

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS
VEGETAIS

ALEX A. ZECHINI

**MORFOMETRIA, PRODUÇÃO, FENOLOGIA E DIVERSIDADE
GENÉTICA: SUBSÍDIOS PARA CONSERVAÇÃO DA *Araucaria
angustifolia* (Bert.) O. Ktze E COLETA SUSTENTÁVEL DO
PINHÃO NO PLANALTO CATARINENSE**

FLORIANÓPOLIS
Santa Catarina
2012

ALEX A. ZECHINI

**MORFOMETRIA, PRODUÇÃO, FENOLOGIA E DIVERSIDADE
GENÉTICA: SUBSÍDIOS PARA CONSERVAÇÃO DA *Araucaria
angustifolia* (Bert.) O. Ktze E COLETA SUSTENTÁVEL DO
PINHÃO NO PLANALTO CATARINENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina, para obtenção do grau de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Sedrez dos Reis

Co-orientador: Prof. Dr. Adelar Mantovani

FLORIANÓPOLIS
Santa Catarina
2012

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

ZECHINI, ALEX A.
MORFOMETRIA, PRODUÇÃO, FENOLOGIA E DIVERSIDADE
GENÉTICA: [dissertação] : SUBSÍDIOS PARA CONSERVAÇÃO DA
Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze E COLETA
SUSTENTÁVEL DO PINHÃO NO PLANALTO CATARINENSE / ALEX A.
ZECHINI ; orientador, Maurício Sedrez dos Reis ; co-
orientador, Adelar Mantovani. - Florianópolis, SC, 2013.
193 p. ; 21cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-
Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.

Inclui referências

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. Araucária. 3.
Extrativismo Sustentável. 4. Coleta de pinhão. 5.
Conservação pelo uso. I. Sedrez dos Reis, Maurício . II.
Mantovani, Adelar . III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos
Vegetais. IV. Título.

**Morfometria, produção, fenologia e
diversidade genética: subsídios para
conservação da *Araucaria angustifolia* (Bert.)
O. Kuntze e coleta sustentável do pinhão no
Planalto Catarinense**

por

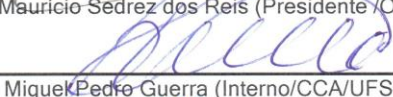
Alex Anderson Zechini

Dissertação julgada e aprovada em 14/12/2012, em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de Concentração Recursos Genéticos Vegetais, no Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, CCA/UFSC.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Maurício Sedrez dos Reis (Presidente/Orientador)



Prof. Dr. Miguel Pedro Guerra (Interno/CCA/UFSC)



Dr. Javier Sanguinetti (Externo/Parque Nac. LANIN/Argentina)



Dr. Walter Steenbock (Externo/ ICMBIO/PR)



Prof. Dr. Rubens Onofre Nodari (Coordenador do Programa)

Florianópolis, dezembro de 2012

A Herondina P.F e Jacob Z.N, dedico.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que fizeram parte deste trabalho, que de uma forma ou de outra estiveram presentes em algum momento desta trajetória, e que junto a mim uniram forças em busca do aprendizado, em especial:

À minha avó, Dona Herondina, pelo apoio, carinho e compreensão;

Ao meu pai, Sr. Jacob Zechini, pela credibilidade, confiança e apoio;

À Cristina M. W. pelo carinho, apoio incondicional, perseverança e muita paciência;

Ao professor Maurício Sedrez dos Reis pela orientação, pela amizade, pelo papel de pai em muitos momentos, pela paciência e também por provocar durante esta trajetória várias inquietações, as quais muito contribuíram na minha formação, registro aqui minha admiração, respeito e gratidão.

Ao professor Adelar Mantovani pela co-orientação e pelas contribuições.

Aos amigos:

Felipe Steiner, pelas várias conversas, de onde saíram grandes ideias;

Tiago Montagna, pelas horas dispensadas comigo no laboratório e várias contribuições;

Alison Nazareno, pelas discussões de fenologia e genética;

Giovani Paludo, pelas várias contra-argumentações que me faziam parar pra pensar;

Samantha Filippon, pelos conselhos e reflexões;

Juliano Zago, Carol Cristofolini, Georg Altrack, Roberta Duarte, Glauco Schussler, Ana Assis, Anna Jacinta, Victor, William, Luiz Guilherme, Natália Adan, Natália Andrade, Andrea Mattos, Diogo Ferreira, Caio Darós, André e Douglas Loch, pelos momentos de aprendizado durante o convívio no NPFT.

Ao NPFT – Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais pela estrutura disponível;

Ao Laboratório de Fisiologia do Desenvolvimento e Genética Vegetal (LFDGV)-UFSC;

Ao ICMBio e adm. da Floresta Nacional de Três Barras, pela estrutura disponível à pesquisa;

À administração da EPAGRI – RGFC pela estrutura disponível à pesquisa;

À administração da UNC- Canoinhas e ao Laboratório de Sementes e Viveiro Florestal, em especial a Daniela, Carijó e Gean pela parceria estabelecida e estrutura oferecida;

Aos agricultores Janete e Vilmar, Doílio e família e Francisco e família,
pela estrutura e tempo dedicado na execução deste trabalho;
À equipe Mundo Vertical, pelos serviços de coleta de pinhas;
À CAPES, pela bolsa e a FAPESC pelo apoio financeiro à execução
deste trabalho.

“Todo conhecimento humano começou com intuições, passou daí a conceitos e ideias”.

Immanuel Kant

RESUMO

A *Araucaria angustifolia* é a única espécie do seu gênero com ocorrência natural no Brasil, onde originalmente suas florestas ocupavam cerca de 20 milhões de ha. Devido à importância econômica da espécie foi gerado um intenso processo de exploração madeireira predatória, resultando atualmente em remanescentes fragmentados e empobrecidos que somam percentuais entre 21,9 a 26,9%, da área original no Estado de Santa Catarina. Atualmente a espécie encontra-se na lista de espécies ameaçadas da IUCN, do Estado e do País. Esta ação antrópica aliada a condições de ambiente de ocorrência proporcionaram diferenças entre áreas quanto à estrutura demográfica e principalmente no que se refere ao porte médio das plantas. Estas diferenças podem ser percebidas no planalto catarinense quando comparadas populações sob diferentes condições edafo-climáticas e diferentes históricos de uso e conservação. Diferenças entre estas populações também podem ser observadas em relação à produção de pinhão, com populações produzindo mais que outras e alternando a produção entre anos enquanto outras se mantêm em produção estável entre os anos. Estas variações são consideradas moderadas, o que leva a uma não sincronia de produção numa escala regional. É possível considerar que a produção de pinhão se diferencia entre locais e entre anos, no entanto, não é possível afirmar que a espécie apresente, em níveis regionais, anos de maior ou menor produção, não se enquadrando no conceito de *masting*. Em relação à oferta de pinhão, esta possui uma distribuição com alto grau de sazonalidade, concentrada em torno de um período (entre maio e junho) e diferenciado entre populações e entre os anos. Observou-se também que tanto as variedades precoces quanto tardias ocorrem em baixa frequência e que a quantidade de pinhão disponível em relação às datas legais confere forte pressão sobre as variedades precoces (“São José”) e tardias (Caiová e “Macaco”), acarretando em possíveis prejuízos à regeneração. Embora estas populações apresentem diferenças significativas em relação à forma dos indivíduos, à produção e oferta de pinhão, entre estas populações ocorre baixa divergência genética, o que reforça a importância destas como mantenedoras da diversidade genética representada pelo conjunto. Os índices genéticos encontrados indicam que o conjunto apresenta características que podem favorecer a conservação genética a médio e longo prazo. Além disso, os resultados indicam a eficiência do sistema empregado para a produção de pinhões por parte dos agricultores familiares como um processo de conservação *on farm* para *Araucaria angustifolia*. Desta forma, ressalta-

se a necessidade de estabelecer complementariedades entre os anseios pelo uso do pinhão como fonte de alimento e renda e as demandas intrínsecas à espécie. Políticas públicas associadas à coleta do pinhão podem favorecer os processos de conservação pelo uso da espécie.

Palavras-chave: Araucária. Conservação pelo uso. Coleta de pinhão. Extrativismo Sustentável. Pinhão.

ABSTRACT

The *Araucaria angustifolia* is the only species of its genus with natural occurrence in Brazil where its forest originally occupied about 20 million hectares. Due to the species economic importance an intense process of predatory logging was generated, resulting in currently fragmented and impoverished remnants totaling percentages between 21.9 to 26.9% of its original area in the state of Santa Catarina. Currently, the species is found on several endangered species lists, including the IUCN. This anthropogenic exploitation together with environmental conditions provide differences between areas regarding the demographic structure and especially in regards to the average size of the plants. These differences can be seen in the plateaus of Santa Catarina when compared with populations under different soil and climatic conditions and different historical use and conservation. Differences between these populations can also be observed in relation to *pinhão* production, with some populations producing more than others and some alternating production between years while others' production remains stable between years. These variations are considered moderate, which leads to a non-synchronized production on a regional scale. The production of *pinhão* differs between locations and between years, however, it is not possible to state that the species has years of greater or lesser production at a regional level, which does not follow the concept of masting. In regards to the supply of *pinhão*, this distribution has a high degree of seasonality, concentrated around a specific period (between May and June) and differentiated between populations and between years. It was also observed that both early and late varieties late occur at low frequencies and the amount of *pinhão* legally available confer a strong selection pressure on the "São Jose", Caiova and "Macaco" varieties, resulting in possible impairment of regeneration. Although these populations differ significantly in relation to the form of individuals, the production and supply of *pinhão*, between these populations is of low genetic divergency, which reinforces the importance of these as keepers of genetic diversity, as well as its ability to present a strong reference to genetic conservation in the short-term and long-term. Furthermore, the results indicate the efficiency of the system used for the production of *pinhões* by the farmers as a process of *on farm* conservation for *Araucaria angustifolia*. Thus, there is a need to establish complementarities between the use of the *pinhão* as a source of income and food and the demands inherent to

the species. Public policy associated with the *pinhão* collection processes may favor the conservation of the species through its use.

Keywords: Araucaria, conservation, collection, sustainability, pinhão

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Área natural de ocorrência de *Araucaria angustifolia* (em verde escuro) e distribuição do domínio da Mata Atlântica (verde claro) em território brasileiro. Fonte: Simões e Lino (2002)..... 34
- Figura 2 - Formas da Copa em *Araucaria angustifolia*. 1. Cônica, 2. Umbrela, 3. Calciforme. Fonte: Nogueira e Seitz (1990)..... 35
- Figura 3 - Mapa Fitogeográfico da Floresta Ombrófila Mista no Estado de Santa Catarina. Fonte: Adaptado de Klein, 1978. NPFT. UFSC..... 50
- Figura 4 - Abrangência geográfica das áreas onde estão localizadas as populações de *Araucaria angustifolia* amostradas em SC 54
- Figura 5- Floresta com araucárias na Reserva Genética Florestal de Caçador (RGFC). Domínio da araucária no dossel superior com indivíduos emergentes em destaque. 55
- Figura 6 – Araucárias em formação de campos com capões em meio à pecuária extensiva na Fazenda Santa Rita, Coxilha Rica, município de Lages-SC. 56
- Figura 7 - Floresta com araucárias em paisagem de caívas - propriedades de agricultores familiares. Domínio da araucária no dossel superior com manejo de erva-mate em sub-bosque, lavoura e criação de gado e roçadas frequentes. 58
- Figura 8 – Floresta com Araucárias – Áreas altas da Floresta Nacional de Três Barras. Dominância com araucárias em alta densidade, segundo estrato bem desenvolvido com presença de erva-mate e estrato inferior com presença de xaxim-bugiu e xaxim de espinho. 59
- Figura 9 - Modelo de *Araucaria angustifolia* e suas características dimensionais. Fonte: Adaptado do modelo de Burger (1939)..... 61
- Figura 10 – Dendrograma de agrupamento para descritores morfométricos e dendrométricos em função da dioícia obtidos através do método Ward de associação, com base na distância euclidiana para as

quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Estado de Santa Catarina. Correlação cofenética do agrupamento com dados padronizados= 0,78. Análise de similaridade (Anosim) $R=0,638$ e $p<0,05$ 68

Figura 11 - Método de Observação das pinhas: a iformação da localização das pinhas é obtida pelo observador através do binóculo e registrada em quadrantes alinhados ao norte representando a copa..... 82

Figura 12 - Coleta de estróbilos realizada por equipe especializada..... 84

Figura 13 - Produção média de pinhas (linha preta) e número de indivíduos femininos (N: linha pontilhada) por classe diamétrica entre 2010 e 2012 para o conjunto das populações em Santa Catarina..... 87

Figura 14 - Produção média de pinhas (linha preta) e número de indivíduos femininos (N: linha pontilhada) por classe diamétrica entre 2010 e 2012 para a população da Reserva Genética Florestal de Caçador (RGFC) 88

Figura 15 - Produção média de pinhas (linha preta) e número de indivíduos femininos (N: linha pontilhada) por classe diamétrica entre 2010 e 2012 para a população dos Agricultores de Três Barras (Agri-TB)..... 88

Figura 16 - Produção média de pinhas (linha preta) e número de indivíduos femininos (N: linha pontilhada) por classe diamétrica entre 2010 e 2012 para a para a população da Coxilha Rica (CR)..... 89

Figura 17 - Figura 8 - Produção média de pinhas (linha preta) e número de indivíduos femininos (N: linha pontilhada) por classe diamétrica entre 2011 e 2012 para a população da Floresta Nacional de Três Barras (Flona-TB) 90

Figura 18 - Escala de Fournier adaptada para *Araucaria angustifolia* (Masculinis): 1- Poucos estróbilos distribuídos aleatoriamente em poucos ramos; 2- Poucos estróbilos distribuídos aleatoriamente em muitos ramos; 3- Muitos estróbilos distribuídos aleatoriamente em

poucos ramos; 4- Muitos estróbilos distribuídos aleatoriamente em muitos ramos. 118

Figura 19- Distribuição de frequências de árvores matrizes em atividade de oferta de pinhão para três populações e para o conjunto delas entre 2010 e 2011 e para a Flona-TB em 2011. No gráfico circular é apresentado a frequência de matrizes em relação ao mês de oferta, a data média de oferta (dada pela linha que ultrapassa o círculo e que representa o ângulo médio significativo) e intervalo de confiança para a data. 123

Figura 20 - Pinha coletada de pinheiro macaco na RGFC em agosto de 2010, apresentando sinais de predação por bugios (*Allouata* sp.). Pinhões em coloração vermelho-escuro e branco na base de fixação ao eixo. 129

Figura 21 - Volume mensal (kg x 1.000) de pinhão comercializado pela CEASA entre 2007 e 2011. 168

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Resumo das características das regiões/locais onde foram amostradas as populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense..... 53
- Tabela 2- Valores morfométricos e dendrométricos médios para indivíduos masculinos, femininos e para o conjunto, distribuídos para quatro populações de *Araucaria angustifolia* em Santa Catarina. 65
- Tabela 3 – Valores médios, Correlações entre DAP e DC e Equações de Regressão Linear Simples do DC em função do DAP, onde $Y = DC$ (variável dependente), a e $b =$ constantes, $x = DAP$ (variável independente) para as quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense..... 66
- Tabela 4- Número de matrizes, média de pinhas coletadas por matriz e total de pinhas coletadas para as quatro populações de estudo nos anos de 2010 e 2011. 83
- Tabela 5- Número de parcelas, dimensões, área total e densidade de indivíduos femininos para estimativa de produtividade por ha nos quatro locais de estudo 85
- Tabela 6 – Valores médios individuais de produção de pinha para quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense entre os anos de 2010 e 2012..... 91
- Tabela 7 – Valores médios, máximos e mínimos para os constituintes da pinha e percentual destes constituintes em relação à massa fresca da pinha para quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense entre os anos de 2010 e 2011..... 93
- Tabela 8- Valores médios de densidade de indivíduos femininos e produtividade de pinhas para quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense entre os anos de 2010 e 2012..... 95

Tabela 9 - Valores da Correlação de Pearson entre o DAP individual e a produção de pinhas entre os anos de 2010 e 2012 para quatro populações de *Araucaria angustifolia* e para o conjunto delas em SC. 96

Tabela 10 – Valores médios do Coeficiente de Variação intra-classe (CVi) e valores do Coeficiente de Variação entre classes resultantes da média de produção de pinhas por classe diamétrica entre os anos de 2010 e 2012 para quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense..... 97

Tabela 11 – Valores médios, mínimos e máximos para o Coeficiente de Variação Individual (CVi), valores de Coeficiente de Variação Populacional (CVp), valor do Coeficiente de Variação Total (CV_T) e valores médios de CVi e CVp no conjunto de quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense. 98

Tabela 12 – Percentual de indivíduos em relação à produção anual de pinhas comparada a média de produção entre os anos, para um, dois, três anos e para o período entre 2010 e 2012 para quatro populações de *Araucaria angustifolia* e para o conjunto das populações no Planalto Catarinense..... 99

Tabela 13 - Valores encontrados para a oferta de pinhões apresentados nas distribuições circulares, representados pelo Ângulo médio, Data média, concentração do evento em torno da média (r), teste de Rayleigh (z) e Intervalo de Confiança para a média (IC a 95%) para as populações Reserva Genética Florestal Caçador (RGFC), agricultores familiares do município de Três Barras (Agri-TB), campos da Coxilha Rica (CR), Floresta Nacional de Três Barras (Flona-TB) e para o conjunto das populações entre os anos de 2010 e 2011. 121

Tabela 14 – Número de indivíduos em função das notas de intensidade de emissão de androstróbilos e percentual de Fournier entre 2010 e 2011 para as populações RGFC, Agri-TB,CR e Flona-TB..... 126

Tabela 15 - Número de indivíduos adultos e de progênies amostrados e matrizes coletadas para compor as progênies para caracterização genética de seis populações de plantas adultas e de progênies de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense. 139

| | |
|--|-----|
| Tabela 16 - Índices de diversidade intrapopulacional, índice de fixação, alelos exclusivos e raros para seis populações de adultos de <i>Araucaria angustifolia</i> no Planalto Catarinense..... | 143 |
| Tabela 17- Frequências alélicas para as seis populações de plantas adultas de <i>Araucaria angustifolia</i> para 13 locos alozímicos..... | 145 |
| Tabela 18 - Índices de diversidade intrapopulacional, índice de fixação, alelos exclusivos e raros para seis populações de progênies de <i>Araucaria angustifolia</i> no Planalto Catarinense. | 147 |
| Tabela 19 - Frequências alélicas de progênies amostradas em seis populações de <i>Araucaria angustifolia</i> para 12 locos alozímicos. | 148 |
| Tabela 20 - Índices de estrutura de populações (F_{IS} , F_{ST} e F_{IT}) entre seis populações adultas e progênies de <i>Araucaria angustifolia</i> no Planalto Catarinense..... | 150 |
| Tabela 21 - Divergência genética (F_{ST}) entre populações de plantas adultas para quatro populações de <i>Araucaria angustifolia</i> no Planalto Catarinense..... | 150 |
| Tabela 22 - Comparativo par a par da divergência genética (F_{ST}) entre populações de plantas adultas para seis populações de <i>Araucaria angustifolia</i> no Planalto Catarinense..... | 151 |
| Tabela 23 - Comparativo par a par da divergência genética (F_{ST}) entre populações de progênies para quatro populações de <i>Araucaria angustifolia</i> no Planalto Catarinense..... | 152 |
| Tabela 24 - Comparativo par a par da divergência genética (F_{ST}) entre populações de progênies para seis populações de <i>Araucaria angustifolia</i> no Planalto Catarinense..... | 152 |
| Tabela 25 - Tamanho efetivo populacional (N_e) para valores referenciais de 500 e 1000, densidade (ind.ha^{-1}), densidade total (ind.área^{-1}) e área (ha) das populações de <i>Araucaria angustifolia</i> amostradas no Planalto Catarinense..... | 153 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 29 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 33 |
| 2.1 A <i>Araucaria angustifolia</i> E SUA ÁREA NATURAL DE OCORRÊNCIA | 33 |
| 2.2 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA <i>Araucaria angustifolia</i> | 34 |
| 2.2.1 Copa | 34 |
| 2.2.2 Tronco | 36 |
| 2.3 Morfometria em árvores | 36 |
| 2.4 Biologia reprodutiva em <i>Araucaria angustifolia</i> | 38 |
| 2.5 Fenologia de floração e frutificação | 39 |
| 2.6 Variabilidade genética e conservação da <i>Araucaria angustifolia</i> | 42 |
| 3 CAPÍTULO I. CARACTERIZAÇÃO DENDROMORFOMÉTRICA EM POPULAÇÕES REPRODUTIVAS DE <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze NO PLANALTO CATARINENSE | 47 |
| Palavras chave: morfometria, araucária, planalto catarinense, conservação pelo uso | 47 |
| 3.2 OBJETIVOS | 51 |
| 3.2.1 Objetivo geral | 51 |
| 3.2.2 Objetivos específicos | 51 |
| 3.3 HIPÓTESE | 51 |
| 3.4 MATERIAL E MÉTODOS | 52 |
| 3.4.1 Locais de estudo | 52 |
| 3.4.1.1 Reserva Genética Florestal de Caçador – RGFC | 54 |
| 3.4.1.2 Campos da Coxilha Rica - CR | 55 |
| 3.4.1.3 Agricultores familiares da comunidade Campininha em Três Barras – AGRI-TB | 57 |
| 3.4.1.4 Floresta Nacional de Três Barras – FLONA-TB..... | 58 |
| 3.4.2 Amostragem | 60 |
| 3.4.3 Variáveis morfométricas | 60 |
| 3.4.3.1 Comprimento da copa (Cc) | 61 |
| 3.4.3.2 Diâmetro da copa (DC) | 61 |
| 3.4.3.3 Número de verticilos (V) | 61 |
| 3.4.3.4 Formal da copa (FC) | 61 |
| 3.4.3.5 Proporção de Copa (PC) | 62 |
| 3.4.4 Variáveis dendrométricas | 62 |
| 3.4.4.1 Diâmetro à altura do peito (DAP) | 62 |

| | | |
|--------------|---|------------|
| 3.4.4.2 | Altura total (Ht) e altura de inserção da copa (Hi).. | 62 |
| 3.4.5 | Análise dos dados..... | 62 |
| 3.5 | RESULTADOS | 63 |
| 3.6 | DISCUSSÃO | 69 |
| 3.7 | Conclusões..... | 73 |
| 4.1 | Introdução | 77 |
| 4.2 | OBJETIVOS..... | 80 |
| 4.2.1 | Objetivo geral | 80 |
| 4.2.2 | Objetivos específicos..... | 80 |
| 4.3 | HIPÓTESES | 80 |
| 4.4 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 81 |
| 4.4.1 | Amostragem e quantificação das pinhas | 81 |
| 4.4.2 | Estimativa de produtividade | 82 |
| 4.4.3 | Análise dos dados..... | 85 |
| 4.5 | RESULTADOS | 86 |
| 4.5.1 | Método de estimativa de pinhas | 86 |
| 4.5.2 | Produção de pinhas por classe diamétrica | 86 |
| 4.5.3 | Produção individual de pinhas..... | 90 |
| 4.5.4 | Produtividade por pinha e constituintes..... | 92 |
| 4.5.5 | Produtividade de pinhão por área | 94 |
| 4.5.6 | Variação temporal na produção de pinhas | 96 |
| 4.5.6.1 | Variação temporal por diâmetro | 96 |
| 4.5.6.3 | Variação temporal individual e populacional | 97 |
| 4.5.6.4 | Variação temporal individual e populacional em relação à produção média de pinhas | 98 |
| 4.6 | DISCUSSÃO..... | 100 |
| 4.6.1 | Método de estimativa do número de pinhas..... | 100 |
| 4.6.2 | Produção de pinhas | 100 |
| 4.6.3 | Produtividade das pinhas e constituintes | 102 |
| 4.6.4 | Produtividade de pinhão..... | 104 |
| 4.6.5 | Variação temporal na produção de pinhas | 104 |
| 4.7 | CONCLUSÕES..... | 108 |
| 5 | CAPÍTULO III. PADRÕES DA OFERTA DE PINHÕES E DISPONIBILIDADE DE PÓLEN EM POPULAÇÕES DE <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze NO PLANALTO CATARINENSE | 110 |
| 5.1 | Introdução | 114 |
| 5.2 | HIPÓTESES | 115 |
| 5.3 | OBJETIVOS..... | 116 |
| 5.3.1 | Objetivo geral | 116 |
| 5.3.2 | Objetivos específicos..... | 116 |

| | |
|--|------------|
| 5.4 MATERIAL E MÉTODOS | 116 |
| 5.4.1 Análise dos dados | 119 |
| 5.5 Resultados..... | 120 |
| 5.5.1 Sazonalidade da oferta de pinhões | 120 |
| 5.5.2 Distribuição da oferta de pinhões entre populações | 124 |
| 5.5.3 Oferta de pinhões em relação à legislação de coleta | 124 |
| 5.5.4 Emissão de androstróbilos e disponibilidade de pólen | 125 |
| 5.6 DISCUSSÃO | 126 |
| 5.7 CONCLUSÕES | 132 |
| 6.1 INTRODUÇÃO | 137 |
| 6.2 MATERIAL E MÉTODOS | 138 |
| 6.2.1 Amostragem | 138 |
| 6.2.2 Eletroforese | 140 |
| 6.2.3 Análise dos dados | 141 |
| 6.3 RESULTADOS | 142 |
| 6.3.1 Estrutura genética | 150 |
| 6.3.2 Tamanho efetivo | 153 |
| 6.4 DISCUSSÃO | 153 |
| 6.5 conclusões..... | 160 |
| 7 CAPÍTULO V. O CONTEXTO ATUAL E OS RESULTADOS DESTA DISSERTAÇÃO: SUBSÍDIOS PARA CONSERVAÇÃO DA <i>Araucaria angustifolia</i> O. (Kuntze) . E COLETA SUSTENTÁVEL DO PINHÃO NO PLANALTO CATARINENSE | 162 |
| 7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 165 |
| REFERÊNCIAS | 174 |

1 INTRODUÇÃO

A diversidade biológica do planeta está sendo perdida em consequência de ações diretas e indiretas das atividades humanas, as quais reduzem os tamanhos das populações para níveis onde eventos estocásticos adicionais (demográficos, ambientais, genéticos) levam em direção à extinção (FRANKHAM et al., 2008).

Efeitos decorrentes destas atividades colocaram a *Araucaria angustifolia* num “status” atual de espécie criticamente em perigo, sob um risco extremamente alto de extinção (IUCN, 2012). Coincidem com estes efeitos os critérios adotados para inclusão da araucária neste “status”, dos quais podemos citar a redução do tamanho populacional em mais de 80% podendo não ser reversível e a severa fragmentação em que se encontram as populações (IUCN, 2012).

A *Araucaria angustifolia* é a única espécie do seu gênero com ocorrência natural no Brasil, onde originalmente suas florestas ocupavam cerca de 20 milhões de ha entre os estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e principalmente os estados do Sul: Paraná (40%), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%) (REITZ & KLEIN, 1966). Por conta da importância desta espécie como componente econômico nos estados do Sul até a década de 1970 e em função deste “avanço” na economia foram gerados intensos processos de exploração predatória, dos quais restam atualmente para a espécie valores compreendidos entre 4% (GUERRA et al. 2002) e 12,6% (RIBEIRO et al. 2009) da sua área original.

Os remanescentes de Florestas com Araucárias no Estado de Santa Catarina contabilizam entre 21,9 e 26,9% (VIBRANS et al., 2012) e, se por ventura isso possa parecer otimista, cabe lembrar que estes remanescentes se encontram em alto grau de fragmentação e degradação (VIBRANS et al., 2011) e muitos deles sem a presença da araucaria, pouco representando em relação à cobertura original.

Grande parte das ações que levaram a esta situação aconteceram no Planalto Catarinense, onde as florestas distribuíam-se de norte a sul. No Planalto Norte do estado (parte que abrange o município de Três Barras) e Planalto Ocidental (onde se localiza o município de Caçador) encontrava-se vastas áreas contínuas de pinhais muito desenvolvidos e de aspecto fisionômico muito uniforme (KLEIN, 1978), com árvores cujo porte hoje em dia é raríssimo na região da araucária como um todo (CARVALHO, 2010). Nesta região, o histórico de exploração da araucária teve início a partir de 1910, com a instalação de uma grande serraria no município de Três Barras - SC, a qual tinha uma capacidade

de produção de mais de 400 m³ de madeira serrada por dia (CARVALHO, 2010). Tamanho volume de trabalho exploratório só foi minimizado por volta de 1970, quando deu lugar às atividades das pequenas serrarias.

Enquanto isso ainda não havia ocorrido, por volta de 1940 e 1950, era chegada a vez do Planalto Sul do estado prestar-se aos anseios do sistema exploratório da época. Esta região, de domínio dos campos, formada por uma paisagem bastante particular, cercada e atravessada por bosques de araucária, apresentava ocorrência preferencial da floresta nas encostas, em terrenos irregulares e vales de rios (REITZ & KLEIN, 1966). Embora mais tardiamente que o Planalto Norte do estado, o Planalto Sul também presenciou a intensa exploração da araucária. Pode-se dizer que nesta região a exploração da araucária veio “bem embarcada”, pois foi com a melhoria de estradas e o aumento da capacidade dos caminhões que a região (atualmente compreendida em torno do município de Lages) tornou-se um dos principais (se não o principal) centro de produção de madeira da região da araucária (NODARI et al., 2004 citado por CARVALHO, 2010). Além da exploração com o intuito de produção madeireira, atividades de queimas eram periódicas, assim como a derrubada das matas com o objetivo de obter maiores áreas de pastagens (KLEIN, 1978).

Deste modo, a exploração da Araucária, concentrada entre o início do século XX até a década de 70, teve impactos expressivos na economia da região sul, assim como foi componente importante na economia Catarinense.

De lá para cá, com o esgotamento das reservas naturais e com incentivos para plantios de espécies exóticas com potencial madeireiro, novas preocupações surgiram no intuito de conservação da araucária. Assim como surgiram preocupações em relação aos recursos dela provenientes, dentre estes o pinhão.

O pinhão é, atualmente, para muitas propriedades de agricultores familiares e para pessoas de baixa renda, que tem neste recurso sua fonte de alimento e renda (ZECHINI et al., 2012) tão importante quanto era na dieta de povos indígenas, desde cerca de 2.000 anos atrás (REIS & LADIO, 2012). Não somente um recurso alimentício e econômico, o pinhão também possui importante valor social e cultural para comunidades coletoras (VIEIRA DA SILVA & REIS, 2009). Por estas razões é que atenções especiais devem ser direcionadas ao manejo deste recurso. O manejo de um produto florestal não-madeireiro se conduzido de maneira racional, além de tornar as

florestas rentáveis, mantém sua estrutura e biodiversidade (MACHADO, 2008).

Embora muitas iniciativas venham sendo tomadas para a conservação da araucária, pouco ainda se sabe sobre práticas que possam relacionar a conservação da espécie aos mecanismos potencialmente capazes de promover a coleta sustentável do pinhão.

Dentre os mecanismos potenciais a esta questão, podem ser mencionadas aqui as políticas públicas, as quais podem realmente trazer benefícios mútuos, considerando os anseios demandados por aqueles que têm no pinhão uma importante fonte de alimento e renda, assim como para a espécie, cujas demandas refletem em sua conservação e garantia de fornecimento de recursos para gerações futuras.

Baseado neste contexto, o presente trabalho trata inicialmente (capítulo I) das diferenças morfométricas existentes entre populações de plantas de araucária sob diferentes históricos de exploração e estado atual de conservação, distribuídas em propriedades de agricultores familiares, áreas particulares e unidades de conservação no Planalto Catarinense. Esta abordagem busca, além das diferenças, contextualizar o leitor em relação às características de cada população de plantas amostradas, trazendo informações de variáveis bióticas e abióticas para cada uma das populações.

O segundo capítulo deste trabalho trata da produção de pinhão, abordando este tema em valores quantitativos de produção individual, populacional e também para o conjunto das populações. Busca ainda desvendar as variações existentes entre indivíduos, populações e anos, bem como relacionar estas variações a conceitos que tratam a variação na produção de sementes por populações de plantas.

O terceiro capítulo aborda questões relacionadas a padrões de oferta de pinhão e como esta se distribui entre as populações e entre os anos. Também busca relacionar a oferta às legislações que determinam o período legal da atividade de coleta, tratando da representatividade da oferta em relação às “datas legais”. Neste capítulo são abordados ainda aspectos referentes às variedades observadas e às estruturas reprodutivas das plantas masculinas.

No quarto capítulo são tratadas questões de diversidade e estrutura genética nas populações amostradas. Estas questões levam em consideração a capacidade das propriedades de agricultores familiares como mantenedoras de diversidade e suas potenciais relações com a condição de produtoras de sementes.

O quinto e último capítulo traz um apanhado das políticas públicas existentes atualmente com reais possibilidades de inserção do

pinhão como produto de geração de alimento e renda. Este capítulo traz ainda um paralelo entre os dados obtidos neste trabalho e suas perspectivas de aplicação na composição de diretrizes com foco na conservação da araucária e coleta sustentável do pinhão.

Desta forma, pretende-se com este trabalho, por meio dos temas relacionados trazer elementos para subsidiar políticas públicas que tenham como propósito a conservação da *Araucaria angustifolia* e a coleta sustentável do pinhão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A *Araucaria angustifolia* E SUA ÁREA NATURAL DE OCORRÊNCIA

A *A. angustifolia*, também conhecida como Pinheiro, Pinho, Pinheiro do Paraná, Pinheiro Brasileiro, Pinheiro das Missões, pinheiro ou simplesmente Araucária (REITZ & KLEIN, 1966) é a única espécie do gênero de ocorrência natural no Brasil. A *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze é uma gimnosperma da Família Araucariaceae, família austral-antártica com três gêneros monofiléticos (KERSHAW & WAGSTAFF, 2001; GUERRA et al., 2008). Na América do Sul, ocorrem duas espécies da seção *Araucaria*: *A. angustifolia* e *A. araucana*, filogeneticamente próximas (KERSHAW & WAGSTAFF, 2001), e que possuem semelhanças morfológicas e de uso. A distribuição da *A. angustifolia* (Figura 1) se concentra nos estados do sul do Brasil, mas também ocorre em regiões mais altas dos estados do Sudeste (com exceção do Espírito Santo) (REITZ & KLEIN, 1966) e em pequenas manchas na Argentina e no Paraguai (GUERRA et al., 2008).

A *Araucaria angustifolia* apresenta sua distribuição em altitudes que vão de 500 a 1200m nos estados do sul do Brasil (RS, SC e PR), enquanto que nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro é possível observar a ocorrência de áreas disjuntas, distribuindo-se também em pontos mais elevados da serra da Mantiqueira e suas ramificações e ainda em formações montanhosas do planalto a leste até os rios Paraná e Uruguai a oeste (REITZ et al. 1988; SHIMIZU & OLIVEIRA 1981; CARVALHO 1994).

É uma espécie secundária e longeva, que ocupa o dossel (CARVALHO, 1994), está presente em remanescentes florestais, em pequenos capões e também na forma de árvores isoladas.

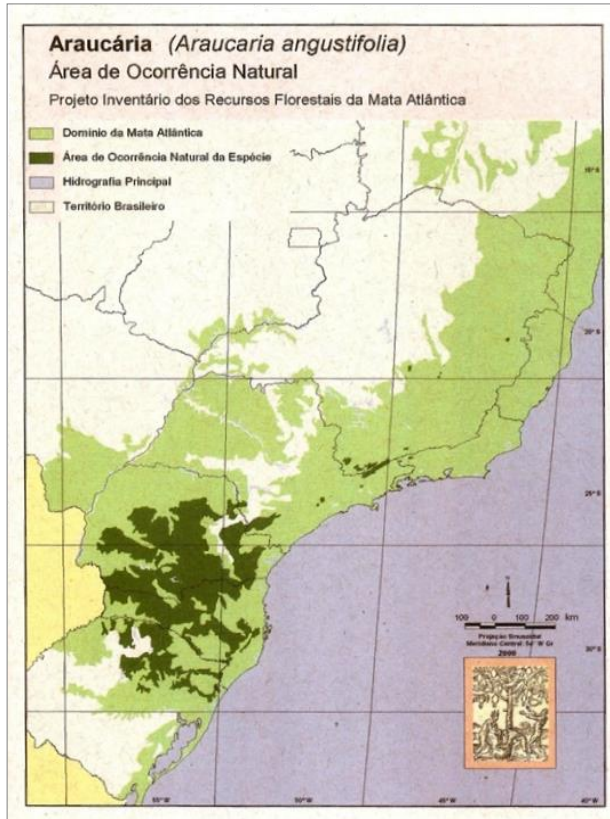


Figura 1 - Área natural de ocorrência de *Araucaria angustifolia* (em verde escuro) e distribuição do domínio da Mata Atlântica (verde claro) em território brasileiro. Fonte: Simões e Lino (2002).

2.2 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA *Araucaria angustifolia*

2.2.1 Copa

A copa é formada pelo conjunto de ramos arranjados na parte superior da *Araucaria angustifolia* (MATTOS, 2011). As plantas novas apresentam copa cônica (REITZ, KLEIN & REIS, 1978) com dois a três

ramos e a partir do desenvolvimento do terceiro verticilo em diante começam a esboçar a forma piramidal (MATTOS, 2011).

Segundo Mattos, (2011) à medida que a araucária vai crescendo vai sofrendo uma desramagem natural de acordo com sua posição: mata, borda ou campo; sendo esta desramagem mais demorada em situação de campo.

Os indivíduos adultos de *Araucaria angustifolia* apresentam a fase final da formação da copa. Segundo Mattos (1994), nesta fase ela se apresenta como uma taça ou corimbosa e os tipos intermediários são diversos, como oblongos, semi-oblongos, hemisféricos ou semi-quadrangulares. Nogueira e Seitz (1990) apresentam em estudo com *Araucaria angustifolia* três tipos de copas (Figura 2).

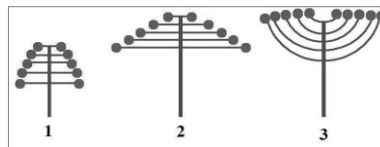


Figura 2 - Formas da Copa em *Araucaria angustifolia*. 1. Cônica, 2. Umbela, 3. Calciforme. Fonte: Nogueira e Seitz (1990)

Os ramos primários são cilíndricos, curvos para cima, sendo que os inferiores são maiores que os superiores e apresentam ramos secundários (grimpas) alternos e agrupados no ápice dos ramos primários e em exemplares que crescem livres ou isolados os ramos podem chegar próximo ao solo (Reitz, Klein & Reis, 1978).

Assim como os tipos de copa, sua constituição em relação ao número de verticilos é bastante variada. Árvores adultas podem apresentar ramos dispostos entre 8 e 15 verticilos cujo afastamento se reduz gradualmente até o ápice, restando em árvores velhas somente uma umbela terminal (Reitz, Klein & Reis, 1978). Segundo Mattos (1994) podem ser encontrados pinheiros com mais de 25 verticilos. Em relação aos galhos, o número diminui da base para o ápice da copa e cada verticilo pode apresentar de 5 a 7 galhos inseridos (MATTOS, 2011)

Para a *Araucaria angustifolia*, segundo Mattos (1994), a exposição da copa pode ter maior relação com o potencial produtivo de sementes e à localização dos indivíduos em relação à predominância dos ventos.

2.2.2 Tronco

A *Araucaria angustifolia* apresenta tronco reto e cilíndrico, fuste comprido e em indivíduos bem desenvolvidos o tronco possui espessura muito uniforme até a copa (REITZ, KLEIN & REIS, 1978).

Em indivíduos que crescem livres ou isolados e apresentam ramos até próximo ao solo o tronco permanece mais curto e espesso, já em indivíduos novos que tentam vencer a mata baixa em busca de luz o tronco é mais fino e a copa reduzida a verticilos distanciados (REITZ & KLEIN, 1966; REITZ, KLEIN & REIS, 1978).

Segundo Mattos (2011) o diâmetro em araucária geralmente está entre 0,6 a 1,2 m, podendo ser encontradas plantas com diâmetro superior a 2 m. Reitz e Klein (1966) tiveram informação de uma araucária com 2,71 m de diâmetro em São Lourenço, SC.

Em relação à altura os indivíduos de *A. angustifolia* podem apresentar de 30 a 35 m, podendo raramente em densas aglomerações se observar árvores maiores (REITZ & KLEIN, 1966). A árvore mais alta encontrada por estes autores foi de 43,5 m.

Mattos (2011) relata ter encontrado exemplares com 45 e 52 m, em Campos do Jordão – SP e em São Joaquim-SC, respectivamente

2.3 MORFOMETRIA EM ÁRVORES

Autores como Burger (1939) e Assmann (1961) foram os pioneiros na condução de estudos sobre as formas, dimensões e as relações morfométricas das copas das árvores. Segundo Hasenauer (1997), a morfometria de uma árvore e as variáveis derivadas são utilizadas para inferir sobre relações interdimensionais, reconstituir o espaço ocupado por cada árvore, a sua estabilidade, vitalidade e produtividade, bem como julgar o grau de concorrência a que cada indivíduo foi ou está sujeito.

A medição das variáveis dendrométricas como o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura (h), por serem de fácil obtenção, podem ser utilizadas como variáveis independentes em equações de regressão (TONINI & ARCO-VERDE, 2005). Segundo Machado & Figueiredo Filho (2006) dentre as variáveis mensuráveis em uma árvore o diâmetro é a mais importante, por constituir uma medida básica para cálculo da área transversal e por ser a única variável independente na estimativa do diâmetro da copa. A altura é também muito importante como uma segunda variável independente em relações dendrométricas, pois é de

fácil definição, principalmente em coníferas, por apresentarem fustes bem definidos (MACHADO E FIGUEIREDO FILHO, 2006)

Durlo e Denardi (1998), baseados no modelo de árvore desenvolvido por Burger (1939), apresentam a definição das principais variáveis morfométricas das árvores, tais como:

Diâmetro de Copa (dc): o diâmetro de copa é uma variável básica para a dedução de outras características das árvores e corresponde à distância entre as linhas de projeção dos pontos mais externos da copa.

Área de projeção da copa: entende-se a superfície coberta pela projeção vertical da copa de uma árvore. Normalmente esta área é calculada a partir da medição de um determinado número de raios de projeção da copa (quatro a oito raios). A área de projeção de copa permite que se conheça o espaço ocupado por uma árvore.

Proporção de copa: A proporção de copa ou porcentagem de copa corresponde à relação entre o comprimento da copa e altura total da árvore. Apesar das dificuldades de determinação do ponto de inserção da copa (MITSCHERLICH, 1978, citado por DURLO & DENARDI 1998), esta variável (juntamente com características qualitativas da copa), é um indicador da vitalidade das árvores. Quanto maior a porcentagem de copa, tanto mais vital e produtiva é a árvore. Por outro lado, a proporção de copa atual de uma árvore dá indicativos do grau de concorrência por ela sofrido no passado, podendo ser usada nos modelos de concorrência (HASENAUER, 1994; MONSERUD & STERBA, 1994; DURLO, 1996, citados por DURLO & DENARDI, 1998).

Grau de Esbeltez: também conhecido como relação entre altura e diâmetro (h/DAP), é uma variável que caracteriza estabilidade das árvores. Quanto mais alto o grau de esbeltez, tanto mais instável é a árvore.

Formal da copa: caracterizado pela relação entre o diâmetro de copa e a altura da mesma. Considerando uma mesma espécie e sítio, quanto menor o formal de copa, melhor é a produtividade da árvore. Isto se deve unicamente à relação entre o manto de copa e a área de projeção de copa. Se duas árvores da mesma espécie tiverem o mesmo diâmetro de copa, produzirá mais por unidade de projeção de copa aquela que tiver um menor formal, ou seja, aquela que tiver copa mais esbelta, pois terá maior manto de copa, para uma mesma área de projeção.

Segundo Orellana & Koehler (2008) o estudo das relações morfométricas de uma espécie florestal fornece os subsídios básicos para estimativas da biomassa de copa, assim, variáveis como altura total

da árvore, altura de copa e o diâmetro de copa podem ser correlacionados com a altura total e o diâmetro à altura do peito (DAP).

Vários estudos (HASENAUER, 1997; DURLO & DENARDI, 1998; DURLO, 2001; TONINI & ARCO-VERDE, 2005; TONINI ET AL., 2008; ORELLANA & KOEHLER, 2008; ROMAN ET AL., 2009; SANQUETTA ET AL., 2011; NASCIMENTO ET AL., 2010; COSTA, 2011) sobre variáveis dendrométricas e morfométricas tem sido realizados em espécies como *Cabrlea canjerana*, *Ocotea odorifera*, *Cordia trichotoma*, *Bertholletia excelsa* e também para *Araucaria angustifolia*.

Estes estudos tem buscado conhecer as características morfométricas das espécies e suas relações interdimensionais (HASENAUER, 1997; DURLO & DENARDI, 1998; DURLO, 2001; ORELLANA & KOEHLER, 2008; ROMAN et al., 2009; SANQUETTA et al., 2011). Outros estudos buscam ainda definir diretrizes para desbastes em florestas plantadas com espécies nativas (TONINI & ARCO-VERDE, 2005) e ainda estudar a relação da produção de sementes com as características morfométricas da copa e índices de competição (TONINI et al., 2008)

Para *Araucaria angustifolia* os estudos realizados, além de buscar estudar as relações interdimensionais (NASCIMENTO et al., 2010) tem avaliado também a influência de variáveis dendrométricas e morfométricas no incremento em área basal (COSTA, 2011).

Embora boa parte destes estudos busque o conhecimento sobre as características dendrométricas e morfométricas das espécies e suas relações, abordagens que envolvam este conhecimento associado às diferenças geográficas ainda são inéditas na literatura.

2.4 BIOLOGIA REPRODUTIVA EM *Araucaria angustifolia*

A *Araucaria angustifolia* é uma espécie dióica, raramente apresentando indivíduos monóicos (REITZ & KLEIN, 1966; MATTOS, 2011). Indivíduos machos e fêmeas ocorrem geralmente na proporção 1:1 (SOLORZANO-FILHO, 2001; MANTOVANI et al., 2004), no entanto é possível encontrar áreas com leve predominância de indivíduos masculinos (CARVALHO, 2003).

Nos indivíduos masculinos reprodutivos são observados os estróbilos masculinos (androstróbilos) em forma de amento (também conhecidos popularmente como mingote), com 10 a 15 cm de comprimento por 2 a 4 cm de diâmetro (REITZ & KLEIN, 1966). Cada estróbilo masculino é constituído de uma escama coriácea, mais ou

menos côncava, achatada, pedicelada e com 10 a 25 anteras alongadas, presas na face ventral de cada escama (REITZ et al. 1988). Nas árvores femininas são observadas as flores femininas em estróbilo (pinha) ou cone sub-arredondado, que estão presentes no ápice de um ramo protegido por numerosas folhas próximas entre si (REITZ & KLEIN, 1966). Quando maduros os estróbilos femininos possuem de 10 a 20 cm de diâmetro, com cerca de 10 a 150 sementes (pinhões) (REITZ & KLEIN, 1966). É possível verificar, em alguns casos, uma a duas pinhas por ramo (MATTOS, 1994). As sementes são bastante carnosas e possuem de 3 a 8 cm de comprimento, por 1 a 2,5 cm de largura (REITZ et al. 1988). Estima-se que o peso médio de cada semente é de cerca de 8,7 g (MATTOS, 1994).

O sistema reprodutivo da *Araucaria angustifolia* é alógamo. A produção do pólen é realizada pelos estróbilos masculinos e a polinização se dá de setembro a outubro (MANTOVANI et al., 2004). A maturação das pinhas se dá de abril a junho, normalmente vinte meses após a formação dos estróbilos femininos (REITZ et al. 1988). Cabe ressaltar que desde o desenvolvimento das estruturas reprodutivas à formação das sementes para araucária é um processo extremamente longo, podendo levar até quatro anos (SHIMOYA, 1962).

No sul do Brasil a polinização ocorre nos meses de agosto a outubro, e de outubro a dezembro em Minas Gerais (SOLÓRZANO-FILHO, 2001; KOCH & CORRÊA, 2002). Conforme Sousa & Hattemer (2003), a ausência de outros vetores de polinização, aliada às características físicas do pólen e às condições atmosféricas, como umidade e temperatura, restringem significativamente a sua dispersão.

Segundo Mattos (1994) tanto a direção dos ventos quanto a velocidade dos mesmos influencia diretamente na polinização.

2.5 FENOLOGIA DE FLORAÇÃO E FRUTIFICAÇÃO

Fenologia é o estudo das fases ou atividades do ciclo de vida das plantas ou animais e sua ocorrência temporal ao longo do ano, contribuindo para o entendimento dos padrões reprodutivos e vegetativos das plantas e dos animais que delas dependem (MORELLATO, 1995). A fenologia é um aspecto importante da biologia populacional, pois influencia muitos fatores de cada espécie e na dinâmica das interações interespecíficas, como na competição, herbivoria, polinização e dispersão (NEWSTROM et al., 1994).

O estudo da fenologia ganhou grande importância na conservação de ambientes florestais, por permitir o reconhecimento do

ciclo dinâmico de recursos dentro de comunidades (SMITH-RAMIZES & ARMESTO, 1994). Ainda, a capacidade de produção de frutos e sementes e sua periodicidade são informações fundamentais para coletas de sementes com finalidade de produção de mudas ou para consumo.

Os padrões fenológicos podem variar dentro de uma espécie e entre os ecossistemas (NEWSTROM et al., 1994). Stephenson (1981) cita que a taxa de florescimento e frutificação pode variar entre populações, entre indivíduos e entre anos. Vários fatores podem influenciar os padrões fenológicos, sendo alguns: a exposição à luz, o dano foliar (MARQUIS, 1988), o estresse hídrico (WRIGHT, 1991) e o aborto de flores (BAWA & WEBB, 1984).

Os estudos fenológicos podem ser aplicados em várias áreas de atuação, como por exemplo, no manejo de produtos florestais, pela possibilidade de determinação de estratégias de coleta de sementes e da disponibilidade de frutos nas plantas, que influenciará na qualidade e quantidade da dispersão das sementes.

Para a Araucária a literatura apresenta informações relevantes sobre a fenologia, no entanto, é necessário que observações desta natureza sejam contínuas para permitir a inferência de padrões de diferentes regiões, além disso, registrar de maneira ordenada o comportamento para a mesma região.

Segundo Solórzano-Filho (2001), os indivíduos de *Araucaria angustifolia* de ambos os sexos produzem novos estróbilos anualmente. Os androstróbilos (estruturas reprodutivas masculinas) se desenvolvem em posição lateral nos ramos próximos ao ápice (ANSELMINI et al., 2006). Quando ainda imaturo, o androstróbilo apresenta seu eixo longitudinal reto e sua coloração é verde, ao amadurecer, sua cor passa a ser amarelada e posteriormente castanha e o seu eixo começa a curvar-se, e esta curvatura vai progredindo até sua total secagem (MATTOS, 2011). Quando amadurecem, os grãos de pólen são liberados e transportados pelo vento (MATTOS, 1994; SOLÓRZANO-FILHO, 2001). Todos os androstróbilos encontram-se no mesmo estágio de desenvolvimento, e secam antes de iniciar a formação das novas estruturas (SOLÓRZANO-FILHO, 2001). Sendo assim, o seu desenvolvimento ocorre de fevereiro a agosto, com sua maturação em setembro e outubro, em novembro observam-se estas estruturas já secas (SOLÓRZANO-FILHO, 2001). Desta forma, nota-se que nos indivíduos masculinos há ausência de estruturas reprodutivas por um pequeno período do ano.

Nos indivíduos femininos, os ginostrobilos são arredondados e apresentam coloração verde durante todo seu desenvolvimento. Sendo

assim, sua visualização é dificultada devido à semelhança com os ramos vegetativos, e são notados somente quando adquirem diâmetro maior que os ramos, em janeiro. Ao contrário dos indivíduos masculinos, os femininos apresentam estruturas reprodutivas durante todo o ano e em diferentes estádios de desenvolvimento. O seu ciclo de desenvolvimento, desde a formação até a maturação dos pinhões, demora cerca de quatro anos (SHIMOYA, 1962; SOLÓRZANO-FILHO, 2001).

A maturação dos ginostrobilos (estruturas reprodutivas femininas) ocorre no final da estação fria, quando muitas espécies decíduas ainda não possuem folhas, o que facilita a polinização pelo vento. A maturação dos ginostrobilos ocorre durante a estação chuvosa, de dezembro e janeiro, e a queda das sementes em fevereiro (SHIMOYA, 1962). As sementes, que apresentam grande porte e são barocóricas, após a dispersão primária concentram-se debaixo da copa da matriz e seus arredores (REITZ & KLEIN, 1966). Para Solórzano-Filho (2001) todas as fases críticas do desenvolvimento dos ginostrobilos, como a formação, polinização e fecundação, ocorrem na primavera, coincidindo com a retomada do crescimento vegetativo, nos meses de outubro a dezembro.

Qualquer investigação que objetive melhor interpretar os padrões fenológicos pode utilizar-se da estatística circular como uma ferramenta altamente aplicável e recomendável de análise de dados (MORELLATO et al., 2010). A estatística circular tem aplicações importantes para a ciência da fenologia, das quais é possível citar o cálculo de variáveis fenológicas (data média, concentração, duração e distribuição), sincronia ou agregação (MORELLATO et al., 2010).

Em termos de aplicações em fenologia de plantas, qualquer data de observação (mês, semana ou dia) pode ser convertido em ângulo e a frequência de observações desse ângulo ou data pode ser plotado (MORELLATO et al., 2010). Para observações mensais os dados circulares são divididos em 360°, em doze grupos correspondentes aos meses do ano onde janeiro é o primeiro e dezembro o último. As datas são definidas pelos autores, no entanto, janeiro como o nível mais baixo permite ângulos facilmente comparáveis (MORELLATO et al., 2010).

Zar (2010) apresenta a estatística circular como uma escala de medição onde um círculo pode ser dividido em 360 intervalos iguais, chamados graus, onde a escala é o tempo (dias, semanas, meses, anos), capazes de representar uma medição. Em geral “X” unidades de tempo podem ser convertidas em uma direção angular (α , em graus), onde “X”

tem sido mensurado numa escala circular tendo “ k ” as unidades de tempo no círculo inteiro:

$$\alpha = \frac{(360^\circ) (X)}{k}$$

Após determinados os intervalos angulares, com as respectivas frequências é possível calcular o ângulo médio, $\bar{\alpha}$. O ângulo médio pode ser convertido em data média e sobre ele é dado o tempo do ano em que a atividade é mais concentrada (MORELLATO et al., 2010).

A significância do ângulo médio é determinada pelo teste de Rayleigh (z), onde as hipóteses a serem testadas tratam da distribuição (H_0 : uniforme ou H_a : não uniforme) da população amostrada em torno do círculo (MORELLATO et al., 2000; ZAR, 2010). O comprimento do vetor relaciona-se com o valor de r (coeficiente de concentração), que varia de 0 a 1, e a linha segue o ângulo médio (data média) da distribuição de frequências (MORELLATO et al., 2010; PIRANI et al., 2009). Quando o ângulo médio é significativo reflete alguma sazonalidade e intensidade de concentração de frequências em torno do ângulo médio, indicado por “ r ”, como uma medida do grau de sazonalidade (MORELLATO et al., 2000). A data pico de atividade é determinada pelo mês com maior número de indivíduos em atividade fenológica (PIRANI et al., 2009). Os ângulos médios são convertidos em data média para o evento fenológico e quando significativos são comparados os padrões fenológicos entre as populações (MORELLATO et al., 2000).

Em relação à intensidade de emissão de estruturas reprodutivas, Fournier (1974) propõe uma metodologia baseada na caracterização das fenofases (floração, floração em botão, frutos, frutos verdes, frutos maduros, queda das folhas e brotação) e na intensidade das mesmas.

2.6 VARIABILIDADE GENÉTICA E CONSERVAÇÃO DA *Araucaria angustifolia*

Antes dos anos 80, os trabalhos com *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, com vistas à determinação da variação genética intra e interpopulacionais eram reduzidos, conforme afirmam Kageyama & Jacob (1980). Estudando a variação genética quantitativa entre e dentro de três populações naturais, os autores mencionados encontraram

variações genéticas, mostrando haver correlação com altitudes dos locais de origem das sementes.

Em outro ensaio para estudar a variação genética entre 18 procedências de *A. angustifolia*, na região de Itapeva-SP, Shimizu & Higa (1979) concluíram que havia diferenças significativas entre procedências, sendo que as procedências dos Parques Nacionais da Bocaina e Itatiaia foram as que apresentaram melhor crescimento em altura, aos seis anos de idade. Este experimento fez parte de uma rede de ensaios que foram instalados com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre a variação entre procedências, incluindo coletas de sementes desde Minas Gerais até o Rio Grande do Sul.

Conforme Carvalho (1994), a ampla distribuição do pinheiro provavelmente contribuiu para a sua diferenciação em raças geográficas ou ecotipos. Evidências de ocorrência de raças geográficas também foram verificadas por Gurgel & Gurgel filho (1997). Estes autores fizeram vários experimentos nos quais comprovam a ocorrência de diferenças entre as procedências estudadas.

Mais recentemente, alguns autores realizaram estudos sobre a variabilidade e a estruturação genética da espécie *Araucaria angustifolia* (SHIMIZU et al. 2000; AULER et al. 2002; SOUZA et al. 2004; SALGUEIRO et al. 2005; MANTOVANI et al. 2006; BITTENCOURT & SEBBENN, 2007, 2008; PATREZE & TZAI, 2010; FERREIRA et al. 2012; REIS et al. 2012) com o objetivo de entender melhor como está distribuída a variabilidade genética dentro da espécie. Dentre estes, Auler et al. (2002) verificaram que a maior parte da variabilidade genética está contida dentro das populações, e além disso, nas populações degradadas os índices de diversidade encontrados foram mais baixos do que nas populações em melhor estado de conservação.

Contudo, nenhum destes trabalhos avaliou populações manejadas por agricultores familiares, visando à produção de sementes e o potencial evolutivo destas populações para conservação a longo prazo.

Para garantir o potencial evolutivo e a sobrevivência das espécies em função das mudanças ambientais e de outros fatores estocásticos é de suma importância a existência de variabilidade genética. Para isso, o uso de marcadores genéticos tem proporcionado grandes avanços para quantificar os eventos que determinam a estrutura genética em populações naturais, permitindo avaliar a movimentação de alelos nestas populações: efeitos de deriva genética, sistema reprodutivo, fluxo gênico e níveis de endogamia, fornecendo subsídios para determinar estratégias de melhoramento, manejo e conservação das mesmas (REIS, 1996; LINS NETO, 2008).

As estimativas de diversidade, estrutura genética e sistema reprodutivo, além das estimativas do tamanho efetivo populacional, podem indicar um número de árvores necessárias para coleta de sementes, garantindo uma alta variabilidade genética e fornecendo subsídios para a manutenção genética das espécies em plantios e na recuperação de áreas degradadas (REIS & WIESBAUER, 2006).

No caso particular da araucária, grande parte dos remanescentes florestais pode estar se tornando inviável e sujeitos ao desaparecimento, devido ao rompimento da dinâmica da sua regeneração, amadurecimento e reprodução (SOUZA, 2006). Ainda, mesmo que esse ciclo se torne completo, o pequeno tamanho efetivo das populações nos fragmentos torna as futuras gerações cada vez mais frágeis devido ao aumento da endogamia e perda de alelos em consequência da ação da deriva genética (SHIMIZU et al. 2000). Os efeitos da deriva genética podem ser muito marcantes, refletindo em altos índices de fixação.

Apesar de ser uma espécie dióica, a *Araucaria angustifolia* apresenta altos índices de fixação como apresentado por Auler et al. (2002) com 0,143, Schmidt et al. (2007) com 0,14 e 0,3, Stefenon et al. (2007) com 0,110, Patreze (2008) com 0,089, Sujii et al. (2008) com 0,19 e Zechini et al. (2011) 0,28.

Reis et al. (2012) avaliando a distribuição da diversidade genética em 31 populações naturais de indivíduos adultos de *Araucaria angustifolia* no estado de Santa Catarina revelam que o conjunto destas populações apresentam em média diversidade genética moderada e elevado índice de fixação. Este fato indica um possível histórico de cruzamentos entre aparentados, reflexo dos reduzidos tamanhos populacionais em que se encontram as populações. Os autores ressaltam também que a divergência genética entre estas populações é relativamente alta e significativa, indicando diferenças importantes entre as populações e reforçando a necessidade de conservação de um grande número de remanescentes.

A manutenção de elevados índices de diversidade, bem como dos mecanismos associados à manutenção desta diversidade, para uma dada espécie, garante às gerações futuras a possibilidade de formarem novos recombinantes, garantindo assim a capacidade de adaptação a novos ambientes e a própria manutenção da dinâmica populacional, (REIS,1996). Desta forma, para uma efetiva conservação genética de uma espécie deve-se conhecer de que forma a variação genética ocorre dentro e entre populações, bem como compreender como ocorre essa variação de acordo com o tempo e o espaço (SOUZA, 2006).

Temporalmente, evidências mostram que as Florestas com Araucária são paisagens resultantes da intervenção por ação humana que refletem padrões de uso tanto no passado quanto no presente (REIS & LADIO, 2012). O uso do pinhão como um importante recurso genético da Floresta com Araucária implica no conceito de conservação *on farm* (na propriedade) onde são concentradas atenções aos “cultivos” de interesse dos agricultores, e enquanto houver interesse haverá conservação *on farm* (CLEMENT et al. 2007)

Neste ponto o interesse na conservação da araucária em propriedades de agricultores familiares é estimulado pela valorização da paisagem (REIS & LADIO, 2012), decorrente de iniciativas de valorização do pinhão como alimento e produto comercial (VIEIRA DA SILVA et al., 2010).

3 CAPÍTULO I. CARACTERIZAÇÃO DENDROMORFOMÉTRICA EM POPULAÇÕES REPRODUTIVAS DE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze NO PLANALTO CATARINENSE

RESUMO

A araucária foi um importante componente econômico nos estados do Sul e este aspecto gerou um intenso processo de exploração madeireira predatória, resultando em uma estimativa de que as reservas naturais da espécie compreendam entre 4% e 12,6% da sua área original. Embora no estado de Santa Catarina a cobertura vegetal representada pela Floresta Ombrófila Mista esteja atualmente estimada entre 21,9 a 26,9%, estes remanescentes se encontram em alto grau de fragmentação e degradação. Esta ação antrópica juntamente com condições edafoclimáticas proporcionam diferenças entre áreas quanto à estrutura demográfica e principalmente no que se refere ao porte médio das plantas. Estas diferenças em relação ao porte médio das plantas podem ser mensuradas através da obtenção de variáveis dendrométricas como o diâmetro e a altura e suas relações com variáveis morfométricas. Neste contexto o objetivo deste capítulo é caracterizar populações reprodutivas de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense sob diferentes históricos de antropização através de variáveis dendrométricas e morfométricas, bem como avaliar as relações interdimensionais representadas por estas variáveis em cada população estudada. (RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador (Caçador-SC), Agri-TB (Três Barras-SC): agricultores familiares do município de Três Barras, Flona-TB (Três Barras-SC): Floresta Nacional de Três Barras e CR: Coxilha Rica, Lages-SC). Os resultados obtidos neste estudo demonstram que as populações reprodutivas de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense apresentam diferenças quanto às características dendromorfométricas. As populações RGFC e CR podem ser consideradas grupos distintos em relação aos descritores dendrométricos e morfométricos. Entre as populações Agri-TB e Flona-TB existem semelhanças, podendo-se considerar que os descritores morfométricos e dendrométricos refletem o histórico de uso e conservação, não permitindo até o momento considerá-las como grupos distintos.

Palavras chave: morfometria, araucária, planalto catarinense, conservação pelo uso

ABSTRACT

The Araucaria was an important economic component in southern Brazil and this aspect has generated an intense process of predatory exploitation, resulting in natural reserves estimate between 4% and 12.6 % of the species original area. Even though the Araucaria Forest is currently estimated to be between 21.9 to 26.9% of the vegetation in the state of Santa Catarina, the remaining forests have a high degree of fragmentation and degradation. These anthropic actions along with soil and climatic conditions provide differences between areas in regards to the demographic structure, especially for medium sized plants. The differences between the medium sized plants can be measured by obtaining dendrometric variables, such as diameter and height and its relations with morphometric variables. Within this context, the objective of this chapter is to characterize breeding populations of *Araucaria angustifolia* in southern Brazil under different historical anthropization using dendrometric and morphometric variables, as well as evaluating the interdimensional relationships represented by these variables in each population (RGFC: Caçador Reserve Forest Genetics; Agri-TB: Family farmers in the municipality of Três Barras; Flona-TB: Três Barras National Forest; CR: fiels of Coxilha Rica). The results of this study demonstrate that the breeding populations of *Araucaria angustifolia* in southern Brazil are different in relation to the dendromorphometric characteristics. The RGFC and CR populations can be considered distinct groups in relation to dendrometric and morphometric descriptors. Whereas between the Agri-TB and Flona-TB populations there are similarities, which may signify that the morphometric and dendrometric descriptors reflect the historical use and conservation, not yet permitting the two populations to be considered distinct groups.

Keywords: Morphometry. Araucaria. Santa Catarina plateau. Use. Conservation.

3.1 INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* é a única espécie do seu gênero com ocorrência natural no Brasil, onde originalmente suas florestas ocupavam cerca de 20 milhões de ha entre os estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e principalmente os estados do Sul: Paraná (40%), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%) (REITZ & KLEIN, 1966).

A araucária foi um importante componente econômico nos estados do Sul até a década de 1970 e em função deste “avanço” gerou um intenso processo de exoração predatória, do qual o resultado é uma estimativa de que as reservas naturais da espécie compreendam entre 4% (GUERRA et al. 2002) e 12,6% (RIBEIRO et al. 2009) da sua área original.

Embora no estado de Santa Catarina a cobertura vegetal representada pela Floresta Ombrófila Mista esteja atualmente estimada entre 21,9 a 26,9% (Vibrans et al. 2012) e isso possa parecer otimista, estes remanescentes se encontram em alto grau de fragmentação e degradação (VIBRANS et al., 2011), muitos deles sem a presença da araucaria, e que pouco representam em relação à cobertura original.

O estado de Santa Catarina era originalmente coberto por extensas matas que se situavam principalmente na região que abrange as áreas compreendidas desde São Bento do Sul, Mafra, Canoinhas e Porto União (ao norte do estado) avançando em sentido sul até a Serra do Espigão e Serra da Taquara Verde, continuando em seguida pela Serra do Irani em sentido oeste (REITZ & KLEIN, 1966) Figura 3.

No Planalto Norte do estado (parte que abrange o município de Três Barras) e Planalto Ocidental (onde se localiza o município de Caçador), ambos pertencentes à região de estudo deste trabalho, encontravam-se vastas áreas contínuas de pinhais muito desenvolvidos e de aspecto fisionômico muito uniforme (KLEIN, 1978).



Figura 3 - Mapa Fitogeográfico da Floresta Ombrófila Mista no Estado de Santa Catarina. Fonte: Adaptado de Klein, 1978. NPFT. UFSC.

No Planalto Sul Catarinense o domínio da *Araucaria angustifolia* se concentra principalmente ao longo dos grandes rios, vales e encostas e em terrenos ondulados onde predominam os capões, muitas vezes interrompidos pela ocorrência de campos (KLEIN, 1978). Os campos formam núcleos consideráveis, sobretudo na região de Lages.

O aspecto fisionômico primitivo das formações com Araucária em áreas de campo foi modificado consideravelmente por ação do homem através de atividades pastoris, queimas periódicas e derrubada da mata (KLEIN, 1978). Em função do corte seletivo de árvores e do manejo de gado em sub-bosque, práticas comumente executadas por pequenos proprietários de terras, a Floresta com Araucárias como um todo encontra-se hoje em alto grau de fragmentação, empobrecida e simplificada estruturalmente (VIBRANS et al. 2011).

Esta ação antrópica juntamente com condições edafo-climáticas proporcionam diferenças entre áreas quanto à estrutura demográfica e principalmente no que se refere ao porte médio das plantas

(PUCHALSKI, 2004). Estas diferenças em relação ao porte médio das plantas podem ser mensuradas através da obtenção de variáveis dendrométricas como o diâmetro e a altura (MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2006) e suas relações com variáveis morfométricas. As variáveis derivadas da morfometria de uma árvore são utilizadas para inferir sobre relações interdimensionais, reconstituir o espaço ocupado por cada árvore, sua estabilidade, vitalidade e produtividade, bem como julgar o grau de concorrência a que cada indivíduo foi ou está sujeito (HASENAUER, 1997). No Brasil, são poucos os estudos que procuram relacionar variáveis como diâmetro e a altura com variáveis morfométricas (TONINI & ARCO-VERDE, 2005).

Neste contexto o objetivo deste capítulo foi o de caracterizar populações reprodutivas de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense sob diferentes históricos de antropização através de variáveis dendrométricas e morfométricas, bem como avaliar as relações interdimensionais representadas por estas variáveis em cada população.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo geral

Caracterizar populações reprodutivas de *Araucaria angustifolia* em diferentes formações florestais no Planalto Catarinense sob diferentes históricos de uso e conservação através de variáveis dendrométricas e morfométricas e avaliar as relações interdimensionais representadas por estas variáveis em cada população.

3.2.2 Objetivos específicos

Contrastar as populações reprodutivas de *Araucaria angustifolia* em relação às variáveis dendrométricas e morfométricas;

Contrastar os indivíduos reprodutivos em nível intrapopulacional em função da dioiccia em relação às variáveis dendrométricas e morfométricas;

Avaliar a formação de grupos em nível inter e intrapopulacional em relação aos descritores dendrométricos e morfométricos.

3.3 HIPÓTESE

O histórico de uso e conservação das populações associado a fatores edafo-climáticos implica em diferenças dimensionais refletidas

no conjunto dos indivíduos (populações) e estes se diferenciam entre regiões.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Locais de estudo

Os locais determinados para este estudo localizam-se no Planalto Catarinense e contemplam amostras de indivíduos reprodutivos de *Araucaria angustifolia* (populações) entre 26° 12' e 28° 02' Latitude Sul e entre 50° 15' Longitude Oeste, de Sul a Norte do Estado. No Planalto Sul, interior do município de Lages, a população amostrada é representada por árvores em paisagem de campo com capões. No Planalto Ocidental, município de Caçador, a população amostrada reflete um padrão de floresta conservada. No Planalto Norte, município de Três Barras, estão localizadas duas populações: uma representada por propriedades de agricultores familiares e outra inserida na Floresta Nacional de Três Barras, distantes entre si cerca de 5 km.

O propósito de determinação dos locais consistiu em amostrar populações da espécie em áreas de ocorrência natural sob diferentes características de solo, clima, manejo da paisagem, histórico de antropização e estado atual de conservação dos remanescentes (Tabela 1), bem como diferenciada localização em relação às regiões fitogeográficas determinadas por Klein, 1978.

Tabela 1 – Resumo das características das regiões/locais onde foram amostradas as populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense

| População | RGFC | Agri-TB | CR | Flona – TB |
|--|---|--|---|---|
| Local/Instituição | Reserva Genética Florestal Caçador - EMBRAPA | 3 Propriedades particulares de agricultores familiares /P1-P2-P3 | Campos da Coxilha Rica – Propriedade Particular | Floresta Nacional de Três Barras – ICMBio |
| Município | Caçador - SC | Três Barras – SC | Lages - SC | Três Barras – SC |
| Latitude S | -26.85438 | -26.20458 | -28.04157 | -26.21855 |
| Longitude W | -50.95006 | -50.25403 | -50.29225 | -50.30652 |
| Altitude média (m) | 1046 | 805 | 1040 | 804 |
| Área total (ha) | 1.120 | 108 - 31,2 - 64,8 | 245 | 4.458,50 |
| Raio amostral (km) | 3,5 | 1,8 -0,26 – 0,6 | 2,7 | 1,35 |
| Distância média entre árvores (m) | 185 | 13- 66 – 70 | 120 | 70 |
| Ação antrópica passada | Corte seletivo da araucária (\cong 80 anos) ¹ | Exploração madeireira intensa até 1970 e corte seletivo entre 1970 e 1980 ³ | Bovinocultura extensiva, fogo para limpeza do campo e Corte seletivo da araucária até 1970 ⁴ | Exploração madeireira intensa a partir de 1916 ³ |
| Ação antrópica atual | Conservação ¹ | Agricultura, Pecuária, Extrativismo erva-mate e coleta de pinhão | Bovinocultura extensiva e coleta de pinhão ⁴ | Extrativismo de erva-mate e coleta de pinhão ¹ |
| Densidade (ind/ha) | 29,4 | 39,5 | 16,2 | 60,2 |
| Solo | Nitossolo Háplico ⁵ | Latossolo Vermelho ⁵ | Cambissolo Húmico ⁵ | Latossolo Vermelho ⁵ |
| Temperatura média anual (°C) ² | 16,5 | 17,2 | 16,1 | 17,2 |
| Pluviosidade média mensal (mm) ² | 135 | 125 | 155 | 125 |
| Pluviosidade média anual (mm) ² | 1620 | 1508 | 1870 | 1620 |
| Velocidade média anual do vento (m/s) ² | 1,7 | 0,8 | 0,9 | 0,8 |

Fonte: 1: Puchalski, 2006; 2: EPAGRI/CIRAM, 2012; 3: Carvalho, 2010; 4: Ribeiro & Mantovani (comunicação pessoal), 2012; 5: IBGE & EMBRAPA, 2001; Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras – SC

A abrangência geográfica das áreas onde estão localizadas as populações objeto do estudo são apresentadas na Figura 4.

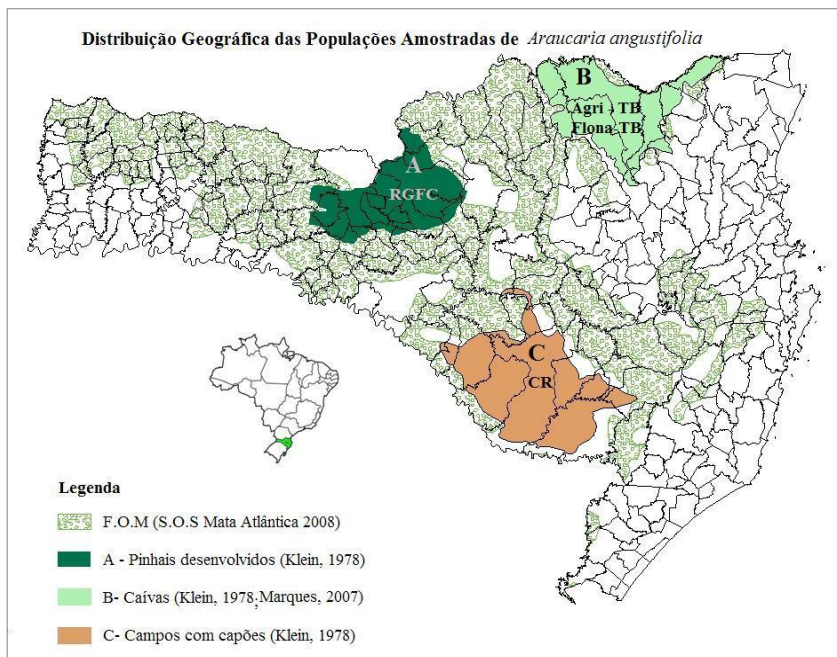


Figura 4 - Abrangência geográfica das áreas onde estão localizadas as populações de *Araucaria angustifolia* amostradas em SC

3.4.1.1 Reserva Genética Florestal de Caçador – RGFC

A Reserva Genética Florestal de Caçador contém uma área de aproximadamente 1.120 ha e está inserida na Estação Experimental da EPAGRI do Município de Caçador – SC, pertencendo à EMBRAPA e cedida em regime de comodato à EPAGRI S.A (SILVA et al., 1996). O clima da região segundo Köppen (1948) é definido como Cfb mesotérmico úmido, sem estação seca, verão ameno e geadas severas no inverno. O solo da área amostrada é classificado como Nitossolo Háplico (IBGE & EMBRAPA, 2001). A população de estudo

amostrada na RGFC está localizada a 26°51' Latitude Sul e 50°57' Longitude Oeste.

Nesta região onde se localiza a RGFC se encontravam vastas áreas contínuas de pinhais muito desenvolvidos, de aspecto fisionômico bastante uniforme, com submata dominada principalmente pela imbuia (*Ocotea porosa*), pela sapopema (*Sloanea lasiocoma*) no estrato das arvoretas e pela erva-mate (*Ilex paraguariensis*), dando um aspecto próprio aos pinhais desta área do Estado de Santa Catarina (KLEIN, 1978).

A RGFC (Figura 5) é atualmente um dos maiores remanescentes contínuos com vegetação característica da Floresta Ombrófila Mista (KURASZ et al., 2008).



Figura 5- Floresta com araucárias na Reserva Genética Florestal de Caçador (RGFC). Domínio da araucária no dossel superior com indivíduos emergentes em destaque.

3.4.1.2 Campos da Coxilha Rica - CR

A população de araucárias amostrada nos Campos da Coxilha Rica encontra-se em propriedade particular e compõe a Fazenda Santa Rita. A fazenda encontra-se na zona rural do município de Lages denominada Coxilha Rica. Distancia-se cerca de 30 km do centro

urbano do município, a 28° 02' latitude sul e 50° 17' longitude oeste, com altitude média de 1040 m acima do nível do mar. O clima da região é mesotérmico úmido com inverno chuvoso e verão ameno (Cfb, conforme a classificação de Köppen, 1948) e o solo da área amostrada é classificado como Cambissolo Húmico (IBGE & EMBRAPA, 2001).

Os pinhais situados nesta área se caracterizam por agrupamentos em manchas, interrompidos pelos campos, com maiores concentrações ao longo de rios, vales e encostas, enquanto nos terrenos ondulados predominam os campos e os capões. Na zona dos Campos de Lages predominam como formadores da submata a canela-lageana (*Ocotea pulchella*) e arvoretas: casca-d'anta (*Drimys brasiliensis*), o vacunzeiro (*Allophylus guaraniticus*), a guaçatunga (*Casearia decandra*) e as caúnas *Ilex dumosa* e *Ilex brevicuspis* (KLEIN, 1978).

Historicamente, a exploração dos pinhais na região de Lages se deu em função da melhoria das estradas e do aumento do número e da capacidade dos caminhões, o que certamente foram fatores importantes para que a região viesse a se tornar nas décadas de 1940 e 1950 um dos principais (senão o principal) centros de produção madeireira da região da araucária (CARVALHO, 2010). Além da exploração com o intuito de produção madeireira, atividades de queimas eram periódicas nas áreas de campo, assim como a derrubada das matas com o objetivo de obter maiores áreas de pastagens (KLEIN, 1978).

Na década de 70, especificamente na população CR, foi explorada grande quantidade de araucárias com diâmetro de aproveitamento para madeira, e hoje, o que se encontra na fazenda são remanescentes desta exploração (Antônio Ribas Ribeiro e Adelar Mantovani, comunicação pessoal, 2012), Figura 6.



Figura 6 – Araucárias em formação de campos com capões em meio à pecuária extensiva na Fazenda Santa Rita, Coxilha Rica, município de Lages-SC.

3.4.1.3 Agricultores familiares da comunidade Campininha em Três Barras – AGRI-TB

A área de estudo representada pela comunidade de agricultores encontra-se na Localidade de Campininha, município de Três Barras – SC e é composta por três propriedades de agricultores familiares, com área média de 68 ha por propriedade, das quais metade é formada por remanescentes de Floresta Ombrófila Mista (FOM). As propriedades compõem o entorno da Floresta Nacional de Três Barras, a 26°12' Latitude Sul e 50°15' Longitude Oeste. O clima pela classificação de Köppen (Cfb) é temperado, constantemente úmido, sem estação seca, verões frescos e com geadas frequentes e o solo é classificado como Latossolo vermelho (IBGE & EMBRAPA, 2001).

A comunidade Campininha foi fundada no século XIX, quando o Coronel João Pacheco recebeu do governo uma grande quantidade de terras (PACHECO, 2008 citado por FILIPPON, 2009). Essas terras abrangiam praticamente toda a área do município de Três Barras e eram também frequentadas por grupos humanos (Kaingang e Xokleng) da tradição Taquara/Itararé pertencentes ao tronco lingüístico Jê (IRIARTE et al. 2008). Os colonizadores utilizavam as terras principalmente para a criação de gado, extrativismo de erva-mate e exploração de madeira, principalmente de araucária (IBAMA, 2003).

A exploração de araucária nesta região alcançou extensos trechos de floresta e se deu em função da instalação da grande serraria da Lumber em 1911 na área então comprada da família Pacheco (CARVALHO, 2010).

A exploração desenfreada da araucária pela Lumber na região de Três Barras durou até 1970, quando deu lugar a exploração seletiva realizada por pequenas serrarias até a década de 80 (CARVALHO, 2010). Desde então, os pinhais formados nesta região respresentam o saldo desta intensa exploração (Figura 7).



Figura 7 - Floresta com araucárias em paisagem de caívas - propriedades de agricultores familiares. Domínio da araucária no dossel superior com manejo de erva-mate em sub-bosque, lavoura e criação de gado e roçadas freqüentes.

A comunidade Campininha é representada por 165 famílias, das quais 50 podem ser consideradas como agricultores, onde além da agricultura baseiam suas atividades na criação de gado e principalmente na extração de erva-mate (BATTISTI FILHO, 2007). Nestas propriedades as paisagens constituem-se de Floresta com Araucárias em sistema de caívas. Neste sistema a paisagem é manejada com atenção aos recursos de interesse dos agricultores. Na comunidade em questão a paisagem é composta por floresta com araucárias onde a presença de bovinos é constante, a erva-mate é tratada como um recurso de interesse e regularmente manejada e a prática de roçada é uma atividade frequente (MATTOS, 2011b).

3.4.1.4 Floresta Nacional de Três Barras – FLONA-TB

A Floresta Nacional (FLONA) de Três Barras localiza-se no município de Três Barras, planalto norte do Estado de Santa Catarina e foi criada pela Portaria 560 do extinto Instituto Nacional do Pinho em 25 de outubro de 1968. A FLONA é administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), sendo classificada como uma unidade federal de conservação e uso sustentado dentro do SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (BRASIL, 2000).

A FLONA apresenta uma área total de 4.458,50 ha, sendo que 767,94 ha são cobertos por vegetação nativa do tipo Floresta Ombrofila Mista. Encontra-se a uma altitude média de 770 m, o relevo é plano a suavemente ondulado com elevações geralmente inferiores a 30 metros (MARQUES, 2007). O clima da região é do tipo Cfb de Köppen e o

solo é classificado como Latossolo vermelho (IBGE & EMBRAPA, 2001).

A Flona está inserida em uma região de histórica exploração predatória da floresta, onde no início do século passado, a cerca de 15 km da sede foi instalada a serraria da “Souther Brazil Lumber & Colonization Company” (Lumber) no município de Três Barras - SC, a qual tinha uma capacidade de produção de mais de 400 m³ de madeira serrada por dia (Carvalho, 2010)

A área amostrada na Flona-TB (Figura 8) caracteriza-se pela dominância de araucária com segundo extrato bem desenvolvido, extrato inferior bem diversificado e freqüente presença de taquaras e reboleiras de caraguatá (*bromelia antiacantha*) (MARQUES, 2007). A unidade é marcada por histórico de intensa exploração a partir de 1916, sendo uma das primeiras áreas a serem devastadas pela Lumber, até 1980 com incidência de bovinos e equinos em pontos localizados e até 2002 pela extração de erva-mate (MARQUES, 2007).



Figura 8 – Floresta com Araucárias – Áreas altas da Floresta Nacional de Três Barras. Dominância com araucárias em alta densidade, segundo estrato bem desenvolvido com presença de erva-mate e estrato inferior com presença de xaxim-bugiu e xaxim de spinho.

3.4.2 Amostragem

Para este estudo foram amostradas 240 árvores em estágio reprodutivo, distribuídas nas quatro áreas de estudo, onde cada área foi chamada aqui de população. Para cada população foram marcados pelo método de trilhas (BENCKE & MORELLATO, 2002; SANGUINETTI & KITZBERGER, 2008), definidos aos pares ao acaso e inclusos com critério referente à presença de estruturas reprodutivas 30 indivíduos femininos e 30 indivíduos masculinos, com distância mínima de 50m entre indivíduos. Todos os indivíduos foram numerados e plaqueteados com tarjeta de alumínio em padrão XYN, identificando a população (X), o sexo (Y) e o número do indivíduo (N) e registradas as coordenadas geográficas com auxílio de GPS (Garmin Oregon 550).

3.4.3 Variáveis morfométricas

As variáveis morfométricas avaliadas foram: diâmetro da copa (DC), proporção de copa (PC) e formal de copa (FC), conforme Figura 9, apresentado por Burger (1939) e utilizado por Durlo & Denardi (1998); Tonini & Arco-Verde (2005); Roman et al (2009) e Costa (2011). A estas variáveis foi adicionado a contagem do número de verticilos.

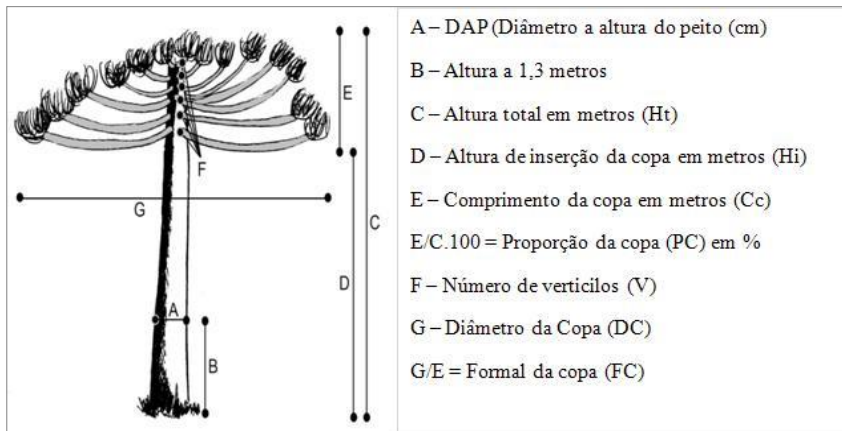


Figura 9 - Modelo de *Araucaria angustifolia* e suas características dimensionais. Fonte: Adaptado do modelo de Burger (1939).

3.4.3.1 Comprimento da copa (Cc)

O comprimento da copa foi obtido diminuindo-se a altura total (Ht) da altura de inserção de copa (Hi)

3.4.3.2 Diâmetro da copa (DC)

O diâmetro da copa foi obtido pela seguinte expressão:

$$DC = (2 \cdot r) + DAP$$

em que “r” é o raio médio obtido a partir

da extremidade do tronco, em quatro direções fixas N-S e L-O (ZANON, 2007). Com o auxílio de bússola e utilizando trena laser Leika D-8 determinou-se os raios a partir do ângulo reto formado no sentido árvore-observador-limite da copa.

3.4.3.3 Número de verticilos (V)

O número de verticilos foi obtido por contagem com auxílio de binóculo.

3.4.3.4 Formal da copa (FC)

O Formal de Copa (FC) foi obtido pela relação entre o diâmetro e a altura de copa.

3.4.3.5 Proporção de Copa (PC)

A proporção de copa foi calculada pela expressão

$$PC = \frac{C_c}{h} \cdot 100$$

, em que “Cc” é o comprimento da copa em metros,

obtido diminuindo-se a altura total (Ht) da altura de inserção de copa (Hi). A Proporção de Copa (PC) indica a fração (%) que a copa abrange em relação à árvore (ORELLANA & KOEHLER, 2008).

3.4.4 Variáveis dendrométricas

3.4.4.1 Diâmetro à altura do peito (DAP)

O diâmetro à altura do peito foi obtido por medida direta derivada da circunferência a altura do peito (CAP)/ π , com auxílio de trena métrica.

3.4.4.2 Altura total (Ht) e altura de inserção da copa (Hi)

As alturas total (Ht) e de inserção da copa (Hi) foram obtidas por medida direta com auxílio de trena laser Leika D-8.

Em relação à localização as árvores foram classificadas quanto à presença em borda, capão (e/ou interior da mata) e campo (e/ou árvores isoladas em áreas abertas).

3.4.5 Análise dos dados

Para análise comparativa entre populações e entre indivíduos (machos vs. fêmeas) da mesma população foi utilizado o t-teste considerando amostras independentes no comparativo das médias para cada variável (com nível de significância de 5%). Os valores médios são apresentados seguidos do respectivo erro padrão (\pm EP).

Para avaliar a influência das variáveis dendro-morfométricas na formação de grupos de populações reprodutivas de *Araucaria angustifolia* foi aplicada uma análise de agrupamento pelo método da

variância mínima (Ward), indicado para dados de morfometria, com base na distância euclidiana. Para determinar os descritores a serem utilizados na análise de agrupamento foi elaborada uma matriz de correlação entre todos descritores, dos quais foram eliminadas as redundâncias apresentadas por descritores com alta correlação, utilizando somente um destes ou o descritor que representasse a relação entre eles. Para avaliar se os grupos formados são consistentes e representam bem a realidade foi aplicado o coeficiente de correlação de Pearson (r) entre os valores da matriz de dados originais e os gerados pela matriz cofenética e ainda uma análise de similaridade (Anosim) tendo como base a formação obtida no agrupamento. A análise dos dados foi realizada nos softwares BioEstat 5.0 e R-Studio (Versão 2.11.1).

3.5 RESULTADOS

Os resultados obtidos neste estudo (Tabela 2) mostram que a população de indivíduos reprodutivos de *Araucaria angustifolia* da Reserva Genética Florestal de Caçador (RGFC) apresenta superioridade em relação ao DAP (diâmetro a altura do peito), Altura total (Ht) e Altura de inserção da copa (Hi) em relação às demais populações (t-teste; $p < 0,05$). O DAP médio encontrado para RGFC foi de 90,1cm ($\pm 2,9$ EP), com amplitude de 36,6 a 129,9 cm e foi duas vezes maior em relação ao encontrado nas populações dos Agricultores de Três Barras (Agri-TB) e da Coxilha Rica (CR) e 72,6% superior ao DAP médio da Floresta Nacional de Três Barras (Flona-TB). A nível intrapopulacional, para as populações RGFC e CR não foram encontradas diferenças significativas para o DAP em função da dioícia.

Para as populações Agri-TB e Flona-TB o DAP médio foi de 44,8 cm ($\pm 1,5$ EP) e 52,2 cm ($\pm 1,9$ EP), respectivamente, com diferenças significativas entre as populações (t-teste; $p < 0,05$).

Em relação à Altura total (Ht) e à Altura de inserção da copa (Hi) os maiores valores encontrados foram na RGFC, com 35 e 33 m, respectivamente. Para a variável Ht a nível intrapopulacional as populações RGFC e CR não apresentaram diferenças significativas em função da dioícia (t-teste; $p > 0,05$), enquanto que para Agri-TB (t-teste; $p < 0,001$) e Flona-TB (t-teste; $p = 0,03$) os indivíduos femininos apresentaram maior altura total. Os menores valores para Ht e Hi foram observados na população CR com média de 11,2 m para Ht e de 6,7 m para Hi, na qual não foi observada diferença significativa em função da dioícia para Ht (t-teste; $p > 0,05$). As populações Agri-TB e Flona-TB

apresentaram valores intermediários e significativamente diferentes entre si para as variáveis Ht e Hi (t-teste; $p < 0,001$). A nível intrapopulacional não foi verificada diferença significativa para Hi em relação à dioicia para as quatro populações avaliadas.

Tabela 2- Valores morfométricos e dendrométricos médios para indivíduos masculinos, femininos e para o conjunto, distribuídos para quatro populações de *Araucaria angustifolia* em Santa Catarina.

| | Populações | | | | | | | | | | | | | | | | Média Geral |
|----------------|------------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|----------|------|------|------|-------------|
| | RGFC | | | | Agri-TB | | | | CR | | | | Flona-TB | | | | |
| | Masc | Fem | Pop | CV | Masc | Fem | Pop | CV | Masc | Fem | Pop | CV | Masc | Fem | Pop | CV | |
| N | 30 | 30 | 60 | | 30 | 31 | 61 | | 30 | 30 | 60 | | 30 | 30 | 60 | | |
| DAP(cm) | 88,2 | 92,1 | 90,1 | 24,9 | 47,7 | 42,1 | 44,8 | 25,7 | 38,6 | 40,8 | 39,7 | 27,9 | 56,1 | 48,3 | 52,2 | 28,8 | |
| Ht(m) | 23,7 | 24,4 | 24,1 | 18,7 | 16,3 | 17,6 | 17,0 | 16,6 | 11,5 | 10,8 | 11,2 | 21,2 | 18,8 | 20,0 | 19,4 | 11,3 | |
| Hi(m) | 19,5 | 20,5 | 20,0 | 27,0 | 12,1 | 13,0 | 12,5 | 30,1 | 6,7 | 6,6 | 6,7 | 29,6 | 15,4 | 13,7 | 14,5 | 22,6 | |
| DC(m) | 16,8 | 16,9 | 16,8 | 16,6 | 13,0 | 9,5 | 11,2 | 29,1 | 9,1 | 10,1 | 9,6 | 20,0 | 14,8 | 14,0 | 14,4 | 21,8 | |
| FC(m) | 5,5 | 6,1 | 5,8 | 55,6 | 4,2 | 2,6 | 3,4 | 65,9 | 2,2 | 2,6 | 2,4 | 51,6 | 5,1 | 2,8 | 4,0 | 52,8 | |
| Cc(m) | 4,2 | 3,8 | 4,0 | 64,2 | 4,3 | 4,6 | 4,4 | 54,1 | 4,8 | 3,6 | 4,2 | 40,1 | 3,4 | 6,3 | 4,8 | 57,3 | |
| %Copa | 18,5 | 16,6 | 17,5 | 66,3 | 27,4 | 26,4 | 26,9 | 57,4 | 41,7 | 41,4 | 41,6 | 31,1 | 18,1 | 32,1 | 25,1 | 59,4 | |
| V | 12,2 | 11,2 | 11,7 | 23,6 | 12,9 | 12,5 | 12,7 | 28,0 | 13,0 | 12,6 | 12,8 | 23,3 | 13,4 | 12,3 | 12,8 | 28,2 | |

Legenda: Masc= indivíduos masculinos, Fem = indivíduos femininos, Pop= conjunto dos indivíduos, CV = Coeficiente de Variação (%), N=Número de indivíduos amostrados, DAP= Diâmetro altura do peito, Ht = Altura total, Hi= Altura de inserção da copa, DC = Diâmetro da copa, FC = Formal da copa, Cc = Comprimento de copa, %Copa = percentual de copa em relação a altura total, V = Número de verticilos. Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras – SC

O diâmetro de copa (DC) médio para o conjunto das populações foi de 12,8 m e sua amplitude foi de 9,6 m ($\pm 0,2$ EP) na população CR a 16,8 m ($\pm 0,4$ EP) na população RGFC. O diâmetro de copa apresentou coeficiente de variação entre 17 e 29% para as populações RGFC e Agri-TB, respectivamente. Não houve diferença significativa em função da diócia dentro das populações (t-teste; $p > 0,05$), no entanto, quando confrontadas todas entre si a diferença entre as populações para esta variável foi significativa (t-teste; $p < 0,05$).

Todas as populações apresentaram forte correlação positiva entre o DC e o DAP e com isso foram estabelecidas equações de regressão linear simples ($Y = a + bx$) para as quatro populações de estudo, apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios, Correlações entre DAP e DC e Equações de Regressão Linear Simples do DC em função do DAP, onde $Y = DC$ (variável dependente), a e $b =$ constantes, $x = DAP$ (variável independente) para as quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense.

| População | DAP médio (cm) | DC médio (m) | Correlação (r) | Equação de Regressão | R ² _{ajust.} |
|-----------|----------------|--------------|----------------|-------------------------|----------------------------------|
| RGFC | 90,1 | 16,8 | 0,992 | $Y = 5,6716 + 0,1236x$ | 0,984 |
| Agri-TB | 44,8 | 11,2 | 0,944 | $Y = -0,5586 + 0,2722x$ | 0,892 |
| CR | 39,7 | 9,6 | 0,965 | $Y = 2,9492 + 0,1667x$ | 0,931 |
| Flona-TB | 52,2 | 14,4 | 0,988 | $Y = 3,6333 + 0,2068x$ | 0,976 |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras - SC

A razão DC/DAP indicou que na RGFC as copas são em média 18,6 vezes maiores que o DAP, contra 25 vezes na população Agri-TB, 24,2 da CR e 27,6 da Flona-TB.

O valor médio de Formal de Copa (FC = DC/Hc) para o conjunto das populações foi de 3,8 com máximo de 5,8 encontrado na RGFC e mínimo de 2,4 na CR. O coeficiente de variação para o conjunto das populações foi de 52 a 66%, refletindo uma alta variação intrapopulacional. Para o FC foram encontradas diferenças significativas entre as populações, exceto entre Agri-TB e Flona-TB (t-teste; $p = 0,15$).

O comprimento de copa ou altura de copa (Cc) apresentou média geral de 4,5 m e sua amplitude foi de 4m ($\pm 0,3$ EP) na RGFC a 4,8m ($\pm 0,4$ EP) na Flona-TB. Para Cc foram encontradas diferenças significativas entre as populações.

A proporção de copa (% Copa), relação entre o comprimento da copa e a altura total da árvore variou de 17,5 a 41,6% para as populações RGFC e CR, respectivamente. Entre estas populações as diferenças observadas foram significativas (t-teste; $p < 0,01$), assim como quando comparadas com as demais, no entanto entre Agri-TB e Flona-TB o percentual de copa não apresentou-se significativamente diferente (t-teste; $p = 0,51$)

O número de verticilos apresentou média geral de 12,5 e CV de 26%, não apresentando diferença significativa entre as populações, exceto entre RGFC e CR (t-teste; $p = 0,04$) com número médio maior de verticilos para a população CR.

Em termos gerais as populações apresentaram características distintas quanto às variáveis dendro-morfométricas. Algumas destas variáveis apresentaram alta correlação e foram substituídas pelos descritores que representam a relação entre elas. As variáveis Altura total e DAP foram substituídas pelo Grau de Esbeltez e as variáveis Comprimento de Copa e Diâmetro de Copa foram substituídas por Formal de Copa. As diferenças entre e dentro das populações para as variáveis morfométricas e dendrométricas estão representadas na Figura 10.

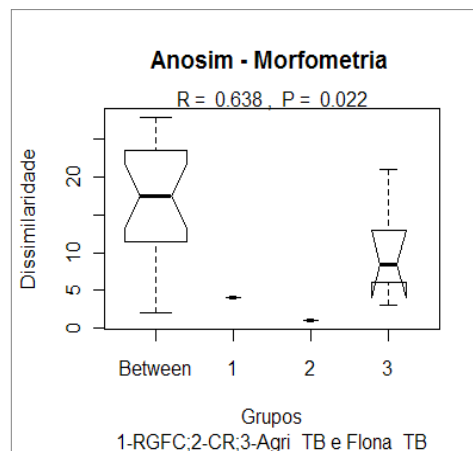
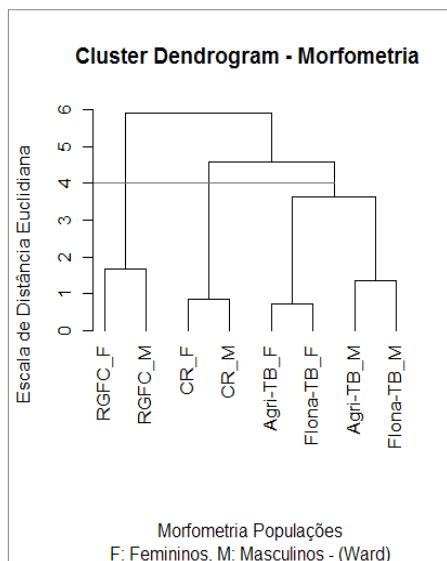


Figura 10 – Dendrograma de agrupamento para descritores morfométricos e dendrométricos em função da dioicia obtidos através do método Ward de associação, com base na distância euclidiana para as quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Estado de Santa Catarina. Correlação cofenética do agrupamento com dados padronizados= 0,78. Análise de similaridade (Anosim) R=0,638 e $p < 0,05$.

A análise de agrupamento para os descritores dendrométricos: Ge (Grau de Esbeltez: Altura total/DAP) e morfométricos: FC (Formal da copa: Comprimento de copa/Diâmetro de Copa), %Copa (percentual de copa em relação à altura total) e V (Número de verticilos) através do método “Ward” de associação (Associação pela variância mínima) com base na distância euclidiana para as quatro populações reprodutivas de *Araucaria angustifolia* apresentou correlação cofenética (r) de 0,78 com a matriz padronizada. A análise de similaridade entre grupos (Anosim) mostrou variação maior entre grupos que dentro de grupos com $R=0,638$ e $p<0,05$.

3.6 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que as populações reprodutivas de *Araucaria angustifolia* no Estado de Santa Catarina apresentam diferenças quanto às características dendromorfológicas.

Em relação às variáveis dendrométricas (DAP e altura) foi possível observar superioridade da população RGFC em relação às demais. Esta superioridade no porte médio das plantas da RGFC também foi observada por outros autores avaliando populações naturais de *Araucaria angustifolia* em Santa Catarina. Reitz & Klein (1966) encontraram na região de Caçador o maior exemplar medido por estes autores, com 43,5 m de altura e 1,83 m de diâmetro. Segundo estes autores, baseado na contagem dos anéis de crescimento, pode-se afirmar que a idade média de uma araucária adulta está entre 140 a 200 anos, dificilmente superando os 300 anos para árvores maiores que 40 metros de altura e 150 cm de diâmetro. Reitz & Klein (1966) constataram ainda através de observações, que uma árvore de araucária com 40 anos de idade teria crescido, em média 1 cm por ano em diâmetro e teria cerca de 20 a 25 m de altura. Se levarmos em conta as observações destes autores sobre a idade da araucária, podemos supor em função do diâmetro médio (90,1cm) e da altura média (24,1m) encontrados para a população RGFC, que as árvores que compõem a população reprodutiva de *Araucaria angustifolia* encontram-se em idade aproximada de 90 anos. Estas características podem ser reforçadas em função do histórico de conservação da população: um remanescente contínuo de floresta estruturada com registro de corte seletivo de mais de oitenta anos. No entanto, estes valores podem variar sensivelmente, dependendo das condições edáficas e microclimáticas locais (REITZ & KLEIN, 1966).

Segundo Puchalski et al. (2006) a diferença no tamanho médio das plantas está possivelmente mais associada à profundidade média dos solos, onde a araucária encontra solos mais profundos (Latossolos e Nitossolos), que possibilitam um maior desenvolvimento do sistema radicular e conseqüentemente um maior tamanho médio das plantas, principalmente quanto a sua altura

Por outro lado, a profundidade também pode ser um fator limitante, como no caso da população da Coxilha Rica (CR), a qual apresenta condições de solo raso e afloramento rochoso, onde foram observados os menores valores para as características dendrométricas. Puchalski et al.(2006) também observaram menor porte médio (altura e diâmetro) em uma população de araucaria em condição de campo no município de São Joaquim- SC. Segundo estes autores além de fatores climáticos (menores valores de evapotranspiração média, maior ocorrência média de geadas, maior altitude, menores temperaturas) são encontrados nesta região solos menos profundos. Segundo Guerra et al. (2002) mesmo que as plantas apresentem diâmetros maiores que 40 cm, as condições de solo raso serão determinantes para que a araucária apresente menor porte.

Para as populações Agri-TB e Flona-TB os valores para as variáveis dendrométricas apresentaram-se intermediários em relação às demais populações deste estudo. Segundo Klein (1978) nesta região, juntamente com a região que compreende a RGFC se encontravam vastas florestas bem desenvolvidas, de aspecto bastante uniforme. Este fato sugere que o fator preponderante desta diferença entre as populações de Três Barras e a RGFC pode estar associado ao histórico de exploração. No caso das populações Agri-TB e Flona-TB a intensa intervenção e corte raso acrescido de corte seletivo até cerca de 30 anos AP (antes do presente). Em relação às populações TB e RGFC, ainda que as condições de solo e clima sejam semelhantes e favoreçam o bom desenvolvimento da araucária nesta região, o histórico de conservação apresenta-se como um forte indicativo, incapaz de diluir tais diferenças.

Em relação às variáveis morfométricas também foi possível observar diferenças significativas entre as populações.

Para a variável diâmetro de copa (DC) foram observadas diferenças no comparativo entre todas as populações. Em todas o DC apresentou forte correlação com o DAP. Vários ensaios sobre a relação do diâmetro do fuste com diâmetro de copa mostram que existe uma alta correlação entre eles e, na maioria dos casos esta relação é linear (NASCIMENTO et al. 2010). Esta relação já foi estudada inclusive para *Araucaria angustifolia*, onde foi obtida por Volkart (1969) através

da equação de regressão: $DC = 1,426 + 16,3 \times DAP$ com um Coeficiente de Correlação (r) = 0,958. Todos os valores de correlação (r) encontrados neste estudo foram positivos e estiveram acima de 0,944. As correlações positivas do diâmetro da copa com o DAP indicam que a copa aumenta à medida que aumenta o DAP (TONINI & ARCO-VERDE, 2005).

Os resultados obtidos para o Formal de Copa (FC) apresentaram elevado Coeficiente de Variação. Esta variação também foi observada por Costa (2011) em população de *Araucaria angustifolia* na região de Lages-SC, onde encontrou 2,3 como valor médio de formal de copa, variando de 0,6 a 6,0. Zanon (2007) avaliando o crescimento de *Araucaria angustifolia* em condição de reflorestamento na Flona de São Francisco do Sul de Paula também observou alta variação para o formal de copa, entre 0,45 e 3,0. Esta alta variação também pode ser percebida em espécies folhosas. Durlo (2001) estudando as relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul, encontrou valores médios de 0,74, variando de 0,29 a 3,33, refletindo em alta variação para formal de copa. O Formal de Copa como um valor expresso pela relação entre o diâmetro da copa e a sua altura expressa uma idéia de volume, onde árvores com menor FC apresentam maior volume de copa.

Mesmo apresentando alta variação, os valores encontrados para Formal de Copa indicam diferenças entre as populações RGFC e CR (t-teste; $p < 0,01$), onde as árvores da RGFC possuem copas mais baixas e de maior diâmetro e com menor volume, enquanto que a população CR apresenta indivíduos com copas mais altas e mais estreitas, configurando maior volume de copa.

O resultado encontrado para a forma de copa entre as populações também é reflexo do observado para a variável proporção de copa, pois leva em conta a altura da copa.

Os valores obtidos para a variável proporção de copa (% Copa) apresentaram elevado Coeficiente de Variação. Resultado semelhante foi encontrado por Costa (2011), avaliando uma população de *Araucaria angustifolia* na região de Lages, onde encontrou valores de proporção de copa entre 5,1 e 75%.

A proporção de copa ou porcentagem de copa (% Copa) corresponde à relação entre o comprimento da copa (Cc) e altura total da árvore (Ht) e serve como um indicador da vitalidade das árvores (Durlo & Denardi, 1998). Quanto maior a porcentagem de copa mais vital e produtiva (biomassa) é a árvore (DURLO, 1996). As classes de maior vitalidade são representadas por árvores sadias, com copas bem

desenvolvidas e volume proporcional às suas dimensões (Longhi, 1980). Segundo Longui (1980) avaliando a estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* no município de São João do Triunfo – Paraná, a espécie apresenta a maioria (96%) dos indivíduos acima de 20 cm de DAP nas classes de maior vitalidade. Os maiores percentuais de copa foram verificados para a população CR. Agri-TB e Flona-TB apresentaram valores intermediários enquanto que os menores foram observados para a RGFC.

A proporção de copa pode ser influenciada pela localização das árvores. Para as populações Agri-TB e Flona-TB cerca de 85% dos indivíduos amostrados localizam-se entre borda e interior da floresta. Na RGFC, 80% dos indivíduos amostrados localizam-se no interior da floresta/capão. Segundo Mattos (2011) a localização das árvores sob estas condições promove a redução da copa por perda de galhos de forma mais rápida que em condição de campo (ou área aberta). Para os indivíduos amostrados na RGFC, 38,3% apresentavam copa do tipo 2 (umbela) e 61,7% apresentavam copa do tipo 3 (calciforme/corimbosa). Estes tipos de copa são comumente observados em indivíduos mais desenvolvidos. Os indivíduos adultos de *Araucaria angustifolia* apresentam a fase final da formação da copa, segundo Mattos (1994) nesta fase ela se apresenta como uma taça ou corimbosa. Já a população de campo (CR) apresentou 30% dos indivíduos com copa do tipo 1 (cônica) e 70% com copa do tipo 2 e, em função dos indivíduos amostrados concentrarem-se 95% localizados entre borda e campo apresentou maior porcentagem de copa. Segundo Mattos, (2011) à medida que a araucária vai crescendo, vai sofrendo uma desramagem natural de acordo com sua posição: mata, borda ou campo; sendo esta desramagem mais demorada em situação de campo.

Outro fator a ser considerado em relação ao percentual de copa diz respeito ao grau de concorrência sofrido pelas árvores no passado (DURLO, 1996) e pode ser avaliado em função da densidade. A densidade a que estão apresentadas as populações RGFC (29,4 ind/ha); Agri-TB (39,5 ind/ha) e Flona-TB (60,2 ind/ha) são indicadores de elevado grau de concorrência e reflexo de maior adensamento de plantas, quando comparadas à população CR (16,2 ind/ha), o que em associação com a localização das árvores e o estágio de desenvolvimento promoveu tais diferenças em relação ao percentual de copa.

Estas diferenças, assim como as demais, permitiram identificar através do dendrograma de agrupamento a formação de três grupos: um grande grupo formado pelas populações Agri-TB e Flona-TB e este

separado da população RGFC e da população CR. Na formação do grupo RGFC não houve distinção em função da dioícia, assim como para CR. Para o grande grupo formado não é possível observar diferenças intrapopulacionais para Agri-TB, assim como não é possível observar separação deste grupo interno com a Flona-TB.

A área pertencente à Flona-TB embora atualmente não esteja sofrendo nenhum processo de perturbação antrópica drástica, antes da sua criação sofreu uma intensa exploração, inclusive corte raso, o que indica que a distribuição e estrutura da araucária hoje encontrada neste local é resultado dos processos de sucessão que ocorreram desde a última exploração (PUCHALSKI, 2004). O mesmo pode ser considerado para a população Agri-TB.

3.7 CONCLUSÕES

As populações RGFC e CR podem ser consideradas pertencentes a grupos distintos em relação aos descritores dendrométricos e morfométricos.

A RGFC em estágio avançado de conservação e em condições edáficas favoráveis apresenta superioridade em relação às variáveis dendrométricas, com árvores mais altas e de maior diâmetro. Em relação às variáveis morfométricas, apresenta indivíduos com copas mais largas, mais baixas e em menor volume e proporção, o que a diferencia da população CR. Esta última em estágio incipiente de conservação apresenta indivíduos de menor porte, limitados por elementos edáficos que, no entanto, apresentam-se com maior proporção e volume de copa.

Entre as populações Agri-TB e Flona-TB existem semelhanças, podendo-se considerar que os descritores morfométricos e dendrométricos refletem o histórico de uso e atual estado de conservação, não permitindo até o momento considerá-las como grupos distintos.

4 CAPÍTULO II. PRODUÇÃO DE SEMENTES E ECOLOGIA DO "MASTING" EM *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE NO PLANALTO CATARINENSE

RESUMO

A variação na produção de sementes pode ter fortes efeitos no recrutamento de plantas e em muitas populações de animais que tem nestas sementes seu principal alimento. Compreender a variabilidade na produção de sementes entre anos e entre árvores pode permitir um melhor planejamento de coleta de sementes tanto para produção de mudas quanto para a regeneração natural. Avaliar a variação da produção de sementes no espaço e no tempo em níveis individual e populacional é um importante passo no entendimento da ecologia do *masting*. *Masting* ou *mast seeding* é um termo usado quando a produção de sementes em espécies arbóreas ocorre sincrônicamente em intervalos irregulares entre os anos. Neste sentido, o objetivo deste capítulo é quantificar a produção de sementes de *Araucaria angustifolia* (pinhões) e o grau de variação desta produção entre anos, dentro e entre locais, assim como avaliar as relações desta variação em relação ao conceito de *masting* para a espécie. Para o conjunto das populações estudadas no Estado de Santa Catarina o diâmetro médio das pinhas foi de 15,5 cm, a altura média de 15,6 cm e a massa fresca média por pinha foi de 1,584 kg. A produção média de pinhas por árvore no conjunto das populações entre os anos foi de 17,4. A produtividade média por hectare estimada para o conjunto das populações entre os anos foi de 153,4 kg/ha. Os resultados obtidos neste capítulo permitiram considerar que a *Araucaria angustifolia* apresenta tendência de produção média de pinhas entre os anos relacionada à classe diamétrica. Existe uma variação na produção de sementes em relação à média em níveis individual e populacional, mas o mesmo não ocorre para um conjunto de populações. Estas variações são consideradas moderadas, o que leva a uma não sincronia de produção numa escala regional. É possível considerar que a produção de pinhão se diferencia entre locais e entre anos, no entanto, não é possível afirmar que a espécie presente, em níveis regionais, anos de maior ou menor produção. Assim sendo, sugere-se neste trabalho que a *Araucaria angustifolia* não enquadra-se no conceito de *masting* devido à não sincronia de produção, ocasionada pelo balanço produtivo espaço-temporal ocorrido no conjunto das populações entre os anos.

Palavras chave: pinheiro brasileiro, araucária, *masting*, produção de pinhão, variação na produção de sementes

ABSTRACT

The variation in seed production can have strong effects on the recruitment of many plants and animal populations whose main source of food are seeds. Understanding the variability in seed production between years and between trees may allow better planning of seed collection so as to produce seedlings for forest regeneration. Evaluating seed production variation in space and time at an individual and population level is an important step in understanding the ecology of masting. Masting or mast seeding is a term used when seed production in tree species occurs synchronously at irregular intervals between years. Thus, the goal of this chapter is to quantify the production of *Araucaria angustifolia* seeds (called pinhões) and the degree of variation between years of its production, within and between locations, as well as to evaluate the relationship of this variation in relation to the concept of “masting”. For all the studied populations in the state of Santa Catarina the average diameter of the pines was 15.5 cm, the average height was 15.6 cm and wet weight per cone was 1.584 kg. The average production of pines per tree in all populations between years was 17.4. The average productivity per hectare estimated for all the populations between years was 153.4 kg/ha. The results obtained in this chapter showed that the *Araucaria angustifolia* presents clear trend of average production of pinecones between the years, which was highly related to diameter class. There is a variation in seed production in relation to the average at individual and population levels, but the same is not true for a set of populations. These variations are considered moderate, which leads to a non-synchronized production on a regional scale. One may consider that the production of *A. angustifolia* seeds differs between sites and between years, however, it is not possible to state that the species presents years of high and low production at regional levels. Therefore, it is suggested here that the *Araucaria angustifolia* does not fit the concept of masting due tonon-synchronized production, caused by spatiotemporal production balance, which occurred in all population between years.

Keywords: Brazilian pine. Araucaria, Masting. Brazilian pine nut production, Seed production variation.

4.1 INTRODUÇÃO

A variação na produção de sementes pode ter fortes efeitos no recrutamento de plantas (JONES et al. 1994) e também em muitas populações de animais que tem nestas sementes seu principal alimento (WOLFF, 1996). Compreender a variabilidade na produção de sementes entre anos e entre árvores pode permitir um melhor planejamento de coleta de sementes tanto para produção de mudas quanto para a regeneração natural (YASAKA et al., 2008).

Avaliar a variação da produção de sementes no espaço e no tempo em níveis individual e populacional é um importante passo no entendimento da ecologia do masting (KOENIG et al., 2003).

Masting ou *mast seeding* é um termo usado quando a produção de sementes em muitas plantas, inclusive espécies arbóreas, ocorre sincrônicamente em intervalos irregulares entre os anos (SILVERTOWN, 1980; KELLY, 1994). A definição mais geral de *masting* trata a produção de sementes como um evento sincrônico, altamente variável entre anos por uma população de plantas (KELLY, 1994). Em espécies arbóreas *masting* a maioria das árvores produzem muitas sementes em alguns anos (*mast years*) enquanto que em outros a produção é pobre ou moderada (NORTON & KELLY, 1988).

Segundo Kelly (1994), a maioria dos exemplos de espécies *masting* inclui aquelas que produzem sementes a maioria dos anos e que em alguns anos apresentam uma maior produção, tais espécies são chamadas de espécies policárpicas. O número de sementes produzidas por espécies policárpicas muitas vezes varia consideravelmente de ano para ano (HERRERA, 1998) e esta variação pode ter fortes efeitos no recrutamento de plantas (JONES et al. 1994) e também em muitas populações de animais que tem nas sementes seu principal recurso (WOLFF, 1996).

Sobre a definição de *masting* existem ainda elementos que nem sempre são definidos com precisão: como a produção de sementes varia entre anos e como sincroniza entre indivíduos (KELLY, 1994). Estudos realizados para avaliar a variação temporal na produção de sementes em nível populacional têm empregado estimativas baseadas no Coeficiente de Variação ($CV = \text{Desvio Padrão} / \text{Média}$), a partir da média populacional entre os anos (SILVERTOWN, 1980; KELLY, 1994; HERRERA, 1998; KOENIG et al., 2003; YASAKA et al., 2008; SANGUINETTI & KITZBERGER, 2008; SOUZA et al., 2010) e também em nível individual, baseado na média de variação individual entre os anos

(KOENIG et al. 2003; YASAKA et al., 2008; SANGUINETTI & KITZBERGER, 2008).

A relação entre a variação na produção de sementes entre anos e entre indivíduos não é clara devido à falta de estudos baseados no indivíduo (YASAKA et al. 2008) e para que se possa discutir *masting* é necessário focar no comportamento de plantas individuais, com respeito a sua variabilidade e sincronia (HERRERA, 1998).

No caso da *A. angustifolia*, a disponibilidade de pinhão ocorre em uma época com menor oferta de frutos em geral, o que faz da araucária uma espécie importante como fonte de recursos para pequenos animais, consumidores de frutos e sementes (PAISE & VIEIRA, 2005).

O pinhão é também um importante recurso sócio-econômico, pois está intimamente ligado à sobrevivência de várias famílias de baixa renda em épocas de outono e inverno e ainda apresenta uma cadeia de comercialização da área rural ao consumidor final nas grandes cidades (BALBINOT et al, 2008). No Planalto Catarinense o pinhão possui importante valor social e cultural para as comunidades coletoras (VIEIRA DA SILVA & REIS, 2009), reforçando especial atenção ao manejo deste recurso. Segundo Machado (2008), o manejo de um Produto Florestal Não-Madeireiro além de tornar as florestas rentáveis, em muitos casos mantém sua estrutura e biodiversidade, desde que conduzido de maneira racional.

O contexto de exploração da araucária, mencionado no primeiro capítulo, reforça a necessidade de medidas para conservação desta espécie no Estado de Santa Catarina, bem como a busca por mecanismos que permitam conservá-la através da valorização de sua semente, o pinhão. Contudo, para que seja possível fundamentar práticas de manejo e exploração sustentável do pinhão, caracterizar a cadeia produtiva e ainda trabalhar estratégias para conservação da araucária é preciso quantificar a produção. Quantificar a produção e estimar a produtividade de pinhão em populações de araucária é um importante passo no fornecimento de subsídios para coleta sustentável do pinhão e conservação da espécie.

Tão importante quanto quantificar é entender como ocorre a variação na produção desta semente. No entanto, poucos estudos tem gerado informações sobre esta variação (em nível de indivíduo e de população), tão pouco tem apresentado dados sistemáticos por períodos de tempo que permitam inferir de modo consistente sobre os padrões de variação na produção do pinhão.

A produção de pinhão em áreas nativas se dá em árvores a partir dos 20 anos de idade (CARVALHO, 1994) e pode ser muito variável

numa determinada região, podendo haver uma boa produção por dois anos, seguidos de dois ou três de escassez (MATTOS, 2011).

Esta variação pode ocorrer entre ciclos de três anos como também de ano para ano, segundo coletores de pinhão (VIEIRA DA SILVA & REIS, 2009). Entre anos, esta variação na estimativa de produção pode chegar a 36% e apresentar diferenças no número de estróbilos por planta, número de sementes por estróbilo e também no peso das sementes (MANTOVANI et al. 2004).

Em *A. angustifolia* a variação na produção por área (produtividade), se dá em função do número de plantas femininas, da intensidade de ataque da *Laspeyresia araucariae*, da direção e intensidade dos ventos no período de polinização, da intensidade de chuvas no período de polinização, bem como da porcentagem de fecundação dos elementos femininos de cada estróbilo (MATTOS, 2011). Para o sucesso da polinização e fecundação dos elementos femininos a localização das árvores é um fator importante, pois juntamente com a velocidade ideal dos ventos serão determinantes para uma polinização eficiente (MATTOS, 1994). A fecundação dos elementos femininos reflete na produção de pinhões inteiros (férteis) por unidade de pinha. As pinhas podem ter em média 90 a 92 pinhões, chegando ao máximo de 198, e pesar até mais de 4 kg (MATTOS, 2011). Uma árvore com boa produção pode produzir até 1,5 saco (75 kg) de pinhão (GUERRA et al, 2002). Uma planta de Araucária pode produzir anualmente cerca de 40 pinhas, no entanto, é possível encontrar pinheiros produzindo até 280 pinhas (MATTOS, 2011).

Embora os estudos encontrados até o momento forneçam uma boa estimativa de variação na produção de sementes de *Araucaria angustifolia*, são necessárias ainda abordagens mais aprofundadas, que levem em conta a variação existente tanto no espaço (indivíduos e populações) quanto no tempo (variação entre os anos).

Neste sentido, o objetivo deste capítulo é quantificar a produção de sementes de *Araucaria angustifolia* (pinhões) e o grau de variação desta produção entre anos, dentro e entre locais, assim como avaliar as relações desta variação em relação ao conceito de "masting" para a espécie.

4.2 OBJETIVOS

4.2.1 Objetivo geral

Quantificar a produção de pinhão e o grau de variação em níveis individual, populacional e interpopulacional entre os anos e avaliar as relações desta variação em relação ao conceito de “masting” para *Araucaria angustifolia*.

4.2.2 Objetivos específicos

Quantificar a produção de pinhas nos níveis individual, populacional e interpopulacional para populações em diferentes situações em três anos de produção.

Quantificar a produção de pinhas por classe diamétrica nos níveis populacional e interpopulacional para populações em diferentes situações em três anos de produção.

Quantificar o grau de variação na produção de pinhas e seus constituintes nos níveis individual, populacional e interpopulacional para populações em diferentes situações em três anos de produção.

Quantificar o grau de variação na produção de pinhas por classe diamétrica nos níveis populacional e interpopulacional para populações em diferentes situações em três anos de produção.

Quantificar a produtividade por hectare nos níveis populacional e interpopulacional para populações em diferentes situações em três anos de produção

4.3 HIPÓTESES

A primeira hipótese a ser testada baseia-se no trabalho apresentado por Souza et al. (2010), o qual sugere que a *Araucaria angustifolia* apresenta produção de sementes em torno de um valor médio. Associado a esta hipótese serão avaliadas as variações na produção de sementes a nível individual, populacional e interpopulacional, com o objetivo de verificar se tais variações permitem considerar a *Araucaria angustifolia* como espécie *masting*. Considerando o trabalho de Souza et al. (2010) e a instabilidade de padrões climáticos a espécie não apresenta um padrão de produção *masting*. Se evidências são de padrão de variação da produção em torno

da média, portanto, as flutuações que possam ocorrer em relação à produção não são significativas e com isso não possibilitam sincronismo (anos de alta e anos de baixa produção). Sendo assim, a hipótese é de que a *Araucaria angustifolia* não atende os pressupostos básicos do conceito de masting, que segundo Kelly (1994) requer uma produção de sementes sincrônica e altamente variável por uma população de plantas entre os anos.

A segunda hipótese a ser testada é de que há uma relação positiva entre a produção média de pinhas entre os anos e o diâmetro das plantas. Esta hipótese baseia-se em Figueiredo Filho et al. (2011) que, avaliando a produção de pinhas em área nativa e plantada no Município de Irati-PR, observaram que a *Araucaria angustifolia* apresentou tendência de aumento de produção de pinhas à medida que aumenta o DAP. Esta mesma tendência foi percebida por Mantovani et al. (2004) em floresta contínua com araucárias no Município de Campos do Jordão – SP, onde encontraram correlações significativas entre o número de estróbilos femininos por planta e a área basal.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Amostragem e quantificação das pinhas

Para mensurar a produção de pinhão foram avaliados 30 indivíduos reprodutivos femininos em cada população, nos quatro locais de estudo descritos no Capítulo I. Com auxílio de binóculo foram observadas as mesmas árvores durante o mês de fevereiro de cada ano, entre 2010 e 2012, quando os estróbilos femininos (pinhas) encontravam-se em estágio de pré-maturação (estágio que compreende a fase de crescimento, após a polinização até fase de maturação) (ANSELMINI et al., 2006). Este estágio foi escolhido para este trabalho por apresentar as pinhas ainda inteiras, em boas condições de tamanho para visualização.

Durante as observações, as pinhas de cada árvore foram quantificadas e registradas em quatro quadrantes alinhados ao Norte conforme sua posição na copa (Figura 11). Os valores atribuídos a cada árvore foram baseados na porção visível da copa.

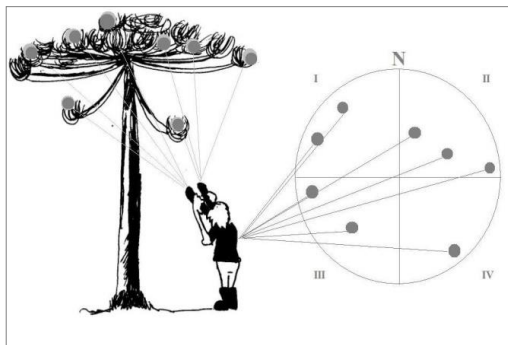


Figura 11 - Método de Observação das pinhas: a informação da localização das pinhas é obtida pelo observador através do binóculo e registrada em quadrantes alinhados ao norte representando a copa

Para quantificar a produção por classe diamétrica para o conjunto das populações e para cada população separadamente mediu-se o diâmetro a altura do peito (DAP) de todas as árvores observadas (dados dendrométricos do Capítulo I), as quais foram separadas em classes de 10 cm, a partir da classe do menor diâmetro.

4.4.2 Estimativa de produtividade

Para estimativa de produtividade por pinha (kg/pinha) foi realizada a coleta de 362 pinhas entre os anos de 2010 e 2011. A coleta foi realizada nas populações RGFC, Agri-TB e CR em 2010 e 2011 e na Flona-TB no ano de 2011. Foram coletadas de 1 (uma) a 8 (oito) pinhas por árvore matriz, de 3 (três) a 20 (vinte) matrizes por população, respeitando o limite de até 30% da quantidade de pinhas produzidas por matriz (Tabela 4).

Tabela 4- Número de matrizes, média de pinhas coletadas por matriz e total de pinhas coletadas para as quatro populações de estudo nos anos de 2010 e 2011.

| População | 2010 | | | 2011 | | |
|--------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | Número de Matrizes Coletadas | Nº médio de pinhas/ matriz | Total de pinhas coletadas | Número de Matrizes Coletadas | Nº médio de pinhas/ matriz | Total de pinhas coletadas |
| RGFC | 3 | 7,3 | 22 | 20 | 4,8 | 97 |
| Agri-TB | 8 | 2,9 | 23 | 20 | 3,6 | 72 |
| CR | 3 | 3,3 | 10 | 20 | 3,4 | 67 |
| Flona-TB | - | - | - | 20 | 3,6 | 71 |
| Total | 14 | - | 55 | 80 | - | 307 |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras – SC

As pinhas foram coletadas com auxílio de equipes de coleta (Figura 12), posteriormente transportadas e armazenadas em câmara fria por cerca de 15 dias.



Figura 12 - Coleta de estróbilos realizada por equipe especializada

Após o armazenamento, com auxílio de fita métrica foram obtidos valores para a altura (diâmetro paralelo ao eixo central, em cm) e diâmetro (transversal ao eixo, em cm). As pinhas inteiras foram pesadas com auxílio de balança digital e posteriormente debulhadas e quantificadas as proporções de falha (escamas estéreis, em kg), pinhões frescos (quantidade e peso em kg) e pinhões chochos (número de escamas não fertilizadas ou abortadas). A massa média unitária dos pinhões frescos (pinhões férteis) foi obtida através da razão da massa total dos pinhões frescos pelo número de pinhões contados na pinha. Foi pesado e medido ainda o comprimento (cm) e largura (cm) do eixo central.

Para estimativa da produtividade por área (kg/ha) foram instaladas parcelas nas populações Agri-TB, CR e Flona-TB, de acordo com a Tabela 5. Para a população RGFC foram extraídos os dados

apresentados por Paludo et al., (2011). E assim obtidas as informações de densidade por área.

Tabela 5- Número de parcelas, dimensões, área total e densidade de indivíduos femininos para estimativa de produtividade por ha nos quatro locais de estudo

| População | Nº de Parcelas | Dimensões das Parcelas (m) | Área Total das Parcelas (ha) |
|-----------|----------------|----------------------------|------------------------------|
| RGFC | 1 | 170x300 | 5,10 |
| Agri-TB | 13 | 40 x 40 | 2,08 |
| CR | 1 | 300x300 | 9,00 |
| Flona-TB | 2 | 76 x 100 e 60 x 80 | 1,25 |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras - SC

Com auxílio de binóculo foi realizada a sexagem dos indivíduos reprodutivos e determinada a densidade de fêmeas/hectare em cada conjunto de parcelas. De posse destes dados foi estimada a produção em kg/hectare, segundo o proposto por Mantovani et al (2004) da seguinte forma: $PS = N \cdot NE \cdot Mp$, onde:

- PS: Produção de sementes (kg/ hectare)
- N: Número de plantas femininas por hectare
- Ne: Número médio de estróbilos por planta
- Mp: Massa média de pinhões por estróbilo (kg)

Para cálculo de rendimento em relação à produtividade foram obtidos os preços médios (R\$/kg de pinhão) pagos aos produtores entre os anos de 2010 e 2011. Foram consultados entre os meses de março a agosto destes anos 16 (dezesesseis) estabelecimentos comerciais, representados por mercados e supermercados.

4.4.3 Análise dos dados

Para avaliar a eficiência do método de quantificação das pinhas foi aplicada a Correlação de Pearson entre a quantidade de pinhas contadas pelo observador e o número de pinhas encontradas pela equipe de coleta (contadas à altura da copa) para cada árvore, em 40 árvores.

Para avaliar a relação entre as dimensões das árvores e a produção de pinhas foi aplicada a Correlação de Pearson entre a média de pinhas produzidas por classe diamétrica entre os anos e o diâmetro médio das árvores correspondentes à classe. Para avaliar a variação na produção de pinhas foi aplicado o CV (Coeficiente de Variação = Desvio Padrão/Média) dentro e entre classes. Assim, considerou-se CV_{ic} como coeficiente de variação intra-classe (variação das médias dentro das classes diamétricas estabelecidas) e CV_{ec} o coeficiente de variação entre classes (variação das médias no conjunto das classes).

Para avaliar a hipótese de variação da produção em relação à média foi aplicado o Teste do Sinal (GOMES, 1990) em nível individual, tendo como base a média de produção de pinhas por árvore entre os anos de 2010 e 2012 (Sinal Negativo) e a produção anual de cada árvore (Sinal Positivo). Em nível populacional considerou-se a produção média da população em cada ano (Sinal Positivo) em relação à média das médias anuais (Sinal Negativo).

Para avaliar a variação na produção de pinhas a nível populacional foi obtido o CV_p (Coeficiente de Variação populacional = Desvio Padrão/Média x 100) a partir da média das médias anuais (KOENIG et al. 2003). Em nível individual foi calculado o CV_i baseado na média das médias anuais de cada árvore (KOENIG et al. 2003; YASAKA et al. 2008). A nível interpopulacional (para o conjunto das populações) foi calculado o CV_T , a partir da média das médias anuais do conjunto das populações. Este método é adequado para estimar a variação na produção de sementes em árvores entre os anos (YASAKA et al. 2008).

4.5 RESULTADOS

4.5.1 Método de estimativa de pinhas

O método de observação utilizado para estimar a quantidade de pinhas apresentou alta correlação ($r = 0,911$; $gl = 38$) entre a quantidade de pinhas produzidas e o número de pinhas contadas na árvore à altura da copa.

4.5.2 Produção de pinhas por classe diamétrica

Todas as populações, assim como o conjunto delas, apresentaram correlação forte e positiva da produção média de pinhas em relação à classe diamétrica.

Para o conjunto das populações esta correlação foi de 0,971 ($gl = 7$; $p < 0,01$). A menor média de produção de pinhas para o conjunto das populações entre os anos foi de 8,5 pinhas/árvore para o Centro de Classe 25,0, enquanto que a maior média foi de 40,6 pinhas/árvore para as árvores com DAP acima de um metro (Figura 13).

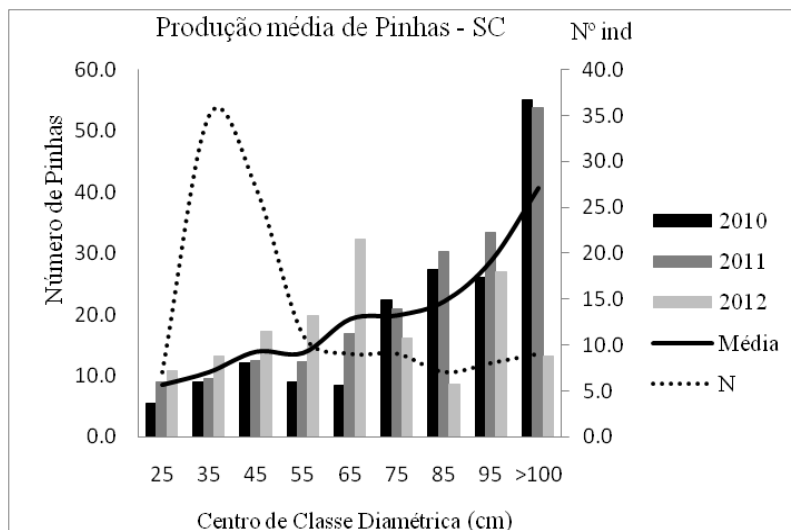


Figura 13 - Produção média de pinhas (linha preta) e número de indivíduos femininos (N: linha pontilhada) por classe diamétrica entre 2010 e 2012 para o conjunto das populações em Santa Catarina

Para a população RGFC a produção média de pinhas por classe diamétrica também apresentou correlação forte e positiva com a média de diâmetro da classe ($r = 0,936$; $gl = 5$; $p = 0,01$). A menor média de produção de pinhas entre os anos foi de 14,8 pinhas/árvore para as árvores inferiores a 65 cm de DAP e a maior média foi de 40,6 pinhas/árvore para as árvores com DAP acima de um metro (Figura 14). A maior média de pinhas/árvore encontrada na RGFC foi equivalente ao encontrado para o conjunto das populações em função de que a RGFC apresentou a totalidade dos indivíduos de maior porte (acima de 1 m de DAP) amostrados para o conjunto das populações.

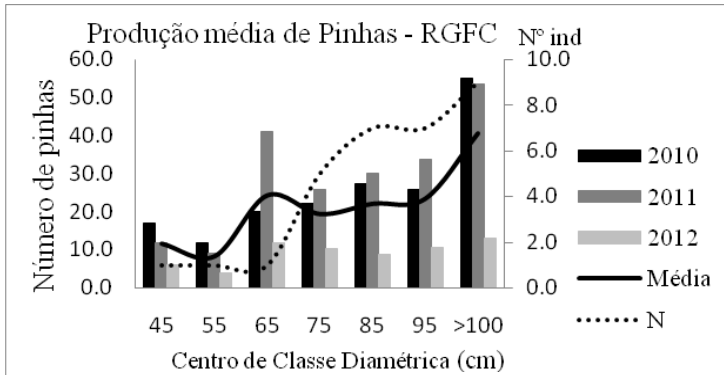


Figura 14 - Produção média de pinhas (linha preta) e número de indivíduos femininos (N: linha pontilhada) por classe diamétrica entre 2010 e 2012 para a população da Reserva Genética Florestal de Caçador (RGFC)

Para a população Agri-TB a produção média de pinhas por classe diamétrica também apresentou correlação forte e positiva com a média de diâmetro da classe ($r = 0,960$; $gl = 2$; $p = 0,04$). A menor média de produção de pinhas entre os anos foi de 7,1 pinhas/árvore para as árvores do centro de classe de 25 cm e a maior média foi de 16,2 pinhas/árvore para as árvores com DAP superior a 55 cm (Figura 15).

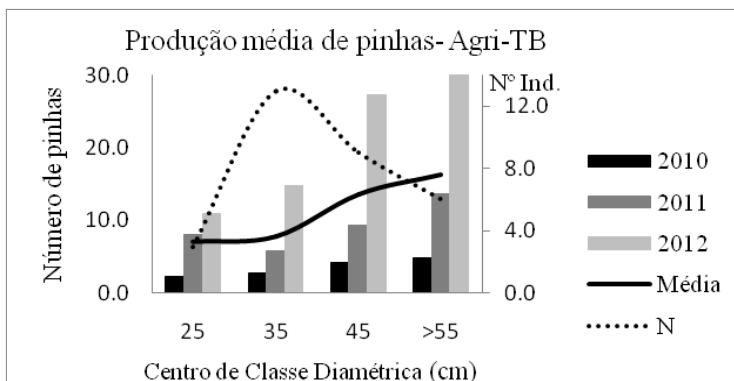


Figura 15 - Produção média de pinhas (linha preta) e número de indivíduos femininos (N: linha pontilhada) por classe diamétrica entre 2010 e 2012 para a população dos Agrultores de Três Barras (Agri-TB)

A população CR apresentou produção média de pinhas por classe diamétrica também com correlação forte e positiva com a média de diâmetro da classe ($r = 0,964$; $gl = 2$; $p=0,03$). A menor média de produção de pinhas entre os anos foi de 9,2 pinhas/árvore para as árvores do centro de classe de 25 cm e a maior média foi de 19,2 pinhas/árvore para as árvores com DAP superior a 55 cm (Figura 16).

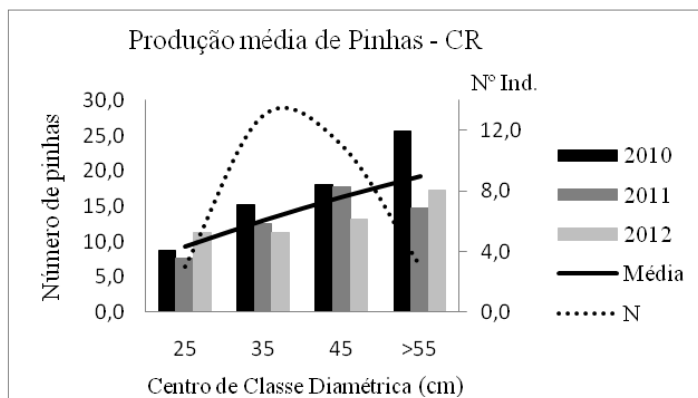


Figura 16 - Produção média de pinhas (linha preta) e número de indivíduos femininos (N: linha pontilhada) por classe diamétrica entre 2010 e 2012 para a população da Coxilha Rica (CR)

Para a população Flona-TB é apresentada a média de produção a partir do ano de 2011. A população Flona-TB apresentou produção média de pinhas por classe diamétrica também com correlação positiva com a média de diâmetro da classe ($r = 0,775$; $gl = 2$). A menor média de produção de pinhas entre os anos foi de 12,5 pinhas/árvore para as árvores do centro de classe de 25 cm e a maior média foi de 24,9 pinhas/árvore para as árvores com DAP superior a 50 cm (Figura 17).

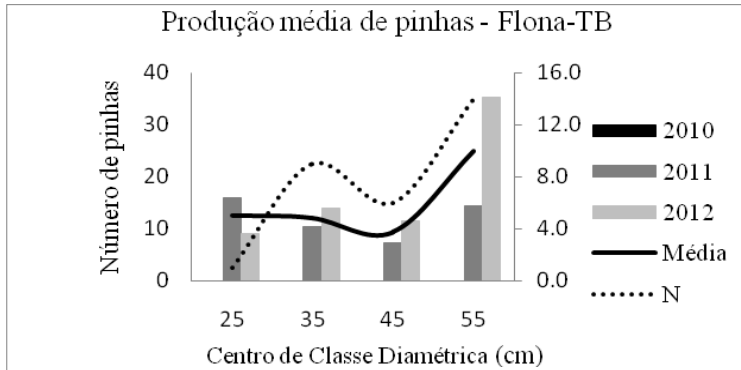


Figura 17 - Produção média de pinhas (linha preta) e número de indivíduos femininos (N: linha pontilhada) por classe diamétrica entre 2010 e 2012 para a população da Floresta Nacional de Três Barras (Flona-TB)

4.5.3 Produção individual de pinhas

A produção média para o conjunto das populações estudadas no Estado de Santa Catarina foi de 17,4 pinhas/árvore entre os anos de 2010 e 2012, com médias de 17,8 para 2010, 17,7 para 2011 e de 16,9 pinhas/árvore para o ano de 2012, variado de zero a 232 pinhas/árvore. Não foram observadas diferenças significativas na produção média de pinhas/árvore para o conjunto das populações estudadas em Santa Catarina entre os anos (Tabela 6).

A população RGFC apresentou uma produção média de 26,7 pinhas/árvore entre 2010 e 2012, com 33,2; 36,2 e 10,6 pinhas/árvore para os anos de 2010, 2011 e 2012, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os anos de 2010 e 2011 (t-teste: $p > 0,05$), no entanto, de 2010 e 2011 para 2012 houve uma redução significativa (t-teste: $p < 0,001$) de cerca de 70% na produção média de pinhas/árvore. A produção mínima encontrada foi de 1 (uma) pinha/árvore. A produção máxima foi de 232 e 228 pinhas/árvore, observadas na mesma árvore entre os anos de 2010 e 2011, respectivamente.

Tabela 6 – Valores médios individuais de produção de pinha para quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense entre os anos de 2010 e 2012.

| | 2010 | 2011 | 2012 | Média |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| RGFC | 33.2 | 36.2 | 10.6 | 26,7 |
| Agri-TB | 3.6 | 8.5 | 21.1 | 11,1 |
| CR | 16.6 | 14.2 | 12.5 | 14,4 |
| Flona-TB | - | 11.8 | 23.2 | 17,5 |
| Média | 17.8 | 17.7 | 16.9 | - |
| Comparativo (t-teste) | 2010/2011 | 2011/2012 | 2010/2012 | - |
| Valor de p | 0,986 | 0,726 | 0,745 | - |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras – SC

A população Agri-TB apresentou uma produção média de 11,1 pinhas/árvore entre 2010 e 2012, com 3,6, 8,5 e 21,1 pinhas/árvore para os anos de 2010, 2011 e 2012, respectivamente. Observou-se aumento significativo na produção média de pinhas/árvore entre os anos (t-teste: $p < 0,001$). De 2010 para 2011 este aumento foi 238,7% e de 2011 para 2012 de 246,4%. A amplitude de produção foi de zero (em 2010) a 56 pinhas/árvore (em 2012).

Para a população CR a média observada entre 2010 e 2012 foi de 14,4 pinhas/árvore, com médias de 16,6; 14,2 e 12,5 para os anos de 2010, 2011 e 2012, respectivamente. Não foram observadas diferenças significativas entre os anos de 2010 e 2011 (t-teste: $p > 0,05$), no entanto, de 2010 para 2012 observou-se redução de 24,8% na produção média de pinhas/árvore (t-teste: $p < 0,05$). A produção mínima observada foi zero (em 2012) e a máxima de 47 pinhas/árvore (em 2010).

Na população Flona-TB as observações ocorreram nos anos de 2011 e 2012 e entre estes a produção média foi de 17,5 pinhas/árvore, com médias de 11,8 em 2011 e 23,2 pinhas/árvore em 2012. A amplitude de produção foi de 5 (em 2011) a 141 pinhas/árvore (em 2012). Observou-se de 2011 para 2012 um aumento de produção de 196,9% (t-teste: $p < 0,01$).

4.5.4 Produtividade por pinha e constituintes

Para o conjunto das populações estudadas no Planalto Catarinense o diâmetro médio das pinhas foi de 15,5 cm, a altura média de 15,6 cm e a massa fresca média por pinha foi de 1,584 kg. O número médio de pinhões férteis foi de 83,3 e a massa média de 0,604 kg (37,7 % da massa fresca da pinha). A massa média de cada pinhão fértil foi de 6,8g. As falhas representaram em média 54,8% da massa fresca da pinha e apresentaram massa média de 0,871 kg. O eixo central representou em média 5,2% da massa fresca da pinha, com 0,085 kg. O número médio de pinhões chochos foi de 41,5 e representou em média 2,3% da massa fresca da pinha.

Para as populações avaliadas separadamente os dados são apresentados para os anos 2010 e 2011 na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores médios, máximos e mínimos para os constituintes da pinha e percentual destes constituintes em relação à massa fresca da pinha para quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense entre os anos de 2010 e 2011.

| Constituintes | | RGFC | | | | Agri | | | | CR | | | | Flona-TB | | Média Geral | % Médio | |
|---------------|---------------|------|---------|---------|---------|------|---------|---------|---------|------|---------|---------|---------|----------|---------|-------------|---------|------|
| | | 2010 | 2011 | Média | % | 2010 | 2011.00 | Média | % | 2010 | 2011 | Média | % | 2011 | % | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pinha | Peso (g) | Méd | 1279.50 | 1677.80 | 1478.65 | | 1115.90 | 1422.30 | 1269.10 | | 2061.00 | 1906.90 | 1983.95 | | 1627.00 | | 1584.34 | |
| | | Máx | 1750.00 | 2755.00 | | | 2500.00 | 2365.00 | | | 2430.00 | 3180.00 | | | 2670.00 | | 2521.43 | |
| | | Mín | 770.00 | 700.00 | | | 365.00 | 745.00 | | | 1270.00 | 1115.00 | | | 660.00 | | 803.57 | |
| | Diâmetro (cm) | Méd | 14.90 | 15.40 | 15.15 | | 13.50 | 14.80 | 14.15 | | 19.06 | 15.90 | 17.48 | | 15.20 | | 15.54 | |
| | | Máx | 19.74 | 18.30 | | | 17.83 | 17.83 | | | 28.65 | 19.10 | | | 17.83 | | 19.89 | |
| | | Mín | 12.41 | 12.10 | | | 6.05 | 12.41 | | | 16.87 | 13.21 | | | 11.94 | | 12.14 | |
| | Altura (cm) | Méd | 13.60 | 16.00 | 14.80 | | 14.10 | 15.20 | 14.65 | | 18.40 | 16.40 | 17.40 | | 15.80 | | 15.64 | |
| | | Máx | 16.00 | 19.58 | | | 17.50 | 17.98 | | | 20.00 | 19.26 | | | 19.89 | | 18.60 | |
| | | Mín | 10.50 | 12.25 | | | 9.00 | 12.25 | | | 17.00 | 13.37 | | | 12.10 | | 12.35 | |
| Pinhões | Peso (g) | Méd | 455.50 | 652.20 | 553.85 | 37.5 | 340.70 | 467.20 | 403.95 | 31.8 | 872.00 | 801.10 | 836.55 | 42.2 | 642.20 | 39.5 | 604.41 | 37.7 |
| | | Máx | 660.00 | 1350.00 | | | 1025.00 | 1055.00 | | | 1165.00 | 1485.00 | | | 1380.00 | | 1160.00 | |
| | | Mín | 20.00 | 75.00 | | | 10.00 | 5.00 | | | 530.00 | 255.00 | | | 25.00 | | 131.43 | |
| | Férteis | Méd | 71 | 99 | 85 | | 42 | 74 | 58 | | 102 | 106 | 104 | | 89 | | 83.31 | |
| | | Máx | 101 | 164 | | | 117 | 147 | | | 130 | 175 | | | 169 | | 143.29 | |
| | | Mín | 3 | 12 | | | 2 | 1 | | | 72 | 39 | | | 3 | | 18.86 | |
| | Chochos | Méd | | 42 | | 0.8 | | 56 | | 1.3 | | 28 | | 1.1 | 40 | 5.9 | 41.45 | 2.3 |
| | | Máx | | 171 | | | | 170 | | | | 79 | | | 138 | | | |
| | | Mín | | 2 | | | | 6 | | | | 1 | | | 5 | | | |
| Falhas | Peso (g) | Méd | 848.00 | 826.70 | 837.35 | 56.6 | 788.10 | 754.20 | 771.15 | 60.8 | 1176.50 | 901.50 | 1039.00 | 52.4 | 805.40 | 49.5 | 871.49 | 54.8 |
| | | Máx | 1435.00 | 1440.00 | | | 1140.00 | 1250.00 | | | 1500.00 | 1595.00 | | | 1660.00 | | 1431.43 | |
| | | Mín | 550.00 | 310.00 | | | 490.00 | 300.00 | | | 770.00 | 515.00 | | | 215.00 | | 450.00 | |
| Eixo | Peso (g) | Méd | 75.00 | 76.00 | 75.50 | 5.11 | 79.00 | 75.00 | 77.00 | 6.1 | 80.00 | 95.00 | 87.50 | 4.4 | 83.70 | 5.1 | 80.53 | 5.2 |
| | | Máx | 165.00 | 145.00 | | | 135.00 | 135.00 | | | 185.00 | 175.00 | | | 145.00 | | 155.00 | |
| | | Mín | 65.00 | 25.00 | | | 40.00 | 39.00 | | | 90.00 | 45.00 | | | 30.00 | | 47.71 | |
| | Diâmetro (cm) | Méd | 3.20 | 3.90 | 3.55 | | 3.50 | 3.50 | 3.50 | | 4.10 | 3.70 | 3.90 | | 3.90 | | 3.69 | |
| | | Máx | 4.50 | 3.98 | | | 5.10 | 3.82 | | | 4.93 | 5.09 | | | 5.57 | | 4.71 | |
| | | Mín | 3.66 | 2.80 | | | 3.00 | 3.20 | | | 3.34 | 2.55 | | | 3.02 | | 3.08 | |
| | Comp. (cm) | Méd | 11.60 | 8.80 | 10.20 | | 11.10 | 11.10 | 11.10 | | 11.30 | 11.00 | 11.15 | | 11.00 | | 10.84 | |
| | | Máx | 11.50 | 16.00 | | | 11.50 | 13.50 | | | 13.00 | 13.00 | | | 13.00 | | 13.07 | |
| | | Mín | 7.50 | 9.00 | | | 8.00 | 8.50 | | | 9.50 | 8.00 | | | 8.50 | | 8.43 | |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras

A população RGFC apresentou, entre os anos, diâmetro médio das pinhas de 15,1 cm e altura média de 14,8 cm. A massa fresca média por pinha foi de 1,478 kg , a massa de pinhões férteis por pinha foi de 0,553 kg e representou 37,5% da massa fresca da pinha. A massa média unitária dos pinhões férteis foi de 6,5g. As falhas representaram 56,6% da massa fresca da pinha, com 0,837 kg Os pinhões chochos contribuíram com 0,8% dos constituintes da pinha e o eixo central com 5,11%, com média de 0,075 kg. Os pinhões férteis contabilizaram em média 85; e os chochos 42 (Tabela 7).

Para a população Agri-TB o diâmetro médio das pinhas entre os anos foi de 14,1 cm a altura média de 14,6 cm e a massa fresca média por pinha foi de 1,269 kg . O número médio de pinhões férteis foi de 58 e a massa média de 0,404 kg, 31,8 % da massa fresca da pinha. A massa média de cada pinhão fértil foi de 6,1g . As falhas apresentaram massa média de 0,771 kg, 60,8% da massa fresca da pinha. O eixo central representou 6,1% dos constituintes, com média de 0,070 kg. O número médio de pinhões chochos foi de 56 (1,3% da massa média fresca da pinha) (Tabela 7).

população CR apresentou entre os anos, pinhas com diâmetro médio de 17,5 cm e altura média de 17,4 cm. A massa fresca média por pinha foi de 1,984 kg, a de pinhões férteis foi de 0,836 kg e representou 42,2% da massa fresca da pinha. Os pinhões férteis contabilizaram em média 104 entre os anos. As falhas representaram 52,4% da massa fresca da pinha, com 1,039 kg , os pinhões chochos (28) contribuíram em média com 1,1% da massa fresca da pinha e o eixo central com 4,4% de contribuição entre os constituintes da pinha (Tabela 7).

Para a população Flona-TB no ano avaliado, o diâmetro médio das pinhas foi de 15,2 cm; a altura média de 15,8 cm e a massa fresca média por pinha foi de 1,627 kg. O número médio de pinhões férteis foi de 89 e a massa média de 0,642 kg, contribuindo com 39,5 % da massa fresca da pinha. A massa média de cada pinhão fértil foi de 6,9g. As falhas representaram 49,5% dos constituintes da pinha, com massa média de 0,805 kg e o eixo central 5,1%, com 0,083 kg .O número médio de pinhões chochos foi de 40, com participação de 5,9% dos constituintes e massa média por pinha de 0,096 kg (Tabela 7).

4.5.5 Produtividade de pinhão por área

O conjunto das populações estudadas no Planalto Catarinense produziu em média entre 2010 e 2012 o equivalente a 153 kg de

pinhão/ha, variando de 23 a 441 kg/ha (Tabela 8). Não foram observadas diferenças significativas na produtividade de pinhão/ha para o conjunto das populações estudadas no Planalto Catarinense entre os anos (t-teste; $p > 0.05$).

Tabela 8- Valores médios de densidade de indivíduos femininos e produtividade de pinhas para quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense entre os anos de 2010 e 2012.

| População | Densidade Fêmeas/ha | Kg/ha | | | |
|-----------|------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | 2010 | 2011 | 2012 | Média |
| RGFC | 13.9 | 255.54 | 278.64 | 81.70 | 205,29 |
| Agri-TB | 15.9 | 23.00 | 54.90 | 135.29 | 71,07 |
| CR | 6.2 | 86.27 | 73.48 | 64.83 | 74,86 |
| Flona-TB | 29.6 | - | 224.31 | 441.65 | 332,98 |
| Média | 16.4 | 121.60 | 157.83 | 180.87 | 153,43 |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras - SC

A população RGFC produziu entre os anos uma média 205,3 kg de pinhão/ha, com produções de 255,5; 278,6 e 81,7 kg/ha respectivamente para 2010, 2011 e 2012. Não houve diferença significativa entre os anos de 2010 e 2011 (t-teste: $p > 0,05$), no entanto, de 2010 e 2011 para 2012 houve uma redução significativa (t-teste: $p < 0,001$) de cerca de 70% na produtividade média/ha.

Para a população Agri-TB a produtividade média entre os anos foi de 71,1 kg/ha, com 23,0 kg/ha em 2010, 54,9 kg/ha em 2011 e 135,3 kg/ha em 2012. Observou-se aumento significativo na produtividade média/ha entre os anos (t-teste: $p < 0,001$). De 2010 para 2011 este aumento foi 238,7% e de 2011 para 2012 de 246,4%. De 2010 para 2012 o aumento foi de 588,3%.

A população CR apresentou uma produtividade média entre os anos de 74,9 kg de pinhão/ha, com 86,3 kg/ha em 2010, 73,5 kg/ha em 2011 e 64,8 kg/ha em 2012. Para esta população não foram observadas diferenças significativas entre os anos de 2010 e 2011 (t-teste: $p > 0,05$), no entanto, de 2010 para 2012 observou-se redução de 24,8% na produtividade média/ha (t-teste: $p < 0,05$).

Para a Flona-TB a produtividade média entre 2011 e 2012 foi de 333,0 kg/ha, variando de 224,3 kg/ha em 2011 a 441,7 kg/ha em 2012. Este aumento de produtividade foi significativo (t-teste: $p < 0,01$) e representou cerca de 197%.

4.5.6 Variação temporal na produção de pinhas

4.5.6.1 Variação temporal por diâmetro

A produção de pinhas em função do diâmetro de cada indivíduo apresentou valores variáveis de correlação, tanto em termos gerais (conjunto de populações), quanto em termos individuais (em cada uma das populações) (Tabela 10), quando considerados os anos separadamente, refletindo as produções variáveis entre os diferentes anos. Além disso, os valores por local ressaltaram maiores ou menores associações em anos diferentes nos diferentes locais (Tabela 10), indicando a inexistência de sincronia em termos regionais.

Tabela 9 - Valores da Correlação de Pearson entre o DAP individual e a produção de pinhas entre os anos de 2010 e 2012 para quatro populações de *Araucaria angustifolia* e para o conjunto delas em SC.

| | 2010 | 2011 | 2012 |
|---------------------|-------|-------|-------|
| Conjunto Populações | 0,468 | 0,492 | 0,060 |
| RGFC | 0,278 | 0,242 | 0,177 |
| Agri-TB | 0,177 | 0,477 | 0,394 |
| CR | 0,521 | 0,259 | 0,355 |
| Flona-TB | - | 0,500 | 0,731 |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras - SC

4.5.6.2 Variação temporal por classe diamétrica

Para o conjunto das populações o coeficiente de variação médio da produção de pinhas intra-classe (CV_{ic}) entre os anos foi de 0,36 enquanto que o coeficiente de variação médio entre-classes (CV_{ec}) foi de 0,65 (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores médios do Coeficiente de Variação intra-classe (CV_i) e valores do Coeficiente de Variação entre classes resultantes da média de produção de pinhas por classe diamétrica entre os anos de 2010 e 2012 para quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense

| | RGFC | Agri-TB | CR | Flona-TB | Conjunto |
|-----------|------|---------|------|----------|----------|
| CV_{ic} | 0,50 | 0,78 | 0,21 | 0,38 | 0,36 |
| CV_{ec} | 0,61 | 0,82 | 0,34 | 0,60 | 0,65 |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras – SC

A população RGFC apresentou CV_{ic} de 0,50 e CV_{ec} de 0,61. Para a população Agri-TB o CV_{ic} foi de 0,78 enquanto que o CV_{ec} foi de 0,82. A população CR apresentou CV_{ic} de 0,21 e CV_{ec} de 0,34. Para a população localizada na Flona-TB o CV_{ic} foi de 0,38 e o CV_{ec} de 0,60. Todos os valores de CV_i para as quatro populações apresentaram-se menor em relação ao CV_{ec} .

4.5.6.3 Variação temporal individual e populacional

Considerando o conjunto das populações estudadas no Planalto Catarinense o CV_T (Coeficiente de Variação entre as médias anuais do conjunto das populações = Desvio Padrão/Média) na produção média de pinhas entre os anos de 2010 e 2012 foi 0,03. A média de CV_p foi de 0,49 (N:4; Máx: 0,81 ; Mín: 0,14) e CV_i de 0,56 (N:4; Máx: 0,85; Mín: 0,37) entre as populações (Tabela 10).

Tabela 11 – Valores médios, mínimos e máximos para o Coeficiente de Variação Individual (CV_i), valores de Coeficiente de Variação Populacional (CV_p), valor do Coeficiente de Variação Total (CV_T) e valores médios de CV_i e CV_p no conjunto de quatro populações de Araucaria angustifolia no Planalto Catarinense.

| | RGFC | Agri-TB | CR | Flona-TB | Média Conjunto |
|---------------------|------|---------|------|----------|----------------|
| N | 31 | 31 | 30 | 30 | 4 |
| CV _i | 0,60 | 0,85 | 0,42 | 0,37 | 0,56 |
| CV _i máx | 1,20 | 1,30 | 0,86 | 0,90 | 0,81 |
| CV _i mín | 0,20 | 0,43 | 0,03 | 0,03 | 0,14 |
| CV _p | 0,52 | 0,81 | 0,14 | 0,46 | 0,49 |
| CV _T | - | - | - | - | 0,03 |

Obs: CV_i, CV_p e CV_T obtidos através de médias individuais de produção de pinhas por população e para o conjunto entre os anos de 2010 e 2012. Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras – SC

A população RGFC apresentou entre os anos CV_p = 0,52 e CV_i = 0,60 (N: 31; Máx: 1,20 ;Mín: 0,20). Para a população Agri-TB o CV_p foi de 0,81 e o CV_i de 0,85 (N: 31; Máx: 1,30 ;Mín: 0,43). A população CR apresentou entre os anos CV_p = 0,14 e CV_i = 0,42 (N: 30; Máx: 0,86 ;Mín: 0,03) e a Flona-TB CV_p = 0,46 e CV_i = 0,37 (N: 30; Máx: 0,90 ;Mín: 0,90).

4.5.6.4 Variação temporal individual e populacional em relação à produção média de pinhas

Considerando o conjunto das populações estudadas em Santa Catarina entre os anos de 2010 a 2012, aproximadamente 30,3% das árvores apresentaram flutuações na produção de pinhas que se distanciam significativamente em relação à média (tanto acima quanto abaixo da média) em pelo menos um dos três anos avaliados (Teste do Sinal; $T > 1,96$, $p < 0,05$). 9,8% apresentaram produção diferente da média em dois dos três anos de avaliação (Teste do Sinal; $T > 1,96$; $p < 0,05$) e 4,9% das árvores produziram diferentemente da média em todos os anos de avaliação (Teste do Sinal; $T > 1,96$; $p < 0,05$). 54,9% não

apresentaram produção significativamente dispersa da média entre os anos (Teste do Sinal; $T < 1,96$; $p > 0,05$).

Tabela 12 – Percentual de indivíduos em relação à produção anual de pinhas comparada a média de produção entre os anos, para um, dois, três anos e para o período entre 2010 e 2012 para quatro populações de *Araucaria angustifolia* e para o conjunto das populações no Planalto Catarinense

| Tempo de referência 2010 a 2012 | RGFC | Agri- TB | CR | Flona-TB | Conjunto |
|---|--------------|-------------|------|----------|----------|
| | % indivíduos | | | | |
| 1 ano | 45,2 | 51,6 | 13,3 | 9,7 | 30,3 |
| 2 anos | 16,1 | 12,9 | 3,3 | 6,5 | 9,8 |
| 3 anos | 6,4 | 12,9 | 6,7 | - | 4,9 |
| Não diferentes da média durante o período | 32,3 | 22,6 | 83,3 | 83,9 | 54,9 |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras - SC

Para a população RGFC o percentual de árvores com produção de pinhas acima ou abaixo da média individual em pelo menos um dos anos avaliados foi de 45,2% (Teste do Sinal; $T > 1,96$; $p < 0,05$). 16,1% dos indivíduos apresentaram variação em relação à média em dois dos três anos (Teste do Sinal; $T > 1,96$; $p < 0,05$) e 6,4% produziram diferentemente da média em todos os anos avaliados (Teste do Sinal; $T > 1,96$; $p < 0,05$). 32,3% das árvores não apresentaram produção significativamente dispersa da média entre os anos (Teste do Sinal; $T < 1,96$; $p > 0,05$).

Na população Agri-TB cerca de 51,6% das árvores apresentaram variação em relação a média individual em pelo menos um ano (Teste do Sinal; $T > 1,96$; $p < 0,05$). 12,9% das árvores apresentaram variação em dois anos e também 12,9% nos três anos avaliados (Teste do Sinal; $T > 1,96$; $p < 0,05$). 22,6% das árvores não apresentaram produção significativamente dispersa da média entre os anos (Teste do Sinal; $T < 1,96$; $p > 0,05$).

Para a população CR o percentual de árvores com produção acima ou abaixo da média individual em pelo menos um ano foi de

13,3% (Teste do Sinal; $T > 1,96$; $p < 0,05$) e de 3,3% para dois dos três anos de avaliação (Teste do Sinal; $T > 1,96$; $p < 0,05$). 83,3% das árvores não apresentaram produção significativamente dispersa da média entre os anos (Teste do Sinal; $T < 1,96$; $p > 0,05$). Não foram detectadas árvores com variação significativa em todos os três anos de avaliação.

Na população Flona-TB as avaliações foram realizadas entre 2011 e 2012. Em pelo menos um destes anos 10% das árvores apresentaram variação na produção de pinhas em relação à média individual (Teste do Sinal; $T > 1,96$; $p < 0,05$). 6,7% apresentaram variação nos dois anos (Teste do Sinal; $T > 1,96$; $p < 0,05$) e 83,3% não apresentaram produção significativamente diferente da média entre os anos (Teste do Sinal; $T < 1,96$; $p > 0,05$).

4.6 DISCUSSÃO

4.6.1 Método de estimativa do número de pinhas

Os resultados mostraram que o método utilizado para estimar o número de pinhas apresentou-se eficiente, permitindo inferência satisfatória na estimativa de produção de pinhão, mostrando resultados altamente correlacionados com os valores reais. Estimativas de produção de pinhão através de observações das estruturas reprodutivas com auxílio de binóculo também foram realizadas com sucesso por vários outros pesquisadores, tanto por contagem (SOLÓRZANO-FILHO, 2001; MANTOVANI et al, 2004; VIEIRA DA SILVA & REIS, 2009), quanto por proporção, quando parte da copa não podia ser observada (SOLÓRZANO-FILHO, 2001). O método de quantificação de pinhas utilizado neste trabalho procurou contemplar o uso tradicional de binóculo adicionado ao registro da localização das pinhas nos quadrantes, possibilitando um maior detalhamento da distribuição espacial das pinhas na copa sem perder confiabilidade na estimativa de produção.

4.6.2 Produção de pinhas

A produção média de pinhas por árvore no conjunto das populações apresentou valor intermediário (Tabela 6) comparado ao encontrado por outros autores. Mantovani et al. (2004) em floresta contínua de araucárias em Campos do Jordão – SP encontrou médias de 13 e 19,5 para os anos de 2001 e 2002, respectivamente. Figueiredo Filho et al. (2011) em FOM no Município de Irati-PR encontrou

produção média de estróbilos por árvore de 20,48 e Vieira da Silva & Reis (2009) encontraram na Reserva Genética Florestal de Caçador (RGFC) para o ano de 2006 uma produção média de 5,6 pinhas/árvore. Nesta mesma população (RGFC) este trabalho observou, respectivamente entre os anos de 2010 e 2011 uma média de produção de 33,2 e 36,2 pinhas/árvore, superior em mais de cinco vezes em relação à encontrada por Vieira da Silva & Reis (2009) em 2006. Nesta mesma população o ano seguinte (2012) apresentou forte redução na produção média de pinhas/árvore (Tabela 6).

Por outro lado, as populações Agri-TB e Flona-TB apresentaram significativos aumentos de produção entre os anos. Mantovani et al. (2004) em floresta contínua de araucária em Campos do Jordão-SP também verificaram variações na produção média de pinhas/árvore entre os anos, o que segundo estes autores reflete uma alternância de anos de alta e baixa produção de sementes. Esta alternância (ainda que assimétrica) é perfeitamente percebida na população RGFC, onde a produção se mantém por dois anos consecutivos e apresenta forte queda no terceiro (Tabela 6). Por outro lado, as populações Agri-TB e Flona-TB apresentaram forte ascensão em produção de pinhas entre os anos (Tabela 6). Para a população CR não foram observadas alterações importantes de produção, o que praticamente manteve a população em estágio de produção estável durante os anos de avaliação.

Estes resultados corroboram, de certa forma com a alternância de produção observada por Mantovani et al. (2004), no entanto, a alternância de produção observada por estes autores diz respeito somente a uma população. A alternância de produção encontrada em nível populacional é reflexo da variação da produção individual e esta pode apresentar anos de alta ou de baixa produção, assim como poderá apresentar estabilidade entre os anos ocasionado pela compensação de produção entre indivíduos. Considerando um conjunto de populações, esta alternância pode ser anulada pelo efeito de compensação ou balanço produtivo. Neste caso, o balanço produtivo se dá quando populações altamente produtivas naquele evento (ano) são compensadas por populações que apresentam um ano de baixa produção. Este balanço pode ser observado ainda a nível populacional, quando ocorrer sobre os indivíduos. Neste caso, indivíduos com alta produção de sementes serão compensados por indivíduos de baixa produção, para o mesmo evento e para a mesma população.

Outro fator a ser considerado ao verificar os reflexos da produção individual diz respeito à sincronia, que ocorre se a maioria destes indivíduos apresentar alta produção em um ano e baixa em outro,

não necessariamente em anos consecutivos. Neste caso podemos ter sincronia dentro de populações, mas não entre populações. Com os resultados apresentados e considerando o conjunto das populações amostradas este trabalho sugere que a *Araucaria angustifolia* apresenta um balanço produtivo. Este balanço produtivo é representado pelo equilíbrio na produção de pinhas ocorrido entre populações e também entre indivíduos dentro das populações entre os anos. O balanço produtivo ocorrido entre os anos de avaliação deu-se em função da forte queda de produção observada na população RGFC equilibrada pela ascensão na produção das populações Agri-TB e Flona-TB, enquanto que a população CR se manteve praticamente estável (Tabela 3). Há portanto, uma variação anual (entre indivíduos dentro de uma população), uma variação populacional (entre populações) e uma variação temporal (entre anos) que ocorrem simultaneamente e que ocasionam uma compensação produtiva espaço-temporal. Este comportamento permite o entendimento de que a produção de pinhas apresenta anos de alta e baixa produção nos níveis individual e populacional. Não é possível, portanto, afirmar que a *Araucaria angustifolia* (considerando um conjunto de populações) apresente sincronismo, refletindo em anos de alta e anos de baixa produção.

4.6.3 Produtividade das pinhas e constituintes

As pinhas avaliadas entre os anos apresentaram diâmetro médio (Tabela 7) semelhante ao encontrados por outros autores. Figueiredo Filho et al. (2011) em FOM no Município de Irati-PR encontraram pinhas com diâmetro médio de 15,1 cm e Vieira da Silva & Reis (2009) em Caçador-SC encontraram diâmetro médio de 14,3 cm.

A massa média da pinha fresca encontrada para o conjunto das populações (Tabela 7) superou o encontrado por Vieira da Silva & Reis (2009) em área nativa no Município de Caçador-SC (1,48 kg), no entanto, abaixo do valor apresentado por Figueiredo Filho (2011) em FOM no Município de Irati-PR (1,850 Kg). Resultado semelhante ocorreu para as populações RGFC e Flona-TB (Tabela 7). A população Agri-TB apresentou valor semelhante (Tabela 7) ao encontrado por Vieira da Silva & Reis (2009), porém menor, inclusive quando comparado às demais populações deste trabalho. A população CR foi a que mais se aproximou ao encontrado por Figueiredo Filho et al. (2011), com 1,983 kg/pinha ($\pm 0,118$ IC). Para esta variável não foram observadas diferenças significativas entre os anos nas populações estudadas.

A massa média de pinhões por pinha para o conjunto das populações (Tabela 7) foi superior ao observado por outros autores. Vieira da Silva (2006) em floresta com araucárias no Município de Caçador-SC encontrou massa média de 0,418 kg e Figueiredo Filho et al. (2011) em FOM no Município de Irati-PR encontraram 0,556 kg. O percentual médio de pinhões férteis em relação ao peso médio da pinha (Tabela 7) foi semelhante ao encontrado por Mantovani et al. (2004) em floresta contínua de araucária em Campos do Jordão – SP (41,8%) e maior em relação ao encontrado por Figueiredo Filho et al. (2011) em floresta nativa no Município de Irati-PR (28,9%) e Vieira da Silva & Reis (2010) em floresta nativa no Município de Caçador-SC (28,3%). O maior percentual encontrado neste trabalho foi para a população CR, com cerca de 42,2% de massa de pinhões férteis em relação à massa fresca da pinha. A população CR também apresentou a maior massa média unitária de pinhões férteis ($7,9 \text{ g} \pm 0,4 \text{ IC}$), semelhante ao encontrado por Figueiredo Filho et al. (2011) em FOM no município de Irati-PR, que foi de 7,57g. A massa média unitária dos pinhões férteis encontrada para o conjunto das populações ($6,8 \text{ g} \pm 0,2 \text{ IC}$) não apresentou diferença em relação ao encontrado por Mantovani et al. (2004) em floresta contínua no Município de Campos do Jordão – SP (6,58 e 7,0g) e por Vieira da Silva & Reis (2009) em floresta nativa no município de Caçador –SC (7,0 g).

O número médio de pinhões férteis por pinha para o conjunto das populações (Tabela 7) foi semelhante ao encontrado por Mantovani et al. (2004) em 2001 (93,9). Acima da média do conjunto estiveram as populações Flona-TB (89,7), RGFC (93,4) e CR (105,6). Abaixo destes valores esteve somente o encontrado para a população Agri-TB (69,4), semelhante ao encontrado por Vieira da Silva & Reis (2010) em floresta nativa no município de Caçador-SC (69,1 em 2004 e 75,5 em 2005).

As falhas representaram, tanto para o conjunto quanto para cada população o maior percentual entre os constituintes da pinha (54,8%), assim como o encontrado por outros autores (MANTOVANI et al. 2004; VIEIRA DA SILVA & REIS, 2010 e FIGUEIREDO FILHO et al. 2011). Para o conjunto das populações o menor percentual dentre os constituintes da pinha foi representado pela massa média de pinhões chochos, seguido da massa média do eixo central. Resultado semelhante, porém em diferentes proporções foi observado por Mantovani et al. (2004) em floresta contínua no Município de Campos do Jordão-SP, com 1,6% do peso da pinha representado por pinhões chochos e 7,5% pelo eixo central da pinha.

4.6.4 Produtividade de pinhão

A produtividade por hectare estimada para o conjunto das populações (Tabela 8) foi superior a encontrada por Vieira da Silva & Reis (2009) em 2006 (44,3 kg/ha) e Mantovani et al. (2004) em 2001 e semelhante ao encontrado por estes autores em 2002 (117 e 160kg/ha, respectivamente).

As menores produtividades foram observadas nas populações CR e Agri-TB (Tabela 8) e produziram menos da metade do conjunto das populações, enquanto que as maiores foram observadas na Flona-TB e na RGFC. Tamanhas diferenças de produtividade se devem principalmente em função do número de indivíduos femininos por hectare e grau de evolução das florestas (FIGUEIREDO FILHO et al. 2011).

Economicamente, as florestas situadas em áreas particulares, representadas pelas populações Agri-TB e CR renderiam (ao preço médio de R\$ 1,56 pago pelos mercados regionais pelo kg de pinhão) o equivalente a R\$ 110,86 e R\$116,78/ha.ano⁻¹, provenientes da comercialização do pinhão. Embora o pinhão seja, para a região de Três Barras menos atrativo economicamente em relação à erva-mate (ZECHINI et al. no prelo) este recurso representa no estado de Santa Catarina uma importante fonte de renda para muitas famílias rurais.

4.6.5 Variação temporal na produção de pinhas

Os resultados obtidos neste trabalho revelam a existência de uma variação anual na produção de pinhas em nível individual em função do diâmetro, no entanto, sugerem que *Araucaria angustifolia* apresenta clara tendência de aumento da produção de pinhas à medida que aumenta o DAP. Esta tendência deve-se à alta correlação entre a média de produção de pinhas por classe diamétrica entre os anos com a média dos diâmetros da classe, observado tanto para o conjunto das populações quanto para cada uma das populações separadamente. Todas as populações, assim como o conjunto delas apresentaram menor CV_{ic} (Coeficiente de Variação intraclasse) em relação ao CV_{ec} (Coeficiente de Variação entre classes), indicando que a variação na produção média de pinhas é menor dentro de classes do que entre as classes. Estes resultados reforçam a tendência observada por Mantovani et al. (2004) e Figueiredo Filho et al. (2011) e confirmam a segunda hipótese testada. O aumento de produção em função da classe diamétrica como um comportamento da espécie pode ser melhor avaliado se realizada uma

amostragem específica para este fim, com um número maior de indivíduos por classe diamétrica, assim como um número maior de classes. No entanto, os resultados observados neste estudo chamam atenção para esta tendência, que se comprovada como um comportamento comum à espécie poderá ser utilizada como um indicativo de produtividade média de populações. Este indicativo responderá, por exemplo, quanto uma propriedade produz de pinhão em média por ano, em função da distribuição de classes diamétricas obtidas através de uma amostragem na propriedade. Com este indicativo será possível um maior aprofundamento das informações de produtividade para um conjunto maior de populações, ou de propriedades rurais, assim como um melhor entendimento das variações a nível individual e populacional.

Em nível individual e populacional a *Araucaria angustifolia* apresenta variações na produção anual de sementes que se diferenciam significativamente em relação à média, podendo a nível individual ocorrer anos com ausência de produção, após anos de produção acima da média populacional.

Verificou-se que 50% das populações e 30,3% dos indivíduos do conjunto das populações apresentaram variação na produção de sementes significativamente distantes em relação à média em pelo menos um dos anos. Estes resultados nos permitem rejeitar a hipótese apresentada por Souza et al. (2010) e considerar que, a nível de indivíduo e de população, a *Araucaria angustifolia* apresenta variações significativamente distantes de um valor médio. Estes resultados apontam para um comportamento em que as árvores individuais têm sua própria dinâmica de produção, e que mesmo com alguns indivíduos apresentando produção de sementes diferenciada do valor médio as populações não apresentam muita sincronia. Ainda que dentro de espécies, grandes oscilações de produção de sementes entre anos de alta e baixa produção sejam significativamente mais frequentes do que pequenas flutuações em torno de um valor médio (HERRERA et al. 1998) o mesmo não pode ser observado para *Araucaria angustifolia* quando considerado o conjunto das populações.

Para o conjunto de populações deste estudo a *Araucaria angustifolia* apresenta baixas flutuações na produção de sementes que não são significativamente diferentes de um valor médio (CV_T : 0,03 e t-teste; $p > 0,05$). Esta baixa variação ocorre quando considerados todos os indivíduos como pertencentes a uma única população. Neste caso, o que se observa é que a elevada produção apresentada por um grupo de árvores individuais foi compensada pela baixa produção de outras,

resultando num balanço produtivo espaço-temporal. Ao que parece, cada população apresenta seu próprio padrão local de produção de pinhas, não havendo sincronia a nível de conjunto.

O que se observou no conjunto das populações é que boa parte dos indivíduos apresentou baixas flutuações na produção e que estas não se diferenciam da produção média, no entanto, uma parte menor e não desprezível apresentou flutuações significativas. Em *Araucaria araucana*, Sanguinetti & Kitzberger (2008) verificaram que a maior parte da variação temporal da produção de pinhas resultou de um grande número de árvores igualmente síncronas e flutuantes em vez de poucas árvores com grandes flutuações. A *Araucaria araucana*, segundo Sanguinetti & Kitzberger (2008) apresenta uma flutuação anual moderada na produção de pinhas por árvore, no entanto é altamente sincronizada entre árvores da mesma população e entre populações a uma escala regional.

Estes autores verificaram ainda que, para *Araucaria araucana* ocorre uma variabilidade anual em produção de sementes que flutua aleatoriamente em torno de um valor médio em vez de ter anos de produção distintamente altos e baixos, mas que condicionam a espécie à ocorrência de "Normal Masting Switching". Nesta condição a produção de sementes pode até apresentar alta variação, no entanto não apresenta anos de alta e baixa (KELLY, 1994). A *Araucaria araucana* apresenta uma produção intermitente, moderadamente flutuante e sincronizada regionalmente (SANGUINETTI & KITZBERGER, 2008) e comparada à *Araucaria angustifolia* as diferenças parecem pequenas, no entanto muito importantes. Para a espécie alvo deste estudo não foi possível observar sincronismo a nível regional, o que segundo Buonaccorsi et al (2003) é um importante fator a ser considerado, pois espécies com baixa sincronia não se qualificam como espécies masting. O fato da *Araucaria angustifolia* não ter apresentado sincronismo no conjunto das populações estudadas neste trabalho e sim um balanço produtivo espaço-temporal pode ser decorrente das diferenças encontradas entre as populações (Capítulo I). A densidade de plantas, condições de microsítio e tamanho das árvores (ALLISON, 1990; HERRERA, 1991; HEALY et al. 1999) são fatores que podem afetar a produção de sementes.

Diferenças morfométricas são fortemente evidentes entre as populações reprodutivas em Santa Catarina (Capítulo I). É consideravelmente aceitável que árvores dominantes e de copas largas produzam mais sementes, mas deve-se considerar a variação da capacidade individual intraespecífica, pois mesmo em bons anos de

produção nem todas as árvores produzem bem (MATTHEWS, 1955). Associado a estes fatores, características relacionadas ao histórico de exploração e ao estado de conservação da espécie são importantes diferenciais entre as populações reprodutivas em Santa Catarina (Capítulo I). Isso explica, de certa forma parte da variação anual na produção de sementes a nível de indivíduo e de população.

Outro fator a ser considerado é o fato da araucária ser polinizada pelo vento, pois espécies polinizadas pelo vento podem mostrar maior variabilidade interanual na produção de sementes a nível de população (HERRERA et al. 1998; KELLY & SORK, 2002). A *Araucaria angustifolia* neste caso, considerando o conjunto das populações, apresentou variação média populacional considerada moderada (CV_p : 0,49), semelhante ao observado por Souza et al. (2010), que foi de 0,52. Esta variação é ligeiramente maior em relação ao CV do volume de pinhão comercializado pela Central de Abastecimento de Santa Catarina (CEASA) nos últimos cinco anos. Segundo a CEASA (2012), com base nos dados de comercialização de pinhão dos últimos 5 anos (2007 a 2011) o Coeficiente de Variação do volume de pinhão comercializado é de 0,36. A CEASA recebe produtos agrícolas e provenientes do extrativismo de várias partes do estado, com isso, este resultado reflete uma variação de volume de pinhão comercializado proveniente de um conjunto de populações, e também pode ser considerada uma variação moderada.

Moderados níveis de variação não requerem alta sincronia (KOENIG et al. 2003) e isso parece estar bastante evidente para a espécie, quando observado o conjunto das populações.

Foram observadas flutuações que sugerem algum grau de sincronismo que resultam em bimodalidade (anos de alta e baixa produção), mas somente a nível individual e populacional, ao considerar o conjunto das populações o que se observa é que a espécie não apresenta sincronismo na produção de sementes.

Produção de sementes sincrônica e altamente variável por uma população de plantas entre os anos são os pressupostos básicos do conceito de *masting* (KELLY, 1994). Assim sendo sugere-se neste trabalho que a *Araucaria angustifolia* não enquadra-se neste conceito devido à não sincronia de produção, ocasionada pela dinâmica de produção existente em cada população, o que parece estabelecer um balanço produtivo espaço-temporal refletido no conjunto das populações entre os anos.

4.7 CONCLUSÕES

Deve-se considerar neste capítulo que as abordagens realizadas são de caráter inédito para a espécie, e como tal necessitam claramente de maiores aprofundamentos. Estes aprofundamentos devem levar em conta em estudos futuros fatores como o sincronismo em níveis individual e populacional. Estes serão melhor interpretados se avaliados por períodos maiores de três anos. Apesar desta deficiência, os resultados obtidos neste capítulo nos permitem considerar ainda que:

- A *Araucaria angustifolia* apresenta clara tendência de produção média de pinhas entre os anos altamente relacionada à classe diamétrica.
- Existe uma variação na produção de sementes em relação à média em níveis individual e populacional, mas o mesmo não ocorre para um conjunto de populações. Estas variações são consideradas moderadas, o que leva a uma não sincronia de produção numa escala regional.
- É possível considerar que a produção de pinhão se diferencie entre locais e entre anos, no entanto, não é possível afirmar que a espécie apresente, em níveis regionais, anos de maior ou menor produção acima de um nível considerado moderado.

5 CAPÍTULO III. PADRÕES DA OFERTA DE PINHÕES E DISPONIBILIDADE DE PÓLEN EM POPULAÇÕES DE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze NO PLANALTO CATARINENSE

RESUMO

O pinhão apresenta aspectos fundamentais para a Região Sul do Brasil, pois está intimamente ligado à sobrevivência de várias famílias de baixa renda em épocas de outono e inverno e com isso revela-se um importante recurso de valor econômico, social e cultural para as comunidades coletoras. A coleta e manejo do pinhão tem sido uma importante possibilidade de ampliação de renda e sua exploração obedece a Portaria Normativa DC-20 de 27/09/76. No Estado de Santa Catarina a colheita de pinhões teve seu período ampliado por uma Lei Estadual (LEI Nº 15.457, de 17 de janeiro de 2011) que antecipa a colheita para o dia 1º de Abril. Contudo, sem as justificativas técnicas ou ecológicas para a alteração desta data este procedimento pode alterar profundamente os padrões de regeneração da espécie, principalmente das variedades que ofertam pinhões precocemente. Diante destas dificuldades, fica claro a necessidade de entender os padrões de oferta e disponibilidade de pinhões ocorrentes no Estado de Santa Catarina. Para isso são necessários acompanhamentos que permitam revelar o comportamento da fenologia reprodutiva da araucária buscando responder como se distribui a oferta de pinhões entre as populações durante o ano, entre anos e entre locais. Foram observadas 120 árvores distribuídas em quatro locais no Planalto Catarinense. Para responder esta questão foi utilizado a estatística circular. Os resultados encontrados nas condições deste estudo revelaram para *Araucaria angustifolia* em relação à oferta de pinhões uma distribuição com alto grau de sazonalidade, concentrada em torno de um período (entre maio e junho) e diferenciado entre populações e entre os anos. Observou-se ainda que as variedades que ofertam pinhão precocemente, assim como as variedades mais tardias ocorrem em baixa frequência. Além de ocorrer em baixa frequência a variedade precoce apresenta baixa quantidade de pinhas maduras disponíveis até as datas estipuladas pelas legislações, o que acarreta em forte pressão sobre a regeneração das sementes desta variedade. O período de desenvolvimento do estróbilo masculino foi de 8 meses e meio, da visualização até o amadurecimento e liberação do pólen. A liberação do pólen ocorreu entre o fim de setembro e primeira quinzena de outubro. A emissão de androstróbilos apresentou diferenças significativas de intensidades entre plantas,

populações e entre anos, no entanto, uma quantidade significativa de indivíduos é capaz de repetir a mesma intensidade de emissão entre os anos. As variedades que apresentam maturação precoce e tardia ocorrem em baixa frequência e por isso merecem maior atenção em relação à coleta. Além de ocorrer em baixa frequência, a variedade precoce apresenta baixa quantidade de pinhas maduras disponíveis até as datas estipuladas pelas legislações, o que acarreta em forte pressão sobre a regeneração das sementes desta variedade.

Palavras chave: araucaria, pinheiro brasileiro, fenologia reprodutiva, oferta de pinhão, legislação, coleta de pinhão

ABSTRACT

The *Araucaria angustifolia* seed, called *pinhão*, is fundamental to southern Brazil. The *pinhão* is closely linked to the survival of many low-income families during the fall and winter, and it is an important resource with economic, social and cultural values for the communities who collect the seed. The collection and management of the *pinhão* has been an important opportunity to increase income and its collection obeys Normative DC-20 of 27/09/76. In the state of Santa Catarina the *pinhão* harvest had its period extended by a state law (Law No. 15457 of 17 January 2011) that anticipates the first harvest for the 1st of April. Without technical or ecological justification for the change of date this procedure may profoundly alter the patterns of regeneration of the species, especially the varieties that offer early *pinhões*. Given these difficulties, the need to understand the patterns of supply and availability of *pinhões* occurring in the state of Santa Catarina is necessary. In order to reveal the reproductive phenology of the *Araucaria* it is necessary to answer how is the distribution of *pinhões* offer among populations throughout the year, between years and between locations. Were observed 120 trees distributed at four locations Santa Catarina Plateau. To answer this question we used circular statistics. The results of this study revealed that *Araucaria angustifolia* supplies *pinhões* with a high degree of seasonality, concentrated around a specific period (between May and June), which differentiated between populations and between years. The varieties that offer *pinhão* early, as well as the later varieties occur at low frequency. Besides occur at low frequency, the early variety has a low amount of mature pine cones available until the dates stipulated by the law, resulting in strong pressure on the regeneration of seeds of this variety. The period of the male strobilus development was 8 and half months, beginning with the visualization to the ripening and release of the pollen. The release of pollen occurred between the end of September and first half of October. The androstrobilus emission demonstrated significant differences in intensities between plant, populations and years, however, a significant number of individuals were able to repeat the same emission intensity among years. The varieties that have early and late maturation occur at low frequency and therefore deserve more attention regarding collection. Besides occur at low frequency, the early variety has a low amount of mature pine cones available until the dates stipulated by the law, resulting in strong pressure on the regeneration of seeds of this variety

Keywords: Araucaria, brasilian pine, reproductive phenology, seed offer, Legislation, brasilian pine nut collection.

5.1 INTRODUÇÃO

O pinhão apresenta aspectos fundamentais para a Região Sul do Brasil, pois está intimamente ligado à sobrevivência de várias famílias de baixa renda em épocas de outono e inverno (BALBINOT et al, 2008) e com isso revela-se um importante recurso (além de econômico) de valor social e cultural para as comunidades coletoras (VIEIRA-DASILVA & REIS, 2009). A coleta e o manejo de um Produto Florestal Não-Madeireiro, se conduzido de maneira racional, além de tornar as florestas rentáveis mantém sua estrutura e biodiversidade (MACHADO, 2008).

A coleta e manejo do pinhão tem sido uma importante possibilidade de ampliação de renda em muitas comunidades no Estado de Santa Catarina, no entanto pouco se sabe sobre práticas que promovam uma exploração sustentável deste recurso.

A exploração de pinhões obedece a Portaria Normativa DC-20 de 27/09/76, do já extinto IBDF, em seus artigos 2º e 3º, que proíbe a colheita de pinhões por derrubada de pinhas imaturas e fixa a data de 15 de abril para o início da colheita, transporte e comercialização de pinhões, quer para uso em sementeiras, quer para uso como alimento. Desde a edição desta Portaria até o presente, poucos estudos têm abordado a disponibilidade de pinhões como alimento ao homem, à fauna, e ainda como reserva para própria regeneração da espécie.

Neste contexto, no Estado de Santa Catarina a ampliação da demanda e valorização do pinhão, gerou articulações no sentido de ampliar o período de coleta, o que levou a aprovação de uma Lei Estadual (LEI Nº 15.457, de 17 de janeiro de 2011) que antecipa a colheita de pinhões para o dia 1º de Abril. Sem justificativas técnicas ou ecológicas para a alteração desta data este procedimento pode alterar profundamente os padrões de regeneração da espécie, principalmente das variedades que ofertam pinhões precocemente. Diante destas dificuldades, fica claro a necessidade de entender os padrões de oferta e disponibilidade de pinhões ocorrentes no Estado de Santa Catarina. Para isso são necessários acompanhamentos que permitam revelar o comportamento da fenologia reprodutiva da araucária.

A Fenologia, como o estudo das fases ou atividades do ciclo de vida das plantas e sua ocorrência temporal ao longo do ano contribui o para o entendimento dos padrões reprodutivos e vegetativos das plantas e dos animais que delas dependem (MORELLATO, 1995). A fenologia é um aspecto importante da biologia populacional, pois influencia

muitos fatores de cada espécie como polinização e dispersão (NEWSTROM et al., 1994).

Os padrões fenológicos podem variar dentro de uma espécie, entre os ecossistemas (NEWSTROM et al., 1994), entre populações, entre indivíduos e entre anos (STEPHENSON, 1981). Acompanhar estes padrões, levando em conta o comportamento reprodutivo da espécie em diferentes remanescentes permitirá estimar a quantidade, qualidade e período de oferta de sementes, informações necessárias para tomada de decisões em relação ao manejo e utilização adequada deste recurso (MANTOVANI et al., 2004).

Neste contexto, este capítulo busca avaliar os padrões da oferta de pinhões e disponibilidade de pólen entre populações, entre indivíduos e entre anos em populações de *A. angustifolia* no Planalto Catarinense. As questões a serem respondidas são: i) Como se distribui a oferta de pinhões entre as populações durante o ano, entre anos e entre locais?; ii) Como se distribui a oferta de pinhões em relação à legislação de coleta e quanto essa oferta representa?; iii) Como se caracteriza a emissão de estróbilos masculinos entre populações e entre anos? iv) Quando ocorre a liberação de pólen?

5.2 HIPÓTESES

Segundo Reitz & Klein (1966) em observações sobre a fenologia da *Araucaria angustifolia* no estado de Santa Catarina o amadurecimento das pinhas ocorre de fevereiro a dezembro, conforme diversas variedades, mas normalmente em abril e maio. Assim, é possível relacionar o amadurecimento das pinhas e oferta de pinhões a uma distribuição que abrange até 11 meses do ano, no entanto, a oferta de pinhões pode estar mais fortemente concentrada em alguns meses do ano, o que prediz algum grau de sazonalidade. Reitz & Klein (1966) descreveram ainda nove variedades para *Araucaria angustifolia*: 1) *elegans*; 2) *sancti josephi*; 3) *angustifolia*; 4) *caiova*; 5) *indehiscens*; 6) *nigra*; 7) *striata*; 8) *semi-alba* e 9) *alba*. As variedades descritas baseiam-se na época de amadurecimento dos pinhões e nas variações da cor da semente. Com base nessas informações foram testadas as seguintes hipóteses:

- 1) A primeira hipótese é de que existe algum grau de sazonalidade, marcado pelo amadurecimento das pinhas;
- 2) A segunda hipótese é de que devido à ocorrência de diversas variedades existem diferenças de amadurecimento e oferta de

pinhões que podem variar entre anos para uma população e entre populações para o mesmo ano;

- 3) A terceira hipótese é de que a intensidade de emissão de estróbilos masculinos varia entre plantas, e por consequência entre populações, no entanto apresenta tendência de repetição de intensidade entre os anos. Esta hipótese baseia-se na observação realizada por Mantovani et al (2004) em uma floresta contínua no município de Campos do Jordão – SP. Segundo estes autores a emissão de estróbilos masculinos varia entre plantas, mas apresenta tendência de repetição da intensidade para os mesmos indivíduos entre anos.

5.3 OBJETIVOS

5.3.1 Objetivo geral

Avaliar a distribuição da oferta de pinhões e sua relação com a legislação vigente e a intensidade de emissão de estróbilos masculinos em populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense.

5.3.2 Objetivos específicos

- Descrever e comparar a distribuição da oferta de pinhões entre populações e entre anos;
- Quantificar o grau de sazonalidade da oferta de pinhões para as populações;
- Descrever e comparar a intensidade de emissão de androstróbilos entre as populações e entre os anos.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O acompanhamento fenológico foi realizado entre fevereiro de 2010 e agosto de 2012 nas populações RGFC, Agri-TB, CR e Flona-TB (descritas no CAP. I). Com auxílio de binóculo foram monitorados mensalmente 30 indivíduos femininos e 30 masculinos em cada população. No mês de Abril o monitoramento ocorreu quinzenalmente para que fosse possível detectar a quantidade de pinhões ofertada em relação às datas propostas nas legislações de coleta (1º e 15 de Abril). No mês de Outubro também foram realizadas observações quinzenais para um melhor detalhamento da disponibilidade de pólen nos

indivíduos masculinos. Para os indivíduos femininos o monitoramento iniciou entre o estágio de pós polinização e pré-maturação das pinhas (Capítulo II) até a maturação completa (quando encontradas falhas ou pinhões no chão sob a copa ou pedaços de pinha debulhando, ainda presas ao galho). Para os indivíduos masculinos o monitoramento iniciou a partir da visualização do estróbilo com auxílio de binóculo (em coloração verde e em estágio inicial de desenvolvimento até a sua queda (em coloração castanha). Em cada observação as estruturas reprodutivas femininas de cada indivíduo foram quantificadas e registradas quanto a sua posição na copa conforme metodologia descrita no Capítulo II.

Para os indivíduos masculinos os androstróbilos foram avaliados quanto à presença e ausência e coloração, sendo: verde (estróbilo visível e imaturo), amarelo (estróbilo maduro em fase de liberação de pólen) e castanho (estróbilo em fase de queda).

A intensidade de emissão de androstróbilos (estruturas reprodutivas masculinas) foi avaliada durante o mês de setembro de cada ano, com as estruturas ainda em desenvolvimento e em coloração verde. Utilizou-se para avaliação uma escala de 0 a 4, proposta por Fournier (1974), na qual a intensidade da fenofase é calculada em porcentagem de Fournier através da seguinte fórmula:

$$\% \text{ de Fournier} = \frac{\sum \text{Fournier}}{4 \cdot N}$$

Onde, % Fournier é a somatória das categorias de Fournier dos indivíduos dividido pelo máximo de Fournier que pode ser alcançado por todos os indivíduos (N) na amostra (Fournier 1974). Para avaliar a emissão de estróbilos masculinos em *Araucaria angustifolia* elaborou-se uma escala de acordo com a figura a seguir:

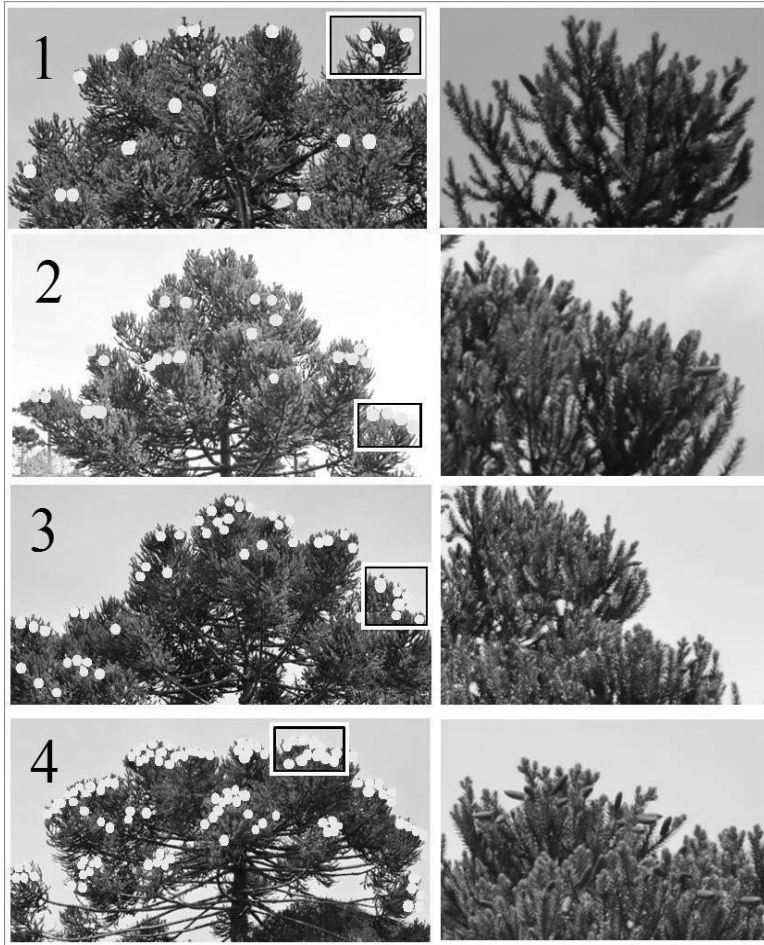


Figura 18 - Escala de Fournier adaptada para *Araucaria angustifolia* (Masculinos): 1- Poucos estróbilos distribuídos aleatoriamente em poucos ramos; 2- Poucos estróbilos distribuídos aleatoriamente em muitos ramos; 3- Muitos estróbilos distribuídos aleatoriamente em poucos ramos; 4- Muitos estróbilos distribuídos aleatoriamente em muitos ramos.

Para contabilizar o percentual de pinhas encontradas maduras até as datas de 1º de Abril (Lei Estadual Nº 15.457 de 17/01/11) e 15 de Abril (estipulada pela Portaria Nº 20 de 27/09/76 do IBDF) entre os anos de 2010 e 2011 foi realizada a contagem de pinhas de 30 matrizes

por população, de acordo com a metodologia descrita no capítulo II. O percentual de pinhas maduras foi contabilizado em relação ao total de pinhas produzidas, tanto para o conjunto das populações quanto para cada população.

5.4.1 Análise dos dados

Para análise dos dados referentes à oferta de pinhões foram elaborados histogramas circulares com a distribuição de frequência de matrizes em cada mês de oferta entre 2010 e 2011. Os meses foram convertidos em ângulos de 0 a 330°, separados por intervalos de 30°, considerando 1° de janeiro como ângulo 0°. Os 365 dias do ano foram representados por 360°, aproximadamente (MORELLATO et al., 2000; PIRANI et al., 2009; ZAR, 2010).

Para cada população e para cada ano foram calculadas as datas médias (ângulo médio) de oferta de pinhões, a concentração de oferta em relação à data média (r) e testada a significância do ângulo pelo teste de Rayleigh (z) para distribuição circular (ZAR, 2010). O comprimento do vetor relaciona-se com o valor de r (coeficiente de concentração), que varia de 0 a 1, e a linha segue o ângulo médio (data média) da distribuição de frequências (MORELLATO et al., 2010; PIRANI et al., 2009). Quando o ângulo médio é significativo reflete alguma sazonalidade e intensidade de concentração de frequências em torno do ângulo médio, indicado por “ r ”, como uma medida do grau de sazonalidade (MORELLATO et al., 2000). A data pico de atividade foi determinada pelo mês com maior número de indivíduos em atividade fenológica (oferta de pinhões). Os ângulos médios significativos foram convertidos em data média para o evento fenológico e quando significativos foram comparados os padrões fenológicos entre as populações (MORELLATO et al., 2000).

Para estas análises utilizou-se a estatística circular disponível no pacote Oriana 4.01 (KOVACH, 2004). Para comparar os padrões de oferta de pinhão entre as populações e entre anos utilizou-se o teste de Watson-Williams (F) disponível no software BioEstat 5.0. Para comparar as intensidades de emissão de estróbilos masculinos entre os anos foi utilizado o teste de Wilcoxon (SIEGEL, 1975).

5.5 RESULTADOS

5.5.1 Sazonalidade da oferta de pinhões

Foram amostrados 120 indivíduos femininos de *Araucaria angustifolia* entre os anos de 2010 e 2012 nas populações RGFC, Agri-TB, CR e Flona-TB. Para a população Flona-TB os resultados apresentados são referentes ao ano de 2011. Para cada população foram amostrados 30 indivíduos femininos e todos emitiram estróbilos durante os anos de observação.

O período de oferta de pinhões foi caracterizado pela amplitude da distribuição de frequências de árvores matrizes que apresentavam pinhões maduros. Considerou-se maduros os pinhões observados no solo, sob a projeção da copa e quando observadas pinhas em fase de debulha, autocoria (MATTOS, 2011). Este período, em 2010 teve início em março e foi até setembro, para o conjunto das populações. Em 2011 o início de oferta ocorreu em março e foi até maio de 2012, sobrepondo o início da oferta da safra seguinte. A menor amplitude de oferta entre as populações foi de quatro meses (março a junho na população Agri-TB, ano 2010) e a maior de quatorze meses (abril a maio do ano seguinte, população CR, ano 2011/2012). Entre árvores a menor amplitude de oferta foi de 15 dias (segunda quinzena de março: populações Agri-TB e CR em 2010; Agri-TB e Flona-TB em 2011 e primeira quinzena de abril: população CR em 2011) e a maior de 10 meses (entre agosto e maio do ano seguinte, população CR, ano 2011/2012). A data média de oferta de pinhões para o conjunto das populações entre os anos foi 19 de maio, coincidindo com o mês em que ocorreu o pico de oferta. Todas as datas médias encontradas foram significativas (teste Rayleigh (z), $p < 0,001$) e todos os coeficientes de sazonalidade (r) foram altos, indicando forte sazonalidade na oferta de pinhões para as populações (Tabela 13). Além disso, houve diferença significativa na distribuição e data média de oferta de pinhões para o conjunto das populações (Watson-Williams $F: 19,36$; $p < 0,001$) entre populações e entre os anos.

Tabela 13 - Valores encontrados para a oferta de pinhões apresentados nas distribuições circulares, representados pelo Ângulo médio, Data média, concentração do evento em torno da média (r), teste de Rayleigh (z) e Intervalo de Confiança para a média (IC a 95%) para as populações Reserva Genética Florestal Caçador (RGFC), agricultores familiares do município de Três Barras (Agri-TB), campos da Coxilha Rica (CR), Floresta Nacional de Três Barras (Flona-TB) e para o conjunto das populações entre os anos de 2010 e 2011.

| | Conjunto das populações 2010-2011 | 2010 | | | 2011 | | | |
|----------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | RGFC | Agri-TB | CR | RGFC | Agri-TB | CR | Flona-TB |
| Ângulo médio | 140,641 | 135,473° | 111,501° | 125,601° | 148,033° | 144,700° | 121,076° | 139,047° |
| Data média/ano | 19/5 | 22/5 | 26/4 | 12/05 | 02/06 | 06/06 | 13/05 | 25/05 |
| r | 0,816 | 0,866 | 0,930 | 0,872 | 0,872 | 0,661 | 0,714 | 0,860 |
| z | 115,514 | 44,198 | 38,059 | 37,301 | 56,231 | 25,785 | 24,489 | 47,347 |
| p | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| IC 95% (-/+) | 01/05 | 14/05 | 20/4 | 04/5 | 27/05 | 23/05 | 30/04 | 18/05 |
| | 09/06 | 30/05 | 03/5 | 26/05 | 09/06 | 19/06 | 25/05 | 02/06 |

Para a população RGFC o período de oferta de pinhões teve início no mês de abril, tanto em 2010 como em 2011 e foi até setembro em 2010 e até agosto em 2011, respectivamente (Figura 19). Entre árvores a menor amplitude de oferta foi de um mês e a maior de 4 meses. A data média de oferta de pinhões para a população RGFC entre os anos foi 28 de maio e também coincidiu com o mês em que ocorreu o pico de oferta, no entanto, houve diferença significativa entre as datas médias de oferta, com diferença de 15 dias entre os anos (Watson-Williams F: 4,38; $p = 0,035$) e o coeficiente de sazonalidade médio entre os anos (r) foi 0,864.

Para a população Agri-TB o período de oferta dos pinhões teve início no mês de março e foi até junho em 2010 e até dezembro em 2011 (Figura 19). Entre árvores a menor amplitude de oferta foi de 15 dias (segunda quinzena de março) e a maior de 5 meses (entre março e julho de 2011). A data média de oferta de pinhões para a população Agri-TB entre os anos foi 13 de maio. Os picos de oferta foram em abril para 2010 e maio para 2011. A oferta de pinhões apresentou diferença significativa entre os anos (Watson-Williams F: 23,27 ; $p < 0,0001$) com diferença de 40 dias de 2010 (26/4) para 2011 (06/06) e o coeficiente de sazonalidade médio entre os anos (r) foi 0,749.

O período de oferta de pinhões para a população CR (Figura 19) em 2010 teve início em março e foi até setembro. Em 2011 a desfalha (dispersão autocórica dos pinhões) iniciou em abril e encerrou somente no mês de maio do ano seguinte, apresentando uma oferta supra-anual de pinhões. Entre árvores a menor amplitude de oferta foi de 15 dias (primeira quinzena de abril) e a maior de 10 meses (entre agosto de 2011 a maio de 2012). A data média de oferta de pinhões para a população CR entre os anos foi 13 de maio. Os picos de oferta ocorreram no mês de maio e apesar da diferença de amplitude a oferta de pinhões não apresentou diferença significativa entre os anos (Watson-Williams F: 0,002 ; $p = 0,963$) e o coeficiente de sazonalidade médio entre os anos (r) foi 0,793.

Para a população Flona-TB o período de oferta dos pinhões teve início no mês de março e foi até agosto de 2011 (Figura 19). Entre árvores a menor amplitude de oferta foi de 15 dias (segunda quinzena de março) e a maior de 5 meses (entre abril e agosto de 2011). A data média de oferta de pinhões para a população Flona-TB foi 18 de maio e coincidiu com o mês de pico de oferta. A data média de oferta foi significativa e o coeficiente de sazonalidade para 2011 (r) foi 0,860.

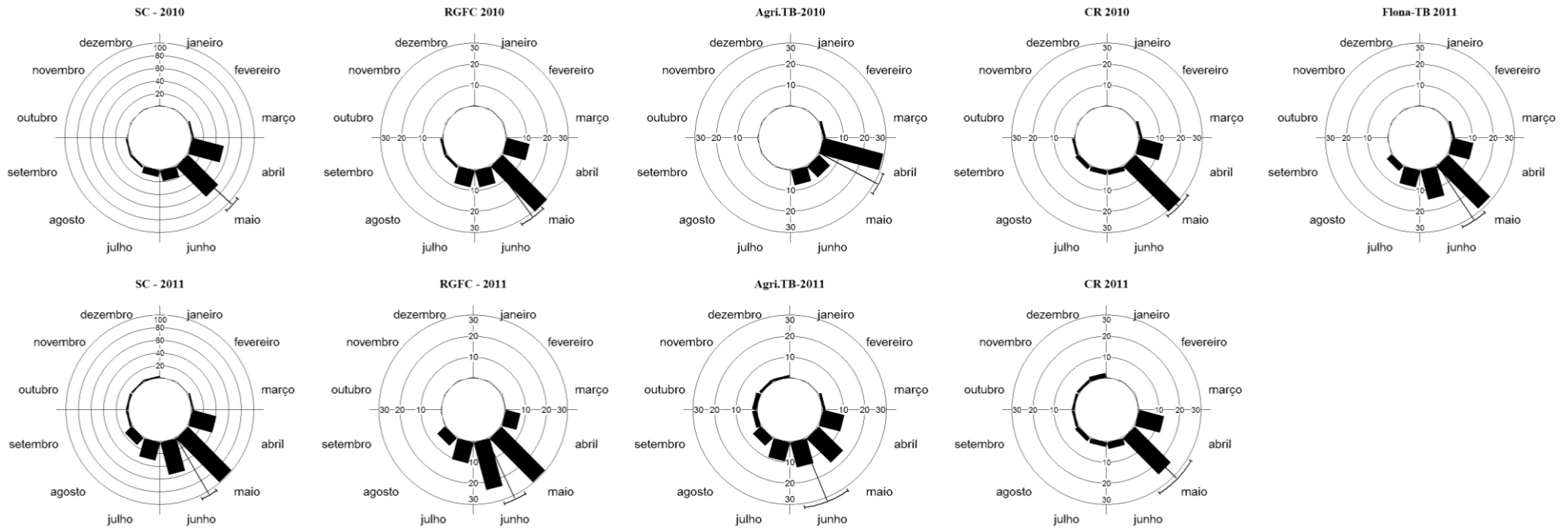


Figura 19- Distribuição de frequências de árvores matrizes em atividade de oferta de pinhão para três populações e para o conjunto delas entre 2010 e 2011 e para a Flona-TB em 2011. No gráfico circular é apresentado a frequência de matrizes em relação ao mês de oferta, a data média de oferta (dada pela linha que ultrapassa o círculo e que representa o ângulo médio significativo) e intervalo de confiança para a data.

5.5.2 Distribuição da oferta de pinhões entre populações

Para o ano de 2010 as diferenças significativas da oferta de pinhões ocorreram entre as populações RGFC e Agri-TB (Watson-Williams F: 19,84 ; p = 0,0001) e entre Agri-TB e CR (Watson-Williams F: 7,69 ; p = 0,007). Neste ano, entre as populações RGFC e CR não houve diferença significativa na oferta de pinhões.

Para o ano de 2011 a oferta de pinhões foi significativamente diferente entre as populações RGFC e CR (Watson-Williams F: 7,89 ; p = 0,006) e entre Agri-TB e CR (Watson-Williams F: 5,66; p = 0,018). Entre as populações RGFC e Agri-TB não houve diferença significativa na oferta de pinhões para o ano de 2011 (Watson-Williams F: 0,19 ; p = 0,663).

5.5.3 Oferta de pinhões em relação à legislação de coleta

Foi contabilizado para o conjunto das populações e para cada população entre os anos de 2010 e 2011 o percentual de pinhas encontradas maduras até as datas determinadas pelas legislações Federal e Estadual (15 de Abril, estipulada pela Portaria N° 20 de 27/09/76 do IBDF e 1° de Abril de acordo com a Lei Estadual N° 15.457 de 17/01/2011).

Em relação à PN N°20 e considerando o conjunto das populações entre os anos de 2010 e 2011, o percentual médio de pinhas maduras até 15 de Abril foi de 5,87%, com 5,85% em 2010 e 5,90% em 2011. Entre as populações este percentual variou de 2,50% (RGFC em 2010) a 12,61% (Agri-TB em 2010).

A população RGFC apresentou amadurecimento de pinhas antes de 15 de Abril somente para o ano de 2010, no entanto observou-se nesta população que 2,1% das pinhas são derrubadas ainda verdes pela fauna (*Cebus* sp.) antes de 15 de Abril. Para a população Agri-TB os percentuais foram de 12,6 e 5,14% para os anos de 2010 e 2011, respectivamente. A população CR apresentou percentuais de 2,40 e 7,76% entre 2010 e 2011, respectivamente. Para a população Flona-TB as avaliações ocorreram somente em 2011 e o percentual verificado de pinhas maduras antes de 15 de Abril foi de 4,80%.

Considerando a legislação estadual (LEI N° 15.457, de 17 de janeiro de 2011), que antecipa a coleta para o dia 1° de Abril, observou-se que para o ano de 2010, em média apenas 1,5% das pinhas em relação à produção total encontrava-se em estado avançado de maturação até esta data. Deste percentual, 0,9% foi observado para a

população Agri-TB e 2% para a população CR. Para o ano de 2011 verificou-se que em média 4,4% do total da produção de pinhas apresentaram-se maduras até 1º de Abril e deste percentual, 4% foi encontrado na população Agri-TB e 4,8% na Flona-TB.

5.5.4 Emissão de androstróbilos e disponibilidade de pólen

Foram amostrados 120 indivíduos masculinos de *Araucaria angustifolia* entre os anos de 2010 e 2011. Para a população Flona-TB os resultados apresentados são referentes ao ano de 2011. Para cada população foram amostrados 30 indivíduos masculinos e todos emitiram estróbilos durante os anos de observação.

Os estróbilos masculinos foram visualizados a partir do mês de fevereiro de cada ano e a liberação de pólen ocorreu entre o fim do mês de setembro (30) e a primeira quinzena do mês de outubro (15). A intensidade de emissão de androstróbilos para as populações é apresentada na Tabela 14.

Em relação à intensidade de emissão de androstróbilos foram detectadas diferenças significativas entre anos e variações entre plantas (Tabela 14).

Considerando o conjunto das populações (RGFC, Agri-TB e CR), 42,2% dos indivíduos masculinos repetiram a mesma intensidade de emissão de estróbilos masculinos e não houve diferença significativa na intensidade de emissão entre os anos.

Para a população RGFC este percentual foi de 30% e não houve diferença significativa na intensidade de emissão de estróbilos masculinos entre os anos (Wilcoxon $Z=1,79$; $p = 0,07$; $N=30$). Para a população Agri-TB houve diferença significativa na intensidade de emissão de estróbilos masculinos entre os anos (Wilcoxon $Z= 3,46$; $p<0,001$; $N=30$) e o percentual de indivíduos que repetiram a mesma intensidade de emissão de estróbilos masculinos foi de 40%.

A população CR não apresentou diferença significativa na intensidade de emissão de estróbilos masculinos entre os anos (Wilcoxon $Z= 0,52$; $p=0,60$; $N=30$) e o percentual de indivíduos que repetiram a mesma intensidade de emissão de estróbilos masculinos foi de 56,7%.

Tabela 14 – Número de indivíduos em função das notas de intensidade de emissão de androstróbilos e percentual de Fournier entre 2010 e 2011 para as populações RGFC, Agri-TB, CR e Flona-TB.

| Ano/ População | Intensidade de emissão de androstróbilos | | | | | N | % Fournier | |
|-------------------|--|-------------|--------------|--------------|---------------|----|------------|------|
| | 0 Ausência | 1 (1 a 25%) | 2 (26 a 50%) | 3 (50 a 75%) | 4 (76 a 100%) | | | |
| 2010 | RGFC | 0 | 15 | 4 | 5 | 6 | 30 | 0,52 |
| | Agri-TB | 0 | 4 | 6 | 9 | 11 | 30 | 0,73 |
| | CR | 0 | 3 | 6 | 4 | 17 | 30 | 0,79 |
| 2011 | RGFC | 0 | 4 | 12 | 8 | 6 | 30 | 0,60 |
| | Agri-TB | 0 | 11 | 8 | 4 | 7 | 30 | 0,54 |
| | CR | 0 | 4 | 5 | 6 | 15 | 30 | 0,77 |
| | Flona-TB | 0 | 12 | 9 | 5 | 4 | 30 | 0,51 |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras - SC

5.6 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados nas condições deste estudo revelaram para *Araucaria angustifolia* em relação à oferta de pinhões uma distribuição com alto grau de sazonalidade, concentrada em torno de um período e diferenciado entre populações e entre os anos.

Considerando o conjunto das populações a oferta de pinhões apresentou amplitude de até quatorze meses, sobrepondo-se à oferta do ano seguinte (2011/2012), no entanto, concentrou-se em torno de uma data média, normalmente entre o mês de maio (81,6 % entre 01/5 e 09/06). Estes resultados corroboram com as observações de Reitz & Klein (1966) e confirmam a primeira hipótese deste estudo. A nível individual a amplitude de oferta de pinhões variou de quinze dias a dez

meses e também concentrou-se em torno do mês de maio, refletindo em alta variação individual no período de oferta.

A alta variação na amplitude de oferta de pinhões a nível individual é um fator bastante importante, pois reflete na amplitude e capacidade de oferta da população. Esta variação deve-se a larga distribuição desta espécie, o que provavelmente contribui para sua diferenciação em variedades e ainda pode ser resultado de variações genotípicas dentro de suas procedências. Diferentes variedades em *Araucaria angustifolia* são mencionadas por Reitz & Klein (1966): 1) *elegans*; 2) *sancti josephi*; 3) *angustifolia*; 4) *caiova*; 5) *indehiscens*; 6) *nigra*; 7) *striata*; 8) *semi-alba* e 9) *alba*. As variedades descritas baseiam-se na época de amadurecimento dos pinhões e nas variações da cor da semente.

Dentre as árvores avaliadas, cerca de 2% apresentaram oferta precoce de pinhões (no mês de março), assim como apresentaram menor amplitude de oferta após o início da maturação (quinze dias). De acordo com Reitz & Klein (1966) a variedade que corresponde à oferta de pinhões mais precocemente é denominada *Sancti Josephi* ou Pinheiro São José. Embora não seja possível distinguir nenhum caráter morfológico ou de cor, o “Pinheiro São José”, como é chamado popularmente pelo povo para caracterizar esta variedade, exhibe os primeiros pinhões maduros do ano em fevereiro e março, o que é importante para a alimentação do homem e também da fauna (REITZ & KLEIN, 1966).

A maioria das árvores (66,7%) do conjunto das populações apresentou entre os anos uma amplitude de oferta de pinhões entre os meses de abril e junho, com pico de oferta no mês de maio, onde ocorreu alta concentração da oferta (81,6 % entre 01 de maio e 09 de junho) em torno da data média (19/05). Apenas 5% das árvores do conjunto das populações contribuíram para a distribuição de frequências no mês de abril e 90% delas contribuíram com a distribuição de frequências nos meses de maio e junho. Este comportamento, ainda que mais concentrado no mês de maio, relaciona-se com a variedade mais comum, denominada de *Araucaria angustifolia* var. *angustifolia* e seus pinhões normalmente amadurecem de abril a maio (REITZ & KLEIN, 1966; MATTOS, 2011).

Em relação às árvores que apresentaram maturação tardia (4,2%), após o mês de junho, menos da metade destas (1,7%) apresentaram oferta supra-anual, sobrepuseram o início da oferta do ano seguinte. Ainda que tenham ocorrido em baixa frequência, estas árvores supra-anuais apresentaram pinhões em condições de consumo pela

fauna (com sinais de predação por roedores). Observou-se ainda, que nestas árvores a desfalha (autocoria barocórica) acontece, assim como nas demais de forma gradual, no entanto, mais lentamente entre a primeira e a última pinha madura, podendo iniciar em agosto e finalizar a oferta somente no mês de maio do ano seguinte. De acordo com a época de maturação das sementes, a variedade que mais se assemelha a este comportamento é a caiová (*Araucaria angustifolia* variedade *caiova* Reitz & Klein). A diferença essencial desta variedade é o tempo de amadurecimento das sementes, que ocorre após abril e maio (REITZ & KLEIN, 1966). Outra variedade que pode apresentar maturação tardia é a variedade “macaco”. Para esta variedade encontrou-se apenas um exemplar, na população RGFC, o qual não apresentou desfalha, não desprendendo os pinhões da pinha. A maturação neste caso foi observada pela queda das pinhas inteiras, derrubadas por bugios (*Allouata* sp.) no mês de agosto (2010), as quais encontravam-se predadas e apresentavam pinhões em coloração vermelho escuro, de ponta branca e fortemente presos ao eixo central (Figura 20). Segundo Mattos (1994) esta variedade é chamada de pinheiro macaco (*Araucaria angustifolia* variedade *indehiscens* Mattos) e difere da típica por ter os pinhões de cor vermelho-escuro com a base branca ou branco-amarelada, onde os pinhões não se desprendem da pinha. Estes pinhões normalmente estão maduros de setembro a janeiro e não caem do eixo quando maduros, podendo germinar na própria pinha e é chamado de macaco devido ao fato de que os macacos o retiram do eixo para se alimentar já que não caem por si mesmos (REITZ & KLEIN, 1966).



Figura 20 - Pinha coletada de pinheiro macacão na RGFC em agosto de 2010, apresentando sinais de predação por bugios (*Allouata* sp.). Pinhões em coloração vermelho-escuro e branco na base de fixação ao eixo.

Independente da amplitude de oferta das sementes foi possível observar que a maturação acontece gradualmente entre as pinhas, de forma mais acelerada nas árvores de amadurecimento precoce (antes de abril) e mais lenta nas árvores de amadurecimento tardio (junho em diante). Segundo Mattos (2011) em uma mesma árvore há uma ligeira diferença de pinha para pinha quanto ao grau de maturação em função da exposição aos raios solares, mais intensamente do lado exposto em relação àquele semi-sombreado. Com isso é possível encontrar em uma mesma árvore pinhas com pinhões maduros e outras com pinhões de coloração branco-amarelada (MATTOS, 2011).

A presença de diferentes variedades pode ser considerada um fator importante na determinação da amplitude de oferta de pinhões dentro de uma população, assim como na capacidade de oferta deste recurso por ciclos mais longos. A oferta deste recurso por períodos mais prolongados pode favorecer a ocorrência e sobrevivência de animais frugívoros, já que o pico de produção de pinhão ocorre em um período

com menor número de angiospermas frutificando e com ausência de árvores em fruto (PAISE & VIEIRA, 2005). A oferta de pinhão por períodos mais prolongados reflete diretamente na amplitude do ciclo reprodutivo da Araucária.

O ciclo do ginostrobilo em *Araucaria angustifolia* tem início com sua formação (em novembro) e até a liberação de pólen (em outubro) do ano seguinte corresponde a 11 meses (ANSELMINI et al., 2006). Da liberação de pólen até a maturação das sementes decorrem entre 19 e 20 meses (MANTOVANI et al., 2004; ANSELMINI et al., 2006) e o período de maturação pode ir de março a setembro, fechando o ciclo entre 29 e 34 meses (ANSELMINI et al., 2006), podendo ainda alcançar até 42 meses (SHIMOYA, 1962).

A maturação e a queda dos pinhões caracterizam o final do ciclo reprodutivo nos indivíduos femininos de *Araucaria angustifolia* (ANSELMINI et al., 2006), e de acordo com os resultados deste trabalho esta fase pode apresentar amplitude entre 15 dias e quatorze meses, completando o ciclo reprodutivo entre 30 e 44 meses.

Este período pode ser considerado amplo, comparado à sua congênera *Araucaria araucana*. Para *A. araucana* o ciclo de produção de sementes é de dois anos, onde a indução ou ativação de gemas florais que dão origem às pinhas é produzida entre Novembro e Dezembro, com polinização em janeiro, que é onde começa o crescimento das pinhas (PEÑALBA et al., 2010). Este crescimento se prolonga até o inverno quando as baixas temperaturas retardam o crescimento das pinhas e estas só reiniciam este processo um ano depois da indução floral, na primavera. Nesta última etapa a maturação das pinhas ocorre entre dezembro e março, com queda das sementes iniciando em março (podendo ser atrasada até abril se o verão foi muito frio) e concentrada principalmente entre abril e maio, podendo se estender até setembro em anos de alta produção de sementes (PEÑALBA et al., 2010).

Embora a literatura não traga informações de produção relacionada à amplitude de oferta de pinhão em *Araucaria angustifolia*, o que se pode perceber é que esta amplitude apresenta alta variação. Esta alta variação na etapa final do ciclo reprodutivo da araucária, determinante na amplitude de oferta de pinhões e determinada possivelmente pela ocorrência de diferentes variedades reflete um dos principais pontos para conservação da espécie e coleta sustentável do pinhão. Outro importante componente deste processo é a frequência com que ocorrem estas variedades, pois estas determinam a quantidade de recurso disponível nos diferentes períodos de oferta.

Neste estudo, tanto as variedades de maturação tardia quanto as de maturação precoce ocorreram em baixa frequência (< 5%). Do ponto de vista da conservação da espécie e destas variedades estes dados sugerem que sejam tomados alguns cuidados quanto à coleta, principalmente em relação às variedades precoce e tardia. Sobre a variedade precoce, o ponto de maior atenção está relacionado à legislação estadual, que permite a coleta a partir de 1º de Abril. Nesta época, menos de 5% das árvores apresentam sementes em condições de coleta e menos de 6% da produção de pinhas encontra-se em fase apropriada para o consumo humano, da fauna e viáveis ao ponto de gerar novas plantas. Sobretudo, a data média de oferta de pinhões encontrada para o conjunto das populações (19/5), a qual é significativa e representa alta sazonalidade da distribuição em torno de si, coincide também com o pico de oferta e apresenta-se distante do proposto pelas legislações em mais de 30 dias. Embora a coleta de pinhão possa ser considerada uma atividade de baixo impacto ambiental, por não ocasionar diretamente a redução dos remanescentes, pode trazer prejuízos consideráveis se realizada sob a omissão das demandas da fauna e da espécie. Uma coleta realizada sem critérios pode trazer prejuízos diretos à dispersão natural do pinhão e por consequência à regeneração natural da espécie, reduzindo a probabilidade de surgimento de novas plântulas. Este procedimento retrocede toda e qualquer iniciativa de conservação da Araucária, contrariando a idéia de que o consumo humano possa ser uma atividade de baixo impacto à espécie. Desta forma, ressalta-se a necessidade de estudos que contemplem a capacidade de regeneração das sementes destas variedades, assim como a disponibilidade deste recurso a fauna, principalmente em períodos mais precoces de oferta, para que então sejam possíveis determinações mais coerentes de práticas legais de coleta.

Em relação ao período de desenvolvimento do estróbilo masculino, este foi de 8 meses e meio, da visualização até o amadurecimento e liberação do pólen. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por (SOLORZANO-FILHO, 2001; MANTOVANI et al. 2004; ANSELMINI et al., 2006) . Em relação à época de liberação do pólen, os resultados obtidos neste trabalho coincidiram com as observações de Mattos (1994). Este autor verificou que a época de maturação do estróbilo masculino (androstróbilo) compreende entre 28 de setembro e 15 de outubro, podendo esta amplitude ser maior ou menor devido a fatores como altitude, latitude e/ou variação de temperatura. Em relação à intensidade de emissão de androstróbilos ocorreram diferenças significativas de intensidades entre plantas,

populações e entre anos, no entanto, uma quantidade significativa de indivíduos é capaz de repetir a mesma intensidade de emissão entre os anos. Este resultado nos permite aceitar parcialmente a terceira hipótese, ressaltando as diferenças observadas entre plantas, populações e entre os anos. Desta forma sugere-se que a contribuição na oferta de pólen apresente comportamento diferenciado em níveis individuais e populacionais entre os anos.

5.7 CONCLUSÕES

A *Araucaria angustifolia* apresenta no Planalto Catarinense uma distribuição de oferta de pinhões com alto grau de sazonalidade, concentrada em torno de uma data média (19/5), normalmente no mês de maio (Entre 01/05 a 09/06) – 81,6%) e diferenciada entre populações e entre os anos.

A alta variação na amplitude de oferta de pinhões entre indivíduos se dá em função da ocorrência de diferentes variedades e da amplitude de maturação em cada variedade ou em cada indivíduo e pode até mesmo alcançar o ano seguinte, resultando num ciclo reprodutivo completo de até 44 meses.

As variedades que apresentam maturação precoce e tardia ocorrem em baixa frequência, e por isso merecem maior atenção em relação à coleta. Além de ocorrer em baixa frequência a variedade precoce apresenta baixa quantidade de pinhas maduras disponíveis até as datas estipuladas pelas legislações, o que acarreta em forte pressão sobre a regeneração das sementes desta variedade. As demandas da espécie em relação à oferta de pinhões frente à legislação vigente necessitam maior atenção.

6 CAPÍTULO IV. DIVERSIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA EM POPULAÇÕES DE *Araucaria angustifolia* O. (KUNTZE) NO PLANALTO CATARINENSE

RESUMO

A diversidade biológica do planeta está sendo afetada por atividades humanas que reduzem os tamanhos das populações e podem levá-las em direção a extinção. Neste contexto, *Araucaria angustifolia* encontra-se criticamente em perigo, sob um risco extremamente alto de extinção. Contudo, se por um lado a exploração madeireira predatória da araucária reduziu e fragmentou as populações de araucária, por outro os sistemas tradicionais de manejo tem mantido a cobertura florestal, favorecendo a conservação da espécie. Com isso, buscou-se neste capítulo avaliar a diversidade genética existente em propriedades de agricultores familiares sob sistemas tradicionais de manejo da floresta comparativamente a outras populações estudadas, sob diferentes estados de conservação, visando avaliar o potencial de manutenção da diversidade genética nestas situações. As questões pertinentes a este contexto foram: i) As populações de plantas sob condições de sistemas tradicionais de manejo e uso dos recursos genéticos florestais divergem geneticamente de populações em áreas protegidas? ii) as novas gerações (sementes) provenientes destas populações apresentam divergências entre si, e em relação às de populações de áreas protegidas? iii) É possível estabelecer estratégias de coleta de sementes em populações manejadas com perspectivas de conservação a médio e longo prazo? Para responder tais questões foram amostradas populações de plantas adultas em 3 (três) propriedades de agricultores familiares do Planalto Norte de Santa Catarina e mais três populações distribuídas entre unidade de conservação, área protegida (conservada) e propriedade particular em ambiente de campo. Estas populações foram contrastadas em relação à diversidade e estrutura genética para populações de plantas adultas e progênies. Os resultados obtidos neste capítulo indicam que as populações estudadas podem constituir componentes importantes destinados à conservação da araucária. Dentre os principais pontos a serem considerados, destaca-se a baixa divergência genética encontrada entre as populações, o que reforça a importância destas como mantenedoras da diversidade genética representada pelo conjunto, assim como a capacidade de apresentarem um referencial suficientemente forte para conservação genética a médio e longo prazo. Além disso, os resultados obtidos indicam a eficiência do sistema empregado para a

produção de pinhões por parte dos agricultores familiares como um processo de conservação pelo uso para *Araucaria angustifolia*.

Palavras-chave: Araucária. Diversidade genética. Conservação. Uso. Conservação on farm. Agricultor familiar.

ABSTRACT

The planet's biological diversity is being lost due to human activities that reduce the sizes of populations and can lead towards species extinction. In this context, *Araucaria angustifolia* is critically endangered, under an extremely high risk of extinction. However, if on one hand the predatory logging of *Araucaria* fragmented and reduced its populations, on the other hand traditional management systems have maintained forest cover, promoting the conservation of the species. Therefore, this chapter is aimed to evaluate the genetic diversity of *Araucaria* on family farms under traditional systems of forest management compared to other populations studied under different states of preservation, to evaluate the potential of genetic diversity conservation in these situations. Questions relevant to this context were: i) plant populations under traditional management systems and use of forest genetic resources diverge genetically from populations in protected areas? ii) New generations (seeds) from these populations show differences among them and in relation to populations of protected areas? iii) Is it possible to establish strategies for seed production in populations managed with conservation prospects in the short-term and long-term? To answer these questions populations of adult plants were sampled in three family farms in the Northern Plateau of Santa Catarina and in three populations distributed among conservation area, protected areas (conserved) and private property in a field environment. These populations were compared in relation to genetic diversity and structure of the adult populations and progenies. The results of this chapter indicate that the populations studied may be important components for conservation of *Araucaria*. Among the main points to be considered, a low genetic diversity was found between populations, which reinforces the importance of these as keepers of genetic diversity, as well as the ability to present a strong reference to short-term and long-term genetic conservation. Furthermore, the results indicate the efficiency of the system employed by the farmers for producing *pinhão* as a process for conservation through use of the *Araucaria angustifolia*.

Keywords: *Araucaria*, genetic diversity, conservation, use, *on farm* conservation, family farmer.

6.1 INTRODUÇÃO

A diversidade biológica do planeta está sendo rapidamente esgotada devido às consequências diretas e indiretas das atividades humanas, as quais reduzem os tamanhos das populações para níveis onde eventos estocásticos adicionais (demográficos, ambientais, genéticos) levam-na em direção a extinção (FRANKHAM et al., 2008).

Efeitos decorrentes destas atividades colocaram a *Araucaria angustifolia* num “status” atual de espécie criticamente em perigo, sob um risco extremamente alto de extinção (IUCN, 2012). Dentre os efeitos decorrentes destas atividades, os quais coincidem com os critérios adotados para inclusão da araucária neste “status” estão: redução do tamanho populacional em mais de 80% podendo não ser reversível e a severa fragmentação em que se encontram as populações (IUCN, 2012).

Desta forma, diante do cenário de paisagem que se encontra a araucaria, com remanescentes florestais com grau de isolamento e tamanhos variados, as preocupações relacionadas à preservação e ao uso dos recursos florestais necessitam de informações para que sejam delineados planos que garantam a continuidade destas populações.

Se por um lado a exploração dos recursos florestais direcionou a araucária para um cenário bastante prejudicado, e isso tem relação direta com a diversidade genética (STEFENON et al., 2009) por outro lado os sistemas de exploração tradicionais tem mantido a cobertura florestal e promovido espécies de interesse, favorecendo processos de conservação (ASSIS et al., 2010; REIS et al., 2010; 2012). Neste contexto, é possível que mesmo após um intenso processo de exploração sofrido pela araucária os sistemas tradicionais de uso dos recursos genéticos em propriedades de agricultores familiares ainda mantenham a diversidade genética destas populações ao ponto de garantir ou favorecer a conservação desses fragmentos a longo prazo.

Se de fato se quer conservar estes fragmentos, além do aspecto demográfico das espécies, deve-se acrescentar também o de genética de populações, já que nem sempre um número grande de indivíduos identifica uma população geneticamente viável (KAGEYAMA, GANDARA & SOUZA, 1998). Uma das abordagens que pode colaborar neste sentido é a caracterização da diversidade e estrutura genética (REIS, 1996).

Segundo Reis (1996) a integração das informações relativas em níveis de diversidade e distribuição da variabilidade, obtidas em diferentes populações (espaço) e em diferentes gerações (tempo) permite uma caracterização efetiva da dinâmica da movimentação dos

alelos em populações naturais. Tal caracterização mostra-se mais adequada para o estabelecimento de estratégias de conservação e manejo de populações naturais em plantas, uma vez que permitem projeções mais realistas de eventos no espaço e no tempo (REIS, 1996).

O estabelecimento de estratégias de conservação deve considerar, além da questão genética, os interesses dos detentores do conhecimento sobre o recurso genético, pois associado a estes estão significativas áreas de remanescentes florestais. Estas áreas são muitas vezes ocupadas por agricultores familiares, que concentram suas atividades nos recursos de seu interesse e assim contribuem com a conservação. Deste modo, os recursos genéticos estão em uso e enquanto houver interesse, haverá conservação pelo uso (CLEMENT et al., 2007).

Considerando este contexto, buscou-se neste capítulo avaliar a diversidade genética existente em propriedades de agricultores familiares sob sistemas tradicionais de manejo da floresta comparativamente a outras populações estudadas, sob diferentes estados de conservação, com o objetivo de verificar a manutenção da diversidade genética nestas propriedades. As questões pertinentes a este contexto são: i) As populações de plantas sob condições de sistemas tradicionais de manejo e uso dos recursos genéticos florestais divergem geneticamente de populações em áreas protegidas? ii) as novas gerações (sementes) provenientes destas populações apresentam divergências entre si, e em relação às de populações de áreas protegidas? iii) É possível estabelecer estratégias de coleta de sementes em populações manejadas com perspectivas de conservação a médio e longo prazo?

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 Amostragem

Para caracterização genética da *Araucaria angustifolia* em suas diferentes populações amostradas foi realizada coleta de material foliar em 1540 indivíduos, entre adultos (325) e progênies (1215), conforme Tabela 15.

Tabela 15 - Número de indivíduos adultos e de progênies amostrados e matrizes coletadas para compor as progênies para caracterização genética de seis populações de plantas adultas e de progênies de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense.

| | Adultos | Matrizes | Progênies |
|----------|---------|----------|-----------|
| RGFC | 61 | 20 | 320 |
| CR | 59 | 20 | 320 |
| Flona-TB | 52 | 20 | 320 |
| Agri-TB | 153 | 19 | 255 |
| Total | 325 | 79 | 1215 |
| Agri-1 | 51 | 4 | 61 |
| Agri-2 | 51 | 8 | 104 |
| Agri-3 | 51 | 7 | 90 |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras - SC

A amostragem dos indivíduos adultos foi realizada com auxílio de estilingue e pedras, utilizados para coleta de material foliar, respeitando uma distância mínima de 50 m entre árvores, para evitar a estrutura de família (MANTOVANI et al., 2006; FERREIRA et al., 2012). Para as progênies foram plantadas no mês de maio de 2011 cerca de 100 sementes por matriz, de 79 matrizes, com no mínimo 25 sementes por pinha, entre uma a quatro pinhas por matriz. Das sementes plantadas, após 240 dias de plantio foram sorteadas aleatoriamente para amostragem 16 plântulas por matriz.

As amostras após coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas e armazenados em caixa térmica, com gelo coberto por jornal para evitar danos ao material até o transporte para o laboratório. No Laboratório de Fisiologia do Desenvolvimento Genético Vegetal (LFDGV) da Universidade Federal de Santa Catarina as amostras foram armazenadas em geladeira, a 5° C para conservação até a análise genética.

6.2.2 Eletroforese

Após armazenadas em geladeira por até 48 horas as amostras foram retiradas para extração, de acordo com o protocolo proposto por Mantovani et al (2006) e também utilizado por Ferreira et al. (2012). Das amostras obtidas, utilizou-se aproximadamente 50 mg de material foliar. Este material foi processado utilizando macerador automático Precellys® 24, onde em cada tubo de maceração (modelo Hard tissue grinding MK28), foi adicionado: material foliar (50 mg), 5 esferas de aço inoxidável, 3 gotas de solução de extração nº 1 (Alfenas, 1998) e aproximadamente 10 mg de polivinilpolipirrolidona (PVPP). Os tubos, após serem fechados, eram levados ao macerador onde permaneciam em agitação constante por 10'' a 6000 RPM. O líquido resultante do processo de maceração era absorvido em tiras de papel cromatográfico (Whatman nº 3), com dimensões de 2 X 20 mm (wicks). Os wicks foram posteriormente dispostos paralelamente em gel (penetrose 30 a 13%), para submissão à corrente elétrica. Para as populações de indivíduos adultos os wicks foram dispostos na seguinte ordem: um planta testemunha (comum à todas as populações), a população e novamente a testemunha. O objetivo de utilização de uma planta testemunha é servir de parâmetro para análise e posição dos alelos nos géis. Para as progênes os wicks foram dispostos igualmente entre testemunhas, com três matrizes por gel, seguidas das respectivas progênes. Em ambos os casos utilizou-se dois wicks embebidos em azul de bromofenol (1%), dispostos um em cada extremidade do gel com a finalidade de monitoramento da corrida, pois o azul de bromofenol é capaz de migrar de forma ligeiramente mais rápida que o componente proteico (Brune & Alfenas, 1998). Para as populações adultas os géis comportavam de 51 a 61 amostras e para as progênes 51 amostras.

A eletroforese foi realizada em geladeira a aproximadamente 5°C e cada gel foi acondicionado sob uma barra de gelo para evitar degradação das enzimas, decorrente de aquecimento por conta da corrente elétrica. A corrente elétrica foi estabelecida utilizando as seguintes voltagens: i) 120 V por 20 min.; ii) 160 V por 20 min.; e iii) 220 V por 3 a 4 horas para Citrato de Morfolina e para Histidina: i) 100 V para 20 min.; ii) 140 V por 20 min.; e iii) 180 V pelo período de 3 a 4 h. Utilizou-se como sistema tampão-eletródo Citrato de Morfolina (7,68 g/L ácido cítrico, pH 6,1) e Histidina (105,82 g/L citrato trissódico, pH 8,0).

Após o processo de eletroforese o gel era dividido em 7 fatias, descartando-se a fatia superior e aproveitando as seis seguintes, as quais

eram dispostas em cubas de porcelana para a revelação dos zimogramas. Foram utilizados 10 sistemas isoenzimáticos para a caracterização das populações adultas: Shiquimato Desidrogenase (locos Skdh-1 e Skdh-2; EC 1.1.1.25), Malato Desidrogenase (locos Mdh-1 e Mdh- 2; EC 1.1.1.37), 6-Fosfogluconato Desidrogenase (loco 6Pgdh; EC 1.1.1.44), Fosfoglicosa Isomerase (locos Pgi-1 e Pgi-3; EC 5.3.1.9), Fosfoglicomutase (loco Pgm; EC 5.4.2.2), Glutamato Oxaloacetato Trasminase (loco Got; EC 2.6.1.1), Leucina Aminopeptidase (loco Lap; EC 3.4.11.1), Fosfatase Ácida (loco Acp; EC 3.1.3.2), Isocitrato Desidrogenase (loco Idh; EC 1.1.1.42) e Enzima Málica (loco Me – E.C. 1.1.1.40). Para as progênes foram utilizados os mesmos sistemas, exceto Fosfatase Ácida. Após a completa revelação dos zimogramas foi realizada a interpretação, numerando de forma crescente os locos e alelos de maior mobilidade de forma padronizada para todos os géis.

6.2.3 Análise dos dados

A partir dos genótipos interpretados em gel, foram calculadas as frequências alélicas, o número total de alelos (n), porcentagem de locos polimórficos ($\hat{P}_{99\%}$), número médio de alelos por loco (\hat{A}), número médio de alelos por loco polimórfico (\hat{A}_p), heterozigosidade esperada (\hat{H}_e), heteroziosidade observada (\hat{H}_o), índice de fixação (\hat{f}), número de alelos raros (alelos com frequência < 0,05) e número de alelos exclusivos para as populações estudadas. Todos os índices foram obtidos para adultos e progênes.

De posse destas análises foi realizado um comparativo entre as populações localizadas em propriedades de agricultores em relação às demais, considerando as populações de plantas adultas e progênes, com o objetivo de avaliar a contribuição destas populações em relação à variabilidade genética existente no conjunto das populações.

As estatísticas F (F_{IS} , F_{IT} , F_{ST}) de Wright (1951) foram estimadas com auxílio do programa FSTAT (GOUDET, 2002), de acordo com o método descrito por Weir & Cockerham (1984). O objetivo destas estimativas foi contrastar as populações amostradas com o propósito de avaliar a divergência genética existente entre elas. Neste contraste considerou-se as populações dos agricultores familiares em conjunto e separadamente em relação às demais populações, tanto para as populações de plantas adultas quanto para as progênes.

Para determinar o potencial das populações para conservação a médio e longo prazo e para coleta de sementes foi estimado o tamanho efetivo (N_e) com base na fórmula descrita por Li (1976):

$N_e = N/(1 + \hat{f})$, onde:

- N = Número de indivíduos amostrados
- \hat{f} = Índice de fixação da população

A capacidade de suporte do tamanho efetivo da população foi determinada pela densidade de indivíduos contidos na área amostrada. Esta densidade deve ser maior que o resultado da multiplicação do valor de referência por N/N_e . Foram adotados os valores de referência 500 e 1000 de acordo com o proposto por Franklin & Frankham (1998), os quais tratam da conservação a médio e longo prazo, respectivamente.

6.3 RESULTADOS

Para caracterização genética das populações de plantas adultas de *Araucaria angustifolia* foram utilizados dez sistemas enzimáticos. Estes sistemas revelaram 13 locos interpretáveis, sendo 11 polimórficos. Foram encontrados nas populações analisadas o total de 33 alelos. O maior número de alelos (29) foi encontrado para o conjunto das populações dos agricultores (Agri-TB), seguido das populações CR (26) e Flona-TB (26). O número médio de alelos por loco (\hat{A}) variou de 1,77 (Agri-2 e Agri-3) a 2,23 (Agri-TB) entre as populações estudadas (Tabela 16) com \hat{A} médio igual a 1,9. Em todas as populações avaliadas foi identificada a presença de alelos raros, variando de oito (populações Agri-2 e Agri-3) a onze (Flona-TB). Foram detectados alelos exclusivos em três (RGFC, CR e Agri-2) das seis populações avaliadas (Tabela 16).

Tabela 16 - Índices de diversidade intrapopulacional, índice de fixação, alelos exclusivos e raros para seis populações de adultos de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense.

| População | N | n | $\hat{P}_{99\%}$ | \hat{A} | $\hat{A}p$ | \hat{H}_e | \hat{H}_o | \hat{f} | Exclusivos | Raros |
|-------------------------------|-----|----|------------------|-----------|------------|-------------|-------------|-----------|------------|-------|
| RGFC | 61 | 25 | 53.8 | 1.92 | 2.57 | 0.072 | 0.071 | 0.015 | - | 10 |
| CR | 59 | 26 | 53.8 | 2.00 | 2.71 | 0.095 | 0.073 | 0.232* | 1 | 9 |
| Flona-TB | 52 | 26 | 38.5 | 2.00 | 3.00 | 0.075 | 0.080 | -0.065 | - | 11 |
| Agri-TB | 153 | 29 | 53.8 | 2.23 | 3.00 | 0.077 | 0.078 | -0.018 | 2 | 14 |
| Média | 81 | 27 | 50 | 2.04 | 2.82 | 0.080 | 0.076 | -0.023 | - | - |
| Agri-1 | 51 | 25 | 38.5 | 1.92 | 2.80 | 0.072 | 0.075 | -0.041 | - | 10 |
| Agri-2 | 51 | 23 | 38.5 | 1.77 | 2.60 | 0.079 | 0.080 | -0.014 | 1 | 8 |
| Agri-3 | 51 | 23 | 53.8 | 1.77 | 2.43 | 0.078 | 0.078 | -0.004 | - | 8 |
| Média Geral (6 populações) | 54 | 25 | 46.2 | 1.90 | 2.69 | 0.079 | 0.076 | 0.030 | - | - |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras – SC. N = n° de indivíduos amostrados, n = número total de alelos, $\hat{P}_{99\%}$ = % locos polimórficos; \hat{A} = alelos por loco; $\hat{A}p$ = Alelos por loco polimórfico; \hat{H}_o = heterozigossidade observada; \hat{H}_e = heterozigossidade esperada; \hat{f} = índice de fixação; Raros (frequência < 0,05). *P < 0,05.

A porcentagem de locos polimórficos variou de 38,5 (Agri-1, Agri-3 e Flona-TB) a 53,8% (RGFC, CR e Agri-TB) com valor médio de $\hat{P}_{99\%}$ de 46,2%.

A heterozigosidade observada (\hat{H}_o) variou de 0,071 para a população RGFC a 0,080 nas populações Flona-TB e Agri-2, com média entre todas as populações de 0,076. A heterozigosidade esperada (\hat{H}_e) variou de 0,072 nas populações RGFC e Agri-1 a 0,095 na população CR e a média da diversidade genética para as seis populações foi de 0,079.

Com base nas heterozigosidades observada e esperada foram obtidos os índices de fixação para as populações adultas. O índice de fixação (\hat{f}) variou entre as populações, com uma população (CR) apresentando índice de fixação significativamente positivo, caracterizando déficit de heterozigotos e as demais com índices de fixação não diferentes de zero (Tabela 16).

Analisando as frequências alélicas nas populações de plantas adultas (Tabela 17), os alelos exclusivos 6PGDH-3 e SKDH2-1 encontrados respectivamente nas populações Agri-2 e CR são raros (frequência < 0,05), já o alelo PGI1-2 apresentou-se fixado em metade das populações.

Para a caracterização genética das progênies de *Araucaria angustifolia* foram utilizados nove sistemas enzimáticos que revelaram 12 locos interpretáveis, sendo 11 polimórficos. Foram encontrados um total de 32 alelos. O maior número de alelos foi encontrado na população CR (29) e o menor em uma das populações de agricultores, Agri-1 (17). O número médio de alelos por loco (A) variou de 1,42 (Agri-1) a 2,42 (CR) entre as populações estudadas (Tabela 18) com A médio igual a 1,9. Assim como nas populações de adultos, em todas as populações de progênies avaliadas foi identificada a presença de alelos raros, variando de quatro (Agri-1) a quatorze (CR). Foram detectados alelos exclusivos em quatro das seis populações avaliadas (Tabela 18).

Tabela 17- Frequências alélicas para as seis populações de plantas adultas de *Araucaria angustifolia* para 13 locos alozímicos.

| Loco | Alelo | RGFC | CR | Flona-TB | Agri-1 | Agri-2 | Agri-3 |
|-------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|
| GOT1 | N | 61 | 59 | 52 | 51 | 51 | 51 |
| | 1 | 0.008 | 0.025 | 0.010 | 0.010 | 0.000 | 0.000 |
| | 2 | 0.992 | 0.975 | 0.990 | 0.990 | 1.000 | 1.000 |
| LAP1 | N | 61 | 59 | 52 | 51 | 51 | 51 |
| | 1 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 6PGDH | N | 60 | 58 | 52 | 51 | 51 | 51 |
| | 1 | 0.025 | 0.017 | 0.010 | 0.029 | 0.010 | 0.010 |
| | 2 | 0.358 | 0.388 | 0.596 | 0.441 | 0.461 | 0.373 |
| | 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.020 | 0.000 |
| | 4 | 0.617 | 0.595 | 0.394 | 0.529 | 0.510 | 0.618 |
| PGM1 | N | 61 | 59 | 52 | 51 | 51 | 51 |
| | 2 | 0.943 | 0.983 | 0.942 | 0.961 | 0.980 | 0.961 |
| | 3 | 0.000 | 0.000 | 0.019 | 0.010 | 0.000 | 0.010 |
| | 4 | 0.057 | 0.017 | 0.038 | 0.029 | 0.020 | 0.029 |
| PGI1 | N | 61 | 59 | 52 | 51 | 51 | 51 |
| | 2 | 1.000 | 1.000 | 0.990 | 0.990 | 0.990 | 1.000 |
| | 3 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.010 | 0.010 | 0.000 |
| PGI3 | N | 61 | 58 | 52 | 51 | 51 | 51 |
| | 1 | 0.049 | 0.155 | 0.019 | 0.088 | 0.118 | 0.167 |
| | 2 | 0.000 | 0.078 | 0.019 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 3 | 0.951 | 0.759 | 0.913 | 0.902 | 0.882 | 0.833 |
| | 4 | 0.000 | 0.000 | 0.019 | 0.010 | 0.000 | 0.000 |
| | 5 | 0.000 | 0.009 | 0.029 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| SKD1 | N | 60 | 59 | 52 | 51 | 51 | 51 |
| | 1 | 0.017 | 0.008 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 2 | 0.950 | 0.966 | 0.942 | 0.971 | 0.912 | 0.971 |
| | 3 | 0.008 | 0.017 | 0.058 | 0.010 | 0.049 | 0.000 |
| | 4 | 0.025 | 0.008 | 0.000 | 0.020 | 0.039 | 0.029 |
| SKD2 | N | 61 | 59 | 52 | 51 | 51 | 51 |
| | 1 | 0.000 | 0.008 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 2 | 1.000 | 0.992 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| IDH1 | N | 61 | 59 | 52 | 51 | 51 | 51 |
| | 1 | 0.008 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.000 |
| | 2 | 0.975 | 1.000 | 1.000 | 0.990 | 0.990 | 0.980 |
| | 3 | 0.016 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 |
| | 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.000 | 0.010 |
| ME01 | N | 61 | 58 | 52 | 51 | 51 | 51 |
| | 1 | 0.025 | 0.017 | 0.019 | 0.020 | 0.000 | 0.020 |
| | 2 | 0.975 | 0.983 | 0.981 | 0.980 | 1.000 | 0.980 |

| Loco | Alelo | RGFC | CR | Flona-TB | Agri-1 | Agri-2 | Agri-3 |
|------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|
| MDH1 | N | 61 | 59 | 52 | 51 | 51 | 51 |
| | 2 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| MDH2 | N | 61 | 59 | 52 | 51 | 51 | 51 |
| | 1 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| ACP | N | 61 | 57 | 52 | 51 | 51 | 51 |
| | 1 | 0.984 | 0.930 | 0.990 | 1.000 | 0.980 | 0.980 |
| | 2 | 0.016 | 0.070 | 0.010 | 0.000 | 0.020 | 0.020 |

Legenda: N= número de indivíduos genotipados por loco em cada população.

Tabela 18 - Índices de diversidade intrapopulacional, índice de fixação, alelos exclusivos e raros para seis populações de progênies de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense.

| População | M | N | n | $\hat{P}_{99\%}$ | \hat{A} | \hat{A}_p | \hat{H}_e | \hat{H}_o | \hat{f} | Exclusivos | Raros |
|-------------------------------|----|-----|----|------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|-------|
| RGFC | 20 | 320 | 25 | 41.7 | 2.08 | 3.40 | 0.073 | 0.068 | 0,070* | 1 | 11 |
| CR | 20 | 319 | 29 | 50.0 | 2.42 | 3.33 | 0.087 | 0.084 | 0.030 | 2 | 14 |
| Flona-TB | 20 | 320 | 25 | 50.0 | 2.08 | 2.67 | 0.078 | 0.085 | -0,091* | - | 11 |
| Agri-TB | 19 | 255 | 25 | 33.3 | 2.08 | 3.75 | 0.066 | 0.062 | 0.062* | 1 | 11 |
| Média | | 303 | 26 | 43.7 | 2.17 | 3.28 | 0.076 | 0.075 | 0.030 | - | - |
| Agri- 1 | 4 | 60 | 17 | 25.0 | 1.42 | 2.33 | 0.044 | 0.042 | 0.045 | - | 4 |
| Agri - 2 | 8 | 103 | 20 | 33.3 | 1.67 | 3.00 | 0.057 | 0.061 | -0.081 | - | 6 |
| Agri - 3 | 7 | 90 | 21 | 41.7 | 1.75 | 2.80 | 0.072 | 0.073 | -0.011 | 1 | 7 |
| Média Geral (6 populações) | - | 202 | 24 | 40.3 | 1.90 | 2.92 | 0.068 | 0.069 | -0.007 | - | - |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras – SC. M= n° de árvores matrizes, N = n° de indivíduos, n = número total de alelos, $\hat{P}_{99\%}$ = % locos polimórficos; \hat{A} = alelos por loco; \hat{A}_p = Alelos por loco polimórfico; \hat{H}_o = heterozigosidade observada; \hat{H}_e = heterozigosidade esperada; \hat{f} = índice de fixação; Raros (frequência < 0,05). *P < 0,05. Valores significativamente diferentes de zero.

A porcentagem de locos polimórficos ($\hat{P}_{99\%}$) variou de 33,3 (Agri-2) a 50% (CR e Flona-TB) com valor médio de $\hat{P}_{99\%}$ de 40,3%.

A heterozigiosidade observada (\hat{H}_o) variou de 0,042 para a população Agri-1 a 0,085 na população Flona-TB, com média entre todas as populações de 0,069. A heterozigiosidade esperada (\hat{H}_e) variou de 0,057 na população Agri-2 a 0,087 na população CR e a média da diversidade genética para as seis populações foi de 0,068.

O índice de fixação (\hat{f}) nas progênes foi significativo e variou de -0,091 (indicando excesso de heterozigotos) a 0,070 (indicando excesso de homozigotos).

Analisando as frequências alélicas nas populações de progênes (Tabela 19) foram detectados quatro alelos exclusivos e raros: SKDH2-1 e PGI1-1 na população CR, IDH-3 na população RGFC e PGM-1 na população Agri-3. Foi detectada a fixação de alelos em sete situações (GOT1-2, PGI1-2, SKDH2-1, SKDH2-2, IDH-2, ME-2 e MDH1-2) e em todas estas pelo menos uma das populações dos agricultores (Agri-1, Agri-2 ou Agri-3) apresentou alelos fixados. Considerando o conjunto das populações de agricultores esta participação ocorreu em quatro das sete situações (GOT1-2, SKDH2-2, IDH-2 e MDH1-2).

Tabela 19 - Frequências alélicas de progênes amostradas em seis populações de *Araucaria angustifolia* para 12 locos alozímicos.

| Loco | Alelo | RGFC | CR | Flona-TB | Agri-1 | Agri-2 | Agri-3 |
|------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|
| GOT1 | N | 320 | 320 | 320 | 61 | 104 | 90 |
| | 1 | 0.000 | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 2 | 1.000 | 0.998 | 0.998 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| LAP1 | N | 320 | 320 | 320 | 61 | 104 | 90 |
| | 1 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| | N | 317 | 318 | 319 | 60 | 101 | 90 |
| 6PGD | 1 | 0.030 | 0.025 | 0.022 | 0.008 | 0.010 | 0.006 |
| | 2 | 0.350 | 0.434 | 0.550 | 0.458 | 0.530 | 0.467 |
| | 3 | 0.011 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.000 |
| | 4 | 0.609 | 0.539 | 0.428 | 0.533 | 0.455 | 0.528 |
| PGM1 | N | 320 | 320 | 320 | 61 | 103 | 90 |
| | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.011 |
| | 2 | 0.978 | 0.948 | 0.967 | 0.951 | 0.981 | 0.950 |
| | 3 | 0.000 | 0.002 | 0.033 | 0.000 | 0.000 | 0.022 |
| | 4 | 0.022 | 0.050 | 0.000 | 0.049 | 0.019 | 0.017 |

| Loco | Alelo | RGFC | CR | Flona-TB | Agri-1 | Agri-2 | Agri-3 |
|------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|
| PGI1 | N | 320 | 317 | 320 | 61 | 104 | 90 |
| | 1 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 2 | 1.000 | 0.978 | 0.981 | 0.984 | 1.000 | 1.000 |
| | 3 | 0.000 | 0.021 | 0.019 | 0.016 | 0.000 | 0.000 |
| PGI3 | N | 320 | 318 | 320 | 61 | 104 | 90 |
| | 1 | 0.073 | 0.112 | 0.022 | 0.033 | 0.077 | 0.111 |
| | 2 | 0.005 | 0.003 | 0.016 | 0.000 | 0.005 | 0.000 |
| | 3 | 0.889 | 0.866 | 0.895 | 0.967 | 0.913 | 0.889 |
| | 4 | 0.006 | 0.003 | 0.005 | 0.000 | 0.005 | 0.000 |
| SKD1 | N | 320 | 320 | 320 | 61 | 104 | 90 |
| | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 2 | 0.959 | 0.961 | 0.955 | 1.000 | 0.971 | 0.989 |
| | 3 | 0.016 | 0.034 | 0.045 | 0.000 | 0.000 | 0.006 |
| | 4 | 0.025 | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.029 | 0.006 |
| SKD2 | N | 320 | 320 | 320 | 61 | 104 | 90 |
| | 1 | 0.000 | 0.008 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 2 | 1.000 | 0.992 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| IDH1 | N | 320 | 320 | 320 | 61 | 104 | 90 |
| | 1 | 0.005 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 2 | 0.978 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| | 3 | 0.017 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| ME01 | N | 320 | 320 | 320 | 61 | 104 | 90 |
| | 1 | 0.002 | 0.023 | 0.014 | 0.000 | 0.000 | 0.022 |
| | 2 | 0.998 | 0.977 | 0.986 | 1.000 | 1.000 | 0.978 |
| MDH1 | N | 320 | 320 | 320 | 61 | 104 | 90 |
| | 1 | 0.000 | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 2 | 1.000 | 0.998 | 0.998 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| MDH2 | N | 320 | 320 | 320 | 61 | 104 | 90 |
| | 1 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Legenda: N= número de indivíduos genotipados por loco em cada população.

6.3.1 Estrutura genética

Analisando os índices de estrutura genética de populações verifica-se uma divergência genética não significativamente diferente de zero no comparativo entre todas as populações de plantas adultas de *Araucaria angustifolia*. Por outro lado, as progênes amostradas apresentaram divergência genética significativa entre as populações, em torno de 1,8% (Tabela 20). As estimativas das demais estatísticas F não foram significativas.

Tabela 20 - Índices de estrutura de populações (F_{IS} , F_{ST} e F_{IT}) entre seis populações adultas e progênes de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense.

| | F_{IT} | F_{ST} | F_{IS} |
|----------|----------|----------|----------|
| Adultos | 0.051 | 0.018 | 0.034 |
| Progênes | 0.031 | 0,018* | 0.013 |

As divergências genéticas entre populações (F_{ST}) de plantas adultas comparadas par a par considerando as propriedades de agricultores como uma população única são apresentadas na Tabela 21. Em nenhum dos casos as estimativas foram significativamente diferentes de zero.

Tabela 21 - Divergência genética (F_{ST}) entre populações de plantas adultas para quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense

| | RGFC | CR | Flona-TB | Agri-TB |
|----------|----------|---------|----------|---------|
| RGFC | - | - | - | - |
| CR | 0.021ns | - | - | - |
| Flona-TB | 0.049 ns | 0.052ns | - | - |
| Agri-TB | 0.006 ns | 0.009ns | 0.029ns | - |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras - SC. ns: não significativo. $p=0,05$.

As divergências genéticas entre populações (F_{ST}) de plantas adultas considerando cada uma das propriedades dos agricultores foram estimadas par a par com as demais populações e apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22 - Comparativo par a par da divergência genética (F_{ST}) entre populações de plantas adultas para seis populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense

| | RGFC | CR | Flona-TB | Agri-1 | Agri-2 | Agri-3 |
|----------|---------|--------------|----------|--------------|---------|--------|
| RGFC | - | - | - | - | - | - |
| CR | 0.021ns | - | - | - | - | - |
| Flona-TB | 0.049ns | 0.052ns | - | - | - | - |
| Agri-1 | 0.003ns | 0.013ns | 0.018ns | - | - | - |
| Agri-3 | 0.007ns | - 0.001ns | 0.056ns | 0.003ns | - | - |
| Agri-2 | 0.011* | 0.011* | 0.016ns | - 0.004ns | 0.006ns | - |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras - SC. ns: não significativo, * significativo. $p=0,05$.

Para este comparativo foi possível observar que a população Agri-2 apresenta o mesmo nível de divergência genética entre às populações RGFC e CR. Entre esta e as demais populações não foram observadas diferenças significativas.

Em relação às progênies as divergências, ainda que reduzidas, foram significativas para todos os comparativos realizados par a par quando considerado as populações dos agricultores como uma população única (Tabela 23).

Tabela 23 - Comparativo par a par da divergência genética (F_{ST}) entre populações de progênies para quatro populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense

| | RGFC | CR | Flona-TB | Agri-TB |
|----------|--------|--------|----------|---------|
| RGFC | - | - | - | - |
| CR | 0,008* | - | - | - |
| Flona-TB | 0,042* | 0,019* | - | - |
| Agri-TB | 0,019* | 0,005* | 0,011* | - |

RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras – SC. * significativo. $p=0,05$.

Considerando as populações de progênies dos agricultores separadamente para um comparativo par a par em relação às demais, foram observadas divergências genéticas tanto entre as propriedades dos agricultores quanto entre estas e as demais (Tabela 24).

Tabela 24 - Comparativo par a par da divergência genética (F_{ST}) entre populações de progênies para seis populações de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense

| | RGFC | CR | Flona-TB | Agri-1 | Agri-3 | Agri-2 |
|----------|---------|----------|----------|---------|--------|--------|
| RGFC | - | - | - | - | - | - |
| CR | 0,008* | - | - | - | - | - |
| Flona-TB | 0,042* | 0,019* | - | - | - | - |
| Agri-1 | 0,013* | 0,006ns | 0,016* | - | - | - |
| Agri-3 | 0,012* | -0,000ns | 0,015* | 0,002ns | - | - |
| Agri-2 | 0,030ns | 0,010* | 0,005ns | 0,006* | 0,004* | - |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras – SC. ns: não significativo, * significativo. $p=0,05$.

6.3.2 Tamanho efetivo

Em relação ao tamanho efetivo (N_e), os resultados foram obtidos para o referencial de 500 e 1.000, de acordo com o proposto por Franklin & Frankham (1998) para manter o potencial evolutivo de populações ameaçadas, conforme Tabela 25.

Tabela 25 - Tamanho efetivo populacional (N_e) para valores referenciais de 500 e 1000, densidade (ind. ha^{-1}), densidade total (ind. área^{-1}) e área (ha) das populações de *Araucaria angustifolia* amostradas no Planalto Catarinense.

| | f | N | N_e | N/N_e | N_e 500 | N_e 1000 | Densidade (ind. ha^{-1}) | Área (ha) | Densidade na Área |
|----------|--------|-----|-------|---------|--------------|---------------|--|--------------|----------------------|
| RGFC | 0.015 | 61 | 60 | 1.02 | 508 | 1015 | 29.4 | 1120 | 32928 |
| CR | 0.232* | 59 | 48 | 1.23 | 616 | 1232 | 16.2 | 245 | 3969 |
| Flona-TB | -0.065 | 51 | 56 | 0.94 | 468 | 935 | 60.2 | 768 | 46234 |
| Agri-TB | -0.018 | 153 | 156 | 0.98 | 491 | 982 | 39.5 | 204 | 8058 |
| Agri-1 | -0.041 | 51 | 53 | 0.96 | 480 | 959 | 39.5 | 108 | 4266 |
| Agri-2 | -0.004 | 51 | 51 | 1.00 | 498 | 996 | 39.5 | 31.2 | 1232 |
| Agri-3 | -0.014 | 51 | 52 | 0.99 | 493 | 986 | 39.5 | 64.8 | 2560 |

Legenda: RGFC: Reserva Genética Florestal Caçador, CR: Coxilha Rica, Flona-TB: Floresta Nacional de Três Barras - SC, Agri-TB: Conjunto das três propriedades (Agri-1, Agri-2 e Agri-3) de agricultores familiares de Três Barras - SC. N = Número de indivíduos amostrados, * $P < 0,05$.

6.4 DISCUSSÃO

As Florestas com Araucárias de um modo geral cobriam quase todo o planalto de Santa Catarina, com vastas áreas de florestas bastante densas e muito desenvolvidas que por vezes eram interrompidas em sua continuidade pelos campos, com densos pinheirais que ocupavam principalmente as depressões e vales de rios (REITZ & KLEIN, 1966). Da vasta área ocupada pela araucária no planalto, e em Santa Catarina como um todo, restam atualmente apenas 24,4% desta formação, distribuídos em pequenos fragmentos (VIBRANS et al. 2012).

Ainda que a estrutura encontrada atualmente nestas florestas seja fortemente afetada por eventos evolutivos de longo prazo, em função de se tratar de uma espécie longeva, a exploração da floresta nos últimos 100 anos pode ter contribuído para moldar a estrutura genética e

a diversidade nos remanescentes florestais (STEFENON et al., 2009). Por outro lado, este tempo pode não ter sido suficientemente longo para apresentar fortes divergências genéticas entre populações (AULER et al., 2002).

Os níveis de diversidade genética encontrados nas populações adultas (reflexo dos cruzamentos ocorridos no passado) foram bastante similares aos descritos por Reis et al. (2012) para 31 populações reprodutivas no Estado de Santa Catarina na maioria dos índices, com excessão ao índice de fixação. Quando comparados os mesmos locos, o índice de fixação para as populações adultas RGFC, Flona-TB e as amostradas nos agricultores: Agri-1, Agri-2 e Agri-3 apresentou-se similar aos níveis encontrados em cerca de 40% das populações amostradas por Reis et al. (2012). Estas populações apresentaram baixo índice de fixação e não diferente de zero, aderindo portanto aos pressupostos do modelo de Equilíbrio de Hardy-Weinberg com ocorrência de acasalamentos aleatórios e ausência de deriva genética, como esperado para espécies dióicas com polinização pelo vento como a Araucária.

Por outro lado, foi observado um elevado e significativo índice de fixação na população CR. Na região onde se encontra esta população os efeitos provenientes da ação antrópica sobre a Floresta com Araucária também podem ser percebidos. Nesta região predominam os campos, formando uma paisagem bastante particular, onde eram praticamente todos cercados e atravessados por bosques de araucária, cuja ocorrência preferencial da floresta se dava nas encostas, em terrenos irregulares e vales de rios (REITZ & KLEIN, 1966). A região dos campos, embora mais tardiamente que o Planalto Norte do estado, também presenciou a intensa exploração da araucária. Entre as décadas de 1940 e 1950, com a melhoria de estradas e o aumento da capacidade dos caminhões, a região que compreende hoje o município de Lages tornou-se um dos principais (se não o principal) centro de produção de madeira da região da araucária (NODARI et al., 2004 citado por CARVALHO, 2010). Além da exploração com o intuito de produção madeireira, atividades de queimas eram periódicas, assim como a derrubada das matas com o objetivo de obter maiores áreas de pastagens (KLEIN, 1978). Desta forma, boa parte do que encontra-se atualmente, em relação à diversidade genética nas florestas dos campos, pode ser reflexo destes eventos.

A população CR, situada a 30 km do município de Lages apresentou índice de fixação elevado e significativo (0,232). Este resultado é superior ao valor apresentado por Falconer (1960) para a

segunda geração de cruzamentos de indivíduos meio irmãos (0,219) e ainda muito próximo do esperado para cruzamentos entre irmãos-completos (0,250). Este resultado também foi superior a média das 31 populações adultas ($f = 0,20$) amostradas por Reis et al. (2012) em Santa Catarina, considerando os mesmos locos avaliados neste trabalho. Elevados índices de fixação também foram observados por Reis et al. (2012) em outras duas populações campestres (Campos de Santa Bárbara, $f = 0,21$ e Campo dos Padres, $f = 0,31$). Parte deste resultado pode ser explicado pelo padrão demográfico existente na população CR. Nesta população a densidade de indivíduos reprodutivos é de 16,2 ind./ha (a menor densidade entre as populações amostradas neste estudo), onde boa parte é representada pela regeneração dos indivíduos abatidos durante a exploração, e que hoje formam uma população de idade bastante semelhante (Capítulo I). Populações formadas por indivíduos de idades semelhantes tem maior chance de apresentar estrutura genética interna (PERRY & KNOWLES, 1991). Desta forma, o elevado índice de fixação encontrado na população CR pode ser explicado em parte, pela presença de estruturação espacial interna em decorrência do efeito Wahlund, onde se encontra formada uma população recentemente fundada por núcleos de colonização independentes.

Embora a exploração da araucária tenha ocorrido de forma intensa entre os Planaltos Sul e Norte do estado de Santa Catarina, neste último as atividades exploratórias tiveram início cerca de 30 anos antes. No atual Planalto Norte do estado de Santa Catarina encontram-se amostradas as populações das propriedades dos agríultores (Agri-1, Agri-2 e Agri-3, que formam o conjunto delas: Agri-TB), juntamente com a população localizada em unidade de conservação, Flona-TB. Nesta região encontravam-se os estágios mais evoluídos da Floresta Ombrófila Mista (KLEIN, 1984), com árvores cujo porte hoje em dia é raríssimo na região da araucária como um todo (CARVALHO, 2010). O histórico de exploração da araucária nesta região teve início a partir de 1910, com a instalação de uma serraria no município de Três Barras - SC, a qual tinha uma capacidade de produção de mais de 400 m³ de madeira serrada por dia (CARVALHO, 2010).

Neste contexto, embora as populações amostradas no Planalto Norte Catarinense possuam um histórico comum de exploração da araucária, estas populações atualmente diferenciam-se quanto ao estado de conservação, entre propriedades de agricultores e unidade de conservação (Capítulo I). Este estado atual configura a estas populações um grau de fragmentação, ocasionado pela divisão territorial ocupada

por elas decorrente da urbanização pós-exploração. Como resultado desta fragmentação é possível esperar que ocorra a diminuição do número de indivíduos de uma população, favorecendo a perda de variação genética, ocasionando a curto prazo a perda de alelos por deriva genética, a longo prazo um aumento da endogamia decorrente da maior probabilidade de acasalamento entre indivíduos aparentados (KAGEYAMA & GANDARA, 1998). Espera-se também que por conta destes fatores que as populações aumentem a divergência genética entre si.

Embora estas expectativas sejam coerentes, não foi possível detectar divergência genética significativa no comparativo geral entre as populações do Planalto Norte (Tabela 20), como também não foram detectadas diferenças significativas no conjunto das populações de plantas adultas (Tabela 21). No entanto, divergências genéticas significativas em torno de 1% foram observadas entre uma das populações adultas amostradas nos agricultores (Agri-2) e as populações RGFC e CR (Tabela 22). Já entre esta (Agri-2) e as demais não foram detectadas diferenças significativas. Segundo Kageyama et al. (2003) níveis de divergência genética abaixo de 5% são considerados baixos. Com isso, é possível que o tempo decorrente do período da exploração e ocorrência da fragmentação até a atualidade não tenha sido suficiente para determinar uma diferenciação mais acentuada entre estas populações (AULER et al., 2002).

Contudo, é possível verificar algumas variações nas frequências alélicas que destacam as populações de plantas adultas do Planalto Norte em relação às demais. Dentre estas, foi possível observar a ocorrência de mais um alelo no loco 6PGDH, encontrado para a população adulta Agri-2 e ausente nas demais. Também foram verificados alelos ausentes nas populações do Planalto Norte Catarinense. Entre estes, o alelo SKDH1-1, encontrado nas populações adultas CR e RGFC. Para o loco PGI3 também pode ser observado a ausência dos alelos PGI3-2 e PGI3-5 nas populações adultas Agri-1, Agri-2 e Agri-3, assim como do alelo PGI3-4 nas populações Agri-2 e Agri-3. O conjunto das populações adultas amostradas nos agricultores (Agri-TB) apresentou ainda o maior percentual de alelos raros com quase metade dos alelos encontrados no conjunto destas populações (48,3%). Os alelos encontrados em baixa frequência possuem um papel importante do ponto de vista da conservação, pois além de deixar vulnerável uma população estão sujeitos ao desaparecimento por conta da ocorrência de eventuais distúrbios. No conjunto destas populações foi possível encontrar ainda dois alelos exclusivos, que também merecem

atenção, pois são indicadores de diversidade e poderão favorecer a sobrevivência futura da espécie (FERREIRA, 2008).

Em relação às progênies também foram verificados alelos ausentes em relação às respectivas populações de plantas adultas. Nas populações de progênies Agri-1 e Agri-2 não foi observado o alelo ME-1. No conjunto progênies nas populações dos agricultores também não foram encontrados os alelos IDH-4 e GOT-1. Estes resultados sugerem que, muito embora não existam divergências genéticas significativas entre populações adultas amostradas no Planalto Norte Catarinense, reflexo do fluxo gênico histórico, este fato não se repete em relação às progênies, as quais representam o produto do fluxo gênico contemporâneo. No entanto, a divergência genética encontrada para as progênies é baixa (< 5%, Tabelas 23 e 24) e possivelmente decorrente da dificuldade de movimentação destes alelos entre as populações por efeitos de deriva, resultado da exploração do passado sofrida pela espécie nesta região. Este resultado também pode trazer indicativos de redução da base genética, provocado possivelmente por ações de domesticação (com traços ainda incipientes e de baixo efeito em função da baixa divergência entre as populações de progênies) ou seleção, resultado das práticas tradicionais de manejo. Outra hipótese que pode ser gerada em função da divergência genética entre as progênies, contrapondo a redução da base genética, é a entrada de alelos novos em algumas populações, como na população Flona-TB, decorrente do fluxo gênico entre a população nativa e os plantios (FERREIRA, 2008).

Além disso, a própria redução do tamanho populacional, decorrente da fragmentação existente (pequenas propriedades agrícolas, com poucos fragmentos florestais remanescentes), produz restrições de fluxo gênico e intensifica os efeitos de deriva em cada fragmento.

A população amostrada em unidade de conservação (Flona-TB) apresentou alelos novos (MDH1-1 e IDH-1), não encontrados na população adulta. Ferreira et al., (2012) avaliando a diversidade genética de *Araucaria angustifolia* em três plantios e uma população nativa na mesma unidade de conservação também encontrou a ocorrência do alelo IDH-1 para uma população adulta de um dos plantios. Este resultado sugere a ocorrência de fluxo gênico entre as áreas de plantio e as áreas nativas existentes na Flona-TB, coincidindo com as constatações de Ferreira (2008) quando analisados os mesmos plantios em relação a outra área nativa, na mesma unidade de conservação. Não é descartada, no entanto, a possibilidade deste alelo estar presente na população Flona-TB e não ter sido amostrado, já que se trata de uma amostragem de parte da população. A hipótese de que ele faça parte desta população

se deve também ao fato de que o mesmo alelo foi detectado como raro em uma das populações dos agricultores (Agri-2). Contudo, ressalta-se ainda a importância dos plantios na manutenção da diversidade e recombinação do material genético como importante prática para conservação não só em unidades de conservação, mas também como uma prática a ser adotada em propriedades particulares.

Alelos inexistentes nos adultos amostrados também foram observados na população de progênies RGFC (6PGDH-3, PGI3-2, PGI3-4 e PGI3-5). Todos os alelos novos encontrados no loco PGI estiveram presentes também na população adulta e na população de progênies da Flona-TB e dois deles (PGI3-2 e PGI3-4) juntamente com o alelo 6PGDH-3 estiveram presentes em uma das populações de progênies amostradas nos agricultores (Agri-2).

Cerca de 90 km distanciam a população RGFC das populações do Planalto Norte e 150 km a separam da população do sul (CR), no entanto, entre estas populações também não foi possível observar divergências genéticas significativas (Tabelas 20 e 21). Estes resultados remetem a algum grau de ligação histórico entre estas populações, uma vez que havia um contínuo florestal quando da chegada dos conquistadores europeus e que permaneceu até aproximadamente o início do século XX.

Além disso, levando-se em conta a participação dos povos indígenas na expansão das florestas com araucária (BITENCOURT E KRASPEHAUER, 2006; SHIMITZ, 2009; REIS & LÁDIO, 2012), o fluxo gênico histórico poderia ter sido bastante efetivo a ponto de produzir divergências mínimas, mesmo a distâncias maiores que 100 km. Os indígenas (povos do tronco cultural *Jê*) viviam no ambiente da Floresta com Araucárias desde aproximadamente 2500 AP (NOELLI, 2000; SCHIMITZ, 2009; REIS & LADIO 2012) e mantiveram suas características até o avanço dos colonizadores no século XIX. Dentre as principais características destes povos (principalmente os *Kaingang*) estava a coleta e o armazenamento dos pinhões e indiretamente o plantio, pois este era resultado do abandono dos pinhões coletados (SHIMITZ, 2009). Os resultados de baixa divergência obtidos podem ser decorrentes deste processo, sugerindo uma "assinatura ecológica" destes povos.

A coleta de pinhões como uma importante fonte de alimento constitui-se atualmente como uma prática extremamente significativa para comunidades de agricultores familiares, não só pela importância alimentícia, mas pela importância social e econômica que representa. Para que se possam estabelecer estratégias de coleta baseadas em

princípios sustentáveis é necessário levar em conta o potencial das populações para a produção de sementes, assim como a representatividade da diversidade genética contida na porção das sementes coletadas. Desta forma, por se tratar de uma medida de representatividade de amostras, o tamanho efetivo (N_e) se torna um parâmetro importante em atividades de coleta de sementes (BOTREL et al., 2006).

Tendo a coleta como uma prática extremamente importante tanto em unidades de conservação de uso sustentável como em propriedades particulares e de agricultores familiares e esta embasada em critérios genéticos, os quais incluem o tamanho efetivo (N_e), é possível considerar que todas as populações avaliadas neste estudo possuem potenciais como produtoras de sementes. Todas as populações avaliadas apresentaram, em função da densidade total nas respectivas áreas, N_e superior ao referencial de 1.000 (Tabela 25). Com isso, é possível capturar o máximo da diversidade genética da população amostrada, diminuir efeitos de fixação/endogamia e conferir a estas populações a capacidade de suporte para coleta de sementes representativa de 1.000 indivíduos, considerado como um referencial suficientemente forte para conservação genética a longo prazo.

Cabe ainda considerar que estas propriedades em conjunto mantêm boa parte da diversidade genética, comparativamente as demais áreas, especialmente a Flona-TB, Unidade de Conservação mais próxima do conjunto de propriedades. Além disso, o sistema empregado pelos agricultores familiares na região (ASSIS et al., 2010; REIS et al., 2012) apresentada como vantagem adicional a manutenção do componente arbóreo. Neste sentido, é possível ter nestas propriedades não somente importantes produtoras de sementes com a finalidade de plantios, com vistas à produção de pinhão, mas também uma forte perspectiva de conservação *on farm* deste recurso genético. Os resultados obtidos neste trabalho indicam a eficiência do sistema empregado para a produção de pinhões por parte dos agricultores familiares como um processo de conservação pelo uso para *Araucaria angustifolia*.

6.5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste capítulo condicionam as populações estudadas como importantes componentes à constituírem programas destinados à conservação da araucária.

Dentre os principais pontos a serem considerados, destaca-se a baixa divergência genética encontrada entre as populações, o que reforça a importância destas como mantenedoras da diversidade genética representada pelo conjunto, assim como a capacidade de apresentarem um referencial suficientemente forte para conservação genética a médio e longo prazo.

A possibilidade de recombinação do material genético em favor da manutenção ou do aumento de diversidade nas propriedades de agricultores através do plantio pode revelar-se uma importante prática para conservação da espécie.

Além disso, os resultados obtidos neste trabalho indicam a eficiência do sistema empregado para a produção de pinhões por parte dos agricultores familiares como um processo de conservação pelo uso para *Araucaria angustifolia*.

7 CAPÍTULO V. O CONTEXTO ATUAL E OS RESULTADOS DESTA DISSERTAÇÃO: SUBSÍDIOS PARA CONSERVAÇÃO DA *Araucaria angustifolia* O. (Kuntze) . E COLETA SUSTENTÁVEL DO PINHÃO NO PLANALTO CATARINENSE

RESUMO

Os últimos 100 anos podem ser considerados como um período marcante na trajetória evolutiva da Araucária. Neste período a espécie passou de abundante para criticamente em perigo sob risco extremamente alto de extinção. Após o esgotamento das reservas da espécie novas preocupações surgiram, tentando remediar os efeitos e/ou ainda melhor utilizar os recursos disponíveis pela espécie, principalmente o pinhão. Em função de sua importância alimentícia, econômica, social e cultural, medidas passaram a ser necessárias para promover a coleta sustentável deste recurso, assim como a conservação da espécie. Com isso, é de fundamental importância que as políticas públicas geradas sejam integradas e que considerem tanto o conhecimento tradicional relacionado ao manejo quanto o conhecimento científico relacionado às demandas da espécie. As Políticas Públicas elencadas estão ligadas diretamente aos produtos da biodiversidade com propósitos para o desenvolvimento sustentável, a melhoria da qualidade de vida da população por meio do uso sustentável dos recursos naturais e da oferta e consumo de alimentos. Essas Políticas Públicas associadas às legislações vigentes em relação à coleta do pinhão provocaram inquietações no sentido de formalizar práticas adequadas de manejo sustentável do pinhão e conservação da araucária. Estas iniciativas resultaram em várias manifestações e estas promoveram a criação de diretrizes para o manejo Sustentável do pinhão da conservação da floresta com araucária e do uso do pinhão. Desta forma, foi possível relacionar as diretrizes geradas por este processo de mobilização social aos resultados obtidos neste trabalho como uma possibilidade importante de aplicação dos resultados e de trazer novas perspectivas para a discussão em questão. As contribuições deste trabalho apontaram principalmente para as questões relacionadas a oferta de pinhão. Nesta questão a relação entre a quantidade de pinhão disponível e as datas legais de coleta são contrapostas pela frequência de árvores ofertando pinhão, o que pode ocasionar prejuízos à fauna e à regeneração da variedade “São José. Outros resultados e sugestões deste paralelo também são capazes de estabelecer importantes complementariedades entre os anseios por parte das necessidades de uso do pinhão como fonte

de alimento e renda e as demandas intrínsecas à espécie, abrindo precedente aos tomadores de decisão tornar este processo unicamente sustentável.

Palavras chave: Araucária. Políticas Públicas. Coleta sustentável do pinhão. Conservação pelo uso.

ABSTRACT

The last 100 years may be considered as a remarkable period in the evolutionary trajectory of the Araucaria. During this period the species went from being abundant to being critically endangered under extremely high risk of extinction. After the depletion of the species new concerns emerged, which endeavored to remedy the effects and/or improve the use resources available by the species, principally *pinhão*. Because of its importance social and cultural importance and its importance for food and income, measures have become necessary to promote sustainable harvesting of the *pinhão*, as well as the conservation of the species. Thus, it is of paramount importance that public policies are generated and integrated to consider both traditional knowledge of species management in conjunction with scientific knowledge. Public policies are linked directly to biodiversity products for sustainable development, improving quality of life through sustainable use of natural resources and the supply and consumption of food. These public policies associated with the current laws regarding the *pinhão* collection caused uneasiness in formalizing appropriate practices of sustainable management and conservation of the Araucaria. These initiatives resulted in several manifestations and promoted the creation of these guidelines for the sustainable management of the *pinhão*, conservation of the Araucaria Forest and the use of *pinhão*. Thus, it was possible to relate the guidelines generated by the process of social mobilization to the results obtained in this study as an important possibility of application of the results in bringing new perspectives to the discussion. The contributions of this work are mainly indicated to issues related to the *pinhão* supply. In regards to the latter the relationship between the amount of available *pinhão* and legal collection dates are often opposed to the supply of *pinhão*, which can cause losses to the fauna and regeneration of “São José” variety. Other results and suggestions are also capable of establishing important complementarities between the use of *pinhão* as a source of food and income and the demands intrinsic to the species, setting a precedent for decision makers to make the collection process sustainable.

Keywords: Araucaria, public policy, sustainable harvest of *pinhão*, conservation by use

7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os últimos 100 anos podem ser considerados como um período marcante na trajetória evolutiva da Araucária. Neste período a espécie passou por transições que a transferiram de um “status” de extremamente abundante ao de criticamente em perigo sob risco extremamente alto de extinção. Por mais longo que possa parecer este período, pouco representa em relação à longevidade de uma conífera. Em um espaço relativamente curto de tempo foi possível observar uma drástica redução das formações com araucárias, ao ponto de nos iludirmos com os cerca de 24% restantes desta formação no estado de Santa Catarina (VIBRANS et al., 2012), representados por pequenas manchas de florestas com fortes marcas da degradação quando melhor analisadas.

A redução das pressões sobre estas florestas só ocorreram a partir da percepção do esgotamento das reservas. A partir daí surgiram inquietações com propósitos de remediar os efeitos da exploração, transparentes em iniciativas de criação de áreas protegidas, de pesquisas relacionadas a melhorar o que ainda restava e de melhor utilizar os recursos disponíveis pela espécie, principalmente em relação a sua semente, o pinhão.

O pinhão apresenta aspectos fundamentais para a Região Sul do Brasil, pois está intimamente ligado à sobrevivência de várias famílias de baixa renda em épocas de outono e inverno (BALBINOT et al, 2008) e com isso revela-se um importante recurso econômico e de valor social e cultural para as comunidades coletoras (VIEIRA-DA-SILVA & REIS, 2009).

A coleta e o manejo do pinhão podem manter a estrutura da floresta e ainda proporcionar renda a muitas famílias rurais. Para que isso seja possível deve ser conduzido de maneira que contemple os anseios coletivos de quem depende desta renda sem olvidar das demandas de quem fornece este recurso, a espécie.

Neste contexto, é que se fazem necessárias atualmente medidas que possam promover a conservação da Araucária e fundamentar estratégias de coleta de pinhões com bases sustentáveis, que beneficiem os povos da atualidade, tais como os agricultores familiares, comunidades rurais, coletores e dependentes desta atividade.

Com isso, é de fundamental importância que as políticas públicas geradas sejam integradas e que considerem tanto o conhecimento tradicional relacionado ao manejo quanto o conhecimento científico relacionado às demandas da espécie.

Existem atualmente uma série de Políticas Públicas ligadas diretamente aos produtos da biodiversidade com propósitos para o desenvolvimento sustentável, a melhoria da qualidade de vida da população por meio do uso sustentável dos recursos naturais e da oferta e consumo de alimentos. Dentre estas, podemos citar: o Plano Nacional de Produtos da Sociobiodiversidade (PNPSB), a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO), a Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM), o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA). Estas políticas são potencialmente aplicáveis à inclusão da coleta sustentável do pinhão, haja vista a importância deste recurso genético frente aos propósitos de aplicação destas políticas.

Um dos principais propósitos abordados por estas políticas apoia o fomento aos arranjos produtivos locais e regionais visando o fortalecimento de extrativistas e de uma cadeia de produtos da sociobiodiversidade (PNPSB). Considera-se esta uma importante iniciativa em relação ao pinhão, pois poucas referências são encontradas tanto sobre a produção desse produto como sobre o perfil dos atores envolvidos na cadeia produtiva e a importância desse recurso como fonte alternativa de renda (VIEIRA DA SILVA & REIS, 2009).

Entre as políticas relacionadas ao extrativismo sustentável encontra-se a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO). Recentemente criada pelo Decreto Nº 7.794 de 20/08/2012 esta política tem como objetivo integrar, articular e adequar políticas, programas e ações indutoras da transição agroecológica e da produção orgânica e de base agroecológica, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida da população, por meio do uso sustentável dos recursos naturais e da oferta e consumo de alimentos saudáveis. O uso do pinhão como recurso alimentício é extremamente importante para comunidades de agricultores familiares, assim como é um importante complemento de renda a pessoas carentes e de baixa renda em unidades de conservação de uso sustentável (ZECHINI et al., 2012). A utilização do pinhão como fonte de alimento na forma de farinha, modalidade já empregada pelos indígenas desde tempos pré-colombianos (REIS & LÁDIO, 2012), constitui ainda uma boa opção tecnológica de aproveitamento da matéria-prima e como fonte nutricional para possíveis formulações de produtos alimentícios (CAPELLA et al. 2009).

Embora a renda proveniente da comercialização do pinhão possa chegar a quase o dobro (1,66 vezes) da renda per capita média por unidade familiar em algumas regiões (Vieria da Silva & Reis, 2009), os

produtores não possuem garantias de renda. Enquanto o preço pago por kg de pinhão ao produtor dificilmente ultrapassa os R\$ 2,00 durante a safra, em supermercados da capital do estado chegam a quase R\$ 6,00. Esta alta variação entre os preços praticados é reflexo dos caminhos tortuosos entre o pinhão coletado na propriedade rural e o pinhão disponível ao consumidor final.

Como forma de garantia de renda a estes produtores, políticas como a de Garantia de Preços Mínimos (PGPM), o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) são instrumentos importantes de garantia de aquisição e pagamento justo pelo pinhão.

Outra forma de incentivo em relação à renda no estado de Santa Catarina é através da isenção do ICMS sobre o pinhão. Este incentivo foi criado pela LEI Nº 15.465, de 20 de abril de 2011, a qual estabelece a isenção do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS para operações internas e interestaduais de saída do pinhão em estado natural.

Tais iniciativas, associadas às legislações vigentes em relação à coleta do pinhão (Portaria Normativa DC Nº20 de 27 de setembro de 1976 e Lei Estadual (SC) Nº 15.457, de 17 de janeiro de 2011) provocaram inquietações no sentido de formalizar práticas adequadas de manejo sustentável do pinhão e conservação da araucária. Estas iniciativas resultaram em várias manifestações, atividades de sensibilização, articulação e mobilização dos atores sociais nos estados de ocorrência da Araucária. Como resultado destas inquietações foi criado um projeto denominado “Construção participativa de diretrizes para o Manejo Sustentável do Pinhão (*Araucaria angustifolia*) a partir de uma visão da conservação da floresta com araucária e do uso do pinhão”. Este projeto está sendo desenvolvido pelo Instituto Amigo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (IA-RBMA) através do Programa “Mercado Mata Atlântica – RBMA” e financiado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) por meio do Subprograma de Projetos Demonstrativos (PDA). Tal projeto encontra-se no âmbito do Plano Nacional de Promoção dos Produtos da Sociobiodiversidade (PNPSB) e tem o intuito de compor o Anexo da Instrução Normativa Conjunta nº 17 de 28/05/2009 pelo MMA/MAPA para a orientação do extrativismo orgânico do pinhão. As diretrizes estabelecidas neste projeto são, até o momento, o resultado prático de uma grande mobilização dos mais diversos componentes (comunidades rurais de

agricultores familiares, coletores, pesquisadores e membros do poder público) que envolveu discussões importantes relacionadas à conservação da Araucária e a coleta sustentável do pinhão.

Neste contexto, os resultados gerados neste trabalho mostram-se como uma importante contribuição na perspectiva de serem ampliadas as discussões que tratam da conservação da araucária e da coleta sustentável do pinhão, não somente em Santa Catarina, mas na área de ocorrência da Araucária como um todo. Dentre as contribuições que este trabalho possa gerar, podemos destacar:

a) As populações avaliadas neste trabalho apresentaram algum grau de distinção em relação aos descritores morfométricos e dendrométricos. Em função destas diferenças são responsáveis por implicações que levam em conta, por exemplo, a produção de sementes.

b) Em relação à coleta de pinhão e às legislações pertinentes os resultados deste trabalho apontam para um percentual extremamente baixo de pinhas maduras entre primeiro e quinze de abril e ressaltam ainda que grande parte da oferta de pinhões se concentra, no Planalto Catarinense, entre 1º de maio e 09 de junho. Estes resultados são sustentados pelas informações de comercialização de pinhão no estado de Santa Catarina, obtidas pela CEASA (Central de Abastecimento do Estado de Santa Catarina) nos últimos cinco anos (2007 a 2011). Segundo a CEASA (2012) o maior volume de pinhão comercializado concentra-se em torno do mês de maio (Figura 21)

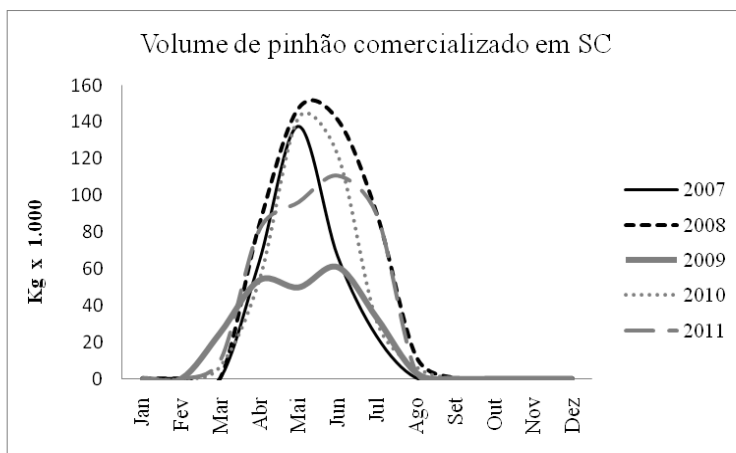


Figura 21 - Volume mensal (kg x 1.000) de pinhão comercializado pela CEASA entre 2007 e 2011.

Cabe ressaltar que o período inicial de oferta (março) corresponde ao período em que a variedade “São José” disponibiliza os primeiros pinhões do ano, e que pelas observações deste trabalho sugere-se que esta seja uma variedade que ocorre em baixa frequência. Assim sendo, a liberação de coleta independente de data ou que contemple esta época pode ocasionar forte pressão sobre esta variedade, justamente por apresentar os primeiros pinhões maduros do ano, sendo a maior responsável pelo comércio de pinhão nesta época. Dentre os prejuízos que possam ser gerados sobre esta conduta estão: a deficiência de regeneração proveniente destas sementes e a escassez deste recurso à fauna neste primeiro período de oferta. Estes mesmos danos potenciais podem ser causados às variedades tardias (Caiova e Macaco) por também ocorrerem, de acordo com este trabalho, em baixa frequência. Tratar do estabelecimento de uma data para coleta pode ser um processo aceitável, desde que satisfeitas primordialmente as demandas da espécie e da fauna, para que então a coleta possa ser realizada em relação ao saldo desta equação. Trabalhar sobre a perspectiva de estabelecimento de um período de coleta baseado na época em que a oferta de pinhão é mais concentrada e abundante pode ser um passo inicial importante no estabelecimento do equilíbrio entre a conservação da araucária e a coleta de pinhão. Do ponto de vista da conservação este argumento se justifica pela necessidade de manutenção do “fornecedor” deste recurso, a espécie. Como aspecto básico é necessário primeiramente garantir o estabelecimento destas florestas para que futuramente possam ser realizadas coletas em escala no mínimo equivalentes ao potencial que temos hoje, senão maiores, por conta de plantios iniciados visando à coleta.

Do ponto de vista de quem coleta e depende desta atividade para geração de renda, o argumento para definição de uma data ou período para coleta do pinhão só se justifica se forem consideradas conjuntamente questões que possam garantir preço e renda a estes atores. Desta forma, através de políticas públicas apropriadas é possível remunerar de forma justa os proprietários e reduzir a pressão sobre a espécie.

- c) Outro ponto importante, observado neste trabalho diz respeito a amplitude de oferta.

Nos primeiros meses de oferta (fim de março e começo de abril), coincidentes à ocorrência da variedade “São José” e condicionados à variação da oferta desta, representam o período em que a amplitude de

oferta é menor. Neste período os indivíduos que apresentam pinhas maduras apresentam amplitude de cerca de 15 dias, ou seja, neste período as pinhas amadurecem e liberam os pinhões, não sendo possível (para esta variedade) restar pinhas inteiras na árvore matriz. Para a variedade cuja oferta é concentrada em torno do mês de maio, época em que a oferta é mais abundante, “deixar pinhas na árvore que possibilitem a alimentação da fauna” remete à uma coleta com propósito de maior aproveitamento possível em relação ao que se encontra no solo ou ainda não permitir que parte da produção de sementes chegue ao solo. Esta prática pode provocar restrições à alimentação do grupo dos roedores, os quais não terão, ou terão pouco acesso ao pinhão caído ou ainda o acesso será limitado a uma época em que a quantidade de pinhas restantes inicie a desfalha. Para alguns roedores a época de oferta de pinhões está relacionada com o aumento na população de algumas espécies, com isso a Araucária seria uma espécie importante por determinar variações populacionais de pequenos roedores em sua área de ocorrência (VIEIRA & IOB, 2009). O pinhão também é um recurso importante para aves como o papagaio charão (*Amazona petrei*), o papagaio-do-peito-roxo (*Amazona vinacea*) e também para alguns mamíferos como cotias (*Dasyprocta aguti*) e veados (*Mazama* sp.), permitindo a sobrevivência destes animais sob as condições adversas do inverno (VIEIRA & IOB, 2009). Portanto, deve haver um equilíbrio entre a quantidade de pinhões coletados no solo e o restante na árvore, para que em ambos os casos seja possível à fauna ter acesso ao pinhão como alimento.

d) Este trabalho possibilitou ainda abordar resultados relacionados à produção, cuja contribuição deste ítem como componente de diretrizes pode ser de extrema importância pela preocupação relacionada às demandas da coleta, da fauna e da própria regeneração da espécie. Muito embora existam trabalhos de sistematização e divulgação nesta temática, a missão de trazer valores quantitativos que possam apoiar uma coleta sustentável com o propósito de atender todas as demandas necessárias (coleta para o consumo, comercialização, alimentação da fauna e regeneração da espécie com boa representatividade genética) não é uma tarefa de fácil resolução. Para responder a esta questão são necessárias metodologias que compatibilizem a produção de pinhão, a fenologia, a demografia, a genética, a ecologia da fauna e ainda aspectos etnobotânicos. A complexidade desta discussão envolve ainda a ecologia da espécie em sua área de ocorrência. Com base nos resultados obtidos neste trabalho é possível considerar que as populações apresentam variações significativas em relação à produção de pinhão e

esta variação ocorre tanto a nível individual quanto populacional e ainda é complementada por uma variação temporal. Desta forma, assim como apresentam padrões distintos de produção, apresentam também diferentes padrões demográficos, os quais refletem diretamente na regeneração.

De acordo com os dados obtidos neste trabalho para uma população localizada em área de floresta, a produtividade média de pinhões entre os anos é de cerca de 205 kg/ha. Nesta condição (floresta) são necessárias entre 955 e 1707 sementes para gerar uma nova planta de araucária (PALUDO, 2012 dados preliminares). Em formação de campo, onde a produtividade média entre os anos (de acordo com o avaliado neste trabalho) é de cerca de 75 kg/ha, são necessárias entre 99 e 142 sementes para gerar um ingressante de araucária (PALUDO, 2012 dados preliminares). Para uma melhor discussão a respeito desta questão devem ser abordados ainda dados referentes à quantidade necessária a ser deixada de forma que a regeneração represente a diversidade genética da população adulta, assim como a quantidade de pinhões para alimentação da fauna, de forma similar a realizada por Zago da Silva (2011) para *Euterpe edulis*. É possível que somente após estas abordagens seja possível uma maior aproximação de um valor idealizado para um sistema sustentável de coleta do pinhão.

Ainda em relação à produção de pinhão, foi verificado neste trabalho uma forte tendência de correlação positiva da produção média de pinhas entre os anos com a classe diamétrica das árvores matrizes. Desta forma, árvores com diâmetros maiores representam em média maior produção de pinhas entre os anos. Esta tendência não só foi observada para o conjunto das populações como para cada população amostrada.

De posse destas informações e se possível de uma complementação de dados de produção em função da classe diamétrica para uma quantidade maior de populações, é possível estabelecermos um modelo de produção em função da distribuição de classes diamétricas existentes nas propriedades rurais. Este modelo poderia trazer um grande avanço no sentido de estimativas de produção média de pinhão por propriedade. Estes dados serviriam de base para determinar, por exemplo, a capacidade produtiva de cada propriedade, em função da distribuição diamétrica de uma amostra das matrizes. Estas informações permitiriam mapear áreas de maior ou menor produtividade média, assim como determinar com base nestes dados o quanto um produtor pode receber pela venda de pinhões na sua

propriedade (em caso de aquisição do pinhão por uma política pública de iniciativa governamental).

Com base nestes resultados, associados à época de coleta e respeitando-se as devidas demandas com bases sustentáveis, poderiam ainda ser iniciados processos de certificação de propriedades coletoras com práticas sustentáveis. A exemplo, cooperativas do Acre que trabalham com a Castanha-do-Brasil e iniciaram os processos de certificação, onde são realizados processos de cadastramento das famílias, de localização das árvores produtoras, identificação das boas práticas de coleta, o armazenamento e as formas de embalagem (COOPERACRE, 2012), práticas que podem servir de embasamento para processos equivalentes em relação ao pinhão

Cabe ainda considerar que propriedades de agricultores familiares mantêm boa parte da diversidade genética apresentada pela espécie através da manutenção do componente arbóreo. Neste sentido, é possível ter nestas propriedades importantes produtoras de sementes com a finalidade de plantios, com vistas à produção de pinhão, e de conservação *on farm* deste recurso genético. Estes resultados indicam claramente a eficiência de um processo de conservação pelo uso para *Araucaria angustifolia*. Não obstante, devem ser considerados os efeitos decorrentes das procedências destas sementes destinadas ao plantio, assim como tratados a parte as questões inerentes à criação de gado e práticas de roçada (não estudados neste trabalho), as quais também fazem parte das atividades comuns a estas propriedades e que tem relação direta com a manutenção destas florestas (MATTOS, 2011).

Em todo este contexto cabe ressaltar que a utilização sustentável significa a utilização de componentes da diversidade biológica de modo e em ritmo tais que não levem, no longo prazo, à diminuição da diversidade biológica, mantendo assim seu potencial para atender as necessidades e aspirações das gerações presentes e futuras (CDB – Convenção sobre Diversidade Biológica).

Com isso apresentam-se de um lado os anseios por parte das necessidades de uso do pinhão como fonte de alimento e renda e de outro as demandas intrínsecas à espécie, cabendo aos tomadores de decisão tornar este processo unicamente sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos.** Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- ALLISON T. D. Pollen production and plant density affect pollination and seed production in *Taxus Canadensis*. In: **Ecology**, n. 71, p. 516–522, 1990.
- ANSELMINI, J. I.; ZANETTE, F.; BONA, C. Fenologia reprodutiva da *Araucaria Angustifolia* (Bert.) O. Ktze, na região de Curitiba, PR. In: **Floresta e Ambiente**, v. 13, p. 44-52, 2006.
- ASSIS, A. L.; HANAZAKI, N.; REIS, M. S.; MATTOS, A. G.; PERONI, N. Espécie-chave cultural: indicadores e aplicabilidade em etnoecologia. Pages 145 – 153. In: ALVES, A. G. C.; SOUTO, F. J. B.; PERONI, N. (Ed.). **Etnoecologia em perspectiva: natureza, cultura e conservação.** Recife: NUPPEA, 2012
- ASSMAN, E. Waldertargskunde. **München:** Bayr. Landw, 1961. 490p.
- AULER, N. M. F.; REIS, M. S.; GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. The genetics and conservation of *Araucaria angustifolia*: I. Genetic structure and diversity of natural populations by means of non-adaptive variation in the state of Santa Catarina, Brazil. In: **Genetics and Molecular Biology**, v. 25, n. 3, p. 329-338, 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. In: **Ambiência**, Guarapuava-PR, v. 4, n. 3, p. 463-472, set./dez. 2008.
- BATTISTI- FILHO, A. Relato de entrevistas realizadas na comunidade da Campininha. Março/2007. Três Barras 2007.
- BAWA, K. S. Effects of deforestation and forest fragmentation on genetic diversity in tropical tree population. In: International Symposium on Genetic Conservation and Production of Tropical Forest Tree Seeds, Chiang Mai, Thailand. **Proceedings.** Saraburi: ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre, p. 10-16.

BAWA, K. S., WEBB, C. J. Flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees : implications for the evolution of paternal and maternal reproductive patters. In: **American Journal of Botany**, Columbus, v. 71, p.736-751, 1984.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta Atlântica no sudeste do Brasil. In: **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, 237-248. 2002.

BITENCOURT, A. L. V.; KRAUSPENHAR, P. M. 2006. Possible prehistoric anthropogenic effect on *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze expansion during the late Holocene. In: **Revista Brasileira de Paleontologia**, n.9, 109-116.

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. In: **Heredity**, n. 99, p. 580-591, 2007.

BITTENCOURT, J. V. M.; SEBBENN, A. M. Pollen movement in a continuous forest of *Araucaria angustifolia*, inferred from paternity and Twogener analysis. In: **Conservation Genetics**, n. 9, p. 855-868, 2008.

BOTREL, M. C. G.; SOUZA, A. M.; CARVALHO, D.; PINTO, S. I. C.; MOURA, M. C. O.; ESTOPA, R. A. Caracterização genética de *Calophyllum brasiliense* Camb. em duas populações de mata ciliar. In: **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 821-827, 2006.

BRASIL. **Lei Nº 9.985 de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BRASIL. Portaria Normativa DC Nº20 de 27 de setembro de 1976. Proíbe o abate de pinheiros adultos portadores de pinhas, nos meses de abril, maio e junho. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF.1976

BRUNE, W., ALFENAS, A.C. & JUNGHANS, T.G. Identificação específicas de enzimas em géis. In: Alfenas, A.C. (Ed.) **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos**. Viçosa: UFV. p. 201-317.1998.

BUONACCORSI J. P., ELKINTON J., KOENIG W., DUNCAN R. P., KELLY D. & SORK V. Measuring mast seeding behavior: relationships among population variation, individual variation and synchrony. In: **J. Theol. Biol.**, v. 224, p. 106-14, 2003

BURGER, H. Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen. Mitt. Schweiz. **Anst. f. forstl. Vers. Wesen** 21: 147-176. 1939.

CAPELLA, A. C. V.; PENTEADO, P. T. P. S.; BALBI, M. E. Semente de *Araucaria angustifolia*: aspectos morfológicos e composição química da farinha. In: **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 1, p. 135-142, 2009.

CARVALHO, M. M. X. **Uma grande empresa em meio à floresta: a história da devastação da floresta com araucária e a Southern Brazil Lumber and Colonization (1870-1970)**. 2010. 162 f. Tese (pós-Graduação em História). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

CARVALHO, P. E. R. *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze. In: CARVALHO, P. E. R. (Ed.). **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ/Brasília, 1994. p.70-78.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras/** por Paulo Ernani Ramalho Carvalho. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 1, 2003.

CEASA. Central de Abastecimento de Santa Catarina. Dados de comercialização de pinhão. Recebido por <diogo@ceasa.sc.gov.br> em 13 de Agosto de 2012.

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

COOPERACRE. Cooperativa Central de Comercialização Extrativista do Acre. Disponível em: <<http://www.cooperacre.com/projetos.html>>. Acesso em: 20 nov. 2012.

COSTA, E. A. **Influência de variáveis dendrométricas e morfométricas da copa no incremento periódico de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, Lages, SC.** 2011. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well) Mart. In: **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 141-150, jun. 2001.

DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. In: **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-66, nov.1998.

EMBRAPA/CIRAM. Dados meteorológicos. 2012

FERREIRA, D. K. **Caracterização genética e estrutura populacional de diferentes origens de *Araucaria angustifolia* na FLONA de Três Barras.** 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FERREIRA, D. K. ; NAZARENO, A. G. ; MANTOVANI, A. ; BITTENCOURT, R ; SEBBENN, A. M. ; REIS, M. S. Genetic analysis of 50-year old Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) plantations: implications for conservation planning. In: **Conservation Genetics**, v. 13, p. 435-442, 2012.

FIGUEIREDO FILHO, A.; ORELLANA, 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. In: **Floresta**, Curitiba-PR, v. 41, n. 1, p. 155-162, jan./mar. 2011.

FILIPPON, S. **Aspectos da demografia, fenologia e uso tradicional do Caraguatá (*Bromelia antiacantha*) (Bertol.) no Planalto Norte**

Catarinense. 2009. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

FOURNIER O, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. In: **Turrialba**, v. 24, p. 422-423, 1974.

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

FRANKLIN, I. R.; FRANKHAM, R. How large must populations be to retain evolutionary potential? In: *Anim. Conver*, v. 1, p. 69-70, 1998.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 13. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467p.

GOUDET, J. **FSTAT** - a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3), 2002.

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, J. T. A.; GURGEL FILHO, O. A. Evidências das raças geográficas do HASENAUER, H. Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. In: **Forest Ecology and Management**, n. 96, p. 197-206, 1997.

HASENAUER, H. Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. In: **Forest Ecology and Management**, v. 96, p. 197-206, 1997.

HEALY, W. M., LEWIS, A. M., BOOSE, E. F. Variation of red oak acorn production. In: **For Ecol Manage**, n. 116, p. 1-11, 1999

HERRERA, C. M., JORDANO, P., GUITIAN, J.; TRAVESET, A. Annual variability in seed production by woody plants and the mast concept: reassessment of principles and relationship to pollination and seed dispersal. In: **Am. Nat.**, n. 152, 576–94. 1998

HERRERA, C. M. Dissecting factors responsible for individual variation in plant fecundity. In: **Ecology**, n. 72, p. 1436–1448, 1991

HERRERA, C. M. Population-level estimates of interannual variability in seed production: what do they actually tell us? In: **Oikos**, n. 82, p. 612–616, 1998.

IBAMA. **Floresta Nacional de Três Barras** – informações gerais. Três Barras: Ibama. Apostila. 2003.

IBGE & EMBRAPA. **Mapa de Solos do Brasil**. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais e de Geociências (IBGE) e Centro Nacional de Pesquisa de Solos (EMBRAPA), 2001.

IUCN. International Union for Conservation of Nature 2012. **Iucn red list of threatened species**. Version 2012.2. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 13 out. 2012.

IRIARTE, J., GILLAM, J.C. & MAROZZI, O. Monumental burials and memorial feasting: an example from the southern Brazilian highlands. **Antiquity**, 82: 947-961. 2008.

JONES, R. H., SHARITZ, R. R., DIXON, P. M., SEGAL, D. S., SCHNEIDER, R. L. Woody plant regeneration in four floodplain forests. In: **Ecological Monographs**, n. 64, p. 345-367, 1994.

KAGEYAMA, P.; SEBBENN, A. M.; RIBAS, L. A.; GANDARA, F. B.; CASTELLEN, M.; PERECIM, M. B.; VENCOVSKY, R. 2003. Diversidade genética em espécies arbóreas tropicais de diferentes estágios sucessionais por marcadores genéticos. In: **Scientia Forestalis**, n. 60, p. 93-107, 2003.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; SOUZA, L. M. I. Consequências da fragmentação sobre as populações das espécies

arbóreas. In: II SIMPÓSIO DE FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL, 1998. Anais.

KAGEYAMA, P. Y.; JACOB, W. S. Variação genética entre e dentro de populações de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: I IUFRO. **Meeting on forestry problems of the genus araucaria**, Forestry problems of the genus Araucaria, Curitiba, FUFEP, 1980. p.83-86.

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**, 1979, Curitiba. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais doParaná - FUFEP, 1980. p. 83-86.

KELLY, D.; SORK, V. L. Mast seeding in perennial plants: why, how, where? In: **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, v. 33, p. 427-47, 2002.

KELLY, D. The evolutionary ecology of mast seeding. In: **Trends Ecol.**, vol. 9, p. 465-70, 1994.

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

KLEIN, R. M. **Mapa Fitogeográfico do estado de Santa Catarina**. Flora ilustrada catarinense. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. p.1-24.

KLEIN, R. M. Aspectos Dinâmicos da Vegetação do Sul do Brasil. In: **Sellowia**, n. 36, p. 5-54, 1984.

KOCH, Z.; CORRÊA, M. C. **Araucária: A Floresta do Brasil Meridional**. Curitiba: Olhar Brasileiro, 2002. 148p.

KOENIG, W. D.; KELLY, D.; SORK, D. V. Dissecting components of population-level variation in seed production and the evolution of masting behavior. In: **Oikos**, n. 102, 581-91, 2003

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479p.

KURASZ, G.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, N. C.; ROSOT, M. A. D. Caracterização do entorno da Reserva Florestal Embrapa/Epagri de Caçador (SC) usando imagem Ikonos. In: **Floresta**, v. 38, p. 641-649, 2008.

LI, C.C. **Population genetics**. 1976. Chicago: University Chicago Press, 366 p.

LINS NETO, E. M. D e F. **Usos tradicionais e manejo incipiente de *Spondias tuberosa* - arruda - no semi-árido do Nordeste do Brasil**. 2008. 100f. Dissertação. (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal de Pernambuco, UFRPE, Recife, 2008.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil**. 1980. 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2006. 316p

MACHADO, F. S. **Manejo de produtos florestais não madeireiros: um manual com sugestões para o manejo participativo em comunidades da Amazônia**. Rio Branco: Frederico Soares Machado, 2008. 106 p.

MANTOVANI, A. **Fenologia reprodutiva e estrutura genética de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. (*Araucariaceae*)**. 2003. 106f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro-SP, 2003.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, L. P. C.; REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: **Revista Brasileira de Botânica**. v. 27, n. 04, 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. Ktze. In: **Journal of Heredity**, v. 97, n. 5, p. 466-472, 2006.

MARQUES, A. C. **Planejamento da paisagem da floresta nacional de Três Barras (Três Barras – SC):** subsídios ao plano de manejo. 2007. 145f. (Mestrado em Geografia) - Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MATTHEWS, J. D. The influence of weather on the frequency of beech mast years in England. In: **Forestry**, n. 28, p. 107–115, 1955.

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

MATTOS, J. R. **O pinheiro brasileiro.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 2011. 700p.

MATTOS, A. G. (b). Caracterização das práticas de manejo e das populações de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) nativa em exploração no planalto norte catarinense. 2011. 178f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

MARQUIS, R. J. Phenological variation in the neotropical understory shrub *Piper arieianum*: causes and consequences. In: **Ecology**, v. 69, n. 5, p. 1552-1565, 1988.

MELHEM, T. S.; CRUZ-BARROS, M. A. V.; Corrêa, A. M. S.; Makino-Watanabe H.; Silvestre-Capelato, M. S. F.; Esteves, V. L. G. Viabilidade polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). In: **Boletim do Instituto de Botânica**, São Paulo, n. 16, p. 86-87, 2003.

MORELLATO, L. P. C. As estações do ano na floresta. In: LEITÃO FILHO, H. F.; MORELLATO, L. P. C. (Orgs.). **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana:** Reserva de Santa Genebra. Campinas: UNICAMP, 1995. p. 187-192.

MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; ROMERA, E. C.; ZIPARRO, V. B. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. In: **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 811-823, 2000.

MORELLATO, L. P. C.; ALBERTI, L. F.; HUDSON, I. L. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. p. 357-371. In: KEATLEY, M.; HUDSON, I. L. (Ed.). **Phenological research: methods for environmental and climate change analysis**. New York, Springer, 2010.

NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK, D.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO, D. J.; LESSA, A. CAVALHEIRO, R. **Relações dendrométricas de *Araucaria angustifolia***. In: Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 30, n. 64, p. 369-374, nov./dez. 2010.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G.; COLWELL, R. K. Diversity of long-term flowering patterns. Chapter 11. In: McDADE, L. A.; BAWA, H. A.; HESPENHEIDE, H. A.; HASTSHORN, G. S. (Ed.). **La selva: Ecology and natural history of a neotropical rain forest**. Chicago: University Chicago Press, 1994. p. 142-160.

NOELLI, F. S. A ocupação humana na região sul do Brasil: Arqueologia, debates e perspectivas. In: **Revista da Universidade de São Paulo**, n. 44, p. 218-169, 2000.

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

NORTON D. A. & KELLY D. Mast seeding over 33 years by *Dacrydium cupressinum* Lamb. (rimu) (Podocarpaceae) in New Zealand: the importance of economics of scale. In: **Funct. Ecol.**, n. 2, 399-408, 1988.

ORELLANA, E.; KOEHLER, A. B. Relações morfométricas de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. In: **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 229-237, abr./jun. 2008.

PAISE, G.; VIEIRA, E. M. Produção de frutos e distribuição espacial de angiospermas com frutos zoocóricos em uma Floresta Ombrófila Mista no Rio Grande do Sul. In: Revista Brasileira de Botânica, n. 28, p. 615-625, 2005.

PALUDO, G.F.; MANTOVANI, A.; REIS, M.S. Regeneração de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Revista Árvore**, v.35,n.5, p.1107 – 1119.2011

PALUDO, G.F.; Estudo populacional de *Araucaria angustifolia* em paisagem de campo e de floresta. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. (em preparação).2012

PATREZE, C. M.; TSAI, S. M. Intrapopulational genetic diversity of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze is different when assessed on the basis of chloroplast or nuclear markers. In: **Plant Syst Evol**, n. 284, p. 111–122, 2010.

PATREZE, C. M. **Análise molecular da diversidade genética em uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Estado de São Paulo**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

PEÑALBA, M.G.; LOZANO, L.; CHAUCHARD, L.; MARESCA, L.; GARCÍA, L.; CARPS, A.; CHÁVEZ, B.; GIMÉNEZ, R.M.; LARA, M.; PASTORE, H.; SANGUINETTI, J. **Producción de semillas de *Araucaria* y su consumo por la fauna y por el hombre en el Parque Nacional Lanín**. Diciembre- 2010. In: Proyecto Pehuén “Producción de semillas de *Araucaria* y su consumo por la fauna y por el hombre en el Parque Nacional Lanín” Síntesis período 2000-2010

PERRY, D. J.; KNOWLES, P. Spatial genetic structure within three sugar maple (*Acer saccharum* Marsh) stands. In: *Heredity*, n. 66, p. 137-142, 1991.

PIRANI, F. R.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. In: **Acta Botânica Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 1096-1109, 2009.

PUCHALSKI, A. **Variações edafoclimáticas e ocorrência natural da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze no Estado de Santa Catarina**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PUCHALSKY, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S. Variação em população naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze associada a condições edafo-climáticas. In: **Scientia Forestalis**, v.70, p.137-148, 2006.

REIS, A.; WIESBAUER, M. B. O uso de sementes na restauração ambiental. In: Higa, A. R.; Silva, L. D. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p. 83-92.

REIS, M. S., C. VIEIRA DA SILVA, A. G. MATTOS, A. ZECHINI, A. MANTOVANI, AND N. PERONI 2012. Landscape management contributing to the conservation of Atlantic forest landscapes in Brazil. In: DE BOEFF, W.; SUBEDI, A.; PERONI N.; THIJSSSEN, M.; O'KEEFFE, E. (Ed.). **Community Biodiversity Management: Promoting Resilience and the Conservation of Plant Genetic Resources**. Routledge (ISBN 978-0415502207) (in press).

REIS, M. S., N. PERONI, A. MARIOT, W. STEENBOCK, S. FILIPPON, C. VIEIRA DA SILVA, A. MANTOVANI. Uso sustentável e domesticação de espécies da Floresta Ombrófila Mista. p. 183 – 214 In: MING, L. C.; AMOROZO, M. C. M., KFFURI, C. W. (Ed.). **Agrobiodiversidade no Brasil: experiências e caminhos da pesquisa**. Recife: NUPPEA, 2010.

REIS, M.S. & LADIO, A. 2012. 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

REIS, M. S. Dinâmica da movimentação dos alelos: subsídios para conservação e manejo de populações naturais em plantas. In: Revista Brasileira de Genética, v. 19, n. 4, p. 37-47, 1996.

REIS, M. S.; MANTOVANI, A.; ZAGO DA SILVA, J.; MARIOT, A.; BITTENCOURT, B.; NAZARENO, A. G.; FERREIRA, S. K.; STEINER, F.; MONTAGNA, T.; SILVA, A. A. L. S.; FERNANDES, C. D.; ALTRAK, G.; FIGUEREDO, L. G. Distribuição da diversidade genética e conservação de espécies arbóreas em remanescentes florestais

de Santa Catarina. In: VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L. de; LINGNER, D. V. (Ed.). **Inventário florístico florestal de Santa Catarina**. v. 1 Blumenau: Edifurb (no prelo), 2012.

REITZ, R.; KLEIN, R. M. **Flora ilustrada catarinense**: araucariáceas. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 63 p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto Madeira de Santa Catarina. In: **Sellowia**, Itajaí, n.28-30, p. 3-320, 1978.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento, 1988. 525p.

RIBEIRO, M. C., METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C., PONZONI, F. J.; HIROTA M. M. How much is left, and how is the remaining forest distributed? implications for conservation. In: **Biol. Cons.**, n. 142, p. 1141-1153, 2009.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. In: **Biological Conservation**, n. 142, 1141-1153, Rio-Grandense de Artes Gráficas, 2009.

ROMAN, M.; BRESSAN, D. A.; DURLO, M. A. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) In: **Arráb. Ex Steud. Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 473-480, out./dez. 2009.

SANTA CATARINA. **LEI Nº 15.457, de 17 de janeiro de 2011**. Regulamenta a colheita do pinhão.

SANTA CATARINA (b). **LEI Nº 15.465, de 20 de abril de 2011**. Estabelece a isenção do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS para operações internas e interestaduais de saída do pinhão em estado natural. 2011.

SALGUEIRO, F.; CARON, H.; SOUZA, M.I.F.; KREMER, A.; MARGIS, R. Characterization of nuclear microsatellite loci South

American Araucariaceae species. In: **Molecular Ecology**, n. 5, p. 256-258, 2005.

SANGUINETTI, J.; KITZBERGER, T. Patterns and mechanisms of masting in the large-seeded southern hemisphere conifer *Araucaria araucana*. In: **Austral Ecol.**, n. 33, p. 78–87, 2008.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; JACON, A. D. Crown area and trunk diameter relationship for tree species at a mixed-araucaria natural forest in the mid-southern parana state, Brazil. In: **Floresta** (UFPR. Impresso), v. 41, p. 63-72, 2011.

SCHIMITZ, P. I. Povos indígenas associados à Floresta com Araucária. p. 45-54. In: FONSECA, C. R.; SOUZA, A. F.; LEAL-ZANCHET, A. N.; DUTRA, T.; BACKES, A.; GANADO, G. (Ed.). **Floresta com Araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável**. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2009. 328p.

SCHMIDT, A. B; CIAMPI, A. Y.; GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. Desenvolvimento e caracterização de marcadores microssatélites (SSRs) para *Araucaria angustifolia* (Bert.), O. Kuntze. In: **Molecular Ecology Notes**, n. 7, p. 340–342, 2007.

SHIMIZU, J. Y.; OLIVEIRA, Y. M. M. **Distribuição e usos dos recursos genéticos da araucária no sul do Brasil**. Curitiba. EMBRAPA – URPFSC. 9p. 1981

SHIMIZU, J. Y.; HIGA, A. R. Variação genética entre procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. na região de Itapeva, SP, estimada até o 6º ano de idade. In: **IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA**, Forestry problems of the genus *Araucaria*, Curitiba, 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. In: **Bol. Pesq. Fl.**, n. 41, p. 18-36, 2000.

SHIMOYA, C. Contribuição ao estudo do ciclo biológico de *Araucaria angustifolia* (Bertolini) O. Ktze. In: **Experientie**, v. 2, n. 2, p. 519-540, 1962.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica:** para ciências do comportamento. São Paulo: Makron, 1975.

SILVA, J.A.; SALOMÃO, A.N., GRIPP, A. & LEITE, E.J. Phytosociological survey in Brazilian forest genetic reserve of Caçador. **Plant Ecol.** 133:1-11. 1997.

SILVA, J. Z. **Fundamentos da produção e consumo de frutos em populações naturais de *Euterpe edulis* Martius.** 2011. 262f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina. 2011.

SILVERTOWN, J. The evolutionary ecology of the mast seeding in trees. In: **Biol. J. Linn. Soc.**, n. 14, p.235–50, 1980.

SIMÕES, L.& C.F. LINO. **Sustentável Mata Atlântica: A Exploração de seus Recursos Florestais.** São Paulo: Editora SENAC. 215p.2002.

SOLÓRZANO-FILHO, J. A. **Demografia, fenologia e ecologia da dispersão de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze (*Araucariaceae*), numa população relictual em Campos do Jordão.** 2001. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SMITH-RAMÍREZ, C.; ARMESTO, J. J. Flowering and fruiting patterns in the temperate rainforest of Chiloé-Chile – ecologies and climatic constraints. In: **Journal of Ecology**, n. 82, p. 353-365, 1994.

SOUSA VA AND HATTEMER HH.. Pollen dispersal and gene flow by pollen in *Araucaria angustifolia*. **Aust J Bot.**51: 309–317 .2003

SOUZA AF, DE MATOS DU, FORGIARINI C, MARTINEZ J. Seed crop size variation in the dominant South American conifer *Araucaria angustifolia*. **Acta Oecol.** 36:126–134. 2010

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

STEFENON, V. M.; GAILING, O.; FINKELDEY, R. Genetic structure of *Araucaria angustifolia* (*Araucariaceae*) populations in Brazil: implications for the in situ conservation of genetics resources. In: **Plant Biology**, n. 9, p. 516–525, 2007.

STEFENON, V. M.; STEINER, N.; GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. Integrating approaches towards the conservation of forest genetic resources: a case study of *Araucaria angustifolia*. In: **Biodivers Conserv**, n. 18, 2433–2448, 2009.

STEPHENSON, A. G. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. In: **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 12, p. 253-279, 1981.

SUJII, P. S.; AZEVEDO, V.C. R.; INGLIS, P.W.; CIAMPI, A.Y. Diversidade genética de *Araucaria angustifolia* de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. In: Resumos do 54º Congresso Brasileiro de Genética, Salvador, Bahia, 2008.

TONINI, H.; ARCO-VERDE M. F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. In: **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 633-638, 2005.

TONINI, H.; KAMINSKI, P. E.; COSTA, P. da. Relação da produção de sementes de castanha-do-brasil com características morfométricas da copa e índices de competição. In: **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1509-1516, nov. 2008.

VIBRANS, A.C.; SEVEGNANI L.; UHLMANN, A.; SCHORN, L. A.; SOBRAL, M.G.; GASPER, A. L.; LINGNER, D. V.; BROGNI, E.; KLEMZ, G.; GODOY, M. B.; VERDI, M. Structure of mixed ombrophylous forests with *Araucaria angustifolia* (*Araucariaceae*) under external stress in Southern Brazil. In: **Rev. Biol. Trop.**, v. 59, n. 3, p. 1371-1387, 2011.

VIBRANS, A. C.; MCROBERTS, R. E.; MOSER, P.; NICOLETTI, A. How much remains of the Brazilian Atlantic forest in the state of Santa Catarina? Assessing the accuracy of forest cover maps using ground data from the Santa Catarina Forest and Floristic Inventory .In: **Remote Sensing of Environment**, (submetido), 2012.

VIEIRA DA SILVA, C. **Aspectos da obtenção e comercialização de pinhão na região de Caçador, SC.** 2006. 111f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

VIEIRA, E. M.; IOB, G. Dispersão e predação de sementes de *Araucaria angustifolia*. In: FONSECA, C. R. et al. (Ed.). **Floresta com Araucária: ecologia, conservação de desenvolvimento sustentável.** Ribeirão Preto: Holos, 2009. p.85-95.

VIEIRA-DA-SILVA, C. REIS, M. S. Produção de Pinhão na Região de Caçador, SC: aspectos da obtenção e sua importância para comunidades locais. In: **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 363-374, out.-dez. 2009.

VOLKART, C.M. Determinación de la relación diámetro copa: diámetro tronco en *Araucaria angustifolia* y *Pinus elliottii* en la Provincia de Misiones. In: I CONGRESO FORESTAL ARGENTINO, Buenos Aires, **Atas**. p. 231-237, 1969.

WEIR, B. S.; COCKERHAM, C. C. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. In: **Evolution**, n. 38, p. 1358-1370, 1984

WOLFF, J. O. **Population fluctuations of mast-eating rodents are correlated with production of acorns.** In: Journal of Mammalogy 772350-856. 1996.

WRIGHT, S. The genetical structure of populations. In: **Annals of Eugenics**, n. 15, 395-420, 1951.

WRIGHT, S. J. Seasonal drought and the phenology of understory shrubs in a Tropical Moist Forest. In: **Ecology**, n. 72, p. 1643-1657, 1991.

YASAKA, M.; TAKIYA, M.; WATANABE, I.; OONO, Y.; MIZUI, N.; Variation in seed production among years and among individuals in 11 broadleaf tree species in northern Japan. **J For Res.**v.13, p.83-88.2008

ZANON, M. L. B. **Crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze diferenciado por dióica.** 2007. 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis.** 5. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2010.

ZECHINI, A. A.; SCHUSSLER, G.; CRISTOFOLINI, C.; BITTENCOURT, R.; MONTAGNA, T.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S. Geographic distribution of genetic diversity of *Araucaria angustifolia* populations in Santa Catarina State: conservation perspectives to a threatened specie from Atlantic Rainforest. In: 57° CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, **Resumo**, 2011.

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. In: **Biodiversidade Brasileira** (submetido).