; provêm os recursos básicos para o desenvolvimento de novos produtos de valor para a humanidade (medicina, alimentação etc.) e; para prevenção contra o colapso de indústrias básicas para o homem (TISDEL, 1991).

Além disso, certas características desejáveis da espécie (produção, qualidade nutricional, sabor, durabilidade, resistência a pragas e doenças etc.) podem ser

manipuladas de acordo com a demanda do consumidor (TISDEL, 1991). Com uma melhor caracterização da diversidade genética da espécie pode-se explorar melhor o seu potencial genético para diversas finalidades. No caso da conservação *ex situ*, a coleção viva de plantas pode ser uma alternativa viável para se evitar a extinção de populações naturais.

O principal objetivo de uma coleção viva de plantas é a conservação. Nos dias atuais, considerando-se o financiamento como fator limitante, o controle de custos torna-se crítico. Além disso, a perda acelerada dos recursos genéticos na natureza torna necessário avaliar o sucesso da conservação. Neste sentido, ferramentas modernas permitem a medição direta da conservação. Os estudos baseados em DNA são cada vez mais baratos e com maior resolução. Assim, é possível avaliar a eficácia da estratégia de conservação em relação ao investimento dispendido (GRIFFITY; HUSBY, 2010).

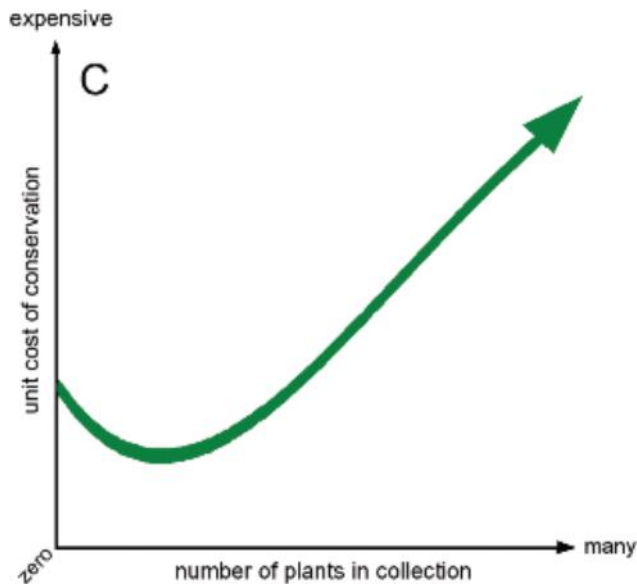
Uma medida importante no que diz respeito ao sucesso de conservação é o "grau de captura de genética". No estudo de caso da coleção de 60 palmeiras *Leucothrinax morrisii* mantidas no Montgomery Botanical Center (MBC), esta captura foi medida através de dados ISSR (inter-simple sequence repeat); mas há uma ampla variedade de métodos modernos para análise da diversidade genética. Quando as palmeiras da coleção foram comparadas a uma ampla amostra de plantas que ainda sobrevivia na população original, concluiu-se que cerca de 94 % dos genes selvagens mantinham-se representados na coleção (GRIFFITY; HUSBY, 2010).

A partir disto, foi possível avaliar as interações existentes entre três variáveis: plantas, genética capturada e custo. Na Figura 1, a referência básica usada é o número de plantas e, a medida, é o custo unitário de conservação ou a % de captura genética dividida pelo custo da coleção. Dois pontos podem ser destacados: o valor mais baixo na curva representa o tamanho de coleção no qual existe uma eficiência máxima para conservação; e, existe um tamanho de coleção máximo onde os custos unitários são iguais ao menor tamanho de coleção (GRIFFITY; HUSBY, 2010).

Este estudo de caso permitiu obter uma métrica direta para o sucesso da conservação de pequenas coleções vivas, podendo ser útil para avaliação e planejamento futuro. No entanto, existem muitas histórias de vida de espécies em que suas populações estão à beira da extinção e todo esforço para se conservar o máximo de exemplares é válido. Também podem ocorrer circunstâncias

imprevisíveis que causem perda de indivíduos quando estes são recolhidos da natureza e nesse caso é importante ter replicatas (GRIFFITH et al., 2008). Em tais casos, é absolutamente justificável o custo extra para incrementar uma grande coleção.

Figura 1 – Relação entre custo unitário de conservação e número de plantas de uma coleção.



Fonte: Griffith e Husby (2010).

A araucária é considerada uma espécie madeireira promissora (CARVALHO, 1994). Sua madeira é leve (densidade de 0,55 g/cm³), macia e pouco durável quando exposta ao tempo. É própria para forros, molduras, ripas, confecção de cabos de vassoura, brinquedos, estrutura de móveis, palitos de fósforos, pás de sorvete, lápis, carretéis, utensílios domésticos, etc. (LORENZI, 1992). No caso de construções em geral, caixotaria, móveis, laminados e vários outros usos, a madeira da araucária pode ser classificada como de alta qualidade (CARVALHO, 1994). Os galhos são considerados excelente fonte de lenha, utilizados como combustível de caldeiras (SOUSA; AGUIAR, 2012).

Em razão das restrições legais para a exploração da araucária em áreas remanescentes, a sua madeira tem sido obtida pelo mercado principalmente de plantações (FIGUEIREDO FILHO et al., 2015). A área plantada com araucária tem se mantido estabilizada ao redor de 11 mil hectares desde 2010. Em 2016 tivemos as seguintes áreas plantadas: eucalipto (5.673.783 ha), pinus (1.584.332 ha), outras

culturas florestais (589.361 ha) e araucária (11.114 ha) (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2017). Portanto, a área plantada de araucária não correspondeu nem 1% da área com pinus e menos de 2 % em relação às outras culturas florestais.

Os preços da tora em pé, de araucária, apresentaram uma forte tendência de alta dos preços nominais entre 2000 e 2012, explicada pela escassez do produto no mercado e justificada pela legislação relativa ao plantio e manejo da araucária. Em abril de 2012, o preço nominal médio da tora em pé era superior a R\$ 200,00/m³ (DORNELES, 2012). Em 2016, foram produzidas 77.550 m³ de toras de araucária e 7.746 toneladas de nó de pinho (IBGE, 2016).

Atualmente, um dos produtos mais importantes da araucária é o pinhão, nome popular da semente da araucária. Carnosa, possui peso médio de 8,7 g e mede de 3 a 8 cm de comprimento por 1 a 2,5 cm de largura. A sua amêndoa branca ou róseo-clara possui mais de 50 % de reservas energéticas (CARVALHO, 2002). Alimento bastante nutritivo, rico em amido, proteínas e gorduras, quando amadurece torna-se uma farta fonte de alimento para diversas espécies da fauna na mata (SOUZA et al., 2010). Para os humanos, já era considerada importante para a dieta de povos indígenas há mais de 2.000 anos (REIS; LADIO, 2012). Pesquisas históricas e arqueológicas sobre as populações indígenas que viveram no planalto sul-brasileiro, de seis mil anos até os nossos dias, registram a importância do pinhão no cotidiano desses grupos (SOUZA et al., 2010).

O pinhão é fonte de alimento e renda para muitas propriedades de agricultores familiares e para pessoas de baixa renda nas comunidades coletoras (BALBINOT et al., 2008; ZECHINI et al., 2012). No planalto catarinense, em áreas conhecidas como Savana Parque, a exploração de pinhões pode ser economicamente mais importante do que a exploração para a produção de toras. Em estudo no qual se observou a produção de pinhões por 20 anos das árvores isoladas, estimou-se uma renda real 22 % maior para a produção de pinhão quando comparada a renda obtida pela produção de madeira. No longo prazo, a exploração de pinhões é mais rentável que a exploração madeireira e reduz a pressão sobre esses remanescentes (GUERRA et al., 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 AMOSTRAGEM E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Sementes de matrizes de cinco populações naturais de *Araucaria angustifolia* foram coletadas em 1981, sendo três populações oriundas do estado de São Paulo: Campos do Jordão (CDJ), Cunha (CUN) e Itararé (ITA) e duas do Estado de Santa Catarina: São Joaquim (SJO) e Bom Jardim da Serra (BJS). A coleta foi realizada em árvores de polinização aberta respeitando-se, para tanto, uma distância mínima de 100 metros entre as árvores, conforme recomendação técnica. O número de progênies para cada procedência foi de 26, 14, 21, 24 e 25 para as procedências de CDJ, CUN, ITA, SJO e BJS, respectivamente. As mudas, formadas em sacos de polietileno, foram plantadas em abril de 1982 (SEBBENN et al., 2003). As informações geográficas e climáticas das procedências estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Informações geográficas e climáticas das procedências amostradas.

	Campos do Jordão	Cunha	Itararé	São Joaquim	Bom Jardim da Serra
Altitude (m)	1.630	970	930	1.380	800
Latitude (S)	22 ⁰ 44'	23 ⁰ 14'	24 ⁰ 30'	28 ⁰ 19'	28 ⁰ 18'
Longitude (O)	45 ⁰ 30'	43 ⁰ 03'	49 ⁰ 10'	49 ⁰ 52'	49 ⁰ 32'
Temp. Média Max (°C)	22,0	20,6	22,0	17,3	17,3
Temp. Média Min (°C)	15,0	14,1	18,0	9,2	9,1
Precipitação (mm)	1.891	2.000	1.500	1.600	1.593

Fonte: Sebbenn et al. (2003).

Estabeleceu-se o experimento na Estação Experimental de Itapeva, do Instituto Florestal de São Paulo, sob as coordenadas aproximadas de 24°17' S, 48°54' W e a 930 m de altitude (Figura 2). A área total é de 2,415 ha (com bordadura) ou 1,98 ha (sem bordadura). O clima do local é tropical, o inverno vai de junho a setembro, é seco e a maioria das chuvas ocorre no verão. A temperatura média anual é de aproximadamente 18,6°C e a precipitação pluviométrica média

anual é de 1.300 mm (SEBBENN et al., 2003). O solo da região é o LV23 – Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura média, álico + LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, álico, ambos fase relevo ondulado e suave ondulado (ROSSI, 2017).

Figura 2 – Teste de procedências e progênes de *A. angustifolia* em Itapeva, SP.



Fonte: O próprio autor

Adotou-se o delineamento experimental em blocos completos de famílias compactas com três repetições, cinco procedências (parcelas), 14 a 26 progênes/procedência (subparcelas), 10 plantas por subparcela e espaçamento de 3 m x 2 m. Para reduzir o efeito de borda sobre os tratamentos foram plantadas duas linhas de bordadura com a mesma espécie (SEBBENN et al., 2003).

A implantação do experimento seguiu a tecnologia padrão da época com aração e gradagem do terreno. Não houve análise química do solo para correção de acidez e da fertilidade. Após o alinhamento e balizamento, as mudas foram plantadas em covas abertas com enxadão. No primeiro ano foi realizado o controle de formiga, roçada mecânica e replantio de 1% das mudas. Entre o segundo e quinto ano foram realizadas as atividades de controle de controle de formiga, roçada

mecânica e gradagem. A partir do sexto ano, as atividades se limitaram a uma gradagem e uma roçada mecânica por ano.

O experimento foi avaliado aos 33 anos após o plantio. Os seguintes caracteres foram mensurados: sobrevivência (SOB, %), em número de plantas sobreviventes aos 33 anos após o plantio (n_{sob}), altura total das plantas (ALT), em metros (m), e circunferência à altura do peito (CAP), em centímetros (cm). Com base na altura total e a circunferência à altura do peito foi calculado o volume cilíndrico ($m^3 \cdot árv^{-1}$), conforme as expressões abaixo:

a) Diâmetro à altura do peito (DAP):

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

DAP = diâmetro à altura do peito;

CAP = circunferência à altura do peito.

b) Volume (VOL):

$$VOL = \frac{\pi \cdot (DAP)^2}{40000} \cdot FF \cdot ALT$$

ALT = altura total;

DAP = diâmetro à altura do peito;

FF = fator de forma do fuste (0,6) (SANQUETTA, 2016).

Para a avaliação dos caracteres de crescimento foram utilizados os seguintes instrumentos: *i)* fita métrica graduada em 0,1 cm para a circunferência à altura do peito; *ii)* hipsômetro *Forestor Vertex* composto por um emissor (vertex propriamente dito) e um transponder (mantido a altura de 1,30 m do solo e que funciona como emissor/receptor de ultra-sons), para a altura total.

3.2 ESTIMATIVAS DE COMPONENTES DE VARIÂNCIA E PARÂMETROS GENÉTICOS

A análise genética-estatística considerou que o experimento era desbalanceado, devido ao número desigual de árvores sobreviventes por subparcelas e ao número desigual de progênies por procedência. Sendo assim, adotou-se o método REML (*Restricted Maximum Likelihood*) por se tratar de um ótimo método de estimação de componentes de variância, com dados desbalanceados ou não. Este método emprega o algoritmo livre de derivadas (DF).

Para o teste de significância dos efeitos utilizou-se o teste de razão de verossimilhança (LRT) e a análise de deviance. Os efeitos do modelo não foram testados via testes F tal como se faz na análise de variância. Adotou-se o modelo misto com dados desbalanceados no qual os efeitos aleatórios são apurados pelo teste de razão de verossimilhança – LRT (VIANA; RESENDE, 2014). Já a estimação dos valores genéticos obteve-se pelo emprego do procedimento BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*).

Para estimar os componentes de variância e os parâmetros genéticos utilizou-se o modelo linear misto aditivo univariado (RESENDE, 2002; 2007a,b) e o software SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007a, 2016) – Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada – que emprega o método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada).

O modelo utilizado para as avaliações realizadas em nível de indivíduos dentro de parcelas (gerando várias observações por parcela) considerou as várias populações e progênies de meios irmãos em um local. O modelo estatístico adotado foi:

$$y = Xr + Za + Wp + Ts + e$$

Em que:

y = vetor de dados;

r = efeito dos blocos (fixos);

a = efeitos genéticos aditivos individuais (aleatórios);

p = efeitos de parcela (aleatórios);

s = efeitos de procedência (aleatórios) e

e = resíduos (aleatórios).

X , Z , W e T representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos (RESENDE, 2007a).

Também se adotou o modelo que considerava uma população por vez. Nesse caso, o modelo estatístico foi:

$$y = Xr + Za + Wp + e$$

Em que:

y é o vetor de dados;

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

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

p é o vetor dos efeitos de parcelas (aleatórios);

e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Os componentes de variância e parâmetros genéticos estimados pelo SELEGEN foram: variância genética aditiva (V_a), variância ambiental entre parcelas (V_{parc}), variância genética entre procedências (V_{proc}), variância residual (V_e), variância fenotípica individual (V_f), herdabilidade individual dos efeitos aditivos (h^2_a), coeficiente de determinação dos efeitos de parcela (C^2_{parc}), coeficiente de determinação dos efeitos de procedências (C^2_{proc}), coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi} %), coeficiente de variação genotípica entre progênies (CV_{gp} %), coeficiente de variação experimental (CV_e %). Os demais parâmetros genéticos são:

a) Herdabilidade da média de progênies:

$$h^2_{mp} = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \sigma_a^2}{\left(\frac{1}{4}\right) \sigma_a^2 + \frac{\sigma_c^2}{r} + \frac{(0,75\sigma_a^2 + \sigma_e^2)}{nr}}$$

b) Herdabilidade aditiva dentro de parcela:

$$h_{ad}^2 = \frac{0,75 \sigma_a^2}{0,75 \sigma_a^2 + \sigma_e^2}$$

c) Acurácia da seleção de progênes assumindo sobrevivência completa

$$r_{\hat{a}} = \sqrt{\frac{n}{n + \left(\frac{4 - h_a^2}{h_a^2}\right)}}$$

d) Coeficiente de variação relativa:

$$CV_r = \frac{CV_{gp}}{CV_e}$$

3.3 CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS DE CONSERVAÇÃO

Um dos objetivos deste trabalho é a conservação genética do material existente, bem como a formação de uma população base para futuros programas de melhoramento. Diante disso, foi necessário propor estratégias de seleção que contemplassem os referidos propósitos.

De posse das estimativas de parâmetros genéticos, tendo por base o volume, foram simulados quinze cenários a partir de três diferentes métodos de seleção (individual, dentro de progênes e entre progênes) e cinco níveis de intensidade de indivíduos selecionados (2 %, 5 %, 10 %, 25 % e 50 %). Os indivíduos sobreviventes (seleção individual) foram selecionados com base no valor genético individual (ranqueamento decrescente BLUP's). Os desbastes foram abaixo de 50% para cada sexo, para não comprometer a representatividade genética das amostragens obtidas nas populações naturais (HIGA et al., 1992).

Os quinze cenários obtidos possibilitaram calcular o ganho da seleção GS (%) e a diversidade genética (D) para cada um deles. Com base nos dados obtidos foram construídas equações para a diversidade e ganho. Do cruzamento dessas

equações obteve-se o ponto de ótimo entre ganho e diversidade. Assim, estabeleceu-se três cenários baseados na otimização.

Após aplicar os diferentes métodos e intensidades de seleção foram estimados o ganho de seleção (GS %), e a diversidade genética (D). A diversidade genética (D), após a seleção, foi quantificada conforme Resende (2002):

$$D = N_{ef}/N_{fo}$$

Em que: $0 < D \leq 1$;

N_{fo} : número original de progênies;

N_{ef} : número efetivo de progênies selecionadas;

$$\text{Sendo } N_{ef} \text{ dado por: } N_{ef} = \left(\sum k_f \right)^2 / \sum k_f^2$$

k_f : número de indivíduos selecionados por progênie

$$GS = \frac{\mu_a}{\mu_f} \times 100$$

Em que:

GS é o ganho de seleção;

μ_a é a média genotípica dos indivíduos selecionados; e

μ_f é a média fenotípica do experimento

3.4 PRODUÇÃO E MANEJO

Com base no processo de otimização entre ganho e diversidade – que se utilizou dos quinze cenários citados anteriormente – foram geradas três novas populações, uma para cada método de seleção: individual, dentro de progênies e entre progênies. Como um dos objetivos dessa conservação é a produção de sementes com qualidade genética, foram propostas duas alternativas de produção: madeira e madeira/pinhão. Assim, foram estabelecidos seis novos cenários para produção e manejo.

A simulação para cada um dos seis cenários foi feita com o auxílio do Software SIS Araucaria da EMBRAPA Florestas. Os softwares denominados por “Sis” seguido pelo nome popular da espécie ou gênero (SisAraucaria, SisPinus, SisTeca, etc), descrevem como a floresta cresce e produz, conforme os regimes de manejo

que o próprio usuário indica (OLIVEIRA, 2011). Os manejos foram propostos para um período de sete anos devido à restrição encontrada com relação ao tempo máximo de projeto (40 anos) no Software.

3.4.1 Produção de madeira

Com base no volume estimado com os dados obtidos do levantamento feito em campo para altura e DAP, aos 33 anos, obteve-se um índice de sítio e considerou-se os resultados do SISAraucaria mais próximos dos experimentos para estimar a produção aos 33 e 40 anos, bem como fazer o sortimento. O SisAraucaria utiliza um vigoroso banco de informações que foi fundamental para ajustar as curvas de crescimento e sortimento. Na simulação de corte final aos 33 anos foi obtido o volume de corte final (VCF_{33}). No caso do corte final aos 40 anos, foi obtido o volume de madeira desbastada aos 33 anos (VD_{33}) e volume de madeira no corte final (VCF_{40}). Em ambos os casos, com seus respectivos sortimentos. Assim, foi possível calcular o volume de aquisição da floresta aos 33 anos (VAF_{33}) da seguinte forma:

$$VAF_{33} = VCF_{33} - VD_{33}$$

O sortimento das árvores foi realizado pela própria equação proposta pela EMBRAPA. As toras destinadas para serraria precisavam ter comprimento mínimo de 2,50 m e foram divididas conforme as seguintes classes de diâmetro (ϕ cm): serraria I ($> 35,0$), serraria II ($25,0 < \phi \leq 35,0$), serraria III ($18,0 < \phi \leq 25,0$), serraria IV ($8,0 < \phi \leq 18,0$) e lenha ($\phi \leq 8,0$).

3.4.2 Produção de pinhão

A estimativa do potencial de produção de pinhão por área é um cálculo que envolve elevado risco e incerteza quando não se tem uma série histórica de produção para a área a ser considerada. A produção de pinhão varia muito em relação ao local de plantio, o potencial genético de cada indivíduo, as condições climáticas, etc. Esta deve ser estimada com base em levantamentos realizados pelo menos em três anos consecutivos ou mais, visto que a espécie apresenta uma variação anual de produção. Para estimar a produção de pinhão anual deve-se

realizar um levantamento das árvores femininas em produção, do número de pinhas produzidos por árvore, do número de pinhões por pinha, e por fim do peso médio de pinhão. Para Danner et al. (2012), o potencial de produção de pinhões em plantios específicos com manejo adequado pode ser muito superior aos valores encontrados na literatura em geral.

Danner et al. (2012) projetam uma produção potencial de 320 pinhas e 204,8 kg de pinhão por araucária e 14.336 kg por hectare com densidade de 70 plantas femininas e 30 masculinas (propagadas por enxertia). Para Carvalho (2002), há entre uma e duas pinhas por ramo, 5 a 150 pinhões por pinha, peso médio de 8,7 g por pinhão e 40 pinhas em média por árvores. Se considerarmos uma média de 77 pinhões por pinha, a produção de pinhão seria de 26,8 kg/árvore. Em florestas naturais encontram por árvore de 13 a 19 pinhas em Campos do Jordão – SP (MANTOVANI et al., 2004), 5,6 pinhas em Caçador – SC (SILVA; REIS, 2009) e 20,5 pinhas em Irati – PR (FIGUEIREDO FILHO et al., 2011).

Em razão das grandes variações observadas, este trabalho está usando como referência a produção de pinhão do estudo realizado na Floresta de Irati – PR para floresta plantada, aos 60 anos, com cerca de 10 pinhas/planta e peso médio de 376 gramas de pinhões/pinha (FIGUEIREDO et al., 2011). Dessa forma, procurou-se evitar uma estimativa exagerada do potencial de produção para área do experimento. A produção de pinhão foi estimada pressupondo-se uma capacidade suporte da área, independente do número de árvores remanescentes para cada cenário considerado. Com isso, a produção de pinhão ($PROD_{pinhão}$) foi calculada como sendo:

$$PROD_{pinhão} = N_{plantas} \times Q_{pinha} \times Pe_{pinha}$$

Em que:

$N_{plantas}$ é o número de plantas femininas;

Q_{pinha} é o número de pinhas por planta; e,

$Pe_{pinhão}$ é o peso dos pinhões por pinha, em Kg.

A capacidade suporte para área foi avaliada em 180 plantas femininas por hectare. A proporção machos:fêmeas é de 1:1 (SOUSA, 2001) implicando em $PROD_{pinhão} = 180 \times 10 \times 0,376$. Portanto, a produção de pinhão é de 677 Kg/ha (Figura 3).

Figura 3 – Estróbilo masculino e pinha das árvores do experimento



Fonte: o próprio autor.

3.5 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

3.5.1 Custos e receitas

A avaliação econômica aplicou-se em uma população de primeira geração com o propósito de melhoramento e conservação genética. Após a definição dos seis cenários para produção e manejo, o software SISArucaria simulou cada cenário e gerou resultados para cada um. De posse desses, realizou-se a simulação

com o Software Planin utilizado para obtenção de vários parâmetros de análise econômica da produção florestal (OLIVEIRA, 2011).

O uso do software Planin demanda a definição de algumas variáveis para o seu correto funcionamento. Na análise atual, o custo de implantação ficou definido como o custo de aquisição da floresta (*CAF*) aos 33 anos, visto que esta já foi implantada e, no caso atual, ela está sendo adquirida para um novo ciclo econômico, calculado da seguinte forma:

$$CAF = \sum_i^n VI_i \times P_i$$

Em que:

VI_i = volume inicial para o produto i , em m^3/ha ;

P_i = preço do produto i , em reais e

i é o tipo de produto: lenha, serraria I, serraria II, serraria III.

Obs: as demais informações sobre custos estão contidas nos Anexos.

A receita da madeira (*RM*) no corte final foi estimada como sendo:

$$RM = \sum_i^n VF_i \times P_i$$

Em que:

VF_i = volume final para o produto i , em m^3 e

P_i = preço do produto i , em reais.

O Departamento de Economia Rural (DERAL) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná faz o levantamento semestral dos preços de produtos florestais nos meses de maio e outubro. Para esta análise está sendo usado como referência maio/2017, visto que o preço tem se mantido estável em relação ao ano de 2016. Os valores dos produtos com diâmetro menor que 25 cm foram estimados com base na relação de preços de pinus (informação disponível e mais próxima da araucária).

A receita anual do pinhão (*RP*) foi estimada assim:

$$RP = Q_p \times P_p$$

Em que:

Q_p = quantidade de pinhão por hectare, em Kg e

P_p = preço do pinhão por kg, em reais.

O preço recebido pelo produtor pelo pinhão foi uma informação pessoal obtida junto aos técnicos do DERAL, sendo uma estimativa média para as regiões produtoras no ano de 2017 de R\$ 3,15/Kg.

3.5.2 Parâmetros de avaliação econômica

O software Planin possibilitou o cálculo dos parâmetros de avaliação econômica mais utilizados para a avaliação da produção madeireira de regimes de manejo de plantações florestais. Também foi feita a análise de sensibilidade da rentabilidade a diferentes taxas de atratividade. As estimativas dos critérios de avaliação econômico-financeira subsidiaram o processo decisório quanto a escolha do melhor cenário para conservação (OLIVEIRA, 2011).

Dentre os parâmetros de avaliação econômica, em condições estritamente deterministas, o mais consistente dos indicadores de avaliação de projetos é o valor atual dos fluxos de rendimentos líquidos de um projeto – VA (REZENDE; OLIVEIRA, 2013). O VA também pode ser chamado de valor presente líquido (VPL) cuja expressão matemática é (OLIVEIRA, 2011):

$$VPL_j = \sum_{n=0}^t F_n (1 + i)^{-n}$$

Em que:

VPL_j = Valor Presente Líquido de um Fluxo Financeiro da alternativa j ;

t = idade de rotação;

n = número de períodos de capitalização envolvidos em cada elemento da série de Receitas ou Despesas do Fluxo de Caixa, $n=0, 1, \dots, t$;

F_n = Cada um dos diversos valores envolvidos no Fluxo de Caixa da alternativa j , e que ocorrem nos distintos períodos n do horizonte de planejamento;

i = Taxa de juros comparativa ou Taxa Mínima de Atratividade

O descarte de um projeto a partir do *VPL* se dá quando o mesmo é menor do que zero. Conclui-se, dessa fórmula, que, independentemente da capacidade de pagamento da empresa, o mesmo projeto se torna menos atrativo quanto maior for o custo do capital (taxa de desconto). A ordenação global de vários projetos de investimento depende da taxa de juros considerada, ou seja, taxas de juros diferentes alteram o valor atual de cada projeto e, por consequência, a ordenação dos projetos de investimento (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

O Valor Presente Líquido Anualizado (*VPLA*) é a transformação do Valor Presente Líquido de um fluxo financeiro (*VPL*) à Taxa Mínima de Atratividade (*i*) em uma série uniforme anual equivalente a partir de sua multiplicação pelo termo:

$$\frac{i(1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$$

Tem-se no final de cada um dos períodos (anos) uma parcela uniforme, cuja somatória dos valores descontados resulta no Valor Presente Líquido do Fluxo Financeiro (OLIVEIRA, 2011).

A taxa interna de retorno (*TIR*) é a mais comum, porque a interpretação do seu valor é mais fácil e cômoda para os empresários. A *TIR* é o valor da taxa de desconto que torna o valor presente do fluxo líquido de caixa igual a zero (NORONHA, 1987). Este valor será único quando os investimentos forem puros; caso contrário, há a possibilidade de ocorrência de múltiplas *TIR* para um mesmo fluxo de caixa (MACHADO, 2000). A Taxa Interna de Retorno é dada pelo valor de i^* em que:

$$\sum_{n=0}^t F_n (1+i^*)^{-n} = 1$$

Um investimento é considerado financeiramente aceitável se a diferença entre Taxa Interna de Retorno (i^*) e a Taxa Mínima de Atratividade do mercado (*i*) for maior ou igual a zero ($i^* - i_r \geq 0$) (OLIVEIRA, 2011). A Taxa Mínima de Atratividade adotada é de 8% ao ano que é a taxa normalmente utilizada para projetos florestais (SOUZA et al., 2007).

A TIR apresenta duas principais vantagens. A primeira é que ela é calculada internamente a partir do fluxo de caixa do projeto, não sendo necessário supor, a priori, a taxa que mede o custo de oportunidade do capital. A segunda é que a mesma pode ser comparada diretamente com o custo do capital ou com as alternativas de aplicação no mercado financeiro (NORONHA, 1987).

A Razão Benefício/Custo (B/C) de um projeto indica quantas unidades de capital recebido com benefícios (B) são obtidas para cada unidade de capital investido (C).

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{n=0}^t R_n (1+i)^{-n}}{\sum_{n=0}^t C_n (1+i)^{-n}}$$

Tem por finalidade verificar a viabilidade de um projeto. Valores de B/C superiores a 1 indicam que o projeto é rentável (ou viável economicamente). Valores menores que 1 indicam que o projeto é inviável. Se B/C for igual a 1 significa que as receitas (R_n) foram iguais aos custos (C_n) (OLIVEIRA, 2011).

A avaliação da viabilidade econômica de projetos de reflorestamento pode ser feita usando a fórmula de Faustmann. Nesse caso, esse indicador é apropriado para os projetos, cujos ciclos de produção se perpetuam (RODRIGUES et al., 1997). O Valor Esperado da Terra (VET), também denominado Fórmula de Faustmann, Renda do Solo ou Valor Esperado do Solo, é um caso especial do Valor Presente Líquido (VPL) de uma série infinita de rotações (OLIVEIRA, 2011). A expressão matemática do VET é dada por:

$$VET = \frac{\sum_{n=0}^t (R_n - C_n) (1+i)^{t-n}}{((1+i)^t - 1)}$$

O VET possibilita a comparação de alternativas de regimes de manejo com diferentes comprimentos de rotação. Ele é o Valor Presente de todo fluxo de caixa produzido por uma série infinita de rotações, considerando-se uma idade de rotação de t anos (OLIVEIRA, 2011). Assim, um projeto será considerado viável se o VET for superior ao custo de aquisição da terra (CAT). Quanto maior for a relação VET/CAT , mais atrativo será o projeto.

O “payback” é um método que calcula o número de anos para que a empresa recupere o capital investido no projeto. O payback simples não considera o custo do dinheiro ao longo do tempo ao contrário do payback econômico. Na prática é um método muito usado e pode ser útil para auxiliar na avaliação econômica de viabilidade de um projeto. A obtenção do payback econômico (*PBE*) ocorre quando satisfeita a seguinte relação (MACHADO, 2000):

$$PBE = k, \text{ tal que } \sum_{i=0}^k \left[\frac{F_i}{(1+j)^i} \right] \geq 0$$

Em que: F_i é o fluxo de caixa e j é a taxa de juros (TMA).

A Análise de Sensibilidade tem por finalidade possibilitar o estudo dos efeitos que as variações nos parâmetros que compõem um fluxo de caixa provocam nos valores representativos deste fluxo. Esta análise exhibe diferentes resultados para uma gama de valores possíveis, possibilitando a verificação do que aconteceria se os valores fossem mudados dentro desta gama. A Análise de Sensibilidade permite visualizar os riscos incorridos com alterações no regime de manejo, taxa de juros, custos e preços diversos (OLIVEIRA, 2011). Neste estudo, adotou-se como taxa de juros ou taxa mínima de atratividade (TMA), o valor de 8%, conforme explicado anteriormente. Para a análise de sensibilidade, a taxa de juros variou de 2 a 20%, e com isso, podem-se observar os efeitos provocados nos valores do VPL, VPLA e B/C.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DE DEVIANCE

Nesse estudo foram detectadas diferenças significativas para todos os efeitos e caracteres, com exceção da sobrevivência de progênies (Tabela 2). Por consequência, os respectivos componentes de variância e coeficientes de determinação são significativamente diferentes de zero.

Tabela 2 – Análise de deviance para os caracteres de crescimento e sobrevivência em um teste de procedências e progênies de *A. angustifolia* em Itapeva–SP aos 33 anos.

Caráter	Efeito		
	Procedência	Parcela	Progênie
Altura	48,83**	135,57**	10,82**
DAP	27,07**	48,52**	33,73**
Volume	28,84**	60,68**	20,66**
Sobrevivência	7,15**	4,99*	2,08 ^{ns}

LRT: Teste da Razão de Verossimilhança, qui-quadrado da deviance; *significativo a 5% e

**significativo a 1%, com 1 grau de liberdade e ^{ns} Não significativo.

Fonte: o próprio autor.

4.2 CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA

A sobrevivência média aos 33 anos de idade (87 %) foi um importante indicativo da adaptação das diferentes procedências no local do experimento, apesar desta ser considerada uma região de transição entre as populações da Região Sul e Sudeste (Tabela 3). Os resultados obtidos ratificam aqueles encontrados aos 18 anos por Sebbenn et al. (2003). Segundo os autores, as procedências originadas de menores latitudes apresentam sobrevivência melhor nas condições de Itapeva do que as de latitudes maiores. Ressalta-se que a Região Sul do Brasil tem predominância de Floresta com Araucária, nas demais regiões acima do Estado do Paraná, essa ocorrência é restrita a poucas áreas, e o limite ocorre no Estado de Minas Gerais, em regiões mais ao sul do Estado e com altitudes elevadas.

Dentre as procedências estudadas aquelas oriundas do Estado de São Paulo, Cunha e Itararé, obtiveram os melhores desempenhos, enquanto Campos de Jordão apresentou um crescimento um pouco menor, possivelmente pela diferença de altitude e clima do local de origem. Já as progênes das procedências de Santa Catarina (São Joaquim e Bom Jardim da Serra) foram as que tiveram os piores desempenhos. Esses resultados ratificaram observações anteriores realizadas aos 18 anos de idade por Sebbenn et al. (2003) na qual a performance das procedências está negativamente associada à latitude dos seus locais de origem, indicando que procedências de menores latitudes apresentam um melhor desempenho em crescimento em Itapeva, SP.

Tabela 3 – Médias dos caracteres de crescimento e sobrevivência em um teste de procedências e progênes de *A. angustifolia*, avaliado aos 33 anos de idade, em Itapeva - SP.

Amostra	Altura [IMA](m)	DAP [IMA](cm)	Volume [IMA](m³/árvore)	Sobrevivência (%)
Média Geral	8,40 [0,25]	12,29 [0,37]	0,07 [0,002]	87
São Joaquim-SC	7,80 [0,24]	11,29 [0,34]	0,05 [0,002]	84
Cunha-SP	9,33 [0,28]	13,65 [0,41]	0,09 [0,003]	89
Bom Jardim da Serra-SC	7,23 [0,22]	10,47 [0,32]	0,04 [0,001]	84
Campos do Jordão-SP	8,81 [0,27]	12,83 [0,39]	0,07 [0,002]	92
Itararé-SP	9,25 [0,28]	14,06 [0,43]	0,09 [0,003]	84

DAP: diâmetro à altura do peito; IMA: incremento médio anual.

Fonte: o próprio autor.

Os incrementos médios anuais (IMA) dos caracteres expressaram baixo desenvolvimento e, também, revelaram uma estabilização do crescimento quando comparados aos valores aos 18 anos. O IMA volumétrico foi estimado em 2,81 m³/ha aos 18 anos (SEBBENN et al., 2003) e 3,01 m³/ha aos 33 anos. Em outro experimento instalado na Estação Experimental de Itapeva, os resultados obtidos foram bem melhores 5,16 m³/ha.ano aos 30 anos, com espaçamento 3,0 x 3,0 m e desbaste de 50 % aos 8 anos (SEBBENN et al., 2004). Diante disso, o espaçamento

inicial menor e a falta de desbastes são os principais indicativos para o baixo crescimento observado.

Outro fator de grande influência no desenvolvimento da araucária é a característica do solo. A araucária é uma espécie sensível tanto à qualidade do solo quanto à densidade do povoamento (GURGEL FILHO et al., 1982). Em experimento realizado em Santa Rita do Passa Quatro (SP), o resultado apresentado foi de 11,67 m³/ha aos 20 anos de idade (GURGEL FILHO et al., 1982). Apesar do crescimento inicial lento, uma população estabelecida num sítio adequado pode atingir IMA (volume) de 30 m³/ha.ano (SEBBENN et al., 2003). Portanto, as características do solo podem ter sido mais um fator determinante do baixo crescimento das árvores do experimento.

4.3 ANÁLISE GENÉTICA-ESTATÍSTICA

4.3.1 Análise individual ignorando o efeito das procedências

O coeficiente de determinação dos efeitos ambientais entre parcelas (C_{parc}^2) foi considerado de baixa magnitude, $\leq 14\%$. Assim, houve maior precisão experimental e baixa variabilidade ambiental dentro de blocos, o que contribui para estimativas de parâmetros genéticos mais acurados (RESENDE, 2002). Um bom controle do efeito ambiental também foi detectado a partir do coeficiente de variação experimental ($CV_e\%$), que apresentou baixos valores para os caracteres altura (11,10 %), diâmetro (14,98 %) e sobrevivência (13,25 %). Valores de coeficiente de variação experimental na ordem de 10 % a 20 % podem ser considerados baixos para experimentos onde ocorre competição entre plantas (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002). Assim, os resultados obtidos indicam um bom controle experimental (Tabela 4).

Os coeficientes de variação relativa (CV_r) foram intermediários para sobrevivência e altura e altos para DAP e volume. A estimativa do CV_r pode ser utilizada para inferir sobre a acurácia e a precisão na avaliação genotípica quando é fixado o número de repetições (RESENDE, 2007a).

Tabela 4 – Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de crescimento e sobrevivência em um teste de procedências e progênies de *A. angustifolia* aos 33 anos de idade em Itapeva, SP.

Parâmetros	Altura (m)	DAP (cm)	Volume (m ³ árv. ⁻¹)	Sobrevivência (%)
h_a^2	0,20±0,05	0,34±0,06	0,26±0,05	0,04±0,02
h_{mp}^2	0,43	0,63	0,54	0,21
h_{ad}^2	0,22	0,34	0,25	0,03
C_{parc}^2	0,14	0,08	0,09	0,02
C_{proc}^2	0,13	0,07	0,07	0,01
r_{aa}	0,65	0,79	0,73	0,46
CV_{gi} (%)	11,09	22,33	50,20	7,96
CV_{gp} (%)	5,54	11,16	25,10	3,98
CV_e (%)	11,10	14,97	40,38	13,25
CV_r	0,50	0,75	0,62	0,30
μ	8,40	12,29	0,07	0,87

Herdabilidade individual no sentido restrito: h_a^2 ; Herdabilidade média de progênies: h_{mp}^2 ; Herdabilidade aditiva dentro de parcela: h_{ad}^2 ; Coeficiente de determinação do efeito de parcela: C_{parc}^2 ; Coeficiente de determinação do efeito de população: C_{proc}^2 ; Acurácia da seleção de progênie: r_{aa} ; Coeficiente de variação genética individual: CV_{gi} (%); Coeficiente de variação genético entre progênies: CV_{gp} (%); Coeficiente de variação experimental: CV_e (%); Coeficiente de variação relativa: CV_r ; Média geral: μ .
Fonte: o próprio autor.

As estimativas de acurácia foram boas para sobrevivência, altura e volume e, ótimas, para DAP. Para valores entre 25 % e 75 %, a acurácia é boa. Valores abaixo de 25% indicam baixa acurácia e acima de 75 %, ótima (RESENDE, 2002). Como a qualidade da avaliação genotípica dever ser inferida preferencialmente com base na acurácia, não é adequado usar o coeficiente de variação experimental isoladamente para avaliar a qualidade ambiental. Isto porque, a acurácia depende do CV_e , CV_g e número de repetições simultaneamente (RESENDE, 2007a; RESENDE; DUARTE, 2007).

O coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi} %) variou de 7,96 % (sobrevivência) a 50,20 % (volume). Já o coeficiente de variação genotípico entre progênies (CV_{gp} %) variou de 3,98 % (sobrevivência) a 25,10 % (volume). Um

coeficiente de variação genético maior do que 7 pode indicar indivíduos superiores dentro das progênes (SEBBENN et al., 1998). Diante disso, constata-se que houve considerável variabilidade genética para os caracteres considerados, com exceção da sobrevivência em relação ao CV_{gp} %.

Os coeficientes de herdabilidade da média de progênes (h_m^2), herdabilidade individual no sentido restrito (h_a^2) e herdabilidade aditiva dentro de parcelas (h_{ad}^2) foram considerados médios para os caracteres avaliados. Isso indica um bom controle genético para os caracteres desse teste. Tais resultados indicam que a seleção baseada em médias tem um nível de precisão mais elevado do que baseado em parcelas ou indivíduos (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Apesar dos coeficientes de herdabilidade serem específicos para cada sítio, espécie, idade e população, etc., verifica-se que outras espécies florestais nativas apresentaram um padrão de resultado semelhante ao da araucária, dentre elas: *Astronium fraxinifolium* (SOUZA et al., 2003), *Balfourodendron riedelianum* (SIQUEIRA et al., 2000; SEBBENN et al., 2007; KUBOTA et al., 2015), *Cariniana legalis* (SEBBENN et al., 2001), *Cordia trichotoma* (FREITAS et al., 2006), *Dipteryx alata* (PAGLIARINI et al., 2016), *Ilex paraguariensis* (COSTA et al., 2005), *Myracrodruon urundeuva* (SEBBENN; ETTORI, 2001; TUNG et al., 2010), *Myroxylon peruiferum* (SEBBENN et al., 1998) e *Tabebuia heptaphylla* (FREITAS et al., 2008). Para a conservação da *Araucaria angustifolia*, altas taxas de herdabilidade em nível de média de progênes indicam que essas progênes têm potencial evolutivo para responder às mudanças ambientais, visto que parte significativa da variabilidade genética observada nos caracteres é de origem genética aditiva.

As estimativas de herdabilidade individual no sentido restrito (h_a^2) se comportaram de maneira diferenciada em relação aos caracteres sendo baixa, média e alta para sobrevivência, altura e DAP, respectivamente. Tais resultados indicam boa possibilidade de ganhos genéticos mediante seleção dentro de progênes. Os ganhos esperados com a seleção dependem diretamente da herdabilidade e intensidade de seleção (BERNARDO, 2010).

Os coeficientes de herdabilidade podem apresentar variações conforme as idades das plantas. Sebbenn et al. (2003) observaram altos valores de herdabilidade para altura em araucária nos dois primeiros anos de vida, forte declínio até o terceiro ano e uma aparente estabilidade até os 18 anos. Para Etori et al. (2006), as

variações na herdabilidade são influenciadas pela ação do ambiente nos caracteres de crescimento das plantas, até que haja um completo estabelecimento e equilíbrio no campo. No presente estudo, aos 33 anos, pode-se ratificar essa variação pela observação de valores de herdabilidade menores do que aqueles observados por Sebbenn et al. (2003).

4.3.2 Análise individual considerando o efeito das procedências

Houve um bom controle do efeito ambiental segundo os valores do coeficiente de variação experimental ($CV_e\%$) observados (tabela 5). A procedência de Cunha obteve os menores CV_e para altura e DAP, 6,36 e 11,68, respectivamente. Já a procedência de São Joaquim apresentou os maiores valores de CV_e para altura e DAP, 12 e 17,01, respectivamente. Valores de coeficiente de variação experimental na ordem de 10 % a 20 % podem ser considerados baixos para experimentos onde ocorre competição entre plantas (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002). Assim, os resultados obtidos indicam um bom controle experimental.

As procedências de Cunha, Bom Jardim da Serra e Campos do Jordão apresentaram maior controle genético para os caracteres de crescimento do que as de São Joaquim e Itararé. Uma explicação para este resultado pode estar na amostragem realizada para compor este teste. Para futuras propostas de conservação genética, estas procedências devem ser priorizadas tanto para compor as populações de conservação quanto as de melhoramento visando aumentar a variabilidade genética. Para compor áreas de produção de sementes e o próximo ciclo de melhoramento devem-se selecionar indivíduos/progênes com base no valor genético aditivo e desempenho produtivo. As duas procedências que estão localizadas em locais de maior altitude, Cunha e Campos de Jordão, apresentam maior sobrevivência, mas de maneira geral a deferência entre elas para este caráter foi pequena.

Tabela 5 – Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de crescimento e sobrevivência dentro das procedências de *A. angustifolia*

Caracteres	Parâmetros	São Joaqui m	Cunha	Bom Jardim	Campos do Jordão	Itararé
Altura	h_a^2	0,25± (0,11)	0,56± (0,22)	0,58± (0,21)	0,26± (0,13)	0,13± (0,11)
	h_m^2	0,41	0,82	0,69	0,51	0,21
	CV_e	12,00	6,36	9,15	7,74	10,46
	Média (m)	7,80	9,33	7,23	8,81	9,25
DAP	h_a^2	0,26± (0,12)	0,57± (0,22)	0,73± (0,24)	0,34± (0,15)	0,18± (0,13)
	h_m^2	0,46	0,81	0,74	0,63	0,32
	CV_e	17,01	11,68	14,67	11,82	15,66
	Média (cm)	11,29	13,65	10,47	12,83	14,06
Volume	h_a^2	0,10± (0,07)	0,44± (0,19)	0,77± (0,24)	0,26± (0,13)	0,18± (0,13)
	h_m^2	0,23	0,78	0,76	0,56	0,33
	CV_e	49,12	27,64	45,08	27,74	40,17
	Média (m ³ .arv ⁻¹)	0,05	0,09	0,04	0,07	0,09
Sobrevivên cia	h_a^2	0,09± (0,06)	0,08± (0,08)	0,07± (0,07)	0,00± (0,1)	0,01± (0,02)
	h_m^2	0,40	0,25	0,25	0,01	0,02
	CV_e	13,93	14,79	13,62	10,56	16,19
	Média (%)	84	89	84	92	84

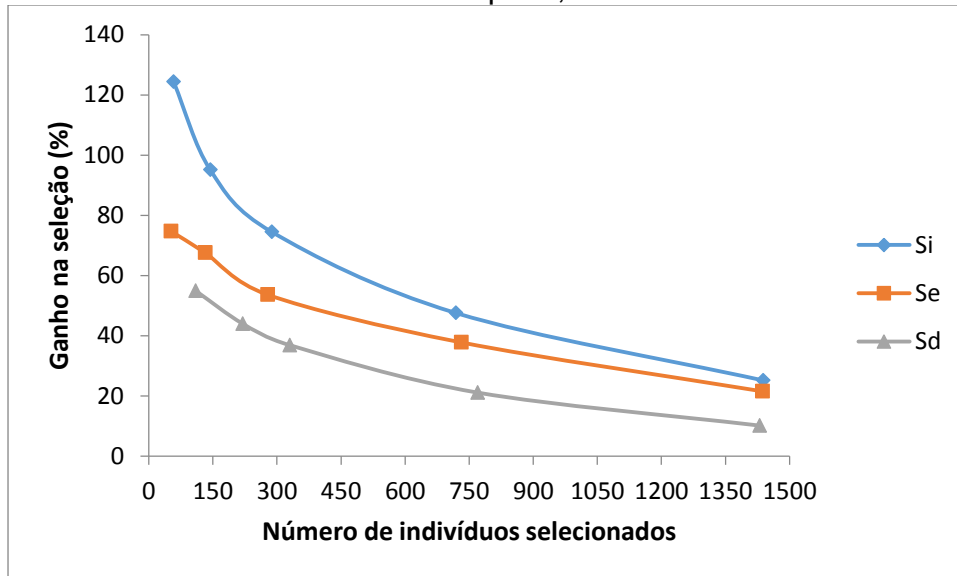
Herdabilidade individual no sentido restrito: h_a^2 ; Herdabilidade média de progênies: h_{mp}^2 ; Coeficiente de variação experimental: CV_e (%); Média geral: μ . Fonte: o próprio autor.

4.4 INTENSIDADE DE SELEÇÃO, GANHO E DIVERSIDADE

Dentre os métodos de seleção adotados, a seleção individual possibilitou os maiores ganhos esperados independente da intensidade de seleção. À medida que o número de indivíduos selecionados reduzia, não só os ganhos foram aumentando para todos os métodos, mas também as diferenças de ganhos entre os métodos. Os

ganhos esperados com a seleção variaram de 124,4 % com 58 indivíduos na seleção individual até 10,2 % com 1.430 indivíduos na seleção dentro de progênes (Figura 4).

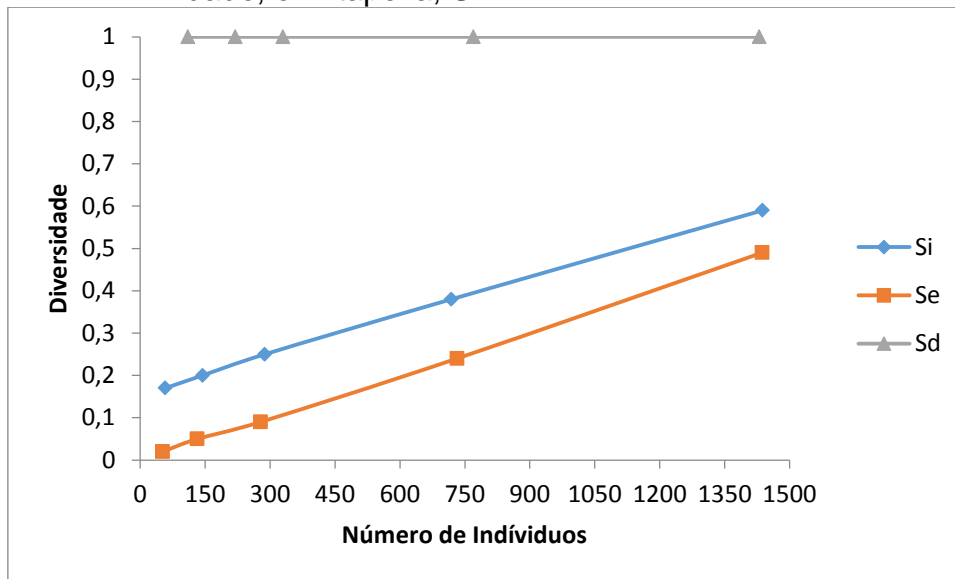
Figura 4 – Ganho na seleção por número de indivíduos conforme o método de seleção: individual (Si), entre progênes (Se) e dentro de progênes (Sd) em um teste de procedências e progênes de *A. angustifolia* aos 33 anos de idade em Itapeva, SP.



Fonte: o próprio autor.

O comportamento da diversidade em relação à intensidade de seleção foi diferente entre os métodos de seleção. O melhor método foi a seleção dentro de progênes, que permaneceu constante com a diversidade igual à 1, para 110 indivíduos ou mais que era o número inicial de progênes. Na seleção individual a diversidade variou de 0,17 (58 indivíduos) a 0,59 (1.438 indivíduos). Já na seleção entre progênes variou de 0,02 (52 indivíduos) para 0,49 (1.437 indivíduos). Conforme esperado, a seleção dentro de progênes foi a que manteve a maior diversidade da população original (Figura 5). A sexagem não foi considerada porque nem todas as árvores produziam estróbilos na época em que foi realizada a avaliação.

Figura 5 – Diversidade por número de indivíduos, conforme o método de seleção: individual (Si), entre progênies (Se) e dentro de progênies (Sd) em um teste de procedências e progênies de *A. angustifolia* aos 33 anos de idade, em Itapeva, SP.



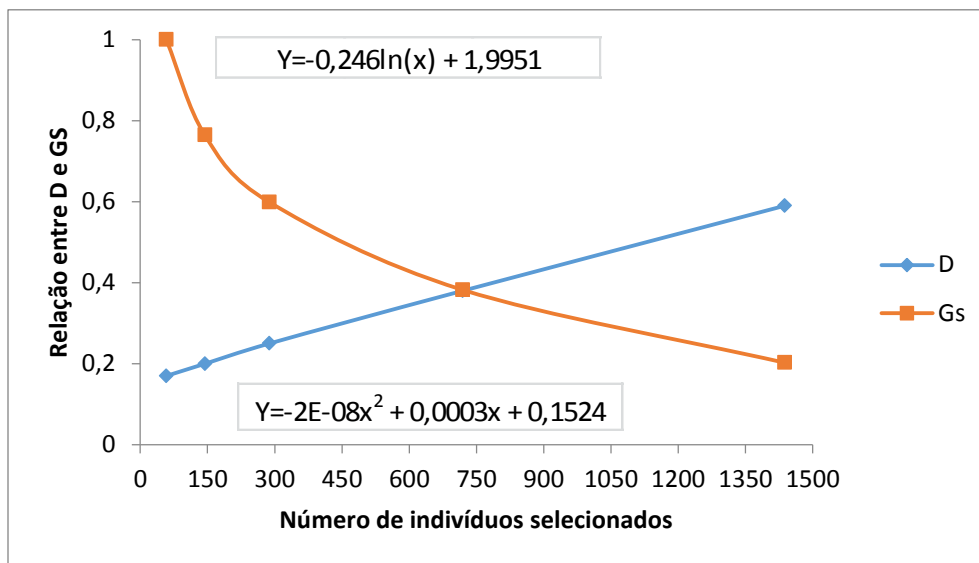
Fonte: o próprio autor.

4.5 OTIMIZAÇÃO ENTRE GANHO E DIVERSIDADE

Foi possível observar que a intensidade de seleção provoca efeitos diferentes no ganho com a seleção e na diversidade genética conforme o método de seleção adotado. A otimização foi a ferramenta utilizada com a finalidade de obter o equilíbrio entre diversidade e ganho. Dessa forma, a conservação e o melhoramento do material genético original estariam mais garantidos.

A otimização pela seleção individual foi alcançada com a seleção de 750 indivíduos, 45,6 % de ganho esperado com a seleção e 0,37 de diversidade (Figura 6). Apesar do considerável ganho obtido, a diversidade foi reduzida a cerca de 1/3 da original. Além disso, o número de indivíduos selecionados é alto para a necessidade de árvores/área.

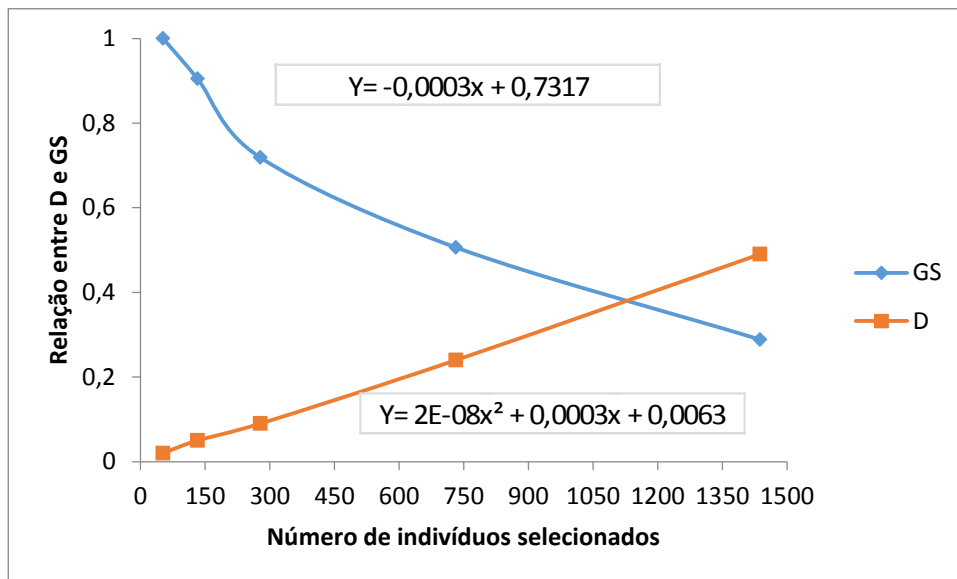
Figura 6 – Otimização com base no método de seleção individual e diferentes intensidades de seleção.



Fonte: o próprio autor.

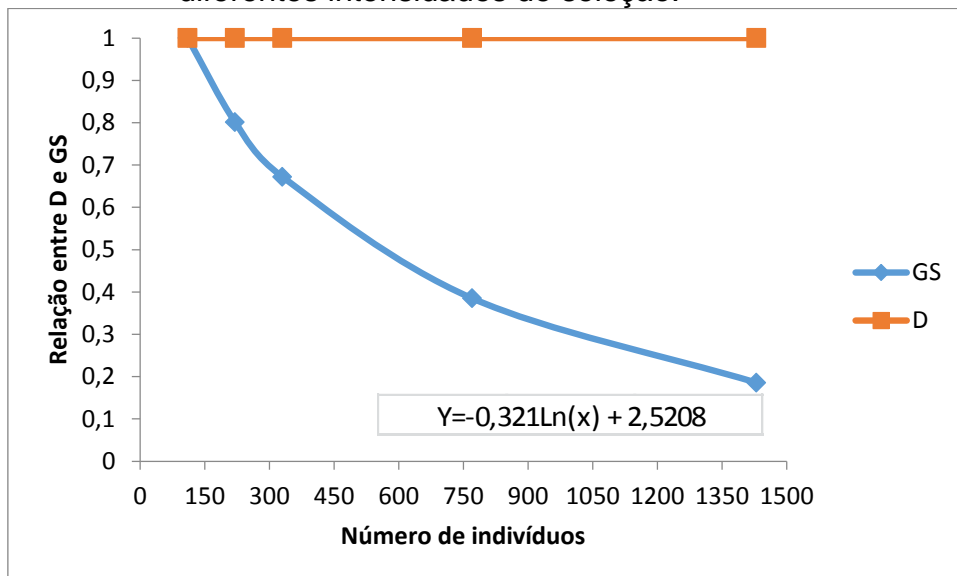
A otimização, pela seleção entre progênes, apresentou os piores resultados entre os três métodos de seleção propostos. Embora sua diversidade (0,38) tenha sido superior à obtida pela seleção individual (0,37), o número de indivíduos selecionados foi o maior (1.164) e o ganho foi o menor (28,58 %). O experimento mostra sinais claros da necessidade de desbaste e o número de indivíduos selecionados ainda é muito alto (Figura 7). Já, a otimização pela seleção dentro de progênes foi a melhor dentre os métodos propostos. Tanto a diversidade (1) quanto o ganho (54,93 %) foram superiores aos outros métodos. Além disso, o número de indivíduos selecionados foi o menor (110). O desbaste seletivo, com base nessa proposta, proporcionará uma área de produção de sementes composto por árvores mais produtivas e com diversidade genética adequada (Figura 8).

Figura 7 – Otimização com base no método de seleção entre progênies e diferentes intensidades de seleção.



Fonte: o próprio autor

Figura 8 – Otimização com base no método de seleção dentro de progênies e diferentes intensidades de seleção.



Fonte: o próprio autor.

Por fim, a única ressalva é que por se tratar de uma espécie dióica, seria interessante manter o mesmo número de plantas masculinas e femininas para cada progênie. Essa modificação causaria um incremento no número de indivíduos selecionados, 220 e uma redução no ganho que passaria a 44,01%. A área do experimento é 2,0 hectares, portanto teríamos 110 indivíduos por hectare (Tabela 6).

Tabela 6 – Otimização entre Ganho e Diversidade conforme o Método de Seleção adotado para transformar o teste de procedências e progênes de *A. angustifolia* em uma área de coleta de sementes por mudas aos 33 anos de idade, 2 hectares, em Itapeva, SP.

Método de seleção	Número de indivíduos	Ganho (%)	Diversidade
Individual	750	45,6	0,37
Entre progênes	1164	28,58	0,38
Dentro de progênes	110	54,93	1

Fonte: o próprio autor.

4.6 CENÁRIOS OTIMIZADOS PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA

O volume de madeira total (*VMT*) produzida no cenário otimizado entre progênes, obtido através do software SISArucaria, apresentou o melhor desempenho em relação aos cenários individual e dentro de progênes. Apesar do volume de madeira de desbaste aos 33 anos (*VD₃₃*) ter sido o menor volume desbastado entre os cenários, as árvores remanescentes aumentaram o IMA refletindo no maior volume de corte final (*VCF₄₀*) aos 40 anos para os cenários analisados (Tabela 7).

Tabela 7 – Volume de Madeira Desbastada (*VD₃₃*) e IMA aos 33 anos, Volume de Madeira de Corte Final (*VCF₄₀*) e IMA aos 40 anos, Volume de Madeira Total (*VMT*), em m³, por cenário.

Cenário	<i>VD₃₃</i> [IMA]	<i>VCF₄₀</i> [IMA]	<i>VMT</i>
Individual	58,3 [3,1]	89,5 [3,7]	147,8
Entre Progênes	42,2 [3,1]	113,4 [3,9]	155,6
Dentro Progênes	85,6 [3,1]	49,9 [3,4]	135,5

Fonte: o próprio autor.

As árvores removidas no desbaste aos 33 anos alcançaram apenas as classes com os menores DAP's, energia e serraria IV, para os 3 cenários. Já no corte final, aos 40 anos, ampliaram-se as classes de DAP para aquelas com maiores diâmetros, serraria III e serraria II, como efeito benéfico esperado pelos desbastes realizados (Tabela 8).

Tabela 8 – Volume de Madeira Desbastada (VD_{33}), Volume de Madeira de Corte Final (VCF_{40}), em m^3 , conforme o cenário e a classe de DAP.

CENÁRIO	CLASSES DAP	VD_{33}	VCF_{40}
Individual	Energia	17,1	7,6
	Serraria IV	41,1	66,2
	Serraria III	-	15,7
	Total	58,3	89,5
Entre Progênes	Energia	15,8	9,4
	Serraria IV	26,3	85,6
	Serraria III	-	18,5
	Total	42,2	113,4
Dentro de Progênes	Energia	21,2	1,4
	Serraria IV	64,4	13,5
	Serraria III	-	25,8
	Serraria II	-	9,2
	Total	85,6	49,9

Fonte: o próprio autor.

4.7 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DOS CENÁRIOS OTIMIZADOS

A avaliação econômica foi aplicada em uma população de primeira geração, visando o melhoramento e a conservação genética. A otimização entre ganho e diversidade gerou três novas populações, uma para cada método de seleção: individual, dentro de progênes e entre progênes. Como um dos objetivos dessa conservação é a produção de sementes com qualidade genética, foram propostas duas alternativas de produção: madeira e madeira/pinhão. Assim, foram estabelecidos seis novos cenários para produção e manejo.

4.7.1 Avaliação econômica dos cenários com produção de madeira

Estes cenários analisam a aquisição do experimento e a sua conservação por sete anos até o corte final. Nesse caso a finalidade seria exclusivamente conservar o

material genético numa população desbastada. Cada um dos três cenários é um ponto de otimização entre diversidade e ganho com seleção para cada método de seleção empregado.

A seleção entre progênes foi a que apresentou os maiores valores de receita total (*RT*), custo total (*CT*) e receita total líquida (*RTL*). Isso ocorreu por dois motivos: o maior número de árvores remanescentes (582) propiciou um maior volume e o crescimento das árvores propiciou um sortimento com mais qualidade da madeira retirada no corte final, refletindo nos preços e receita. Por outro lado, o custo de aquisição da floresta foi maior devido a maior quantidade de árvores remanescentes. No entanto, a *RTL* entre progênes ficou próxima as outras devido a sua pior (1,77) relação *RT/CT* (Tabela 9).

A razão benefício custo (*B/C*) foi maior do que um para todos os cenários. Este indicador é muito utilizado porque é de interpretação relativamente fácil em comparação a outros indicadores de viabilidade econômica. Também é muito utilizado pelo governo na avaliação e seleção de projetos públicos (REZENDE; OLIVEIRA; 2013). Um projeto é considerado viável quando $B/C > 1$ (OLIVEIRA, 2011). Portanto, todos os cenários propostos seriam aprovados porque atendem a essa condição.

O valor presente líquido (*VPL*) e o valor presente líquido anual (*VPLA*) foram maiores do que zero para todos os cenários. Quando o *VPL* for negativo, o projeto será economicamente inviável; mas, sendo positivo, ele será tanto mais atrativo quanto maior for o seu valor (REZENDE; OLIVEIRA, 2013). Os cenários analisados são viáveis e o mais atrativo é o da seleção dentro de progênes. Em relação a atratividade, o *VPLA* poderia ser comparado ao custo de oportunidade do uso da terra. Na região, o valor (mediana) do arrendamento variou de R\$ 500,00 a R\$ 900,00 para o plantio do milho ou cana, respectivamente (Tabela 27A). Nenhum dos cenários mostrou *VPLA* igual ou maior, ou seja, a conservação estaria sendo menos atrativa do que os usos alternativos.

A taxa interna de retorno (*TIR*) variou de 9,38 (entre progênes) a 20,44 (dentro de progênes). Um projeto é viável economicamente quando a *TIR* é maior do que a taxa mínima de atratividade (*TMA*) (REZENDE; OLIVEIRA, 2013). A *TMA* adotada para este estudo foi de 8% ao ano. Como todas as alternativas resultaram em *TIR* maior do que 8%, nenhum seria descartado.

Tabela 9 – Estimativas de parâmetros econômicos para a produção de madeira baseado na otimização entre G_s e D para três métodos de seleção de indivíduos em um teste de procedências e progênes de *A. angustifolia* aos 33 anos de idade, em Itapeva, SP.

Parâmetro	Métodos de Seleção		
	Individual	Entre Progênes	Dentro Progênie
N_{is}	375	582	110
G_s	45,6	28,58	44,01
D	0,37	0,38	1,00
RT	8.125,65	10.235,96	6.724,16
CT	4.468,22	5.769,81	2.357,50
RTL	3.657,43	4.466,15	4.366,66
VPR	4.741,24	5.972,58	3.923,49
VPC	4.199,68	5.501,27	2.088,96
VPL	541,55	471,31	1.834,52
$VPLA$	104,02	90,53	352,36
RBC	1,13	1,09	1,88
VET	1.300,22	1.131,57	4.404,52
TIR	10,09	9,38	20,44

Número de indivíduos selecionados: N_{is} ; Ganho percentual de seleção: G_s ; Diversidade: D ; Receita Total: RT ; Custo Total: CT ; Receita Total Líquida: RTL ; Valor Presente das Receitas: VPR ; Valor Presente dos Custos: VPC ; Valor Presente Líquido: VPL ; Valor Presente Líquido Anualizado: $VPLA$; Relação Benefício-Custo: RBC ; Valor Esperado da Terra: VET ; Taxa Interna de Retorno: TIR .

Fonte: o próprio autor.

O valor esperado da terra (VET) apresentou ampla variação entre os cenários. Segundo Oliveira (2011), um projeto só é viável se o VET for maior do que o custo de aquisição da terra (CAT). Na região de Itapeva – SP, a mediana do preço de terra nua para pastagem ou reflorestamento era de R\$13.500,00 por hectare (Tabela 26A). Sendo assim, nenhum dos cenários seria viável por este critério. No entanto, o VET é um indicador apropriado para os projetos cujos ciclos de produção se perpetuam e também, possibilita a comparação de alternativas de regimes de manejo com diferentes comprimentos de rotação (OLIVEIRA, 2011); não seria o caso para os cenários analisados.

O ciclo de produção de madeira, de 7 anos, além de ser curto considera um crescimento entre 33 anos e 40 anos, ou seja, inapropriado. Machado e Bacha (2002), baseados em informações experimentais, em Santa Rita do Passa Quatro – SP, analisaram vários cenários simulados para produção de madeira de araucária com ciclos de produção de 25 anos e obtiveram viabilidade econômica para este indicador quando a *TMA* era menor que 10%.

Por fim, calculado em separado do software Planin, o payback econômico (*PBE*) é de 7 anos, visto que a primeira e única receita nesse caso é proveniente do corte final. Uma das perspectivas a respeito da viabilidade econômica para esses cenários era que devido ao manejo inadequado do experimento e ao local pouco apropriado para o desenvolvimento da araucária, a conservação proposta poderia ser inviável. No entanto, os resultados obtidos para os parâmetros econômicos estimados sinalizam a viabilidade da conservação pelo uso com aproveitamento da madeira no final do ciclo proposto.

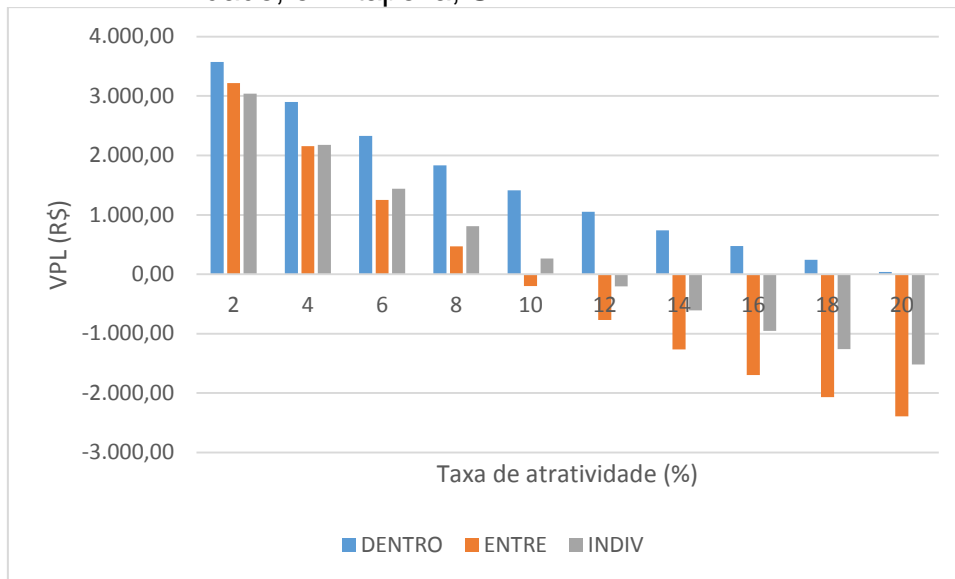
4.7.2 Análise de sensibilidade dos cenários com produção de madeira

O *VPL* é o mais consistente dos indicadores de avaliação econômica; mas também tem deficiências e limitações. O *VPL* e a razão *B/C* apresentam insensibilidade à duração do projeto, mas são sensíveis à alteração na taxa de desconto ou *TMA* (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

Os cenários foram analisados com *TMA* de 8%. Porém, se a *TMA* for sendo reduzida até 2% haverá uma inversão na ordem de preferência dos cenários. A seleção dentro de progênies continuará sendo a melhor opção, mas a seleção entre progênies ao invés da individual será a segunda opção. Também se observa uma redução na diferença entre as opções causada pelas características de cada fluxo de caixa e do efeito da *TMA* sobre eles. No sentido contrário, uma *TMA* a 10% já tornaria a opção entre progênies inviável e a 12%, só restaria viável a opção dentro de progênies (Figura 9).

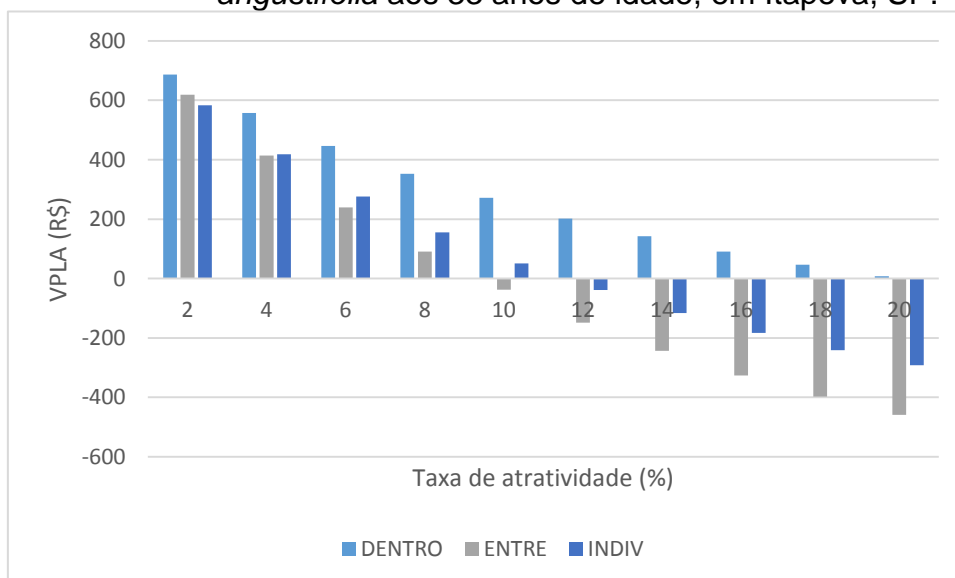
A análise de sensibilidade também pode ser aplicada aos outros indicadores de avaliação econômica. No caso do *VPLA*, a análise segue a mesma tendência observada para o *VPL* (Figura 10).

FIGURA 9 – Tendência do Valor Presente Líquido (VPL) dos cenários de produção de madeira, em função de diferentes Taxas de Atratividade em um teste de procedências e progênie de *A. angustifolia* aos 33 anos de idade, em Itapeva, SP.



Fonte: o próprio autor.

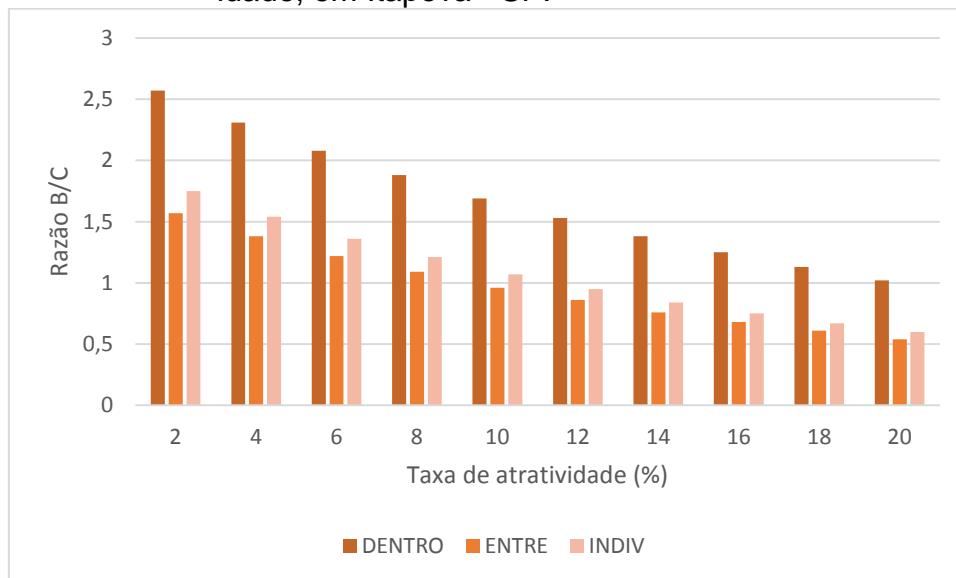
FIGURA 10 – Tendência do Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA) dos cenários de produção de madeira, em função de diferentes Taxas de Atratividade em um teste de procedências e progênie de *A. angustifolia* aos 33 anos de idade, em Itapeva, SP.



Fonte: o próprio autor.

A análise de sensibilidade em relação a razão *B/C* se comparada a *VPL* apresenta comportamento diferente pela alteração na *TMA* (REZENDE; OLIVEIRA, 2013). Apesar do comportamento do *VPL* e *VPLA* observados nas Figuras 9 e 10 serem muito parecidos com o do *B/C* (Figura 11), observa-se que a redução da *TMA* não amenizou a diferença entre os cenários. Além disso, a inversão na ordem de preferência observada quanto a *TMA* era 2% também não ocorreu.

FIGURA 11 – Tendência da Razão Benefício Custo (*B/C*) dos cenários de produção de madeira, em função de diferentes Taxas de Atratividade em um teste de procedências e progênies de *A. angustifolia* aos 33 anos de idade, em Itapeva - SP.



Fonte: o próprio autor.

4.7.3 Avaliação econômica dos cenários para a produção de madeira e pinhão

Os cenários para a produção de madeira e pinhão consideraram a conservação genética das árvores remanescentes após o desbaste seletivo, com o aproveitamento da madeira no corte final, após sete anos e a produção anual de pinhão por 6 anos. Não houve diferenciação da produção de pinhão entre os métodos de seleção, mas sim a admissão de uma capacidade suporte de produção por área independente do número de árvores remanescentes.

A produção de pinhão impactou a *RT* encontrada na produção de madeira gerando um acréscimo de R\$ 12.795,30 e, em relação ao *CT*, houve um aumento de R\$ 2.400,00. Considerou-se que a coleta do pinhão foi feita por terceiros, mas se

fosse feita pelo próprio proprietário da floresta, o *CT* poderia ser mínimo. Assim como ocorreu com a produção de madeira, dentre os tipos de seleção analisados, a seleção entre progênies apresentou os maiores valores de receita total (*RT*), custo total (*CT*) e receita total líquida (*RTL*) pelos mesmos motivos apresentados anteriormente (Tabela 10).

Tabela 10 – Estimativas de parâmetros econômicos para a produção de madeira e pinhão baseado na otimização entre G_s e D para três métodos de seleção de indivíduos de *A. angustifolia*.

Parâmetro	Métodos de Seleção		
	Individual	Entre Progênies	Dentro Progênie
N_{is}	375	582	110
G_s	45,6	28,58	44,01
D	0,37	0,38	1,00
<i>RT</i>	20.920,95	23.031,26	19.519,46
<i>CT</i>	6.868,22	8.169,81	4.757,50
<i>RTL</i>	14.052,73	14.861,45	14.761,96
<i>VPR</i>	14.599,76	15.831,10	13.782,01
<i>VPC</i>	6.048,83	7.350,42	3.938,11
<i>VPL</i>	8.550,93	8.480,68	9.843,89
<i>VPLA</i>	1.642,40	1.628,90	1.890,74
<i>RBC</i>	2,41	2,15	3,50
<i>VET</i>	20.529,96	20.361,31	23.634,26
<i>TIR</i>	49,74	37,46	130,75

Número de indivíduos selecionados: N_{is} ; Ganho percentual de seleção: G_s ; Diversidade: D ; Receita Total: *RT*; Custo Total: *CT*; Receita Total Líquida: *RTL*; Valor Presente das Receitas: *VPR*; Valor Presente dos Custos: *VPC*; Valor Presente Líquido: *VPL*; Valor Presente Líquido Anualizado: *VPLA*; Relação Benefício-Custo: *RBC*; Valor Esperado da Terra: *VET*; Taxa Interna de Retorno: *TIR*.
Fonte: o próprio autor.

O efeito da produção de pinhão sobre as estimativas da *B/C*, *VPL* e *VPLA* foram muito boas. Quando $B/C > 1$ (OLIVEIRA, 2011), o projeto é viável, e nesse caso, a menor estimativa foi de 2,15, ou seja, todos os cenários são viáveis. Em relação a seleção de projetos, o método *B/C* é consistente com *VPL* e *VPLA*, ou seja, os projetos têm mesma avaliação quanto a rejeição ou não (MACHADO, 2000).

O cenário da seleção dentro de progênies apresentou os melhores resultados. A taxa interna de retorno (*TIR*) variou de 37,46 (entre progênies) a 130,75 (dentro de progênies). Como todas as alternativas obtiveram *TIR* maior do que a *TMA* de 8%, nenhuma delas seria descartada.

No caso do *VPL* e do *VPLA*, os cenários analisados são viáveis porque as estimativas são maiores que zero e aquele mais atrativo é o da seleção dentro de progênies. Os cenários analisados são viáveis e o mais atrativo é o da seleção dentro de progênies. A atratividade poderia ser comparada ao custo de oportunidade do uso da terra. Na região, o valor (mediana) do arrendamento variou de R\$ 500,00 a R\$ 900,00 para o plantio do milho ou cana, respectivamente (Tabela 27A). O *VPLA* dos três cenários foi maior, ou seja, a conservação se tornou mais atrativa do que os usos alternativos.

A análise de viabilidade econômica, pelo critério do valor esperado da terra (*VET*), pressupõe algumas condições ressaltadas quando se analisou os cenários para produção de madeira. Com a inclusão da produção de pinhão, a menor estimativa para o *VET* foi para o cenário entre progênies, R\$ 20.361,31, ou seja, maior do que o *CAT* de R\$ 13.500,00. Portanto, mesmo não sendo as condições adequadas de ciclo de produção, a inclusão da produção anual de pinhão viabilizou um importante indicador de longo prazo quando se considera implantações de projetos florestais.

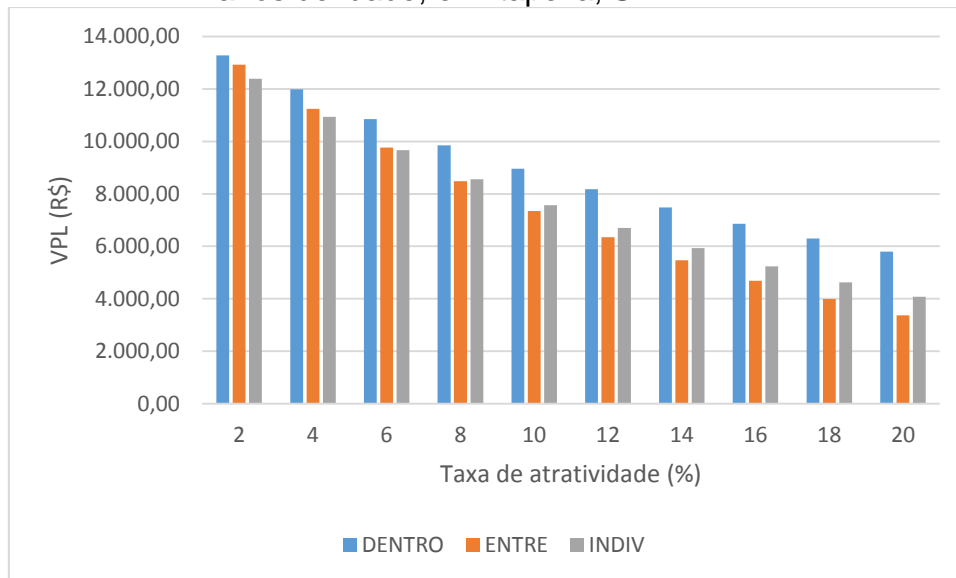
O *payback* econômico (*PBE*) para os cenários: dentro de progênies, individual e entre progênies foi antecipado para 2, 3 e 4 anos, respectivamente, pela entrada de receitas anuais da venda dos pinhões. A diferenciação entre os períodos de retorno do capital investido ocorreu porque os custos de implantação foram diferentes.

A produção de pinhão, nas árvores remanescentes após o desbaste seletivo, somada à produção de madeira do corte final após 7 anos de projeto foi altamente positiva. Os parâmetros de avaliação econômica para todos os cenários propostos sinalizaram não só a viabilidade econômica, mas a melhoria desses indicadores. Além disso, com o *VET*, ficou claro o efeito da produção de pinhão para a viabilidade no longo prazo.

4.7.4 Análise de sensibilidade dos cenários com produção de madeira e pinhão

Os cenários para a produção de madeira e pinhão consideraram uma *TMA* de 8% ao ano. Nessa condição, a opção dentro de progênes é a mais atrativa para o parâmetro *VPL*. No entanto, este parâmetro é sensível à alteração na taxa de desconto ou *TMA* (REZENDE; OLIVEIRA, 2013). Para uma *TMA* de 2%, a seleção dentro de progênes continuará sendo a melhor opção, mas a seleção entre progênes será a segunda opção no lugar da individual. Além disso, observa-se uma redução na diferença entre as opções devido às características de cada fluxo de caixa e do efeito da *TMA* sobre eles.

FIGURA 12 – Tendência do Valor Presente Líquido (*VPL*) dos cenários de produção de madeira e pinhão, em função de diferentes Taxas de Atratividade em um teste de procedências e progênes de *A. angustifolia* aos 33 anos de idade, em Itapeva, SP.



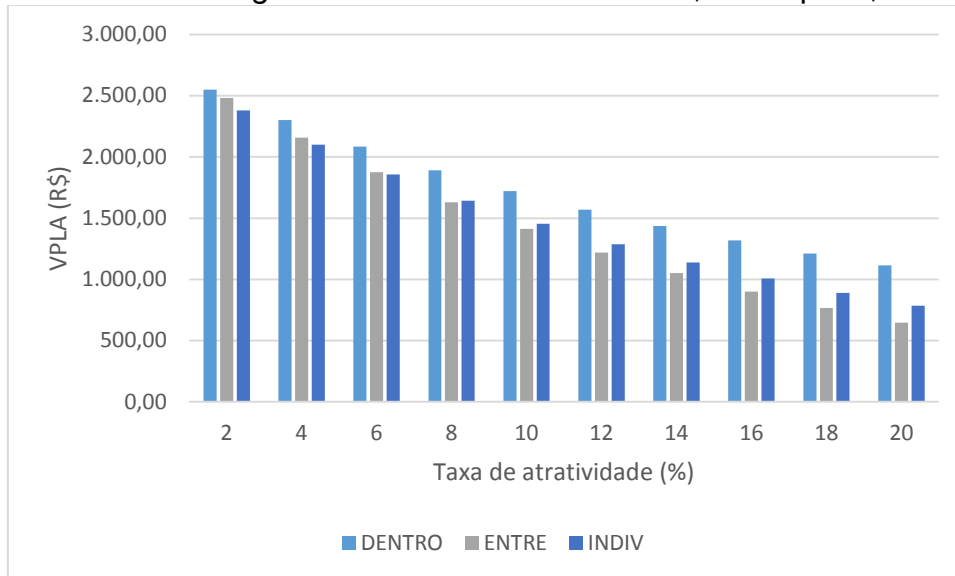
Fonte: o próprio autor.

Na análise de sensibilidade para a produção de madeira (Figura 9), a *TMA* a 10% e 12% tornariam inviáveis pelo *VPL* as opções entre progênes e individual, respectivamente. Para a produção de madeira e pinhão, *TMA*'s maiores que 8% intensificam as diferenças entre as opções, mas não tornam inviáveis nenhuma delas até a máxima *TMA* considerada, 20%.

A análise de sensibilidade também pode ser aplicada aos outros indicadores de avaliação econômica. O *VPLA* (Figura 13) que nada mais é do que o *VPL* anualizado segue a mesma tendência observada para o *VPL* (Figura 12) e a análise do comportamento da mudança da *TMA* é a mesma. Assim como o *VPL*, a razão

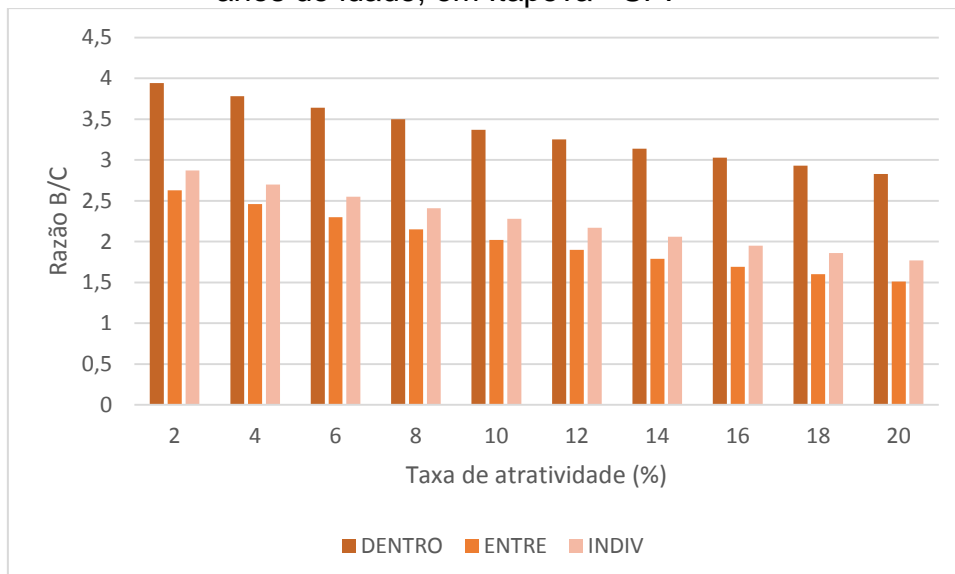
B/C também é sensível a mudanças na *TMA*. Contudo, as altas taxas de *B/C* não foram afetadas por nenhum dos valores de *TMA* (2% a 20%) de modo a inviabilizar algum dos três cenários e nem mesmo, inverter a ordem de preferência (Figura 14).

FIGURA 13 – Tendência do Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA) dos cenários de produção de madeira e pinhão, em função de diferentes Taxas de Atratividade em um teste de procedências e progênies de *A. angustifolia* aos 33 anos de idade, em Itapeva, SP.



Fonte: o próprio autor.

FIGURA 14 – Tendência da Razão Benefício Custo (B/C) dos cenários de produção de madeira e pinhão, em função de diferentes Taxas de Atratividade em um teste de procedências e progênies de *A. angustifolia* aos 33 anos de idade, em Itapeva - SP.



Fonte: o próprio autor.

4.8 O CUSTO DA CONSERVAÇÃO *EX SITU* E *IN SITU* DA ARAUCÁRIA

A conservação *in situ* é uma das estratégias de conservação mais correta a ser adotada para uma espécie, não somente porque o pool gênico das populações está sendo conservado, mas todo o seu ecossistema que permite a evolução da espécie junto aos fatores bióticos e abióticos. Já a conservação *ex situ* pode ser considerada em inúmeras situações, e será sempre complementar a conservação *in situ*. Para araucária as duas estratégias devem ser adotadas concomitantemente. Mas, diante do cenário econômico, das pressões oriundas do desenvolvimento agropecuário em inúmeras regiões, bem como inúmeros riscos e fatores negativos relacionadas a esta atividade, a prática da conservação de uma espécie torna-se um grande desafio.

Um dos principais aspectos a serem discutidos é o custo da conservação. Qual seria a estratégia mais adequada para a conservação de uma espécie diante de um país em pleno desenvolvimento econômico como o Brasil e tendo o setor agropecuário como um forte impulsor desse desenvolvimento? A necessidade de conservação das populações de araucária é indiscutível, mas o que conservar e como fazer para que possamos viabilizar a conservação da espécie?

Diante das características ecológicas e reprodutivas da araucária, a conservação de sementes, uma das mais baratas estratégias de conservação (1% do valor da conservação *in situ*), não é possível para esta espécie, por ser recalcitrante. A conservação de pólen e propágulos vegetativos via criopreservação seria uma grande saída para espécie, principalmente, por ser dióica. Para isso, seria necessário reunir esforços para desenvolvimento de protocolos que possam viabilizar essas atividades.

Em relação ao que conservar, a proposta citada por Griffity e Husby (2010) que se baseia no custo unitário de conservação ou a % de captura genética dividida pelo custo da coleção é uma estratégia que visa maximizar a eficiência no uso de recursos escassos para coleções com poucas plantas. Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, para caracteres quantitativos, pode-se afirmar que a conservação de um número maior de matrizes (progênies) pode capturar mais variabilidade genética (tamanho efetivo populacional) que a de um grande número de plantas. Com certeza uma informação genética de número de alelos por loco (riqueza alélica) seria um parâmetro que poderia direcionar melhor a estratégia de

amostragem e conservação. Porém, para alguns países que concentram a maior parte da diversidade do mundo, algumas tecnologias não são aplicadas devido ao custo, como no Brasil. Assim informações sobre o presente trabalho poderão nortear as estratégias futuras para conservação genética da espécie.

5 CONCLUSÕES

- 1) Existe variação genética individual e entre progênies de *Araucaria angustifolia* para os caracteres de crescimento.
- 2) O controle genético dos caracteres de crescimento varia de baixo a médio para a sobrevivência, em nível de plantas individuais. Já em nível de média de progênies é alto para os caracteres de crescimento e médio para sobrevivência.
- 3) O processo de otimização entre ganho esperado com a seleção e diversidade genética indicou que o método de seleção dentro de progênies é o mais eficiente pois atende ao objetivo de conservação com máxima diversidade genética possível.
- 4) Os parâmetros econômicos indicaram viabilidade econômica para a conservação pelo uso com a produção de madeira para os cenários propostos.
- 5) A inclusão da produção de pinhão com a de madeira potencializou todos os parâmetros econômicos, indicando que a conservação multiuso proposta é ainda mais viável economicamente, considerando os parâmetros e preços estimados.
- 6) A avaliação econômica corroborou a viabilidade da proposta de conservação genética baseada na otimização dentro de progênies.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, F. M. **Cultivo da Araucaria angustifolia**: viabilidade econômico financeira e alternativas de incentivo. Florianópolis: Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul, 2005. p. 53.
- AULER, N. M. F. The genetics and conservation of *Araucaria angustifolia*: genetic structure and diversity of natural populations by means of non-adaptative variation in the state of Santa Catarina, Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 3, p. 239-338, 2002.
- BALBINOT, R.; GARZEL, J. C. L.; WEBER, K. S.; RIBEIRO, A. B. Tendências de consumo e preço de comercialização do pinhão semente da *Araucaria angustifolia* (Bert.) Ktze no Estado do Paraná. **Ambiência**, Guarapuava, v. 4, n. 3, p. 463-472, 2008.
- BASSO, C. G. M. A araucária e a paisagem do planalto sul brasileiro. **Revista de Direito Público**, Londrina, v. 5, n. 2, p. 1 - 11, 2010.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma, 2010. 400 p.
- BITTENCOURT, J. V. M.; SEBBENN, A. M. Patterns of pollen and seed dispersal in a small, fragmented population of the wind-pollinated tree *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil. **Heredity**, v. 99, p. 580–591, 2007.
- BOLFONI, D.; GALVÃO, F.; DURLO, MA Influência da profundidade do lençol freático no crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 4., 1980, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata: Prefeitura Municipal de Nova Prata, 1980. p. 104-112.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente- MMA. **Espécies ameaçadas ou em perigo de extinção**. Brasília: [s.n.], 2016. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/especies-florestais>>. Acesso em: 9 out. 2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente- MMA. Mata Atlântica. In: _____. **Biomás**. Brasília: [s.n.], 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomás/mata-atlantica>>. Acesso em: 10 out. 2017.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 639 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Pinheiro-do-paraná**. Colombo: EMBRAPA FLORESTAS, 2002. p. 1-17. (Circular Técnica, 60).
- CLEMENT, C. R. Melhoramento de espécies nativas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos & melhoramento**: plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 423-441.

CLEMENT, C. R.; LLERAS PÉREZ, E.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociencia**, Montevideu, v. 9, n. 1-2, p. 67-71, 2005.

CLEMENT, C. R.; ROCHA, S. F. R.; COLE, David M; VIVAN, J. L. Conservação on farm. In: NASS, L. L. (Org.). **Recursos genéticos vegetais**. Brasília, DF: Embrapa, 2007. p. 511-544.

COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; FERREIRA, J. S.; CONTINI, A. Z.; REGO, F. L. H.; ROA, R. A. R.; MARTINS, W. J. Avaliação genética de progênies de *Leucaena leucocephala* [(Lam.) De Wit] em áreas da reserva indígena, em Caarapó, MS. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 12, n. 1, p. 15-21, 2005.

DANNER, M. A.; ZANETTE, F.; RIBEIRO, J. Z. O cultivo da araucária para a produção de pinhões como ferramenta para conservação. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 441-451, out./nov. 2012.

DORNELES, C. R. **Boletim dos preços de toras**. Curitiba: DERAL/SEAB, 2012. Disponível em: <
http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/qas/uploads/3175/produtos_florestais_agosto_2012.pdf>. Acesso em: 9 out 2017.

ETTORI, L. 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.; SILVA, L. D. (Coord.). **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p. 203-225.

FAHLER, J. C.; LUCCA, C. M. DI. Variación geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze: informe preliminar a los 5 anos. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1., 1979, Curitiba. **Meeting...** . Curitiba: FUPEF, 1980. p. 96-101.

FIGUEIREDO FILHO, A.; ORELLAN, E.; NASCIMENTO, F.; DIAS, A.N.; INOUE, M. T. Produção de sementes de *Araucaria angustifolia* em plantio e em floresta natural no centro-sul do Estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 155-162, jan./mar. 2011.

FIGUEIREDO FILHO, A.; RETSLAFF, F. A. S.; KOHLER, S. V.; BECKER, M.; BRANDES, D. Efeito da idade no afilamento e sortimento em povoamentos de *Araucaria angustifolia*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 50-59, 2015.

FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. **Fundamentos da genética da conservação**. Ribeirão Preto: Editora SBG, 2008.

FREITAS, M. L. M.; AUKAR, A. P. A.; SEBBENN, A. M.; MORAES, M. L. T.; LEMOS, E. G. M. Variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão em três sistemas de cultivo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 319-329, 2006.

FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E.; MORAES, M. A. Variação genética para caracteres quantitativos em população de *Galesia*

integrifolia (Spreng.) Harms. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 165-173, 2008.

GARRIDO, M.A.O. et al. Programa de pesquisa e experimentação com essências indígenas no âmbito do Instituto Florestal. **Silvicultura**, São Paulo, v. 2, n. 14, p. 232-235, 1978.

GRIFFITH, J.J. Economia da Conservação in situ Recursos Genéticos Florestais. **Revista IPEF**, Piracicaba, v. 17, n. 35, p. 85-92, 1987.

GRIFFITH, M. P.; NOBLICK, L. R.; DOWE, J.L.; HUSBY, C. E.; CALONJE, M. Cyclone tolerance in New World *Araucaria*: biogeographic variation and abiotic natural selection. **Annals of Botany**, Oxford, v. 4, n. 102, p. 591-598, 2008.

GRIFFITH, M. P.; HUSBY, C. E. The price of conservation: measuring the mission and its costs. **BGjournal**, Richmond, v. 7, n. 1, p. 12-14, 2010.

GUERRA, M. P.; SILVEIRA, V.; REIS, M. S.; SCHNEIDER, L. Exploração, manejo e conservação da araucária (*Araucaria angustifolia*). In: SIMÕES, L. L.; LINO, C. F. (Org.). **Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais**. São Paulo: Editora SENAC, 2002. p. 85-102.

GUERRA, M. P.; STEINER, N.; MANTOVANI, A.; NODARI, R. O.; REIS, M. S.; SANTOS, K. L. Araucária: evolução, ontogênese e diversidade genética. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 149-184.

GURGEL FILHO, O. A.; MORAES, J. L.; GARRIDO, L. M. A. G. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais: IX – pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia* O.Ktze.). **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v.16A, p. 884-889, 1982i. parte 2, Edição Especial.

HANDRO, W.; FERREIRA, C. M. *Araucaria* (*Araucaria spp.*). In: BAJAI, Y. P. S. (Ed.). **Biotechnology in agriculture and forestry: tree I**. Berlin: Springer-Verlag, 1986. p. 310-315.

HERTEL, R.J.G. **Interpretação morfológica de *Araucaria angustifolia***. 1980. 143 f. Tese (Concurso Professor Titular)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

HIGA, A. R.; RESENDE, M. D. V.; CARVALHO, P. E. R. Pomar de sementes por mudas: um método para conservação genética *ex situ* de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, Campos do Jordão. **Anais ...** São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p.1217-1224.

HOOGH, R. J. de. **Site-nutrition-growth relationships of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, in southern Brazil**. 1981. 161 f. Tese (Doutorado)- Universität zu Freiburg, Freiburg, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. Produção da extração vegetal e da silvicultura. **Prod. Extr. veg. e Silvíc.**, Rio de Janeiro, v. 31, p.1-54, 2016.

IMAGUIRE, N. Condições ambientais para a *Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze. **Dusenía**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 121-127, 1979.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES- IBÁ. **Relatório Ibá 2017**. Brasília: [s.n.], 2017. p. 65.

KAGEYAMA, P. Y.; JACOB, W. S. Variação genética entre e dentro de populações de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1., 1979, Curitiba. **Forestry problems of the genus Araucaria**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná- FUPEF, 1980. p. 83-86.

KERSHAW, P.; WAGSTAFF, B. The southern conifer family Araucariaceae: history, status and value for paleoenvironment reconstruction. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 32, p. 397-414, 2001.

KOCH, Z.; CORRÊA, M. C. **Araucária**: a floresta do Brasil meridional. Curitiba: Olhar Brasileiro, 2002. p. 148.

KUBOTA, T. Y. K.; MORAES, M. A.; SILVA, E. C. B.; PUPIN, S.; AGUIAR, A. V.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M.; SATO, A. S.; MACHADO, J. A. R.; SEBBENN, A. M. Variabilidade genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Balfourodendron riedelianum* (Engler). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 01-08, 2015.

LI, D.; PRITCHARD, H. W. The science and economics of ex situ plant conservation. **Trends in Plant Science**, Oxford, v.14, n. 11, p. 614-621, 2009.

LLERAS, E. Conservação de recursos genéticos florestais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, p. 1179-1184, 1992. Edição Especial.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 220 p.

MACHADO, J. A. R. **A viabilidade econômica dos reflorestamentos com essências nativas brasileiras para a produção de toras**: o caso do Estado de São Paulo. 2000. 186 f. Dissertação (Mestrado)– Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- ESALQ, Universidade de São Paulo- USP, Piracicaba, 2000.

MACHADO, J. A. R.; BACHA, C. J. C. Análise da rentabilidade econômica dos reflorestamentos com essências nativas brasileiras: o caso do Estado de São Paulo. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 581-604, 2002.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, L. P. C.; REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 787-796, 2004.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, P. C.; REIS, M. S. Internal genetic structure and outcrossing rate in a natural population of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Journal of Heredity**, Washington, v. 97, n. 5, p. 466–472, 2006.

MATTOS, J. R. **O pinheiro brasileiro**. 2. ed. Lages: Artes Gráficas Princesa, 1994. v. 5, p. 225.

MONTEIRO, R. F. R.; SPELTZ, R. M. Ensaio de 24 procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1., 1979, Curitiba. **Meeting...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná- FUPEF, 1980. p.181-200.

NOGUEIRA, A. C.; SEITZ, R. A. Reação do crescimento radial da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em florestas secundárias. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. v. 3, p. 586-591.

NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1987. 269 p.

OLIVEIRA, E. B. **Softwares para manejo e análise econômica de plantios florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

PAGLIARINI, M. K.; KONRAD, E. C. G.; SILVA, F. C.; SILVA, M. S. C.; MOREIRA, J. P.; SATO, A. S.; MACHADO, J. A. R.; FREITAS, M. L. M.; AGUIAR, A. V.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Variação genética em caracteres de crescimento em progênies de *Dipeteryx alata* Vog. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 112, p. 925-935, dez.2016.

PALUDO, G. F.; MANTOVANI, A.; KLAUBERG, C.; REIS, M. S. Estrutura demográfica e padrão espacial de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae) em Santa Catarina. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1109-1121, 2009.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PIRES, P. T. de L.; ZENI JUNIOR, D. M.; GAULKE, D. As unidades de conservação e a Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 589- 603, 2012.

PUCHALSKI, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S. dos. Variações em populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze associada a condições edafo-climáticas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 34, n. 70, p. 137-148, 2006.

REIS, M. S.; LADIO, A. Paisajes con Araucarias en Sudamérica: construcciones culturales pre-colombinas y del presente para producción de alimento. In: NAVARRO, V. Y.; ESPINOSA, S. **Paisajes culturales: memorias de las Jornadas de reflexión acerca de los paisajes culturales de Argentina y Chile, en especial los situados en la región Patagónica**. Rio Gallegos: AR. ICOMOS / UNPA / UMAG, 2012. p. 224 - 244

- REITZ, R.; KLEIN, R. M. **Araucariáceas**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. p. 62.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, n. 28-30, p. 3-320, 1978.
- RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
- RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimento e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 362 p.
- RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEN – REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 359 p.
- RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle experimental de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, set. 2007.
- REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 385 p.
- RODRIGUEZ, L. C. E.; BUENO, A. R. S.; RODRIGUES, F. Rotações de eucalipto mais longas: análise volumétrica e econômica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 25, n. 51, p.15-28, jun.1997.
- ROSSI, M. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal. 2017, v.1, 118p (Inclui Mapas).
- SANQUETTA, C. R.; DOLCI, M. C.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, M. N. I.; PELISSARI, A. L. Estimação de volumes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze por fatores de forma em classes diamétricas e modelos de regressão. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 13, n. 23, p. 588-597, 2016.
- SEBBENN, A. M. Tamanho amostral para conservação *ex situ* de espécies arbóreas com sistema misto de reprodução. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 147-162, 2003.
- SEBBENN, A. M.; ETTORI, L. C. Conservação genética *ex situ* de *Esenbeckia leiocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* e *Peltophorium dubium* em teste de progênies misto. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 201-211, 2001.
- SEBBENN, A. M.; FREITAS, M. L. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E.; MORAES, M. A. Conservação *ex situ* e pomar de sementes em banco de germoplasma de *Balfourodendron riedelianum*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 101-112, 2007.

SEBBENN, A. M.; PONTINHA, A. A. S.; GIANNOTTI, E.; KAGEYAMA, P. Y. Variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Araucaria angustifolia* no Sul do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 109-124, 2003.

SEBBENN, A. M.; PONTINHA, A. A. S.; FREITAS, S. A.; FREITAS, J. A. Variação genética em cinco procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no sul do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 91-99, 2004.

SEBBENN, A. M.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; KAGEYAMA, P. Y.; MACHADO, J. A. R. Parâmetros genéticos na conservação da cabreuva – *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 26, n. 53, p. 31-38, 1998.

SETOGUCHI, H.; OSAWA, T. A.; PINTAUD, J. C.; JAFFRÉ, T.; VEILLON, J. M. Phylogenetic relationships within Araucariaceae based on rbcL gene sequences. **American Journal of Botany**, Amsterdam, v. 85, n. 11, p. 1507-1516, 1998.

SHIMIZU, J. Y. Variação entre procedências de Araucária em Ribeirão Branco (SP) aos vinte e três anos de idade. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 38, p. 89-102, 1999.

SHIMIZU, J. Y.; HIGA, A. R. Variação genética entre procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. na região de Itapeva-S P, estimada até o 6^o ano de idade. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1., 1979, Curitiba. **Meeting...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná- FUPEF, 1980. p. 78-82.

SHIMIZU, J. Y.; JAEGER, P.; SOPCHAKI, S. A. Variabilidade genética em uma população remanescente de Araucária no Parque Nacional do Iguaçu, Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 41, p. 18-36, 2000.

SHIMOYA, S. Contribuição ao estudo do ciclo biológico de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) O. Ktze. **Experientiae**, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 520-540, 1962.

SILVA, C. V.; REIS, M. S. Produção de pinhão na região de Caçador, SC: aspectos da obtenção e sua importância para comunidades locais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 363-374, 2009.

SIQUEIRA, A. C. M. F.; SEBBENN, A. M.; ETTORI, L. C.; NOGUEIRA, J. C. B. Variação genética entre e dentro de populações de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler para conservação ex situ. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 89-103, 2000.

SONEGO, R. C.; BACKES, A.; SOUZA A. F. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 21, n. 4, p. 943-955, 2007.

SOUZA-LANG, V. A. de; PINTO JUNIOR, J. E. Efeito da concentração de ágar na germinação *in vitro* do pólen de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 34, p. 55-63, 1997.

SOUSA, V. A. **Population genetic studies in *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** 2001. 161 f. Thesis (PhD)- Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology, Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen. 2001.

SOUSA, V. A.; AGUIAR, A. V. **Programa de melhoramento genético de araucária da Embrapa Florestas: situação atual e perspectivas.** Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 40 p.

SOUSA, V. A.; CARVALHO, P. E. R.; CARPANEZZI, A. A.; FOWLER, J. A. P.; WREGE, M. S.; BOGNOLA, I. A.; PENTEADO, S. R. C.; AUER, C. G.; SANTOS, A. F.; WENDLING, I.; BOTOSSO, P. C.; KALIL FILHO, A. N.; BAGGIO, A. J.; AGUIAR, A. V. **Cultivo da Araucária: sistema de produção de araucária.** Colombo: [s.n.], 2010. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo>>. Acesso em: 9 out. 2017.

SOUSA, V. A.; ROBINSON, I. P.; HATTEMER, H. H. Variation and population structure at enzyme gene loci in *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 53, n.1, p. 12-19, 2004.

SOUZA, C. S.; AGUIAR, A. V.; SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T. Variação genética em progênies de Gonçalves Alves (*Astronium fraxinifolium*) em dois sistemas de plantio. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 137-145, 2003.

SOUZA, M. I. F. **Análise da diversidade genética de populações de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze utilizando marcador AFLP.** 2006. 111 f. Dissertação (Mestrado em Genética)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA, A. N.; OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S.; REZENDE, J. L. P.; MELLO, J. M. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **CERNE**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 96-106, 2007.

STEFENON, V. M. **The distribution of the genetic diversity in *Araucaria angustifolia* and its implications for the genetic conservation of the species' genetic resources.** 2007. 120 f. Thesis (PhD)- Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology, Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen, 2007.

TIMONI, J. L. et. al. Conservação genética da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1., 1979, Curitiba. **Meeting...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná-FUPEF, 1980. p. 115-117.

TISDELL, C. A. **Economics of environmental conservation: economics for environmental and ecological management.** Amsterdam: Elsevier, 1991. 233 p.

TUNG, E. S. C.; FREITAS, M. L. M.; FLORSHEIM, S. M. B.; LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; SANTOS, F. W.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Variação genética para caracteres silviculturais e anatômicos da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 499-508, 2010.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991. 123 p.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VIANA, A. P.; RESENDE, M. D. V. **Genética quantitativa no melhoramento de fruteiras**. Rio de Janeiro: Interciências, 2014. 296 p.

WORLD WIDE FUND– WWF. **Unidades de conservação**: conservando a vida, os bens e os serviços ambientais. São Paulo: [s.n.], 2008. 22 p.

WORLD WIDE FUND– WWF. **Ameaças a Mata Atlântica**. São Paulo: [s.n.], 2017. Disponível em:
<https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_mata_atl/bioma_mata_atl_ameacas/>. Acesso em: 9 out. 2017.

WREGG, M. S.; HIGA, R. C. V.; BRITZ, R. M.; GARRASTAZU, M. C.; SOUSA, V. A.; CARAMORI, P. H.; RADIN, B.; BRAGA, H. J. Climate change and conservation of *Araucaria angustifolia* in Brazil. **Unasyva**, Roma, v. 60, n. 231-232, p. 30-33, 2009.

ZANETTE, F. **A araucaria como fruteira para a produção de pinhões**. Jaboticabal: Funep, 2010. 25 p. (Série Frutas Nativas).

ZANON, M. L. B.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Proporção da diócia e distribuição diamétrica de árvores masculinas e femininas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze, em povoamentos implantados. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 425-431, 2009.

ZECHINI, A. A.; SCHUSSLER, G.; SILVA, J. Z.; MATTOS, A. G.; PERONI, N.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S. Produção, comercialização e identificação de variedades de pinhão no entorno da Floresta Nacional de Três Barras – SC. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 74-82, 2012.

ANEXOS

Tabela 1A – Componentes de variâncias para caracteres de crescimento e sobrevivência em teste de procedências e progênies de *A. angustifolia* aos 33 anos de idade em Itapeva, SP.

	Genética	Parcelas	Procedências	Ambiental	Fenotípica
ALT33	0,8679	0,5778	0,5374	2,2664	4,2494
DAP33	7,5273	1,7103	1,6176	11,1054	21,9607
VOL33	0,0011	0,0004	0,0003	0,0024	0,0042
SOB33	0,0048	0,0026	0,0008	0,1038	0,1120

Fonte: o próprio autor.

Tabela 2A – Crescimento e produção de *A. angustifolia* em teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Idade (anos)	Altura Dominante (m)	Diâmetro médio (cm)	Altura Média (m)	Área Basal (m²)	Volume Total (m³)	IMA (m³)
19	9,9	10,6	7,0	13,0	51,6	2,7
20	10,2	11,0	7,1	13,8	55,9	2,8
21	10,4	11,3	7,2	14,7	60,0	2,9
22	10,6	11,6	7,3	15,5	64,1	2,9
23	10,9	11,9	7,3	16,2	68,0	3,0
24	11,1	12,1	7,4	17,0	71,8	3,0
25	11,3	12,4	7,5	17,7	75,4	3,0
26	11,5	12,6	7,5	18,4	79,0	3,0
27	11,7	12,9	7,6	19,0	82,5	3,1
28	11,8	13,1	7,7	19,7	85,8	3,1
29	12,0	13,3	7,7	20,3	89,1	3,1
30	12,2	13,5	7,7	20,9	92,3	3,1
31	12,3	13,7	7,8	21,5	95,4	3,1
32	12,5	13,8	7,8	22,0	98,4	3,1
33	12,6	14,0	7,9	22,6	101,4	3,1

(1) Índice de Sítio: 12,9

(2) Densidade: 1467 árvores por hectare aos 19 anos

(3) Diâmetro quadrático médio: 10,3

(4) Equação de Sítio: Embrapa

(5) Equação de Volume: Embrapa

(6) Equação de sortimento: Embrapa

Fonte: o próprio autor.

Tabela 3A – Sortimento para árvores removidas no corte final (33 anos) de *A. angustifolia* em teste de procedências e progênes, em Itapeva, SP.

Classes		Altura	Volume	Serraria	Serraria	Serraria	Serraria	Energia
DAP	Árv/ha	Média	Total	I	II	III	IV	(m ³)
(cm)	(n ⁰)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
8,0- 10,0	21	6,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
10,0- 12,0	188	7,0	6,6	0,0	0,0	0,0	4,3	2,4
12,0- 14,0	540	7,8	29,1	0,0	0,0	0,0	17,5	11,7
14,0- 16,0	549	8,7	44,8	0,0	0,0	0,0	38,9	5,9
16,0- 18,0	160	9,8	19,2	0,0	0,0	0,0	15,6	3,6
18,0- 20,0	7	11,1	1,1	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1
Totais		7,9	101,4	0,0	0,0	0,0	77,3	24,1

(1) Índice de Sítio: 12,9

(2) Densidade: 1467 árvores por hectare aos 19 anos

(3) Diâmetro quadrático médio: 10,3

(4) Equação de Sítio: Embrapa

(5) Equação de Volume: Embrapa

(6) Equação de sortimento: Embrapa

Fonte: o próprio autor.

Tabela 4A – Cenário ótimo individual, crescimento e produção de *A. angustifolia* em teste de procedências e progênies, desbaste de 1.091 árvores aos 33 anos, em Itapeva, SP.

Idade (anos)	Altura Dominante (m)	Diâmetro médio (cm)	Altura Média (m)	Área Basal (m²)	Volume Total (m³)	IMA (m³)
19	9,9	10,6	7,0	13,0	51,6	2,7
20	10,2	11,0	7,1	13,8	55,9	2,8
21	10,4	11,3	7,2	14,7	60,0	2,9
22	10,6	11,6	7,3	15,5	64,1	2,9
23	10,9	11,9	7,3	16,2	68,0	3,0
24	11,1	12,1	7,4	17,0	71,8	3,0
25	11,3	12,4	7,5	17,7	75,4	3,0
26	11,5	12,6	7,5	18,4	79,0	3,0
27	11,7	12,9	7,6	19,0	82,5	3,1
28	11,8	13,1	7,7	19,7	85,8	3,1
29	12,0	13,3	7,7	20,3	89,1	3,1
30	12,2	13,5	7,7	20,9	92,3	3,1
31	12,3	13,7	7,8	21,5	95,4	3,1
32	12,5	13,8	7,8	22,0	98,4	3,1
33	12,6	14,0	7,9	22,6	101,4	3,1
34	12,8	20,3	9,8	12,1	67,6	3,7
35	12,9	20,5	10,1	12,4	71,0	3,7
36	13,0	20,7	10,4	12,6	74,6	3,7
37	13,2	20,9	10,7	12,8	78,2	3,7
38	13,3	21,1	11,0	13,1	82,0	3,7
39	13,4	21,3	11,3	13,3	85,7	3,7
40	13,5	21,4	11,6	13,5	89,5	3,7

(1) Índice de Sítio: 12,9

(2) Densidade: 1467 árvores por hectare aos 19 anos. O povoamento foi desbastado aos 33 anos pela remoção de 1.091 árvores. Restaram 375 árvores.

(3) Diâmetro quadrático médio: 10,3

(4) Equação de Sítio: Embrapa

(5) Equação de Volume: Embrapa

(6) Equação de sortimento: Embrapa

Fonte: o próprio autor.

Tabela 5A – Cenário ótimo individual, sortimento para 1.091 árvores removidas no desbaste (33 anos) de *A. angustifolia* em teste de procedências e progênes, em Itapeva, SP.

Classes	Altura	Volume	Serraria	Serraria	Serraria	Serraria	Energia	
DAP	Árv/ha	Média	Total	I	II	III	IV	
(cm)	(n ^o)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
8,0- 10,0	21	6,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
10,0- 12,0	188	7,0	6,5	0,0	0,0	0,0	4,2	2,3
12,0- 14,0	540	7,8	28,5	0,0	0,0	0,0	17,1	11,4
14,0- 16,0	309	8,7	20,2	0,0	0,0	0,0	17,5	2,7
16,0- 18,0	32	8,1	2,6	0,0	0,0	0,0	2,3	0,3
Totais		7,9	58,3	0,0	0,0	0,0	41,1	17,1

(1) Índice de Sítio: 12,9

(2) Densidade: 1467 árvores por hectare aos 19 anos. O povoamento foi desbastado aos 33 anos pela remoção de 1.091 árvores. Restaram 375 árvores.

(3) Diâmetro quadrático médio: 10,3

(4) Equação de Sítio: Embrapa

(5) Equação de Volume: Embrapa

(6) Equação de sortimento: Embrapa

Fonte: o próprio autor.

Tabela 6A – Cenário ótimo individual, sortimento para 375 árvores removidas no corte final (40 anos) de *A. angustifolia* em teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Classes	Altura	Volume	Serraria	Serraria	Serraria	Serraria	Energia	
DAP	Árv/ha	Média	Total	I	II	III	IV	
(cm)	(n ^o)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
16,0- 18,0	2	10,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
18,0- 20,0	71	11,3	13,0	0,0	0,0	0,0	12,1	0,9
20,0- 22,0	178	11,6	40,3	0,0	0,0	0,0	37,0	3,3
22,0- 24,0	105	11,9	29,1	0,0	0,0	12,7	13,8	2,7
24,0- 26,0	19	12,2	6,4	0,0	0,0	2,7	3,0	0,7
26,0- 28,0	1	12,5	0,4	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0
Totais		11,6	89,5	0,0	0,0	15,7	66,2	7,6

(1) Índice de Sítio: 12,9

(2) Densidade: 1467 árvores por hectare aos 19 anos. O povoamento foi desbastado aos 33 anos pela remoção de 1.091 árvores. Restaram 375 árvores.

(3) Diâmetro quadrático médio: 10,3

(4) Equação de Sítio: Embrapa

(5) Equação de Volume: Embrapa

(6) Equação de sortimento: Embrapa

Fonte: o próprio autor.

Tabela 7A – Cenário ótimo entre progênies, crescimento e produção de *A. angustifolia* em teste de procedências e progênies, desbaste de 884 árvores aos 33 anos, em Itapeva, SP.

Idade (anos)	Altura Dominante (m)	Diâmetro médio (cm)	Altura Média (m)	Área Basal (m²)	Volume Total (m³)	IMA (m³)
19	9,9	10,6	7,0	13,0	51,6	2,7
20	10,2	11,0	7,1	13,8	55,9	2,8
21	10,4	11,3	7,2	14,7	60,0	2,9
22	10,6	11,6	7,3	15,5	64,1	2,9
23	10,9	11,9	7,3	16,2	68,0	3,0
24	11,1	12,1	7,4	17,0	71,8	3,0
25	11,3	12,4	7,5	17,7	75,4	3,0
26	11,5	12,6	7,5	18,4	79,0	3,0
27	11,7	12,9	7,6	19,0	82,5	3,1
28	11,8	13,1	7,7	19,7	85,8	3,1
29	12,0	13,3	7,7	20,3	89,1	3,1
30	12,2	13,5	7,7	20,9	92,3	3,1
31	12,3	13,7	7,8	21,5	95,4	3,1
32	12,5	13,8	7,8	22,0	98,4	3,1
33	12,6	14,0	7,9	22,6	101,4	3,1
34	12,8	20,1	8,4	18,5	89,0	3,9
35	12,9	20,3	8,7	18,8	92,8	3,9
36	13,0	20,4	8,9	19,1	96,6	3,9
37	13,2	20,6	9,1	19,4	100,6	3,9
38	13,3	20,8	9,3	19,7	104,8	3,9
39	13,4	20,9	9,6	20,0	109,0	3,9
40	13,5	21,0	9,8	20,2	113,4	3,9

(1) Índice de Sítio: 12,9

(2) Densidade: 1467 árvores por hectare aos 19 anos. O povoamento foi desbastado aos 33 anos pela remoção de 884 árvores. Restaram 582 árvores.

(3) Diâmetro quadrático médio: 10,3

(4) Equação de Sítio: Embrapa

(5) Equação de Volume: Embrapa

(6) Equação de sortimento: Embrapa

Fonte: o próprio autor.

Tabela 8A – Cenário ótimo entre progênes, sortimento para 884 árvores removidas no desbaste (33 anos) de *A. angustifolia* em teste de procedências e progênes, em Itapeva, SP.

Classes	Altura	Volume	Serraria	Serraria	Serraria	Serraria	Energia	
DAP	Árv/ha	Média	Total	I	II	III	IV	(m ³)
(cm)	(n ^o)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
8,0- 10,0	21	6,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
10,0- 12,0	188	7,0	6,4	0,0	0,0	0,0	4,1	2,3
12,0- 14,0	493	7,8	24,7	0,0	0,0	0,0	14,8	9,9
14,0- 16,0	165	6,2	9,4	0,0	0,0	0,0	6,6	2,8
16,0- 18,0	16	7,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,7	0,4
Totais		6,9	42,2	0,0	0,0	0,0	26,3	15,8

(1) Índice de Sítio: 12,9

(2) Densidade: 1467 árvores por hectare aos 19 anos. O povoamento foi desbastado aos 33 anos pela remoção de 884 árvores. Restaram 582 árvores.

(3) Diâmetro quadrático médio: 10,3

(4) Equação de Sítio: Embrapa

(5) Equação de Volume: Embrapa

(6) Equação de sortimento: Embrapa

Fonte: o próprio autor.

Tabela 9A – Cenário ótimo entre progênes, sortimento para 582 árvores removidas no corte final (40 anos) de *A. angustifolia* em teste de procedências e progênes, em Itapeva, SP.

Classes	Altura	Volume	Serraria	Serraria	Serraria	Serraria	Energia	
DAP	Árv/ha	Média	Total	I	II	III	IV	(m ³)
(cm)	(n ^o)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
16,0- 18,0	18	9,6	2,3	0,0	0,0	0,0	1,9	0,4
18,0- 20,0	158	10,0	24,4	0,0	0,0	0,0	19,7	4,7
20,0- 22,0	249	10,3	47,8	0,0	0,0	0,0	45,7	2,1
22,0- 24,0	132	10,7	31,3	0,0	0,0	14,8	14,8	1,7
24,0- 26,0	25	11,1	7,3	0,0	0,0	3,3	3,4	0,5
26,0- 28,0	1	11,5	0,4	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0
Totais		9,8	113,4	0,0	0,0	18,5	85,6	9,4

(1) Índice de Sítio: 12,9

(2) Densidade: 1467 árvores por hectare aos 19 anos. O povoamento foi desbastado aos 33 anos pela remoção de 882 árvores. Restaram 582 árvores.

(3) Diâmetro quadrático médio: 10,3

(4) Equação de Sítio: Embrapa

(5) Equação de Volume: Embrapa

(6) Equação de sortimento: Embrapa

Fonte: o próprio autor.

Tabela 10A – Cenário ótimo dentro de progênies, crescimento e produção de *A. angustifolia* em teste de procedências e progênies, desbaste de 1.356 árvores aos 33 anos, em Itapeva, SP.

Idade (anos)	Altura Dominante (m)	Diâmetro médio (cm)	Altura Média (m)	Área Basal (m²)	Volume Total (m³)	IMA (m³)
19	9,9	10,6	7,0	13,0	51,6	2,7
20	10,2	11,0	7,1	13,8	55,9	2,8
21	10,4	11,3	7,2	14,7	60,0	2,9
22	10,6	11,6	7,3	15,5	64,1	2,9
23	10,9	11,9	7,3	16,2	68,0	3,0
24	11,1	12,1	7,4	17,0	71,8	3,0
25	11,3	12,4	7,5	17,7	75,4	3,0
26	11,5	12,6	7,5	18,4	79,0	3,0
27	11,7	12,9	7,6	19,0	82,5	3,1
28	11,8	13,1	7,7	19,7	85,8	3,1
29	12,0	13,3	7,7	20,3	89,1	3,1
30	12,2	13,5	7,7	20,9	92,3	3,1
31	12,3	13,7	7,8	21,5	95,4	3,1
32	12,5	13,8	7,8	22,0	98,4	3,1
33	12,6	14,0	7,9	22,6	101,4	3,1
34	12,8	24,9	12,1	5,3	36,8	3,6
35	12,9	25,4	12,3	5,6	39,0	3,6
36	13,0	25,9	12,5	5,8	41,2	3,5
37	13,2	26,4	12,7	6,0	43,4	3,5
38	13,3	26,8	12,9	6,2	45,6	3,5
39	13,4	27,3	13,1	6,4	47,8	3,4
40	13,5	27,7	13,2	6,6	49,9	3,4

(1) Índice de Sítio: 12,9

(2) Densidade: 1467 árvores por hectare aos 19 anos. O povoamento foi desbastado aos 33 anos pela remoção de 1.356 árvores. Restaram 110 árvores.

(3) Diâmetro quadrático médio: 10,3

(4) Equação de Sítio: Embrapa

(5) Equação de Volume: Embrapa

(6) Equação de sortimento: Embrapa

Fonte: o próprio autor.

Tabela 11A – Cenário ótimo dentro de progênes, sortimento para 1.356 árvores removidas no desbaste (33 anos) de *A. angustifolia* em teste de procedências e progênes, em Itapeva, SP.

Classes	Altura	Volume	Serraria	Serraria	Serraria	Serraria	Energia	
DAP	Árv/ha	Média	Total	I	II	III	IV	
(cm)	(n ^o)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
8,0- 10,0	21	6,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
10,0- 12,0	188	7,0	6,6	0,0	0,0	0,0	4,3	2,3
12,0- 14,0	540	7,8	29,0	0,0	0,0	0,0	17,4	11,6
14,0- 16,0	523	8,7	41,4	0,0	0,0	0,0	35,9	5,5
16,0- 18,0	82	9,3	8,0	0,0	0,0	0,0	6,7	1,3
18,0- 20,0	1	10,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Totais		10,4	85,6	0,0	0,0	0,0	64,4	21,2

(1) Índice de Sítio: 12,9

(2) Densidade: 1467 árvores por hectare aos 19 anos. O povoamento foi desbastado aos 33 anos pela remoção de 1.356 árvores. Restaram 110 árvores.

(3) Diâmetro quadrático médio: 10,3

(4) Equação de Sítio: Embrapa

(5) Equação de Volume: Embrapa

(6) Equação de sortimento: Embrapa

Fonte: o próprio autor.

Tabela 12A – Cenário ótimo dentro de progênes, sortimento para 110 árvores removidas no corte final (40 anos) de *A. angustifolia* em teste de procedências e progênes, em Itapeva, SP.

Classes	Altura	Volume	Serraria	Serraria	Serraria	Serraria	Energia	
DAP	Árv/ha	Média	Total	I	II	III	IV	
(cm)	(n ^o)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
22,0- 24,0	1	12,7	0,4	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0
24,0- 26,0	17	12,8	6,5	0,0	0,0	4,5	1,9	0,2
26,0- 28,0	47	12,9	20,4	0,0	0,0	14,0	5,9	0,5
28,0- 30,0	35	13,0	17,5	0,0	7,1	4,8	5,1	0,5
30,0- 32,0	8	13,1	4,7	0,0	1,9	2,2	0,5	0,1
32,0- 34,0	1	13,1	0,4	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0
Totais		13,2	49,9	0,0	9,2	25,8	13,5	1,4

(1) Índice de Sítio: 12,9

(2) Densidade: 1467 árvores por hectare aos 19 anos. O povoamento foi desbastado aos 33 anos pela remoção de 1.356 árvores. Restaram 110 árvores.

(3) Diâmetro quadrático médio: 10,3

(4) Equação de Sítio: Embrapa

(5) Equação de Volume: Embrapa

(6) Equação de sortimento: Embrapa

Fonte: o próprio autor.

Tabela 13A – Volume de Aquisição da Floresta (VAF) para os cenários otimizados (individual, entre progênes, dentro de progênes), em m³.

CENÁRIO	CLASSES	CORTE FINAL	DESBASTE	VAF
	DAP	33 ANOS	33 ANOS	
Individual	Energia	24,1	17,1	7,0
	Serraria IV	77,3	41,1	36,2
	Total	101,4	58,2	43,2
Entre Progênes	Energia	24,1	15,8	8,3
	Serraria IV	77,3	26,3	51,0
	Total	101,4	42,1	59,3
Dentro de Progênes	Energia	24,1	21,2	2,9
	Serraria IV	77,3	64,4	12,9
	Total	101,4	85,6	15,8

Fonte: o próprio autor.

Tabela 14A – Fluxo de receitas e custos em reais para corte final da madeira após 7 anos da aquisição da floresta, cenário ótimo individual do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Ano	Receitas	Custos	Receita Presente	Custo Presente
0	0,00	3.298,22	0,00	3.298,22
1	0,00	195,00	0,00	180,56
2	0,00	195,00	0,00	167,18
3	0,00	195,00	0,00	154,80
4	0,00	65,00	0,00	47,78
5	0,00	65,00	0,00	44,24
6	0,00	65,00	0,00	40,96
7	8.125,65	0,00	4.741,24	0,00

Fonte: o próprio autor.

Tabela 15A – Relatório de custos em reais para corte final da madeira após 7 anos da aquisição da floresta, cenário ótimo individual do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Ano	Implantação	Manutenção	Administração	TOTAL
0	3.298,22	0,00	0,00	3.298,22
1	0,00	130,00	65,00	195,00
2	0,00	130,00	65,00	195,00
3	0,00	130,00	65,00	195,00
4	0,00	130,00	65,00	195,00
5	0,00	130,00	65,00	195,00
6	0,00	130,00	65,00	195,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Nominal	3.298,22	780,00	390,00	4.468,22
Total Presente	3.298,22	600,97	300,49	4.199,68

Fonte: o próprio autor.

Tabela 16A – Fluxo de receitas e custos em reais para corte final da madeira após 7 anos da aquisição da floresta, cenário ótimo entre progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Ano	Receitas	Custos	Receita Presente	Custo Presente
0	0,00	4.599,81	0,00	4.599,81
1	0,00	195,00	0,00	180,56
2	0,00	195,00	0,00	167,18
3	0,00	195,00	0,00	154,80
4	0,00	195,00	0,00	143,33
5	0,00	195,00	0,00	132,71
6	0,00	195,00	0,00	122,88
7	10.235,96	0,00	5.972,58	0,00

Fonte: o próprio autor.

Tabela 17A – Relatório de custos em reais para corte final da madeira após 7 anos da aquisição da floresta, cenário ótimo entre progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Ano	Implantação	Manutenção	Administração	TOTAL
0	4.599,81	0,00	0,00	4.599,81
1	0,00	130,00	65,00	195,00
2	0,00	130,00	65,00	195,00
3	0,00	130,00	65,00	195,00
4	0,00	130,00	65,00	195,00
5	0,00	130,00	65,00	195,00
6	0,00	130,00	65,00	195,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Nominal	4.599,81	780,00	390,00	5.769,81
Total Presente	4.599,81	600,97	300,49	5.501,27

Fonte: o próprio autor.

Tabela 18A – Fluxo de receitas e custos em reais para corte final da madeira após 7 anos da aquisição da floresta, cenário ótimo dentro de progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Ano	Receitas	Custos	Receita Presente	Custo Presente
0	0,00	1.187,50	0,00	1.187,50
1	0,00	195,00	0,00	180,56
2	0,00	195,00	0,00	167,18
3	0,00	195,00	0,00	154,80
4	0,00	195,00	0,00	143,33
5	0,00	195,00	0,00	132,71
6	0,00	195,00	0,00	122,88
7	6.724,16	0,00	3.923,49	0,00

Fonte: o próprio autor.

Tabela 19A – Relatório de custos em reais para corte final da madeira após 7 anos da aquisição da floresta, cenário ótimo dentro de progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Ano	Implantação	Manutenção	Administração	TOTAL
0	1.187,50	0,00	0,00	1.187,50
1	0,00	130,00	65,00	195,00
2	0,00	130,00	65,00	195,00
3	0,00	130,00	65,00	195,00
4	0,00	130,00	65,00	195,00
5	0,00	130,00	65,00	195,00
6	0,00	130,00	65,00	195,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Nominal	1.187,50	780,00	390,00	2.357,50
Total Presente	1.187,50	600,97	300,49	2.088,96

Fonte: o próprio autor.

Tabela 20A – Fluxo de receitas e custos em reais para produção de pinhão com corte raso da floresta após 7 anos, cenário ótimo individual do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Ano	Receitas	Custos	Receita Presente	Custo Presente
0	0,00	3.298,22	0,00	3.298,22
1	2.132,55	595,00	1.974,58	550,93
2	2.132,55	595,00	1.828,32	510,12
3	2.132,55	595,00	1.692,89	472,33
4	2.132,55	595,00	1.567,49	437,34
5	2.132,55	595,00	1.451,38	404,95
6	2.132,55	595,00	1.343,87	374,95
7	8.125,65	0,00	4.741,24	0,00

Fonte: o próprio autor.

Tabela 21A – Relatório de custos em reais para produção de pinhão com corte raso da floresta após 7 anos, cenário ótimo individual do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Ano	Implantação	Manutenção	Administração	Coleta	TOTAL
0	3.298,22	0,00	0,00	0,00	3.298,22
1	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
2	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
3	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
4	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
5	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
6	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Nom.	3.298,22	780,00	390,00	2.400,00	6.868,22
Total Pres.	3.298,22	600,97	300,49	1.849,15	6.048,83

Fonte: o próprio autor.

Tabela 22A – Fluxo de receitas e custos em reais para produção de pinhão com corte raso da floresta após 7 anos, cenário ótimo entre progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Ano	Receitas	Custos	Receita Presente	Custo Presente
0	0,00	4.599,81	0,00	4.599,81
1	2.132,55	595,00	1.974,58	550,93
2	2.132,55	595,00	1.828,32	510,12
3	2.132,55	595,00	1.692,89	472,33
4	2.132,55	595,00	1.567,49	437,34
5	2.132,55	595,00	1.451,38	404,95
6	2.132,55	595,00	1.343,87	374,95
7	10.235,96	0,00	5.972,58	0,00

Fonte: o próprio autor.

Tabela 23A – Relatório de custos em reais para produção de pinhão com corte raso da floresta após 7 anos, cenário ótimo entre progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Ano	Implantação	Manutenção	Administração	Coleta	TOTAL
0	4.599,81	0,00	0,00	0,00	4.599,81
1	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
2	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
3	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
4	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
5	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
6	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Nom.	4.599,81	780,00	390,00	2.400,00	8.169,81
Total Pres.	4.599,81	600,97	300,49	1.849,15	7.350,42

Fonte: o próprio autor.

Tabela 24A – Fluxo de receitas e custos em reais para produção de pinhão com corte raso da floresta após 7 anos, cenário ótimo dentro de progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Ano	Receitas	Custos	Receita Presente	Custo Presente
0	0,00	1.187,50	0,00	1.187,50
1	2.132,55	595,00	1.974,58	550,93
2	2.132,55	595,00	1.828,32	510,12
3	2.132,55	595,00	1.692,89	472,33
4	2.132,55	595,00	1.567,49	437,34
5	2.132,55	595,00	1.451,38	404,95
6	2.132,55	595,00	1.343,87	374,95
7	6.724,16	0,00	3.923,49	0,00

Fonte: o próprio autor.

Tabela 25A – Relatório de custos em reais para produção de pinhão com corte raso da floresta após 7 anos, cenário ótimo dentro de progênies do teste de procedências e progênies, em Itapeva, SP.

Ano	Implantação	Manutenção	Administração	Coleta	TOTAL
0	1.187,50	0,00	0,00	0,00	1.187,50
1	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
2	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
3	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
4	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
5	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
6	0,00	130,00	65,00	400,00	595,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Nom.	1.187,50	780,00	390,00	2.400,00	4.757,50
Total Pres.	1.187,50	600,97	300,49	1.849,15	3.938,11

Fonte: o próprio autor.

Tabela 26A – Levantamento do valor de terra nua, EDR – Itapeva, em R\$/ha, 06/2017, em Itapeva, SP.

Produto	Menor	Maior	Médio	Moda	Mediana
Campo	3.000	26.000	12.925	16.000	12.200
Terra de Cultura 1^a	5.000	40.000	22.400	13.000	21.000
Terra de Cultura 2^a	4.300	35.000	17.271	20.000	15.000
Terra p/ pastagem	4.000	32.000	15.071	12.000	13.500
Terra p/ reflorest.	4.000	29.000	13.804	18.000	13.500

Fonte: IEA/CATI - SAAESP.

Tabela 27A – Arrendamento em dinheiro em R\$/ha.ano, levantamento em 11/2015, EDR – Itapeva (15 municípios), SP.

Produto	Menor	Maior	Médio	Moda	Mediana
Cana	200,00	1.000,00	770,00	880,00	900,00
Milho	350,00	1.100,00	614,17	500,00	500,00
Soja	400,00	1.100,00	750,00	1.100,00	700,00

Fonte: IEA/CATI - SAAESP.