

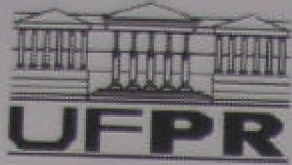
JUSTINA INÊS ANSELMINI

**FENOLOGIA REPRODUTIVA DA *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE, NA
REGIÃO DE CURITIBA – PR**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Zanette

**CURITIBA
2005**



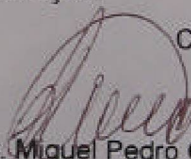
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

PARECER

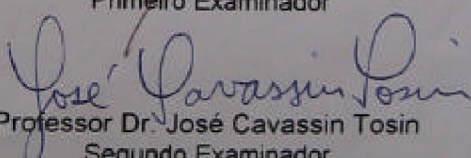
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO, apresentada pela candidata **JUSTINA INÊS ANSELMINI**, sob o título "**FENOLOGIA REPRODUTIVA DA *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE, NA REGIÃO DE CURITIBA-PR**", para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação.

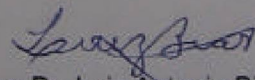
Curitiba, 16 de Fevereiro de 2005.




Professor Dr. Miguel Pedro Guerra
Primeiro Examinador



Professor Dr. José Cavassin Tosin
Segundo Examinador



Professor Dr. Luiz Antonio Biasi
Terceiro Examinador



Professor Dr. Flávio Zanette
Presidente da Banca e Orientador

**Aos meus pais, Arlindo e Inês, pelo
constante exemplo dado aos seus filhos.
Com amor dedico.**

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Flávio Zanette pela orientação, incentivo e principalmente pela oportunidade de realizar este trabalho.

À UFPR e ao Programa de Pós-Graduação – Produção Vegetal pela oportunidade de desenvolver este trabalho. À CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

À Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL), por ceder o caminhão equipado com plataforma elevatória, equipamento fundamental para a realização deste trabalho.

À colega Lizane Souza pelo auxílio na elaboração do projeto e pelos ensinamentos prestados no Laboratório de Micropropagação.

À Ângela, pelo auxílio no resumo em inglês.

À Professora Cleuza Bona e ao laboratorista Nilson Belém Filho pelos auxílios na confecção das lâminas histológicas.

À Célia, Lucimara, Lurdinha, Maria Emília e José Carlos, funcionários da UFPR, pelas colaborações.

Aos meus “maninhos”, Sandra Cabel e Tássio D. Rech, à colega e amiga, Regina Caetano Quisen, pelos conselhos, sugestões e correções do trabalho. E principalmente pelos momentos de descontração e lazer.

Às amigas Andréa Sanches e Ade P. Rodrigues, por tornarem a minha adaptação à cidade muito mais alegre e tranquila.

À família de Eraci e Ezequiel Corrêa de Carvalho, pelo acolhimento e auxílios prestados no início desta caminhada.

Às amigas Mariza Carvalho, Cláudia Cruz, Mara Sheren e Miriam Roman, pelo carinho dispensado a tantos anos e pelo exemplo de luta, dedicação e superação.

Ao Domingos, pelo apoio, carinho e principalmente pela infinita paciência e compreensão dispensados nestes dois anos.

Aos meus irmãos Lauri, Reni e Valmir, às minhas madrinhas Jurema Dassi e Alice Bazzi e à minha “irmã” Gracieli, pela dedicação e constante incentivo durante a minha graduação e na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	02
2.1 Descrição da espécie e classificação botânica	02
2.2 Distribuição geográfica	04
2.3 Características morfológicas	05
2.4 Importância ecológica	07
2.5 Importância econômica	08
2.6 Propagação	10
2.6.1 Propagação natural da <i>Araucaria angustifolia</i>	10
2.6.2 Propagação vegetativa da <i>Araucaria angustifolia</i>	11
2.7 Melhoramento genético da <i>Araucaria angustifolia</i>	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Biologia reprodutiva	14
3.1.1 Aspectos anatômicos	16
3.1.2 Avaliação de pinhas e pinhões	17
3.1.3 Avaliação de germinação	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 Ciclo e desenvolvimento do androstróbilo	19
4.2 Ciclo e desenvolvimento do ginostrobilo	24
4.2.1 Formação do ginostrobilo	24
4.2.2 Evolução fenológica do ginostrobilo	30
4.2.3 Localização dos ginostrobilos nos ramos	36
4.2.4 Avaliação da germinação	39
4.2.5 Curva de crescimento das pinhas	41
4.2.6 Representação esquemática do ciclo do ginostrobilo	44
4.2.7 Ilustração comparativa do ciclo do ginostrobilo e do androstróbilo	44
5 CONCLUSÕES	45
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS	46
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS	51

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 01 Distribuição dos últimos remanescentes da Floresta com Araucária, no Estado do Paraná, a linha em verde indica a área original de ocorrência da araucária. Fonte: PROBIO, Fupel-UFPR, 2001. **10**
- FIGURA 02 **A)** Caminhão equipado com plataforma elevatória da COPEL, utilizado para as coletas e medições; **B)** Avaliação do crescimento das pinhas através das medidas do comprimento e do diâmetro. **15**
- FIGURA 03 **A)** Androstróbilo de *Araucaria angustifolia* em dezembro com cerca de 0,4 mm de comprimento, fotografia em microscópio estereoscópico, com aumento de 40X; **B)** Androstróbilo em janeiro com cerca de 1 cm de comprimento. **20**
- FIGURA 04 **A e B)** Androstróbilos de *Araucaria angustifolia*, mostrando o ângulo de inserção no ramo, em detalhe o pedúnculo e a coroa de acículas na base do androstróbilo. **21**
- FIGURA 05 **A)** Androstróbilo de *Araucaria angustifolia* inserido em ramo secundário, em maio; **B)** Androstróbilo no final do ciclo, no mês de outubro, com cerca de 10 cm de comprimento. **21**
- FIGURA 06 Fotografia de um microesporófilo de *Araucaria angustifolia*, em maio. **a)** microesporângios (100X). **22**
- FIGURA 07 **A e B)** Androstróbilos de *Araucaria angustifolia* em diferentes estágios de maturação; **(a)** androstróbilo dia 14/09/2004, com a coloração amarelada que indica o início da maturação; **(b)** androstróbilo já em fase de liberação de pólen, com a coloração marron; **(c)** androstróbilos no final da fase de liberação do pólen, em outubro, com acentuada curvatura do eixo longitudinal. **23**
- FIGURA 08 **A)** Diferenciação do verticilo reprodutivo em dezembro, com dois ramos reprodutivos; **B)** verticilo reprodutivo formado, com um ramo reprodutivo, em janeiro. **25**
- FIGURA 09 **A)** Verticilo reprodutivo com três ginostróbilos, na mesma altura de inserção no ramo primário; **B)** verticilos reprodutivos sucessivos, com ginostróbilos no mesmo estágio de desenvolvimento. **25**
- FIGURA 10 **A)** Ápice meristemático reprodutivo e **B)** ápice meristemático vegetativo de *Araucaria angustifolia* (20X). **26**
- FIGURA 11 Ápice meristemático vegetativo de *Araucaria angustifolia*, em novembro; **(a)** primórdios foliares (100X). **27**

FIGURA 12	Ginostróbilo no início do desenvolvimento; (a) formação das folhas modificadas, em janeiro (100X).	27
FIGURA 13	Ginostróbilo em março; (a) folhas modificadas formadas; (b) início da formação da escama seminífera na base das folhas modificadas (100X).	28
FIGURA 14	A) Ginostróbilo de <i>Araucaria angustifolia</i> em junho, visualização de centenas de folhas modificadas após a retirada das folhas terminais do ramo; B) fotografia em lupa (40X), das folhas modificadas do ginostróbilo.	29
FIGURA 15	Diferentes estádios de desenvolvimento do ginostróbilo no mesmo ramo.	31
FIGURA 16	Evolução fenológica do ginostróbilo; A) botão reprodutivo fechado, com formação da coroa de acículas; B) início da abertura do botão, em agosto; C) botão aberto; D) ginostróbilo exposto no período de polinização.	32
FIGURA 17	Evolução fenológica do ginostróbilo (continuação); E) ginostróbilo em crescimento após a polinização, em janeiro; F) pinhas iniciando a maturação dos pinhões, em maio; G) período de queda dos pinhões, em junho; H) fase final do ciclo do ginostróbilo, restante apenas o eixo preso ao caule.	34
FIGURA 18	Ginostróbilos não polinizados de <i>Araucaria angustifolia</i> .	35
FIGURA 19	Ginostróbilos necrosados de <i>Araucaria angustifolia</i> .	36
FIGURA 20	A, B, C, D) Ramos de <i>Araucaria angustifolia</i> com pinhas em diferentes posições de inserção; (a) pinhas nos ramos primários; (b) pinhas nos ramos secundários.	37
FIGURA 21	Pinhas maduras de <i>Araucaria angustifolia</i> . (a) pinha de ramo secundário; (b) pinha de ramo primário; (c) pinhões de pinhas de ramos primários e (d) pinhões de pinhas de ramos secundários.	39
FIGURA 22	Curva de crescimento das pinhas de ramos primários de <i>Araucaria angustifolia</i> , nos anos de 2003 a 2005, em Curitiba – PR.	42
FIGURA 23	Curva de crescimento das pinhas de ramos secundários de <i>Araucaria angustifolia</i> , nos anos de 2003 a 2005, em Curitiba – PR.	42

LISTA DE TABELAS

TABELA 01	DAP, altura e época de maturação dos pinhões das plantas pesquisadas e situadas no Campus do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, em Curitiba – PR.	14
TABELA 02	Comprimento e massa de pinhões de <i>Araucaria angustifolia</i> , de pinhas de ramos primários e secundários.	17
TABELA 03	Diâmetro médio das pinhas, em três plantas de <i>Araucaria angustifolia</i> , situadas no Setor de Ciências Agrárias, Curitiba – PR.	38
TABELA 04	Comprimento médio das pinhas e número de pinhões por pinha, em três plantas de <i>Araucaria angustifolia</i> , situadas no Setor de Ciências Agrárias, Curitiba – PR.	38
TABELA 05	Porcentagem de germinação de pinhões de pinhas de ramos primários e secundários de <i>Araucaria angustifolia</i> , com 3 tamanhos de sementes.	40
TABELA 06	Diâmetro médio em mm de pinhas de ramos primários e de ramos secundários de <i>Araucaria angustifolia</i> , em Curitiba – PR, nos anos de 2003 a 2005.	43
TABELA 07	Comprimento médio em mm de pinhas de ramos primários e de ramos secundários de <i>Araucaria angustifolia</i> , em Curitiba – PR, nos anos de 2003 a 2005.	43

RESUMO

FENOLOGIA REPRODUTIVA DA *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE, NA REGIÃO DE CURITIBA – PR.

O presente trabalho teve por objetivo descrever morfológicamente e cronologicamente aspectos da biologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia*, visando subsidiar futuras pesquisas para aumento na produção de pinhões e melhoramento genético da espécie. As plantas adultas pesquisadas, masculinas e femininas, situam-se no Setor de Ciências Agrárias da UFPR, em Curitiba – PR. Para a descrição da biologia reprodutiva, foram realizadas coletas e medições de ginostrobilos e androstróbilos, e de pinhas maduras, nos anos de 2003 a 2005. As estruturas reprodutivas foram fotografadas *in situ* e em laboratório com auxílio de microscópio estereoscópico, em diferentes estádios de desenvolvimento. O diâmetro e o comprimento de pinhas foi medido em 13 datas durante os dois anos, para avaliação da taxa de crescimento. Para as condições ambientais de Curitiba, a polinização da *A. angustifolia*, ocorre nos meses de setembro e outubro. No ciclo do androstróbilo da *A. angustifolia*, a formação inicia em novembro, e a dispersão do pólen ocorre em setembro e outubro, num ciclo de 10 a 11 meses. A formação do ginostrobilo da *A. angustifolia* inicia em novembro, a polinização ocorre em setembro e outubro do ano seguinte, e a maturação dos pinhões 20 meses mais tarde de abril a setembro, num ciclo de 29 a 34 meses. As pinhas localizadas nos ramos secundários são menores e mais arredondadas que as pinhas de ramos primários. O tamanho dos pinhões não interfere na porcentagem de germinação. Há dois picos de crescimento das pinhas, um de setembro a janeiro logo após a polinização, e outro de agosto a fevereiro do ano seguinte.

Palavras-chave: araucária, estróbilos, polinização.

ABSTRACT

REPRODUCTIVE PHENOLOGY OF THE *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE, IN REGION OF CURITIBA – PR.

The objective of this work was to describe morphologically and chronologically aspects of the reproductive biology of the *Araucaria angustifolia*, aiming to support future research on production increase of pine nuts and genetic improvement of the species. Male and female adult plants were evaluated. All individuals were found at the Sector of Agrarian Sciences of the UFPR, in Curitiba - PR. Collections and measurements of ginostrobili and androstrobili, and mature pine cones were made in 2003 and 2005 to describe the reproductive phenology of *A. angustifolia*. The reproductive structures were photographed *in situ* and in the laboratory under a microscope, at different periods of development. The diameter and the length of the pine cones were measured in 13 different times in both years to estimate their growth rate. In the environmental conditions of Curitiba, the pollination of the *A. angustifolia* occurs in September and October. The androstrobilus formation begins in November, and the pollen dispersion occurs in September and October in a cycle of 10 to 11 months. The ginostrobilus formation occurs in November; its polinization is in September and October of the following year and the pine nuts are mature 20 months later, from April until September, in a cycle of 29 to 34 months. The pine cones of the secondary branches are smaller and more rounded than the pine cones of the primary branches. The size of the pine nuts does not affect their germination rate. Maximum pine cone growth is achieved during two periods, e from September to January, after polinization, and from August to February of the following year.

Key-words: parana-pine, strobili, pollination.

1 INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* é a gimnosperma nativa de maior importância econômica e biológica do Brasil. Sua presença caracteriza a Floresta com Araucária, que ocupava principalmente os Estados do sul, estendendo-se por São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, e países vizinhos, como a Argentina e Paraguai.

A araucária possui características próprias, tronco reto e ramos dispostos em forma de candelabro, quando adulta. A planta é dióica, sendo que o pólen é levado pelo vento dos estróbilos masculinos (androstróbilos), até os estróbilos femininos (ginostrobilos). Suas sementes, os pinhões, são fonte de amido e proteínas na alimentação humana, de animais domésticos e silvestres.

A intensa exploração da Floresta com Araucária resultou no primeiro ciclo econômico do sul do Brasil, que reduziu drasticamente a área ocupada por este bioma. Nos Estados da região Sul resta apenas de 1 a 2% das suas áreas originais e são de extrema importância ambiental e científica, pois representam os últimos remanescentes da biodiversidade deste bioma.

A araucária naturalmente propaga-se pelas sementes. Estudos demonstraram que sua propagação vegetativa também é viável, podendo auxiliar programas de reflorestamento. A ausência, no entanto, de dados mais precisos sobre sua propagação natural, período de polinização e etapas do desenvolvimento das estruturas reprodutivas, compromete pesquisas de melhoramento genético da espécie.

A legislação atual impede a exploração tradicionalmente extrativista da araucária, seja pelo corte para fornecimento da madeira ou pela retirada de pinhões de áreas nativas de araucária. A exploração dos pinhões a partir de plantios comerciais pode servir de estímulo para plantio de novas áreas e se constitui em uma alternativa para agricultores que possuem áreas plantadas com araucária e que agora estão impedidos de explorar a sua madeira.

O objetivo deste trabalho foi descrever morfológicamente e cronologicamente aspectos da biologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia*, visando subsidiar futuras pesquisas para aumento na produção de pinhões e melhoramento genético da espécie.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Descrição da espécie e classificação botânica

A *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze, também conhecida como pinheiro-do-paraná, pinheiro brasileiro, pinho, pinho-do-paraná, pinheiro ou simplesmente araucária, é a única espécie do gênero de ocorrência natural no Brasil (Reitz *et al.*, 1979; Shimizu e Oliveira, 1981; Carvalho, 1994).

A araucária foi descrita cientificamente pelo naturalista europeu Antonio Bertoloni, em 1820, a partir da coleta de um exemplar plantado no Morro do Corcovado, Rio de Janeiro, que a princípio a denominou *Columbea angustifolia*. Depois por afinidade à *Araucaria araucana*, nativa do Chile, passou à *Araucaria angustifolia* (Mattos, 1972; Vidakovic, 1991; Koch e Corrêa, 2002).

A *Araucaria angustifolia* possui a seguinte classificação científica: divisão Gymnospermae, classe Coniferopsida, ordem Coniferae, família Araucariaceae, gênero *Araucaria*, espécie *angustifolia* (Joly, 1983).

A divisão Gymnospermae compreende plantas lenhosas caulescentes, que formam sementes nuas, não encerradas em ovários. O microsporângio contém numerosos micrósporos, que são dispersos pelo vento e parte destes atingem a micrópila do óvulo. A polinização precede, em meses, a fecundação. A germinação do micrósporo ocorre somente após a maturação do óvulo (Joly, 1983).

A classe Coniferopsida, ordem Coniferae, possui alguns gêneros amplamente distribuídos, com mais de quinhentas espécies conhecidas, com destaque para as grandes florestas de *Pinus* da região norte dos Estados Unidos, bem como as de pinheiro-do-Paraná nos Estados do Sul do Brasil. Isso demonstra a adaptação das coníferas a diversos ambientes. As coníferas são vegetais de grande importância econômica, pois são fonte de madeira e outros produtos, como celulose e resinas, além das espécies utilizadas como plantas ornamentais (Buffaloe, 1974; Pearson, 1995). Predominantemente monóicas, as coníferas produzem dois tipos de estróbilos ou cones: o microesporângio, responsável pela produção do pólen, e o megaesporângio, que contém os óvulos para a formação das sementes. No entanto, para a família Araucariaceae, a condição predominante é a dióica com a produção do microesporângio (androstróbilo) e megaesporângio (ginostrobilo) em plantas separadas (Gifford e Foster, 1989). De acordo com Kearns e Inouye (1993), os grãos de pólen das coníferas possuem duas

camadas: a exina e a intina, e o número de células presentes no pólen varia conforme o gênero. Todas as coníferas têm polinização anemófila.

A família Araucariaceae contém plantas arbóreas de grande porte, com folhas pequenas, alternas, em geral densamente dispostas, e em certos casos imbricadas. As plantas femininas apresentam folhas modificadas em grandes e densos estróbilos com mais de duas centenas de unidades. O óvulo nasce na axila, protegido por uma folha modificada estéril, a escama de cobertura, que acaba envolvendo e encerrando o óvulo fecundado, fazendo com que o cone maduro contenha muitas unidades isoladas, chamadas pinhões. As plantas masculinas possuem estróbilos longos, onde cada microsporófilo contém oito microsporângios alongados (Joly, 1983; Maas e Westra, 1998). Segundo Weberling e Schwantes (1986), as espécies da família Araucariaceae apresentam escamas seminíferas com um só primórdio seminal, acículas e um xilema secundário de estrutura primitiva. O pólen das Araucariaceae é grande, esférico, com um diâmetro de aproximadamente 79 μm (Melhem *et al.*, 2003).

Ainda conforme Joly (1983) e Koch e Corrêa (2002), a família Araucariaceae é exclusiva do Hemisfério Sul e evoluiu na Era Mesozóica durante os períodos Jurássico e Cretáceo, há cerca de 250 milhões de anos. Acredita-se que existam cerca de 30 espécies do gênero *Araucaria*, sendo que dessas apenas duas ocorrem na América do Sul: a *Araucaria araucana* (Mol.) C. Koch, conhecida como araucaria-do-chile, no sul do Chile e Argentina, e a *Araucaria angustifolia* presente no sul e sudeste do Brasil, no território de Misiones na Argentina e no Paraguai. As demais espécies são encontradas na área do Pacífico Meridional, na Austrália, Papua Nova Guiné, Nova Caledônia e Ilha Norfolk.

Segundo Hertel (1980), a origem e alguns aspectos morfológicos da *Araucaria angustifolia* são contraditórios, admitindo-se uma origem comum à das Lycopodiales. O autor evidencia a necessidade de maiores estudos, para uma classificação mais adequada da espécie.

São descritas nove variedades, cujas diferenças baseiam-se na coloração e época de amadurecimento dos pinhões, e em alguns casos na forma dos seus ramos e folhas. *A. angustifolia* var. *sancti-josephi* Reitz & Klein, conhecido como pinheiro-são-josé, é o primeiro a ter suas sementes maduras, de fevereiro a março. *A. angustifolia* var. *alba* Reitz & Klein, cujo nome vulgar é pinheiro-branco, apresenta pinhões brancos, que quando secos tornam-se amarelados. *A. angustifolia* var. *angustifolia* (Bertol.) Kuntze, possui pinhões vermelhos que amadurecem de abril a maio. *A. angustifolia* var. *indehiscens* Mattos, conhecido como pinheiro-macaco, mantém suas sementes presas aos ramos mesmo após o amadurecimento dos

pinhões, o que ocorre de setembro até janeiro. *A. angustifolia* var. *nigra* Reitz & Klein, o comum pinheiro-preto, é devido aos seus pinhões de coloração vermelho-escuro, quase pretos. *A. angustifolia* var. *caiova* Reitz & Klein, conhecido como pinheiro-caiova, tem seus pinhões maduros entre junho e julho. *A. angustifolia* var. *estriata* Reitz & Klein, corresponde ao pinheiro-rajado por apresentar pinhões vermelhos com listras vermelho-escuras. *A. angustifolia* var. *semi-alba* Reitz & Klein, ou pinheiro-de-ponta-branca, apresenta pinhões a princípio com a ponta branca, que depois tornam-se totalmente vermelhos. *A. angustifolia* var. *elegans* (Hort.) Reitz & Klein, ou pinheiro-elegante, devido aos ramos delgados e numerosos, com folhas menores e mais densas (Carvalho, 1994; Koch e Corrêa, 2002).

Alguns pesquisadores afirmam existir até 16 variedades de *Araucaria angustifolia*, sendo que estes dados ainda não foram citados em literatura. Outros, no entanto, discordam da definição de variedades e destacam que estas diferenças entre caracteres como coloração dos pinhões e época de maturação dos pinhões são apenas diferenças populacionais, resultantes da intensa fragmentação da Floresta com Araucária e conseqüente ausência de troca de material genético entre as populações.

A variabilidade genética das populações de *Araucaria angustifolia*, conforme Sousa (2000), é considerada baixa dentro das populações.

2.2 Distribuição geográfica.

Das espécies de Araucariaceae citadas no item anterior, a *Araucaria angustifolia* é a que apresenta maior distribuição geográfica, isso se deve a sua diferenciação em variedades (Koch e Corrêa, 2002).

Segundo Machado e Siqueira (1980) e Carvalho (1994), a distribuição da *Araucaria angustifolia* no Brasil, em sua ocorrência natural, situa-se de maneira geral entre os paralelos 19° 15' e 31° 30' de latitude sul entre os meridianos 41° 20' e 54° de longitude oeste de Greenwich, indo desde o oeste do Estado de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul. Porém as maiores concentrações desta espécie encontram-se nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em São Paulo, a presença do pinheiro em sua forma primitiva é diminuta. Em Minas Gerais restringe-se a pequenos capões e árvores isoladas. A área que esta espécie ocupava primitivamente era de 73.780 Km² no Paraná, 56.693 Km² em Santa Catarina, 46.483 Km² no Rio Grande do Sul e 5.340 Km² em São Paulo. Até o início do século XX, a araucária dominava as paisagens do Sul do Brasil, onde cobria boa parte do planalto meridional. Era

considerada o principal elemento que compunha a Floresta Ombrófila Mista, que ocupava uma extensão de cerca de 200.000 Km². No Estado do Paraná, a Floresta com Araucária cobria 40% da sua superfície, em Santa Catarina, 30%, e 25% do território no Rio Grande do Sul. No sudeste brasileiro chegou a ocupar 3% do Estado de São Paulo, 1% no Rio de Janeiro e 1% de Minas Gerais. Normalmente encontrada nas regiões serranas e planaltos, em altitudes que variam de 500 a 1500 metros, podendo chegar até 2300 metros acima do nível do mar (Koch e Corrêa, 2002).

Na sua área de ocorrência, o regime de chuvas é uniforme, sendo concentradas no verão, e com reduzido período seco no inverno, com temperaturas médias entre 11,5 a 21°C, em climas preferenciais: cfa, sub-tropical (verão quente), cfb sub-tropical (verão ameno), cwb clima subtropical (inverno seco e verão ameno), segundo classificação de Koppen (Carvalho, 1994).

Conforme Behling (1997), a migração da araucária para a região dos Campos Gerais, no Estado do Paraná, ocorreu provavelmente durante o Holoceno, sofrendo forte influência do fogo e dos períodos secos anuais. Entretanto, houve uma marcante expansão da Floresta com Araucária nos últimos 1500 anos devido à alta precipitação pluviométrica e menor frequência de incêndios naturais.

2.3 Características morfológicas

A *Araucaria angustifolia* é uma árvore com copa de formato peculiar, de grande porte, que pode atingir de 20 a 25 metros de altura e com seu tronco geralmente cilíndrico, reto, raras vezes ramificado, casca grossa e resinosa. As árvores adultas apresentam seus ramos dispostos em 8 a 15 verticilos, havendo queda contínua dos ramos basais. Cada verticilo possui de 6 a 10 ramos. O afastamento dos verticilos se reduz gradativamente até o ápice, restando, nas árvores velhas, uma umbela terminal, também chamado de candelabro. As árvores jovens possuem copa cônica. Os ramos primários são cilíndricos, curvados para cima, e os ramos secundários, também conhecidos por grimpas, altemos, agrupados no ápice dos ramos primários. As folhas possuem de três a seis centímetros de comprimento, são simples, imbricadas, coriáceas, sésseis, lanceoladas, agudíssimo-pungentes de coloração verde-escuro, que gerou a denominação “mata preta” para a Floresta com Araucária no Estado de Santa Catarina (Reitz *et al*, 1979; Lorenzi, 1992; Carvalho, 1994). A idade da araucária é calculada com base nos anéis de crescimento que são formados no tronco, podendo viver cerca de 200 a 300 anos (Carvalho, 1994).

A araucária é uma planta dióica, com árvores masculinas e femininas distintas, a descrição de alguns exemplares monóicos foi feita por Reitz *et al.* (1979), que concluíram que este fato devia-se a traumas de cortes e doenças.

Shimoya (1962), para definir a estrutura reprodutiva feminina na *Araucaria angustifolia* sugeriu a utilização de carpelo ao em vez de amentilho. No entanto, Solórzano-Filho (2001), definiu o estróbilo masculino como androstróbilo, e conseqüentemente o estróbilo feminino como ginostrobilo.

As inflorescências desenvolvem-se na extremidade dos ramos na planta adulta, sendo que o ginostrobilo é composto por numerosas folhas carpelares (megaesporófilo) inseridas ao redor de um eixo cônico comum, conhecido popularmente por pinha. Os androstróbilos são estróbilos de menor desenvolvimento, conhecidos como mingotes, possuem em torno de um eixo alongado comum numerosas escamas, e em seu interior diversos sacos polínicos, onde se desenvolvem os grãos de pólen (Mattos, 1972; Ferri, 1983).

Segundo Solórzano-Filho (2001), os indivíduos de ambos os sexos produzem novos estróbilos anualmente. Nos indivíduos masculinos, todos os androstróbilos encontram-se no mesmo estágio de desenvolvimento, e secam antes de iniciar a formação das novas estruturas. 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. Desta forma nota-se que nos indivíduos masculinos há ausência de estruturas reprodutivas por um pequeno período do ano. Os androstróbilos se desenvolvem em posição lateral nos ramos próximos ao ápice.

Quando ainda imaturo, o androstróbilo apresenta seu eixo longitudinal reto e sua coloração é verde. Ao amadurecer, sua coloração passa a ser amarelada e posteriormente castanha. O seu eixo começa a curvar-se, e esta curvatura vai progredindo até sua total secagem. Quando amadurecem, os grãos de pólen são liberados e transportados pelo vento (Mattos, 1972 e Solórzano-Filho, 2001).

Nos indivíduos femininos, os ginostróbilos 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 estágios de desenvolvimento. O seu ciclo de desenvolvimento demora cerca de 4 anos (Shimoya, 1962; Solórzano-Filho, 2001). Para as condições de Viçosa, a maturação dos ginostróbilos 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). 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.

A polinização da *Araucaria angustifolia* é anemófila, e no sul do Brasil, ocorre nos meses de agosto a outubro, e de outubro a dezembro em Minas Gerais (Solórzano-Filho, 2001; Koch e Corrêa, 2002). Conforme Sousa e 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. Esse fato associado à intensa fragmentação das matas remanescentes de araucária gera barreiras para o fluxo gênico. A utilização de marcadores moleculares pode auxiliar na determinação real da distância atingida pelo pólen de araucária (Sousa e Hattemer, 2003).

2.4 Importância ecológica.

A araucária se apresenta como uma espécie pioneira, sendo própria para reflorestamentos em campo aberto (Reitz *et al.*, 1979, Carvalho, 1994). Segundo Carvalho (1994), solos que apresentam um horizonte A bem desenvolvido, com disponibilidade de cálcio e magnésio, porosos, bem drenados, textura franca e argilosa, profundos, representam as condições ideais para esta espécie.

Junto aos capões, ou permeando a Floresta com Araucária, existem muitas espécies arbóreas associadas, principalmente das famílias Myrtaceae e Lauraceae. Dentre estas, destacam-se a erva-mate (*Ilex paraguariensis*), a imbuia (*Ocotea porosa*), e outras como o ipê (*Tabebuia alba*), cedro (*Cedrela fissilis*), pitangueira (*Eugenia uniflora*), pinheiro-bravo (*Podocarpus lambertii*) (Koch e Corrêa, 2002).

Conforme Koch e Corrêa (2002), a Floresta com Araucária abriga uma enorme diversidade de animais, desde grandes mamíferos, como a onça pintada (*Phantera onca*) e a anta (*Tapirus terrestris*), até os menores invertebrados. Um dado importante é a quantidade de aves presentes na Floresta com Araucária, com cerca de 250 espécies identificadas, que representam 15% do total brasileiro.

Devido a maturação dos pinhões ocorrer no inverno, período conhecido pela escassez de alimento, um fato curioso é observado com os animais, que chegam a ganhar peso e até mesmo iniciar o ciclo reprodutivo. Graças ao amido, componente energético do pinhão. Animais como: queixadas (*Tayassu pecari*), anta (*Tapirus terrestris*), pacas (*Agouti paca*), cutias (*Dasyprocta azarae*), bugios (*Alouatta fusca*), serelepes (*Sciurus ingrami*), papagaios (*Amazona sp.*) e gralhas (*Cyanocorax sp.*), são alguns dos animais que utilizam o pinhão como fonte de alimento (Koch e Corrêa, 2002).

2.5 Importância econômica

O pinhão como fonte alimentar serve tanto aos animais silvestres e domésticos, quanto ao homem, sendo uma rica fonte de energia, com 54,7% de amido, além de 5,1% de proteínas (Carvalho, 1994; Solórzano-Filho, 2001; Fernandez, 2002).

A madeira serrada e laminada proveniente da *Araucaria angustifolia* foi por um longo período, um dos produtos mais importantes na exportação brasileira. Pela sua alta qualidade, coloração amarelada, macia, leve e lisa, era utilizada para construções em geral, trabalhos de caixaria, fabricação de móveis, laminados, polpa de celulose, palitos de fósforo, lápis e outros. A madeira é composta de 58,3% de celulose de fibra longa e 28,5% de lignina, podendo assim ser utilizada na produção de papel de alta qualidade (Shimizu e Oliveira, 1981; Rizzini e Mors, 1995). A resina proveniente da casca serve para fabricação de vernizes, terebintina, acetona, ácido pirolenhoso e outros produtos químicos (Mattos, 1972; Carvalho, 1994).

No Paraná, dois empreendimentos foram fundamentais e facilitaram o transporte de toras e tábuas, incentivando o comércio da madeira: primeiro a abertura da Estrada da Graciosa, em 1873, ligando Curitiba a Antonina e segundo, a inauguração da Ferrovia Paranaguá-Curitiba em 1885 (Koch e Corrêa, 2002).

Posteriormente, em 1914, a exploração da araucária teve um salto devido a Primeira Guerra Mundial, com o impedimento da comercialização da madeira proveniente das áreas de conflito, o pinheiro passou a suprir a necessidade nacional, principalmente em São Paulo, Rio de Janeiro. Sendo também exportada para a Argentina (Koch e Corrêa, 2002).

Entre 1915 e 1960 exportou-se cerca de 18,5 bilhões de m³ de madeira, extraída quase que totalmente da Floresta com Araucária. Como potencial para fornecimento comercial de madeira, a Floresta com Araucária não possui concorrente. Enquanto a Floresta Amazônica

fornece cerca de 200 m³ de madeira por hectare, a Floresta com Araucária pode chegar a 516 m³ de madeira por hectare (Koch e Corrêa, 2002).

Koch e Corrêa (2002) afirmam que este ciclo de intensa exploração das matas nativas de araucária gerou uma devastação sem precedentes na biodiversidade deste bioma, considerado único no mundo. Em 2002, somando-se as reservas dos três Estados do Sul, restam cerca de 10% de florestas fortemente manejadas e de 1 a 2% das suas áreas originais cobertas pela Floresta com Araucária. Conforme Castella e Brites (2004), as florestas que constituem a Ecorregião Floresta com Araucária, no Paraná, encontram-se em uma situação crítica de conservação, com os seus remanescentes fragmentados e bastante degradados. As florestas primárias ou intocadas, que no final da década de 80 representavam 0,66% da área do bioma, atualmente não existem mais. Resta apenas 0,8 % ou 66.109 ha de florestas em estágio avançado de sucessão, que representam os últimos remanescentes da biodiversidade da Floresta com Araucária, estes de extrema importância ambiental e científica (Figura 01).

Ainda hoje as maiores pressões sofridas pelos remanescentes florestais no Paraná, ocorrem em função do crescimento concentrado e acelerado da população, a expansão desordenada dos centros urbanos, além das invasões de áreas com florestas por movimentos sociais que lutam pela reforma agrária (Pires, 2003).

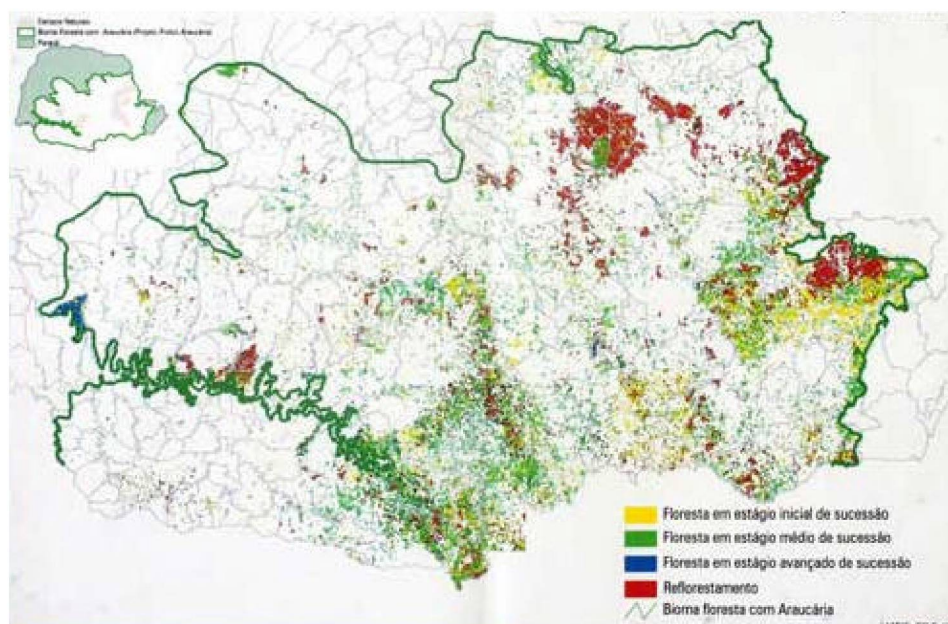


FIGURA 01: Distribuição dos últimos remanescentes da Floresta com Araucária, no Estado do Paraná, a linha em verde indica a área original de ocorrência da araucária. Fonte: PROBIO, Fupel-UFPR, 2001.

2.6 Propagação.

2.6.1 Propagação natural da *Araucaria angustifolia*

A geração de novas plantas de araucária naturalmente ocorre pela dispersão das sementes, seja com o auxílio de animais (zoocoria), ou apenas pela queda no chão, próximo a planta-mãe (autocoria) (Mattos, 1972). A formação de mudas a partir de sementes se restringe a poucos meses do ano, devido à perda da sua capacidade germinativa. Outro fator que dificulta a propagação natural é o longo período para início da sua floração, cerca 20 anos para plantios comerciais, e conseqüente produção de sementes (Lorenzi 1992; Carvalho, 1994).

O número de pinhas por planta é dependente do tamanho da copa (Solórzano-Filho, 2001). Geralmente um quilograma de sementes contém de 80 a 150 sementes. A coleta de sementes deve ser realizada logo após a queda das mesmas ao solo, e o plantio logo que colhidas (Lorenzi, 1992).

2.6.2 Propagação vegetativa da *Araucaria angustifolia*

Dentre as várias técnicas de propagação vegetativa tanto *in vitro* ou *ex vitro*, a estaquia, a enxertia e a micropropagação foram as mais utilizadas na tentativa de desenvolver um protocolo eficiente para a produção de mudas de *Araucaria angustifolia*.

A propagação via enxertia é considerada viável (Carvalho, 1994). Apesar disso, as plantas apresentam dificuldades no desenvolvimento, devido ao seu plagiotropismo. Iritani (1997) realizou enxertias de gemas apicais de plantas adultas, sobre porta-enxertos de mudas, com 2 a 3 meses de idade, provenientes da germinação de sementes, e conseguiu com esta técnica um pegamento de 80 a 90%. Durante o processo de enxertia foram detectadas três dificuldades, a primeira relaciona-se à diferença entre os diâmetros do porta-enxerto e do enxerto, a segunda, diz respeito à sensibilidade das gemas apicais em ambientes com alta umidade relativa, como é encontrado em casa-de-vegetação, a terceira refere-se à falta de mudas de tamanho adequado para o enxerto, pois mudas com 15 a 20 cm já apresentavam elevado grau de lignificação, o que muitas vezes impede a união adequada dos tecidos das plantas enxertadas.

A obtenção de mudas pela técnica da estaquia também se mostra complexa. A causa pode ser a forte dominância apical existente na araucária. A iniciação radicial depende da formação de calos na base das estacas. De acordo com Iritani (1981), a formação das raízes ocorre a partir das massas vasculares que se diferenciam do calo.

Conforme Zanette *et al.* (1987), segmentos basais de caules de mudas não estioladas apresentam grande capacidade de regeneração, quando cultivados *in vitro*, com aumento na concentração de alguns compostos orgânicos, tais como: glicina e mioinositol. A dificuldade na indução de brotações em araucária é dependente de dois fatores: a dominância apical e a ausência de gema axilar completa na base das folhas. Elas apresentam somente um pequeno número de células meristemáticas, as quais se induzidas quimicamente e livres da dominância apical, podem se organizar em gemas e ápices caulinares normais (Iritani *et al.*, 1992). No entanto, o enraizamento de microestacas *in vitro* de araucária é dependente da aplicação de auxinas, principalmente AIB (ácido indol-3-butírico), além das condições de cultivo, procedência e idade dos indivíduos, estação do ano e a capacidade individual (Iritani e Soares, 1983 e Iritani *et al.*, 1993). Penchel (1986), utilizando tecidos juvenis de plantas germinadas *in vitro* obteve 90% de formação de calo em meio de cultura “Cheng” suplementado com glutamina, BAP (benzaminopurina) e ANA (ácido naftalenoacético). Observou ainda, a

formação de brotos no mesmo meio de cultivo suplementado com BAP, 2iP (2-isopenteniladenina) e ANA.

A embriogênese somática em *Araucaria angustifolia* foi estudada por Astarita e Guerra (1998), que utilizando embriões imaturos, investigaram o estabelecimento e a multiplicação de culturas embriogênicas. Segundo estes autores, a formação de massas suspensor-embriônicas foi dependente do estágio de desenvolvimento do explante e da utilização de auxinas como 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) e citocininas como BAP e cinetina, em meio de cultura LP (von Arnold and Eriksson). Posteriormente em meio LP suplementado com 1% de polietileno glicol (PEG) 8000 não ocorreu a progressão dos pró-embriões somáticos para estágios subsequentes, independente dos tratamentos para maturação utilizados. Guerra *et al.*, (2000), com a utilização de meio de cultivo suplementado com PEG 4000 (3, 6 e 9%) associado a maltose (3, 6 e 9%) e albumina, conseguiram a formação de embriões somáticos no estágio de torpedo. No entanto, novamente a maturação dos embriões não foi obtida. Meios de cultura LP líquido suplementados com PEG 3350 (6 e 9%), maltose (6 e 9%), e 1 µm de BAP e cinetina foram efetivos para o desenvolvimento de embriões somáticos nos estágios globular e torpedo a partir de culturas embriogênicas (Santos *et al.*, 2002).

A identificação de substâncias, como compostos secundários, e seus efeitos nos diferentes estágios de desenvolvimento da *Araucaria angustifolia* são ainda bastante escassos. Trabalhos para identificação de fenilpropanóides e bioflavonóides em diferentes estágios de desenvolvimento e diferenciação em *Araucaria angustifolia* (Fonseca *et al.*, 2000), e a comprovação da variação nos níveis de poliaminas durante a embriogênese zigótica da araucária (Astarita *et al.*, 2003) comprovam a necessidade de mais estudos nesta espécie.

2.7 Melhoramento genético da *Araucaria angustifolia*

Devido a constante degradação das matas remanescentes de araucária, a conservação e identificação do material genético restante tornam-se imprescindíveis para futuros programas de melhoramento genético da espécie. Stefenon e Nodari (2003) trabalharam com uma população de plantas adultas do Parque Ecológico Municipal de Lages em Santa Catarina e, utilizando marcadores moleculares, procuraram identificar a diversidade genética nas populações remanescentes desta área, para futuramente possibilitar a seleção de plantas e sementes a serem utilizadas, tanto para produção de mudas, quanto para cruzamentos controlados.

Também foi objetivo do trabalho desenvolvido por Shimizu *et al.* (2000), a caracterização da variabilidade genética de uma população remanescente de araucária no Parque Nacional do Iguazu - Paraná, sendo que a população estudada demonstrou estar em equilíbrio, sem distúrbios que afetassem sua estrutura genética e com uma variabilidade genética ampla.

Sousa (2000), trabalhando com a dispersão do pólen de *Araucaria angustifolia*, e a estrutura genética de uma população, definiu dois sistemas de isoenzimas para identificação de polimorfismos nesta espécie. Os resultados obtidos por Stefenon e Nodari (2003), demonstraram que as técnicas de marcadores moleculares podem se tornar uma importante ferramenta para a caracterização da diversidade genética nas populações restantes, demonstrando o nível de similaridade genética entre os indivíduos e o fluxo gênico dentro de populações.

Técnicas de manuseio do pólen são fundamentais para cruzamentos controlados. Sousa-Lang e Pinto (1997), determinaram a concentração de ágar para testes de viabilidade do pólen, utilizando a porcentagem de germinação de pólen de araucária proveniente de seis árvores em diferentes concentrações de ágar. As maiores porcentagens de germinação foram encontradas em meio de cultivo com concentrações de 0,5; 0,8 e 1,0% de ágar.

O objetivo principal deste trabalho foi descrever morfológica e cronologicamente aspectos da biologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia*, especialmente do ginostrobilo, identificando o momento de formação, polinização e maturação das sementes. O desenvolvimento do androstróbilo também foi acompanhado, para identificação do início da formação, crescimento e época de maturação e dispersão do pólen.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Biologia reprodutiva

O presente trabalho foi realizado no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba – PR.

As plantas adultas com mais de 30 anos de *Araucaria angustifolia*, tanto femininas como masculinas, utilizadas para as observações situam-se no Campus do Setor de Ciências Agrárias da UFPR. As plantas femininas pesquisadas foram identificadas por siglas e números, exemplo: PF1, indica planta fêmea nº 1 (Tabela 01).

TABELA 01: DAP, altura e época de maturação dos pinhões das plantas pesquisadas e situadas no Campus do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, em Curitiba – PR.

Matriz	DAP (cm)	Altura (m)	Época de maturação dos pinhões
PF1	54	± 20	agosto
PF2	27	± 08	junho
PF3	38	± 15	abril/maio
PF4	57	± 19	julho/agosto
PF5	46	± 20	julho/agosto
PF6	46	± 20	julho
PF7	64	± 20	julho

Para a descrição da biologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia*, foram utilizadas as definições propostas por Solórzano-Filho (2001), onde o estróbilo feminino é denominado ginostrobilo e o estróbilo masculino, androstróbilo. O termo ginostrobilo foi utilizado para definir as etapas iniciais do desenvolvimento da estrutura reprodutiva feminina e a partir da polinização foi utilizado o termo pinha.

A descrição da biologia reprodutiva foi realizada a partir de coletas e medições periódicas das estruturas reprodutivas e vegetativas de plantas femininas e masculinas, e registro fotográfico com câmara digital *in situ*, com auxílio de caminhão equipado com plataforma elevatória de 18 m, da Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) (Figura 02- A).

A evolução cronológica e morfológica dos diferentes estádios de desenvolvimento das estruturas reprodutivas foi descrita a partir de fotos digitais *in situ*, e em laboratório com microscópio estereoscópico Olympus SZ-PT, durante os anos de 2003 e 2005.

O acompanhamento do crescimento e do desenvolvimento do androstróbilo foi realizado a partir de observações e medições em duas plantas masculinas. O comprimento das estruturas foi medido em três épocas: no início do desenvolvimento (dezembro e janeiro), durante o desenvolvimento (maio) e na época de maturação do pólen (outubro).

O acompanhamento do crescimento das pinhas foi feito a partir de medições periódicas de ginostrobilos durante e após o período de polinização (Figura 02-B). Foram utilizadas três plantas adultas (PF1, PF3, PF4) que apresentavam pinhas em ramos primários e em ramos secundários, e cerca de 20 ginostrobilos em cada planta. As pinhas foram identificadas com etiquetas e foram avaliadas quanto ao diâmetro e ao comprimento, em mm. As medições ocorreram conforme a disponibilidade do equipamento e as condições meteorológicas. As datas foram: 23/10/2003, 28/11/2003, 18/12/2003, 22/01/2004, 17/02/2004, 05/04/2004, 04/05/2004, 01/06/2004, 03/08/2004, 28/09/2004, 12/11/2004, 14/12/2004 e 24/01/2005.



FIGURA 02: **A)** Caminhão equipado com plataforma elevatória da COPEL, utilizado para as coletas e medições; **B)** Avaliação do crescimento das pinhas através das medidas do comprimento e do diâmetro.

Para a taxa de crescimento das pinhas de ramos primários e secundários, foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, onde as três plantas representaram as repetições. Os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas, onde pinhas de ramo primário e de ramo secundário representam as parcelas e as subparcelas as 13 datas com as medidas. Foi realizada a análise de variância e comparação de médias através do Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3.1.1 Aspectos anatômicos

Para a visualização de alguns aspectos do desenvolvimento dos ápices reprodutivos e vegetativos foram preparadas lâminas permanentes para observações microscópicas. A avaliação anatômica foi realizada no Laboratório de Microtécnica, do Departamento de Botânica, Setor de Ciências Biológicas da UFPR.

O material vegetativo utilizado foi composto por ápices reprodutivos, femininos e masculinos, e ápices vegetativos em diferentes estádios de desenvolvimento, retirados dos exemplares de araucária selecionados.

As amostras coletadas foram fixadas imediatamente em FAA, solução de formaldeído, ácido acético glacial e álcool etílico (50%), nas proporções de 5:5:90, segundo Johansen (1940). As amostras foram mantidas em frascos separados, tampados e devidamente identificados com etiquetas. Após 48 horas na solução de FAA, o material foi colocado em álcool etílico a 70% até o momento da infiltração, quando foram desidratadas em etanol e processadas segundo as técnicas de Feder e O'Brien (1968) para inclusão em metacrilatoglicol e segundo as recomendações do fabricante (JB4 – Poliscience®).

As amostras tiveram seu tamanho reduzido ao mínimo para uma melhor infiltração, logo após passaram por três etapas de desidratação com álcool etílico a 50, 70 e 95%, onde permaneceram por 2 horas a vácuo em cada etapa. A parainfiltração foi feita com álcool 95% e resina líquida (Leica®) na proporção de 1:1, mantida a vácuo por 4 horas. A infiltração foi feita com resina líquida e pó ativador (Historesin®). O material permaneceu por 48 horas a vácuo nesta solução. O emblocamento foi preparado com solução composta por pó ativador, resina líquida e endurecedor (Hardener), realizado em pequenas cubetas com volume de 0,4 mL cada.

As secções seriadas, com cerca de 6 µm de espessura foram obtidas em micrótomo rotativo. Logo após foram distendidas sobre lâminas histológicas de 1 mm de espessura até secarem. As lâminas foram coradas em duas etapas: imersão em fucsina básica (0,0125%) por 4 minutos e lavagem em água, depois, imersão em azul de astra (0,5%) por 35 minutos em estufa.

A montagem das lâminas foi feita pela cobertura dos cortes com lamínulas de diferentes tamanhos, conforme o número de secções em cada lâmina. As lamínulas foram fixadas com resina sintética (Entelan®), e dispostas em condição ambiente para secar.

As lâminas foram examinadas e fotografadas em microscópio óptico Olympus (aumento de 100X), com câmara digital acoplada, do Laboratório de Anatomia da Madeira, do Setor de Ciências Agrárias, da UFPR.

3.1.2 Avaliação de pinhas e pinhões

Foram coletadas pinhas durante o período de maturação dos pinhões em 3 plantas pesquisadas (PF3, PF4 e PF6), para determinação do diâmetro e comprimento médio das pinhas e número de pinhões. Estas plantas apresentavam pinhas tanto em ramos primários quanto em ramos secundários. 30 pinhas de cada planta foram medidas. Após a medição das pinhas, estas foram abertas para retirada e contagem dos pinhões férteis.

Para os dados de tamanho de pinhas e número de pinhões, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos foram arranjados em um fatorial de 3X2, que representam a combinação das três matrizes por pinhas de ramos primários e ramos secundários. Foi realizada a análise de variância e comparação de médias pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3.1.3 Avaliação de germinação

Os pinhões das pinhas de ramos primários e os das de ramos secundários apresentaram grande variação no tamanho, por isto foram separados em 3 classes: grandes, médios e pequenos. 50 pinhões de cada classe foram pesados e seu comprimento medido em cm, a massa e o comprimento de cada classe estão apresentados na Tabela 02.

TABELA 02: Comprimento e massa de pinhões de *Araucaria angustifolia*, de pinhas de ramos primários e secundários.

Ramo da pinha	Classe do pinhão	Comprimento (cm)	Massa (g)
primário	grandes	7,30 – 5,85	14,20 – 11,05
primário	médios	5,86 – 4,90	11,00 – 8,11
primário	pequenos	4,91 – 4,50	8,10 – 6,90
secundário	grandes	4,80 – 4,00	8,75 – 5,80
secundário	médios	3,99 – 3,25	5,75 – 3,50
secundário	pequenos	3,24 – 2,50	3,49 – 2,10

Para o experimento de germinação, 30 pinhões de cada classe (grandes, médios e pequenos) foram plantados em tubetes (três cm de diâmetro e 12 cm de comprimento) com substrato comercial Plantmax[®].

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 3 repetições. Os tratamentos foram arranjos num fatorial de 2×3 , pinhões de pinhas de ramo primários e de ramos secundários por três classes de tamanho (grandes, médios e pequenos).

As bandejas com os tubetes permaneceram em casa-de-vegetação por 60 dias, com duas regas semanais. Após este período foram avaliados: a porcentagem de pinhões germinados, não germinados e saudáveis, e pinhões podres.

Para os dados coletados foi realizada a análise de variância e comparação de médias através do Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ciclo e desenvolvimento do androstróbilo

A formação dos androstróbilos inicia-se em novembro, juntamente com a formação dos ginostrobilos. Em dezembro, retirando-se as folhas terminais dos ramos, já é possível visualizar o androstróbilo com cerca de 4 mm, no início do seu crescimento (Fig. 03-A).

A presença dos androstróbilos da *Araucaria angustifolia* foi visível no mês de janeiro, quando se destacam das acículas terminais dos ramos. Nesta época apresentam cerca de 1 a 2 cm de comprimento e coloração verde (Fig.03-B).

Solórzano-Filho (2001) e Mantovani *et al.* (2004), observaram que para as condições de Campos do Jordão – SP, os androstróbilos são visíveis em fevereiro. O início do seu desenvolvimento é anterior a este período, no entanto, a sua visualização é dificultada devido ao seu tamanho reduzido e a sua cor semelhante aos ramos vegetativos. Shimoya (1962) e Solórzano-Filho (2001) afirmaram que a presença de androstróbilos de *Araucaria angustifolia* visíveis em fevereiro ocorre porque há uma sincronia entre as plantas dióicas, onde fases críticas do desenvolvimento, como a indução de órgãos reprodutivos, ocorrem durante o verão.

Gifford e Foster (1989), verificaram em *Pinus*, que o início das divisões periclinais nas células da epiderme, que originam os estróbilos, ocorre durante o verão e a maturação do pólen ocorre no inverno do outro ano. Condições ambientais favoráveis, como temperatura e luminosidade, promovem aumento na taxa de crescimento e permitem a formação das estruturas reprodutivas.

Observou-se que a diferenciação dos ápices vegetativos para ápices reprodutivos em *Araucaria angustifolia* ocorre internamente, protegidos por várias folhas, que sendo imbricadas impedem a sua visualização no início do crescimento. Somente após atingirem tamanho superior ao das folhas terminais, os androstróbilos tomam-se visíveis. As folhas imbricadas que protegem o androstróbilo no início do seu desenvolvimento formam uma coroa na base do mesmo, depois que este atinge maior tamanho. Para Mattos (1972), esta coroa de folhas (acículas) é resultado da abertura do botão floral masculino. Este ao abrir-se, expõe o androstróbilo, fazendo com que as folhas que se apresentam muito juntas fiquem localizadas na base do estróbilo masculino.



FIGURA 03: **A)** Androstróbilo de *Araucaria angustifolia* em dezembro com cerca de 0,4 mm de comprimento, fotografia em microscópio estereoscópico com aumento de 40X; **B)** Androstróbilo em janeiro com cerca de 1 cm de comprimento.

Os androstróbilos localizam-se lateralmente aos ramos vegetativos primários e secundários, não ocorrendo no ápice dos mesmos, presos por um pedúnculo curto (Fig. 04-A).

Para Mattos (1972), a inserção dos androstróbilos ocorre tanto nos ramos primários quanto nos ramos secundários (grimpas), geralmente sobre a extremidade das ramificações dos ramos secundários, não ocorrendo, no entanto, nas extremidades dos ramos primários. Solórzano-Filho (2001) confirma o desenvolvimento dos androstróbilos em posição lateral nos ramos próximos à região apical.

A posição dos estróbilos masculinos nas Coníferas é bastante variável, em *Pinus* desenvolvem-se a partir de gemas axilares na base das folhas e em ramos subterminais onde se agrupam várias inflorescências. Na família das Cupressaceae, os estróbilos se desenvolvem em ramos terminais ou em ramos laterais especializados (Gifford e Foster, 1989).

Em *Araucaria angustifolia*, observou-se que há a presença de um, dois ou de três androstróbilo na mesma altura de inserção no ramo, com um ângulo oblíquo em relação ao ramo no qual estão inseridos (Fig. 04-B).

No início da formação e durante o período de desenvolvimento e crescimento, o androstróbilo mantém sua coloração verde e seu eixo longitudinal retilíneo ou levemente curvado. Apresenta forma cônica alongada. Em janeiro possui tamanho médio de cerca de 1 cm, sendo que em maio já apresentam tamanho médio de 8 cm no ramo principal e 5 a 6 cm nos ramos secundários (Fig. 05-A). O tamanho médio final dos androstróbilos em outubro, durante o período de polinização, é de cerca de 10 cm de comprimento (Fig. 05-B).

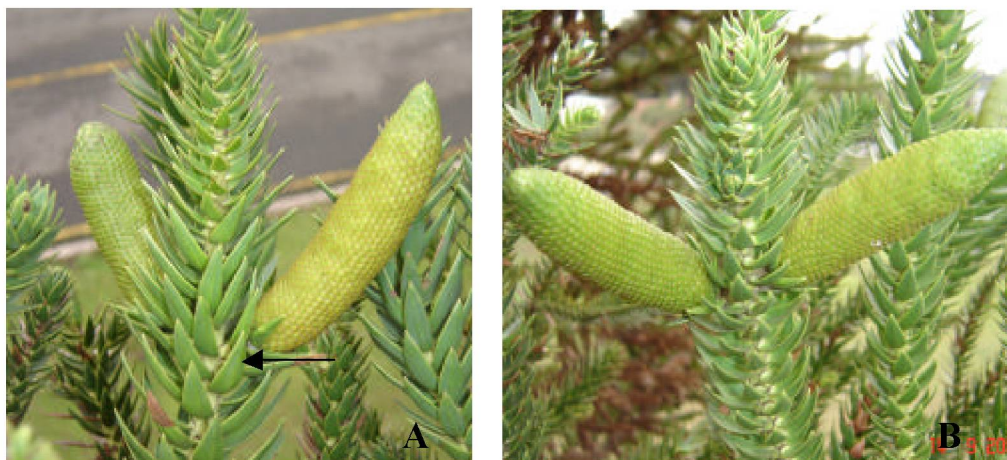


FIGURA 04: **A e B)** Androstróbilos de *Araucaria angustifolia*, mostrando o ângulo de inserção no ramo, em detalhe o pedúnculo e a coroa de acículas na base do androstróbilo.

Estes valores são menores que os obtidos por Mattos (1972) e Reitz *et al.* (1979), com androstróbilos de cerca de 12 cm de comprimento, podendo alcançar até 18 cm, e possuem geralmente 3 cm de diâmetro.



FIGURA 05: **A)** Androstróbilo de *Araucaria angustifolia* inserido em ramo secundário, em maio; **B)** Androstróbilo no final do ciclo, no mês de outubro, com cerca de 10 cm de comprimento.

Foram feitos cortes histológicos em androstróbilos de *Araucaria angustifolia* para a visualização dos microesporângios (Fig. 06). Não foi possível, no entanto, determinar o número de microesporângios presentes em cada microesporófilo, devido ao pouco material vegetativo disponível e pelo ângulo de corte.

Gifford e Foster (1989), caracterizam o estróbilo masculino das Coníferas como sendo um microsporófilo composto por vários microesporângios agrupados. Cada microesporângio é responsável pela produção de grande número de grãos de pólen. As mesmas características são citadas para a *Araucaria angustifolia* por Burningham (1913).

Joly (1983), Maas e Westra (1998) afirmam que as plantas masculinas da família das Araucariaceae possuem estróbilos longos, onde cada microsporófilo contém 8 microesporângios. Outros autores citam que conforme a ordem, o microsporófilo é composto por um número variável de microesporângios. Para as Pinaceae o número é basicamente de dois, para as demais famílias, geralmente o número varia entre 2 a 7 microesporângios. Certas espécies de *Araucaria*, no entanto, podem possuir de 13 a 15 microesporângios por microsporófilo (Gifford e Foster, 1989).

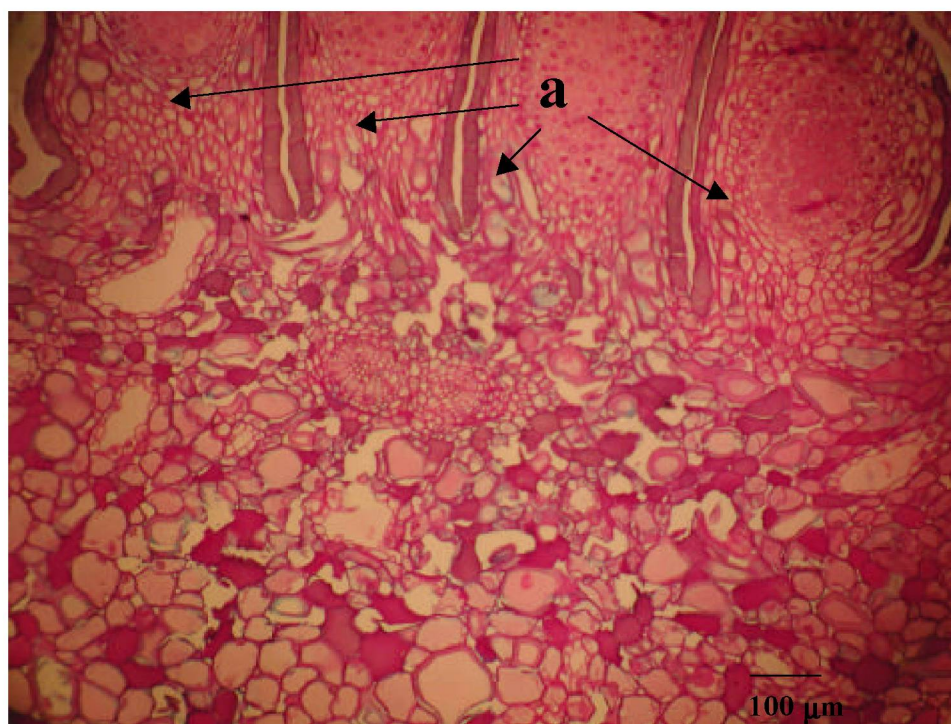


FIGURA 06: Fotografia de um microsporófilo de *Araucaria angustifolia*, em maio. **a)** microesporângios (100X).

A maturação dos androstróbilos ocorreu de setembro a outubro e é caracterizada pela alteração de coloração, que passa de verde a amarelada, evoluindo para o marrom, e pela curvatura do seu eixo longitudinal (Fig. 07). Para a região de Curitiba, a liberação do pólen dos

androstróbilos ocorreu de meados de setembro até final de outubro. Após o período de polinização os androstróbilos se desprendem da planta.

Este período de polinização pode variar em diferentes regiões. Segundo Solórzano-Filho (2001); Koch e Corrêa (2002) e Mantovani *et al.* (2004), para a região sul do Brasil, a polinização ocorre nos meses de agosto a outubro. Para a região de Minas Gerais, no entanto, este período de polinização é mais tardio, indo de outubro a dezembro (Shimoya, 1962).



FIGURA 07: **A)** e **B)** Androstróbilos de *Araucaria angustifolia* em diferentes estágios de maturação; **(a)** androstróbilo dia 14/09/2004, com a coloração amarelada que indica o início da maturação; **(b)** androstróbilo já em fase de liberação de pólen, com a coloração marron; **(c)** androstróbilos no final da fase de liberação do pólen, em outubro, com acentuada curvatura do eixo longitudinal.

Foi verificado que a maturação e liberação do pólen pelos androstróbilos iniciam-se pelos microesporófilos da base, depois por seqüência os demais microesporófilos até chegar ao ápice do androstróbilo. Estas observações estão de acordo com o que foi descrito por Reitz *et al.* (1979). O mesmo autor afirma que cada androstróbilo da *Araucaria angustifolia* é constituído por uma escama coriácea, com 10 a 15 anteras alongadas presas na face ventral de cada escama, estas se abrem longitudinalmente, deixando cair o pólen sobre a escama inferior.

Foi observado que todos os androstróbilos presentes na planta encontram-se no mesmo ciclo de desenvolvimento, e o ciclo reprodutivo nas plantas masculinas encerra-se antes de iniciar o próximo ciclo. O ciclo do androstróbilo na *Araucaria angustifolia*, desde o início da formação em novembro, até a liberação do pólen em setembro e outubro do ano seguinte, foi de 10 a 11 meses.

4.2 Ciclo e desenvolvimento do ginostróbilo

4.2.1 Formação do ginostróbilo

Observou-se que a formação e o desenvolvimento inicial do ginostróbilo da *Araucaria angustifolia* ocorrem, internamente, protegidos pelas folhas terminais dos ramos. A formação dos ramos reprodutivos ocorre no mês de novembro, juntamente com a formação dos androstróbilos nas plantas masculinas. Assim como nos androstróbilos, sua visualização nas primeiras etapas do desenvolvimento é dificultada pela semelhança entre os ramos reprodutivos e os vegetativos. Confirmando o que foi observado por Shimoya (1962) é difícil reconhecer o início da formação do ginostróbilo, pois muito se assemelha ao terminal do ramo. Para Viçosa – MG, no período entre agosto a outubro já se distinguem os estróbilos, portanto é o período de formação inicial dos carpelos primordiais. Para as condições de Campos do Jordão - SP, a visualização foi possível em maio e junho (Mantovani *et al.*, 2004), e conforme Solórzano-Filho (2001) a visualização é possível somente após os ramos reprodutivos atingirem diâmetro maior que dos ramos vegetativos. Em Curitiba, foi possível visualizar em janeiro estas estruturas iniciando seu desenvolvimento.

Gifford e Foster (1989), observaram que para plantas de *Pinus ponderosa*, presentes na região da Califórnia - EUA, a estrutura do primórdio reprodutivo (cone) é semelhante ao dos ramos vegetativos. Esta semelhança vai de setembro até novembro.

Para a *Araucaria angustifolia* o desenvolvimento dos ramos reprodutivos ocorre geralmente no terceiro ou quarto verticilo, após a última frutificação. A formação do verticilo com os ramos reprodutivos ocorre em novembro, quando se observou o início da diferenciação do verticilo reprodutivo do ápice do ramo primário (Fig. 08-A). Em janeiro se observa o ramo reprodutivo já formado e destacando-se do ápice do ramo primário (Fig. 08-B).

O verticilo reprodutivo pode apresentar um, dois, três ou quatro ramos reprodutivos, na maioria dos casos todos na mesma altura de inserção no ramo (Fig. 09-A). Observou-se também em alguns casos a ocorrência de dois verticilos reprodutivos no mesmo período de indução, geralmente são ramos reprodutivos sucessivos que não ocorrem na mesma altura de inserção, mas separados por uma pequena distância um do outro (Fig. 09-B). No entanto, todos os ginostróbilos apresentam crescimento e desenvolvimento idêntico.



FIGURA 08: **A)** Diferenciação do verticilo reprodutivo em dezembro, com dois ramos reprodutivos; **B)** verticilo reprodutivo formado, com um ramo reprodutivo, em janeiro.



FIGURA 09: **A)** Verticilo reprodutivo com três ginostrobilos, na mesma altura de inserção no ramo primário; **B)** verticilos reprodutivos sucessivos, com ginostrobilos no mesmo estágio de desenvolvimento.

Os ramos reprodutivos crescem até cerca de 10 a 20 cm de comprimento no início do desenvolvimento do ginostrobilo, e depois mantém este comprimento até a queda da pinha. O ramo reprodutivo não retoma seu crescimento após a queda da pinha, iniciando um processo de senescência e desprende-se da planta, deixando uma cicatriz no caule. Conforme Mattos

(1972), o ramo que sustenta a pinha tem de 10 a 25 cm de comprimento e 1,5 cm de diâmetro revestido com folhas espiraladas.

As acículas terminais nos ramos reprodutivos protegem o desenvolvimento inicial do ginostrobilo, sendo que este somente é exposto após nove meses, no período de polinização. No ápice dos ramos reprodutivos a formação dos primórdios foliares é encerrada e inicia a formação de uma estrutura arredondada, com a superfície inicialmente lisa, onde ainda não se destacam as folhas modificadas reprodutivas (Fig. 10-A), em contraste aos ápices meristemáticos vegetativos onde a formação de primórdios foliares não é interrompida (Fig. 10-B e Fig. 11). Esta estrutura é encontrada no mês de janeiro, nas condições de Curitiba, e evolui posteriormente, com a formação das folhas modificadas reprodutivas, para uma superfície escamiforme, de coloração branca.

Como o crescimento do segmento caulinar é limitado nos ramos reprodutivos, o conjunto formado por 13 a 14 vezes mais folhas do que nos ramos vegetativos acaba por gerar a forma esférica característica do ginostrobilo (Hertel, 1980).

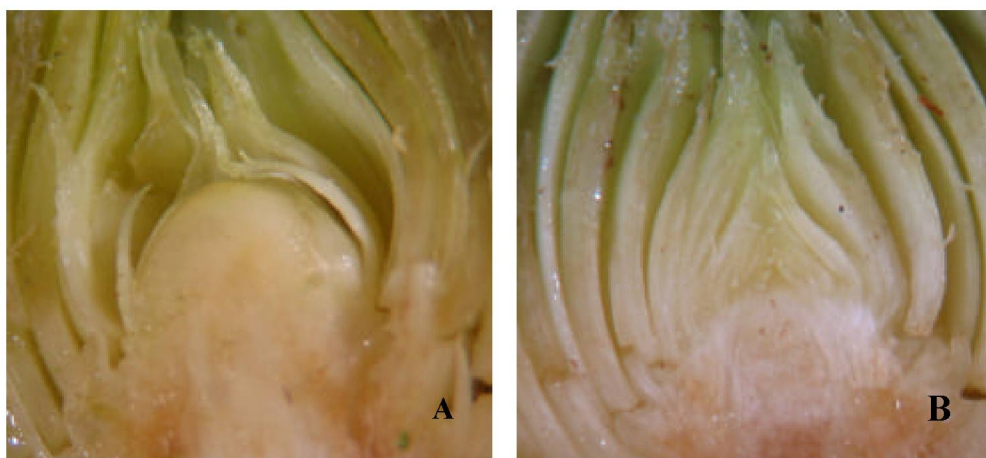


FIGURA 10: **A)** Ápice meristemático reprodutivo e **B)** ápice meristemático vegetativo de *Araucaria angustifolia* (20X).

Para as condições ambientais de Curitiba, observou-se que a partir de janeiro nos ginostrobilos de *Araucaria angustifolia* ocorreu a formação das folhas modificadas (Fig. 12). Após o desenvolvimento das folhas modificadas ocorre a formação das escamas seminíferas na base destas folhas, em março já é possível observar a escama seminífera iniciando sua formação (Fig. 13).



FIGURA 11: Ápice meristemático vegetativo de *Araucaria angustifolia*, em novembro; (a) primórdios foliares (100X).



FIGURA 12: Ginostróbilo no início do desenvolvimento, (a) formação das folhas modificadas, em janeiro (100X).

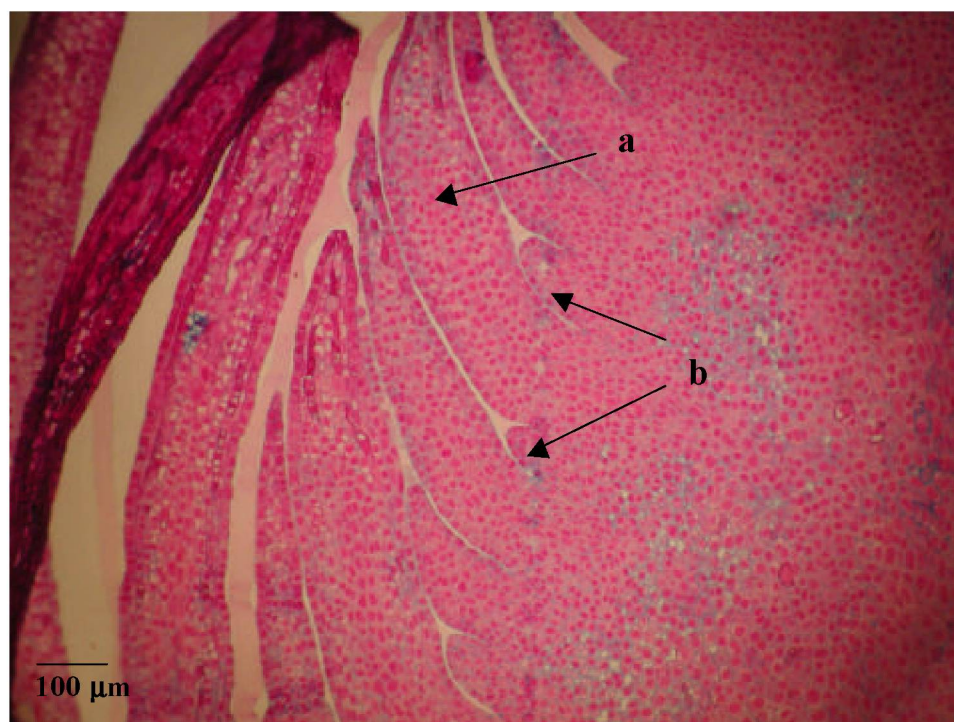


FIGURA 13: Ginostrobilo em março; **(a)** folhas modificadas formadas; **(b)** início da formação da escama seminífera na base das folhas modificadas (100X).

Esta mesma seqüência de formação foi observada por Gifford e Foster (1989), em plantas de *Pinus ponderosa*, na região da Califórnia – EUA. No final de novembro, o local do primórdio reprodutivo apresenta uma densidade maior de células, formando uma pequena mancha. Neste estágio a bráctea primordial do futuro cone inicia sua formação. A formação das brácteas vai até abril, neste período a presença dos primórdios de escamas seminífera já pode ser observado. Em maio ocorre a formação das escamas seminíferas na região axilar das brácteas. A escama formadora do estróbilo é associada a uma pequena bráctea na região abaxial da escama que possui a função de sustentação, o óvulo localiza-se na base da escama.

Em *Araucaria angustifolia*, a formação de todos os elementos constituintes do ginostrobilo, como as folhas modificadas férteis e as de preenchimento, ocorreu no período em que o ginostrobilo permanece protegido pelas folhas. Centenas de folhas modificadas são visualizadas quando se retira a camada protetora de folhas do ápice reprodutivo (Fig 14-AB).

Estas observações estão de acordo com Mattos (1972), o ginostrobilo é composto por numerosas escamas seminíferas ou carpelos, e escamas tectrices ou protetoras. Estes elementos estão dispostos em espiral, em torno de um eixo. Hertel (1980), argumenta que cerca de 1200 a

1400 elementos estão inseridos em poucos centímetros de caule no primórdio do ginostrobilo, sendo que estes elementos podem ter uma formação contínua até o momento da polinização.



FIGURA 14: **A)** Ginostrobilo de *Araucaria angustifolia* em junho, visualização de centenas de folhas modificadas após a retirada das folhas terminais do ramo; **B)** fotografia em microscópio estereoscópico (40X), das folhas modificadas do ginostrobilo.

Não foi realizada a contagem das folhas modificadas presentes nos ginostrobilos. No entanto, Reitz *et al.* (1979) caracteriza o ginostrobilo como sendo um conjunto de cerca de 1000 brácteas escamiformes, com um espinho recurvo na base. Estas escamas estão inseridas sobre um eixo central cônico, com base mais ou menos cilíndrica. As brácteas escamiformes férteis sustentam em sua base um óvulo que após a fecundação soldam suas bordas com os da bráctea superior formando o tegumento do pinhão. As brácteas escamiformes estéreis não apresentam óvulo na base e funcionarão como elementos de preenchimento.

O ginostrobilo apresenta a forma arredondada durante todo o desenvolvimento interno, sendo que a estrutura escamiforme formada pelas folhas modificadas, de cor branca, é mantida até a exposição do ginostrobilo, quando adquire a coloração verde e diâmetro em torno de 3 a 4 cm.

A forma esférica do ginostrobilo é confirmada por Hertel (1980), sendo que o ginostrobilo é estruturalmente polarizado, com os elementos constituintes mais curtos nos pólos. Para Mattos (1972), inicialmente os ginostrobilos são ovalados e depois, durante o desenvolvimento, se tomam sub-globosos. Os carpelos quando expostos possuem cerca de 4 cm de diâmetro.

4.2.2 Evolução fenológica do ginostrobilo.

Enquanto nas plantas masculinas o ciclo do androstróbilo é anual e encerra-se antes de iniciar o ciclo seguinte, nas plantas femininas de *Araucaria angustifolia* a presença de estruturas reprodutivas em diferentes estádios de desenvolvimento indica um ciclo maior que 12 meses.

O desenvolvimento inicial do ginostrobilo é interno e não visível devido à presença das folhas terminais do ramo. A formação dos elementos constituintes do ginostrobilo ocorre neste período, sendo que ao ser exposto o ginostrobilo possui cerca de 3 a 4 cm de diâmetro e forma arredondada. Os elementos constituintes das pinhas não foram contados nem caracterizados, mas segundo Hertel (1980), distingue-se numa pinha os seguintes elementos de constituição: de 147 a 189 folhas de transição; de 588 a 1068 folhas estéreis, responsáveis pelo preenchimento; uma folha terminal que remata o eixo-suporte, dificilmente visualizada; de 15 a 140 folhas férteis que por não terem sido fecundadas tornam-se os pinhões chochos; e de 10 a 193 folhas férteis fecundadas que contém a semente viável. Ainda fazem parte do conjunto: o eixo-suporte ou antaxônio, segmento caulinar de crescimento limitado onde se prendem os pinhões, além da coroa formada pelo conjunto de folhas adensadas na base da pinha.

Constatou-se que de novembro a junho pode-se distinguir a presença de três estádios diferentes de desenvolvimento dos ginostrobilos, num mesmo ramo. Após o período de queda dos pinhões, de junho a novembro, no entanto, distinguem-se apenas dois estádios de desenvolvimento, pois a indução dos novos ginostrobilos ocorrerá somente em novembro (Fig 15).

A visualização de diferentes estádios de desenvolvimento dos ginostrobilos foi também constatada por Solórzano-Filho (2001). O autor afirma que a indução de novos ginostrobilos ocorre simultaneamente ao crescimento e desenvolvimento dos ginostrobilos do ano anterior, o tamanho das diferentes estruturas permitiu a diferenciação de dois estádios de desenvolvimento.



FIGURA 15: Diferentes estádios de desenvolvimento do ginostróbilo no mesmo ramo.

O desenvolvimento do ginostróbilo inicia-se em novembro com o início da formação e ocorre internamente até o período de polinização (Fig. 16-A). Após nove meses da indução reprodutiva as folhas terminais iniciam um processo de abertura, formando uma coroa ao redor do ginostróbilo (Fig. 16-BC), expondo as folhas carpelares para receber o pólen trazido pelo vento, nos meses de setembro a outubro (Fig. 16-D). Conforme Hertel (1980), esta exposição do ginostróbilo, caracterizado pela descortinação das folhas terminais corresponde ao processo de Fanerogogia.

No presente trabalho foi observado que a característica de maturação tardia ou precoce dos pinhões aparece também neste momento, planta que tem a maturação tardia dos pinhões, apresenta uma abertura do botão reprodutivo também tardia. O período de abertura dos ginostróbilos, entre plantas ditas precoces e tardias, se estende por 60 dias, período este que corresponde aos meses com disponibilidade de pólen. Foi observado que a maturação dos pinhões também ocorre conforme a planta. No entanto, este período é maior que para a abertura dos ginostróbilos. Autores como Mattos (1972), Solórzano-Filho (2001) e Koch e Corrêa (2002), indicam que o período de queda dos pinhões vai de março a agosto, cerca de 6 meses (180 dias). Porém observou-se que para as condições de Curitiba a queda dos pinhões ocorre de abril a setembro, sendo que em algumas plantas constatou-se a maturação de suas sementes em novembro e dezembro, estendendo ainda mais este período de queda dos pinhões.

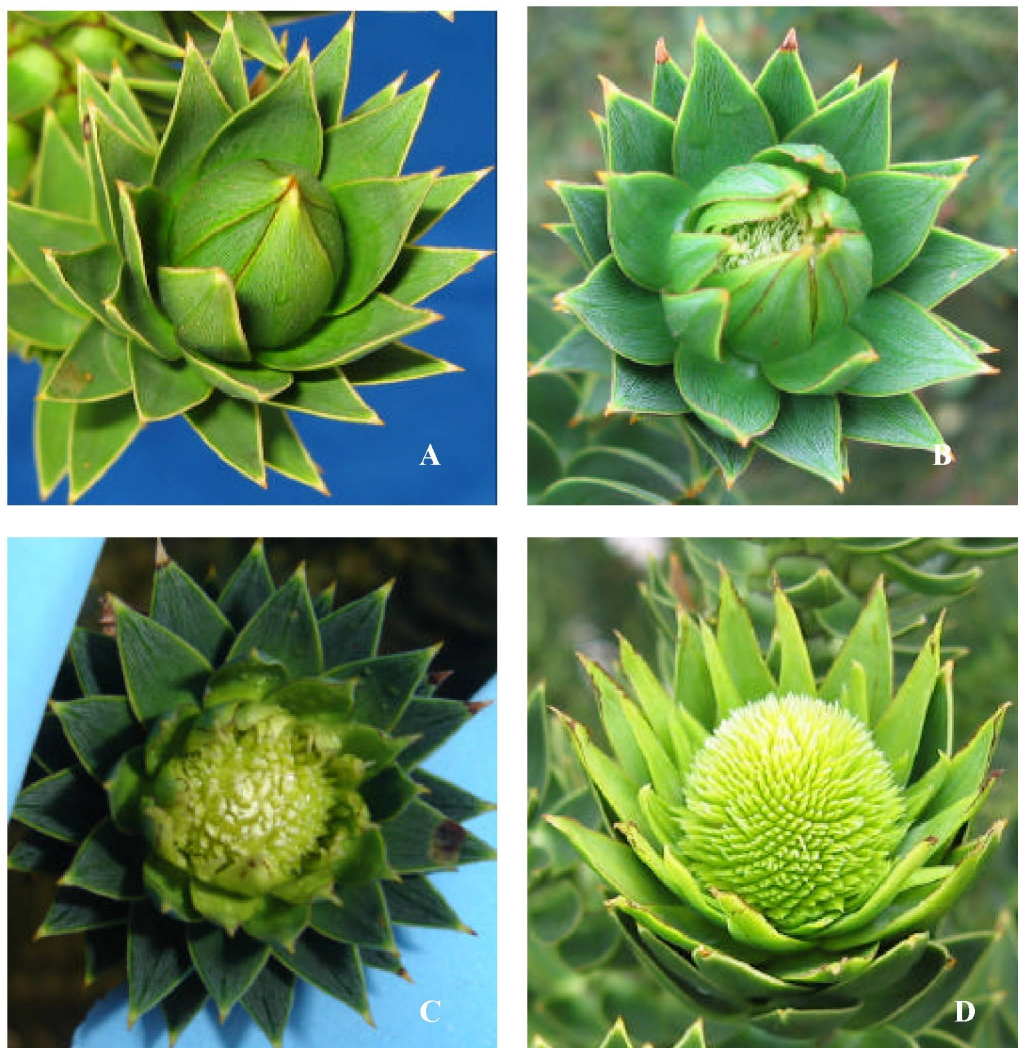


FIGURA 16: Evolução fenológica do ginostrobilo; **A)** botão reprodutivo fechado, com formação da coroa de acículas; **B)** início da abertura do botão, em agosto; **C)** botão aberto; **D)** ginostrobilo exposto no período de polinização.

As observações demonstram que o período de abertura do ginostrobilo entre as plantas dita precoces e tardias é de 60 dias, e o período de maturação e queda dos pinhões pode estender-se por até nove meses, dependendo da planta. Este período de abertura do ginostrobilo está de acordo com o que foi observado por Shimoya (1962), onde o autor conclui que o intervalo ou período compreendido entre o início e o término de determinado fenômeno no ciclo evolutivo, entre plantas precoces e tardias, é de 2 a 3 meses, em condições de Viçosa - MG. No entanto, o período de queda dos pinhões nas condições ambientais de Viçosa é de quatro meses, de fevereiro a maio, período este inferior ao observado nas condições de Curitiba- PR.

Para as condições de Curitiba, a polinização ocorreu a partir da segunda quinzena de setembro até o final de outubro, período em que foi observada a liberação de pólen pelos androstróbilos. Após o período de polinização, o ginostrobilo iniciou seu crescimento em diâmetro e comprimento. Houve um crescimento significativo dos ginostrobilos nos 4 meses após a polinização, quando atingem cerca de 7 cm de diâmetro e 8 cm de comprimento (Fig. 17-E).

A fecundação do óvulo ocorre nos meses seguintes à polinização, no entanto, não foi determinado o período exato. Burlingame (1913), determinou em cerca de um ano o período entre a polinização e a fertilização. Para Shimoya (1962), a fecundação pode estender-se por cerca de 14 meses após a polinização, compreendendo o crescimento do tubo polínico, a fecundação propriamente dita, e a formação do pró-embrião.

Constatou-se que para as condições de Curitiba, o crescimento do ginostrobilo após a polinização estende-se por cerca de 20 meses, terminando o ciclo com a maturação e a queda dos pinhões (Fig. 17-FG). Burlingame (1914) e Mantovani *et al.* (2004), também encontraram períodos semelhantes entre a polinização e a maturação dos pinhões.

Foi observado que o ginostrobilo apresenta forma arredondada, podendo em algumas plantas ser mais alongada. Durante seu desenvolvimento interno apresenta coloração branca, que rapidamente passa para verde após sua exposição. Esta coloração é mantida até o momento da maturação dos pinhões, quando passa para castanha. Quando imaturo o eixo longitudinal do ginostrobilo permanece reto, ao amadurecer seu eixo começa a curvar-se deixando a extremidade apical pendente para baixo (Fig. 17-H). Após a queda dos pinhões o eixo-superior desprende-se da planta deixando uma cicatriz no caule, concordando com o que foi descrito por Solórzano-Filho (2001). Mattos (1972), descreve os ginostrobilos como sub-globosos, com a base côncava e o ápice um pouco saliente, de 10-20 cm de diâmetro quando maduras. A superfície é rugosa, formada pelo ápice dos pinhões e das falhas, em cada ápice há um espinho coriáceo e curvo.

Os pinhões são recobertos por um tegumento, e, quando maduros, apresentam coloração castanha. Este tegumento, conforme Mattos (1972), é formado pela soldadura de duas escamas, a da face ventral é a escama tectriz ou bráctea escamiforme suporte e a outra dorsal é a escama seminífera (fértil).



FIGURA 17: Evolução fenológica do ginostrobilo (continuação); **E)** ginostrobilo em crescimento após a polinização, em janeiro; **F)** pinhas iniciando a maturação dos pinhões, em maio; **G)** período de queda dos pinhões, em junho; **H)** fase final do ciclo do ginostrobilo, restando apenas o eixo preso ao caule.

Para a região de Curitiba, constatou-se que o ciclo do ginostrobilo da *Araucaria angustifolia*, desde o início da formação, em novembro, polinização em setembro e outubro do ano seguinte, e a maturação e queda dos pinhões 20 meses depois, é de 29 meses para as plantas precoces, que liberam os pinhões em abril, e 34 meses para as plantas tardias, que apresentam pinhões maduros em setembro. Para as plantas que apresentam maturação dos pinhões em dezembro, o ciclo é maior, num total de 37 meses, sendo que a formação dos ginostrobilos e a polinização ocorrem na mesma época, independente da condição tardia ou precoce. Somando-se o período de queda dos pinhões, entre as variedades ditas precoces e tardias, pode-se ter uma variação de cerca de 9 meses, de abril a dezembro.

Estes dados diferem das observações feitas por Shimoya (1962), e Solórzano-Filho (2001), onde afirmam que o ciclo completo do ginostrobilo, do carpelo primordial até a formação de sementes, há um período 48 meses. Mantovani *et al.* (2004), no entanto, afirma que a visualização de apenas dois estádios de desenvolvimento dos ginostrobilos na planta, indica um ciclo reprodutivo em torno de 2 anos.

Para as condições ambientais de Curitiba, observa-se uma sobreposição de ciclos reprodutivos nas plantas de *Araucaria angustifolia*. Quando os ginostrobilos estão em fase de polinização, no 3º ou 4º verticilo seguinte ocorre a formação de novos ginostrobilos. Por outro lado, no 3º ou 4º verticilo reprodutivo anterior, os ginostrobilos estão em fase final de crescimento e formação das sementes.

Convém salientar que ginostrobilos mesmo sem a presença de pinhões fecundados tem o seu ciclo completo, com crescimento e maturação semelhante àqueles ginostrobilos com pinhões fecundados. Ao final do ciclo estes ginostrobilos apresentam apenas palhas e pinhões não fecundados (chochos) (Fig. 18).



FIGURA 18: Ginostrobilos não polinizados de *Araucaria angustifolia*.

A única forma constatada de aborto do ginostrobilo foi pela necrose, com cerca de 30% dos ginostrobilos afetados (Fig. 19). A necrose ocorre em diferentes fases do desenvolvimento do ginostrobilo, desde a abertura do botão, no período de polinização, até por volta do mês de fevereiro, quando os ginostrobilos atingem cerca de 6 cm de diâmetro e 8 cm de comprimento. A necrose constatada na fase inicial do desenvolvimento não ocorreu mais após este período.

Nas plantas pesquisadas, todas apresentaram ginostrobilos necrosados. Não foram identificadas as causas desta necrose, podendo ser objeto para futuras pesquisas.



FIGURA 19: Ginostróbilos necrosados de *Araucaria angustifolia*.

4.2.3 Localização dos ginostróbilos nos ramos

Os ginostróbilos da *Araucaria angustifolia* localizam-se principalmente nos ramos primários, presos a este por um pequeno pedúnculo ao ramo caulinar, com cerca de 10 a 20 cm. Este tipo de inserção ao caule, no ramo primário, é encontrado em todas as plantas utilizadas em nossos experimentos. No entanto, em algumas plantas constatou-se que nos ramos secundários também ocorre a formação de ginostróbilos. Podendo ocorrer os dois tipos numa mesma planta, pinhas nos ramos primários e nos ramos secundários, ou apenas pinhas nos ramos primários (Fig. 20).

Não há registro de nomenclatura que defina as pinhas inseridas em ramos primários e secundários. Para definir as pinhas inseridas nos dois diferentes locais, adotou-se a nomenclatura de: pinha de ramo primário e, pinha de ramo secundário (grimpas). O termo ginostróbilo foi utilizado para definir as primeiras etapas do desenvolvimento, formação e crescimento, sendo que a partir da polinização, foi utilizado o termo pinha. Mattos (1972), também confirma a presença de pinhas de ramos primários e secundários. Sendo que as pinhas de ramos primários formam-se no ápice de pedúnculos espinhosos de 2,5 a 12 cm nos ramos primários e as secundárias sobre as grimpas em ramos laterais, podendo ocorrer os dois tipos numa mesma planta.

Nos ginostróbilos formados no ramo primário, observou-se que a formação ocorre no 3º ou 4º verticilo após a frutificação do ano anterior, nos ramos secundários não foi possível determinar o padrão para a formação dos ginostróbilos. Nos verticilos reprodutivos do ramo primário pode ocorrer a formação de até 4 ginostróbilos, sendo que nos ramos secundários, o

mais comum é a formação de um ou dois ginostrobilo por ramo. Como os ramos secundários se apresentam bastante ramificados, a presença de pinhas nos ramos secundários é elevada, podendo igualar-se e ultrapassar o número de pinhas primárias numa mesma planta. Numa das plantas matrizes pesquisadas, foram encontradas 14 pinhas de ramos secundários no mesmo estágio de desenvolvimento, num só ramo primário. Mattos (1972), encontrou cerca de 14 pinhas num único ramo. Porém não é especificado o local de inserção das mesmas nos ramos.



FIGURA 20: **A, B, C, D**) Ramos de *Araucaria angustifolia* com pinhas em diferentes posições de inserção; **(a)** pinhas nos ramos primários; **(b)** pinhas nos ramos secundários.

Foi observado que as pinhas de ramos secundários apresentam pinhões cheios, demonstrando que estas são férteis e contribuem na produtividade da planta.

Observou-se nas plantas pesquisadas que o tamanho das pinhas de ramos primários é maior que o das pinhas de ramos secundários, e apresentam um número maior de pinhões por pinha (Tabela 03 e 04). O número de pinhões por pinhas de ramos primários variou devido

principalmente à localização de cada planta. A PF6 apresenta o maior número de pinhões por pinha tanto para as de ramos primários quanto para as de ramos secundários, e a planta PF4 apresenta o menor número de pinhões seja para pinhas de ramos primários ou de ramos secundários. A matriz PF6 localiza-se num pequeno capão de araucárias, com plantas masculinas muito próximas, o que favorece a polinização abundante. A PF4, no entanto, é uma planta isolada, com cerca de 50 m de distância do macho mais próximo, o que dificulta a polinização das pinhas.

TABELA 03: Diâmetro médio das pinhas, em três plantas de *Araucaria angustifolia*, situadas no Setor de Ciências Agrárias, Curitiba – PR.

Matriz	Diâmetro
PF3	10,6 b
PF4	12,1 a
PF6	11,6 a
Ramo	
Primário	12,8 a
Secundário	10,4 b
Coefficiente de variação (%)	10,15

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

TABELA 04: Comprimento médio das pinhas e número de pinhões por pinha, em três plantas de *Araucaria angustifolia*, situadas no Setor de Ciências Agrárias, Curitiba – PR.

Matriz	Comprimento		Nº de pinhões	
	Ramo		Ramo	
	primário	secundário	primário	secundário
PF3	13,1 A b	9,30 B b	38 A b	15 B b
PF4	14,8 A b	11,0 B a	11 A c	04 B c
PF6	17,9 A a	10,5 B a	60 A a	40 B a
C. V. (%)	5,15		14,34	

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na linha não diferem entre si quanto a origem da pinha e médias seguidas de mesma letra minúsculas na coluna não diferem entre si quanto a matriz, ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Solórzano-Filho (2001), trabalhando com uma população natural, encontrou o número médio de 56 até 141 pinhões por pinha. Enquanto Mattos (1972) apresenta de 20 a 134 pinhões por pinha. No presente trabalho encontrou-se a maior média de 60 pinhões e a menor de 11 pinhões por pinha de ramo primário, e para as pinhas de ramos secundários a maior média foi de 40 e a menor de 04 pinhões por pinha.

Constatou-se que os pinhões de uma mesma pinha são semelhantes no tamanho e na massa. No entanto, tanto as pinhas de ramos secundários como as de ramos primários

apresentaram uma grande variação no seu tamanho, por conseqüência houve uma variação no tamanho dos pinhões retirados das mesmas. Os menores pinhões obtidos possuem uma massa média de 2,80 g e 3 cm de comprimento nas pinhas de ramos secundários e os maiores pinhões uma massa média de 12,65 g e 6,5 cm de comprimento para pinhões de pinhas de ramos primários (Fig. 21).

O tamanho dos pinhões de pinhas de ramos secundários, apesar de menor que os demais, encontra-se dentro da margem de tamanho obtida por Solórzano-Filho (2001), cujo trabalho mostra uma massa média seca dos pinhões de 5,5 g, com máximo de 8,1 e mínimo de 3,0 g. Por sua vez, Castro (1959) trabalhando com 11 procedências, de São Paulo, Santa Catarina e Paraná, obtiveram o maior comprimento médio de pinhões em Campos do Jordão, com cerca de 4,82 cm de comprimento.

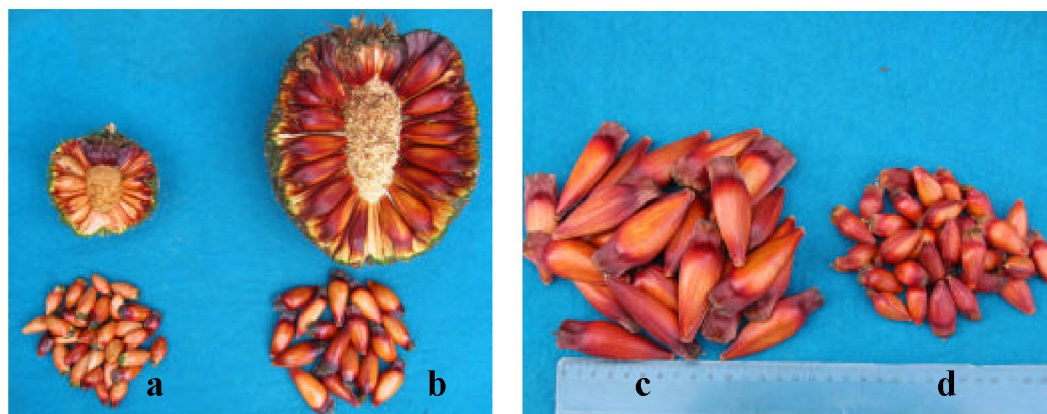


FIGURA 21: Pinhas maduras de *Araucaria angustifolia*. (a) pinha de ramo secundário; (b) pinha de ramo primário; (c) pinhões de pinhas de ramos primários e (d) pinhões de pinhas de ramos secundários.

4.2.4 Avaliação da germinação

Mesmo os pinhões das pinhas de ramos secundários sendo de tamanho inferior aos das pinhas de ramos primários, a presença de pinhas de ramos secundários pode atuar de maneira a aumentar a produtividade de uma planta, produzindo mais pinhas por copa. A utilização destes pinhões de pinhas de ramos secundários para produção de mudas pode ser uma outra opção.

A porcentagem de pinhões germinados diferiu estatisticamente entre pinhões de pinha de ramos primários e de pinha de ramos secundários (Tabela 05). As maiores porcentagens de germinação foram de pinhões de pinhas de ramos primários, no entanto, estas médias não diferiram estatisticamente dos pinhões de classe pequena das pinhas de ramos secundários. A menor porcentagem de germinação foi obtida pelos pinhões de classe grande das pinhas de

ramos secundários. Mattos (1972), afirma que o tamanho dos pinhões não influi no poder germinativo dos mesmos.

A porcentagem de pinhões sadios não germinados mostrou diferença significativa entre pinhões de pinhas de ramos primários e de ramos secundários. No entanto, não apresentaram diferença quanto ao tamanho dos pinhões. Apenas os pinhões de classe grande de pinhas de ramos secundários apresentaram a maior taxa de pinhões sadios não germinados, e os pinhões médios de pinhas de ramos primários com a menor taxa, após 60 dias do plantio. Estes pinhões por estarem viáveis, ainda podem germinar, aumentando a porcentagem de germinação em todas as classes de pinhões.

TABELA 05: Porcentagem de germinação de pinhões de pinhas de ramos primários e secundários de *Araucaria angustifolia*, com três tamanhos de sementes.

Ramo	Germinados (%)	Pinhões podres (%)	Não germinados (%)
Primário	67,9 a	13,3 a	18,8 b
Secundário	45,7 b	18,9 a	35,4 a
Classe			
Grandes	52,7 a	20,0 a	27,3 a
Médios	63,3 a	11,0 a	25,7 a
Pequenos	54,3 a	17,3 a	28,3 a
C. V. (%)	16,59	32,83	35,19

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Conforme Moreira-Souza (2003), as sementes de *Araucaria angustifolia* apresentam lentidão e desuniformidade na sua germinação. Os autores utilizaram sementes com as pontas cortadas, o que ocasionou precocidade e aumento no percentual de germinação.

A porcentagem de pinhões podres não diferiu estatisticamente entre as diferentes classes de pinhões e entre pinhas de ramos primários e pinhas de ramos secundários, mas seguiu a mesma tendência dos pinhões sadios não germinados, com a maior taxa para pinhões de classe grande de pinhas de ramos secundários e menor porcentagem para os pinhões médios de pinhas de ramos primários.

Foi observado durante a condução do experimento, a presença de pinhões podres com furos. A principal causa do aparecimento de pinhões podres após o plantio segundo Mattos (1972), e Castro (1959), é a presença da larva de *Grapholita araucariae* Pereira, que ataca o caulículo e o hipocótilo do embrião, impedindo a germinação.

Os dados demonstram que os pinhões de pinhas de ramos primários apresentam maior porcentagem de germinação em relação aos pinhões de pinhas de ramos secundários, no entanto, o tamanho dos pinhões não interfere nesta variável.

4.2.5 Curva de crescimento das pinhas

Neste trabalho observou-se que após a abertura do botão reprodutivo feminino, ainda no período de polinização, a pinha inicia seu crescimento, em diâmetro e comprimento, que dura cerca de 20 meses, até a queda dos pinhões.

A curva de crescimento das pinhas de ramos primários e de ramos secundários (Figuras 22 e 23), demonstra que nos primeiros meses após a abertura do ginostrobilo, de outubro a janeiro, houve um período de grande crescimento, onde as pinhas de ramos principais atingem cerca de 65 mm de diâmetro por 79 mm de comprimento. As pinhas dos ramos secundários também apresentaram acentuado crescimento nestes meses, a média de tamanho nestas pinhas em janeiro é de 55 mm diâmetro e 61 mm de comprimento. A partir de fevereiro a taxa de crescimento das pinhas diminui, permanecendo baixo até o mês de agosto quando ocorre um novo período de grande crescimento das pinhas.

Estas observações diferem das de Solórzano-Filho (2001), que constatou que a *Araucaria angustifolia* apresenta um crescimento constante, durante todo o ano, no entanto, a taxa de crescimento vegetativo é menor na estação fria. Um crescimento lento nos primeiros meses após a polinização foi observado por Mantovani *et al.* (2004), sendo que depois de 10 meses o crescimento das pinhas foi mais rápido até a maturação e queda dos pinhões. Shimoya (1962), destaca que para a região de Viçosa, em Minas Gerais, dois períodos são bem distintos durante o desenvolvimento do ciclo evolutivo da *Araucaria angustifolia*. O primeiro corresponde aos meses de outubro a dezembro, onde ocorre a identificação dos ginostrobilos, a polinização, e a fertilização. O segundo período, entre maio e julho, é caracterizado pelo estado de repouso, sem eventos reprodutivos significativos.

Constatou-se que em janeiro, durante o segundo pico de crescimento, que as pinhas de ramos primários apresentaram cerca de 118 mm de diâmetro e 133 mm de comprimento, e 104 mm de diâmetro e 111 mm de comprimento, para as pinhas de ramos secundários. Convém salientar que este tamanho é muito próximo ao tamanho final das pinhas maduras coletadas nas plantas pesquisadas no ano anterior. As pinhas de ramos primários e secundários colhidas

nos meses de maio a junho apresentaram cerca de 12 e 9 cm de diâmetro e 14 e 9 cm de comprimento, respectivamente.

FIGURA 22: Curva de crescimento das pinhas de ramos primários de *Araucaria angustifolia*, nos anos de 2003 a 2005, em Curitiba – PR.

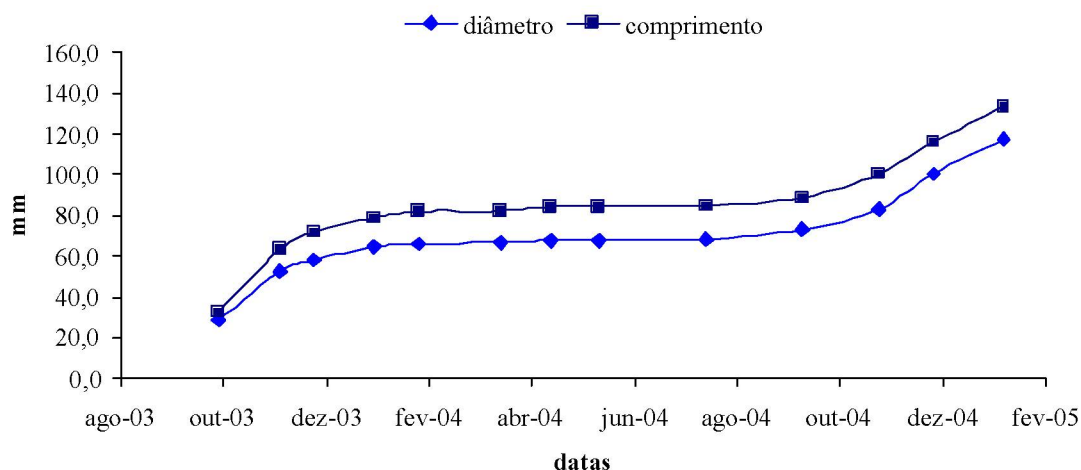
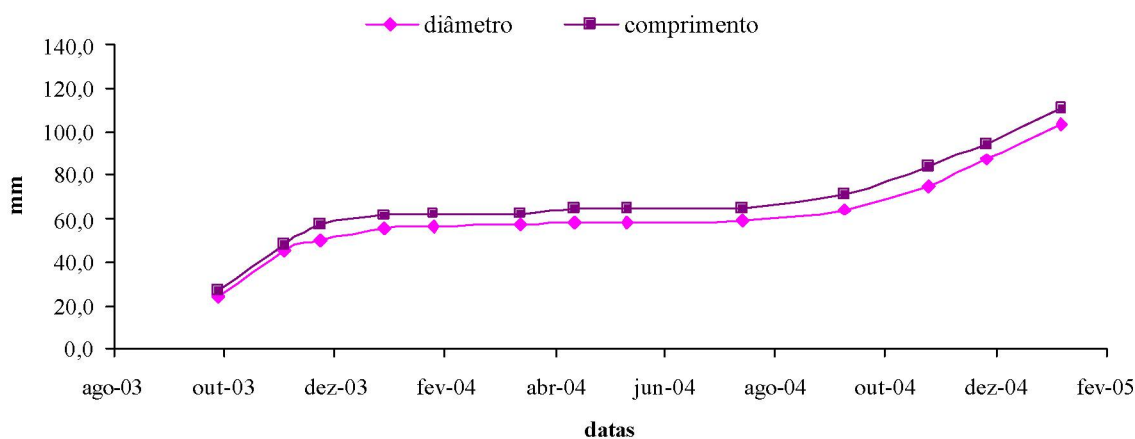


FIGURA 23: Curva de crescimento das pinhas de ramos secundários de *Araucaria angustifolia*, nos anos de 2003 a 2005, em Curitiba – PR.



Nos gráficos observa-se que o comprimento das pinhas é maior que o diâmetro. Sendo que o aumento do diâmetro e do comprimento é simultâneo durante todo o período de crescimento da pinha, mantendo a pinha com uma forma oval. No entanto, as pinhas de ramos secundários apresentam uma diferença menor entre o diâmetro e o comprimento e conseqüentemente apresentaram uma forma mais arredondada do que as pinhas de ramos

primários. Apesar do tamanho menor, em diâmetro e comprimento, das pinhas de ramos secundários, a taxa de crescimento é semelhante ao das pinhas de ramos primários, com picos de crescimento semelhantes.

O crescimento das pinhas mostrou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre o diâmetro e comprimento das pinhas de ramos primários e as pinhas de ramos secundários (Tabelas 06 e 07). As pinhas de ramos secundários apresentaram menor diâmetro e comprimento do que as pinhas de ramos primários desde o momento da polinização, e depois durante todo o período de crescimento observado.

TABELA 06: Diâmetro médio em mm de pinhas de ramos primários e de ramos secundários de *Araucaria angustifolia*, em Curitiba – PR, nos anos de 2003 a 2005.

Ramo da pinha	Data das medições (mês/ano)												
	10/03	11/03	12/03	01/04	02/04	04/04	05/04	06/04	08/07	09/04	11/04	12/04	01/05
primário	28,8	52,9	58,1	64,6	66,2	66,8	67,7	67,7	68,4	73,2	83,1	100,6	117,6
	A g	A f	A ef	A def	A de	A de	A de	A de	A de	A cd	A c	A b	A a
secundário	24,3	45,1	50,3	55,1	56,6	56,7	58,1	58,1	58,7	63,9	74,6	87,8	103,8
	B g	B f	B ef	B def	B def	B def	B de	B de	B de	B cd	B c	B b	B a

Coeficiente de variação = 6,68 %

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si quanto ao ramo da pinha e médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si quanto à época, ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

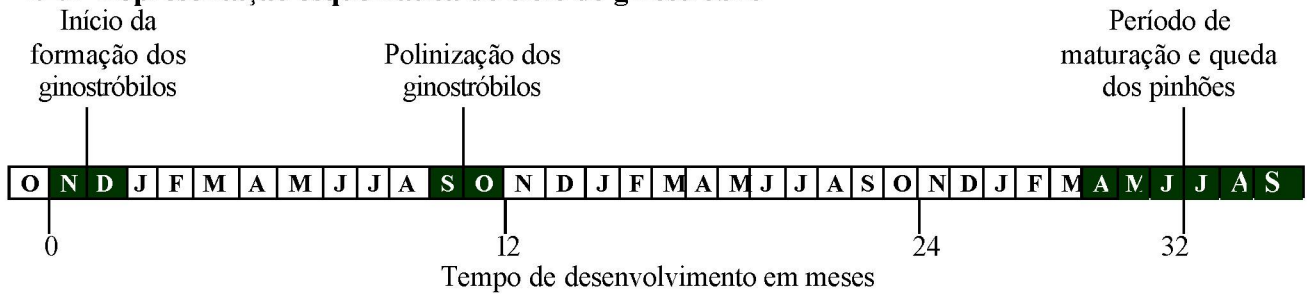
TABELA 07: Comprimento médio em mm de pinhas de ramos primários e de ramos secundários de *Araucaria angustifolia*, em Curitiba – PR, nos anos de 2003 a 2005.

Ramo da pinha	Data das medições (mês/ano)												
	10/03	11/03	12/03	01/04	02/04	04/04	05/04	06/04	08/07	09/04	11/04	12/04	01/05
primário	32,9	63,5	72,1	78,8	82,1	82,4	84,3	84,4	84,8	88,9	100,4	116	133,5
	A f	A f	A de	A de	Acde	Acde	Acde	Acde	A cd	A cd	A bc	A ab	A a
secundário	27,1	48,5	57	61,4	62,5	62,7	64,7	65	65	71,1	83,7	94,9	110,3
	B f	B e	B de	B de	B de	B de	Bcde	Bcde	Bcde	B cd	B bc	B ab	B a

Coeficiente de variação = 9,52 %

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si quanto ao ramo da pinha e médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si quanto à época, ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

4.2.6 Representação esquemática do ciclo do ginostróbilo



4.2.7 Ilustração comparativa do ciclo do ginostróbilo e do androstróbilo

Ginostróbilo		Androstróbilo	
	Início de formação do ginostróbilo	Novembro e dezembro	 Início de formação do androstróbilo
	Período de crescimento e desenvolvimento do ginostróbilo	Dezembro a agosto	 Período de crescimento e desenvolvimento do androstróbilo
	Ginostróbilo é exposto para receber o pólen	Setembro e outubro	 O androstróbilo inicia a liberação do pólen, encerrando o seu ciclo.
	Período de crescimento e fecundação dos óvulos	Novembro a novembro	
	Período de crescimento e formação das sementes	Novembro a abril	
	Período de maturação e queda dos pinhões.	Abril a setembro	

5 CONCLUSÕES

Para as condições ambientais de Curitiba obteve-se que:

- A polinização da *Araucaria angustifolia*, ocorre nos meses de setembro e outubro.
- No ciclo do androstróbilo da *Araucaria angustifolia*, a formação inicia em novembro, e a dispersão do pólen ocorre em setembro e outubro, num ciclo de 10 a 11 meses.
- No ciclo do ginostrobilo da *Araucaria angustifolia*, a formação inicia em novembro, a polinização ocorre em setembro e outubro do ano seguinte, e a maturação dos pinhões 20 meses mais tarde de abril a setembro, num ciclo de 29 a 34 meses.
- As pinhas localizadas nos ramos secundários são menores e mais arredondadas que as pinhas de ramos primários.
- O tamanho dos pinhões não interfere na porcentagem de germinação.
- Há dois picos de crescimento das pinhas, um de setembro a janeiro logo após a polinização, e outro de agosto a fevereiro do ano seguinte.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

A *Araucaria angustifolia* é uma espécie econômica e ecologicamente importante, e que ainda hoje sofre com o extrativismo clandestino, tanto da madeira quanto dos pinhões. A necessidade de se conhecer mais sobre esta espécie está diretamente ligada à necessidade de preservá-la. O grande apelo carismático que esta planta possui em todos os seguimentos da sociedade e as suas características ecológicas são fatos comprovados da necessidade de se preservar, não só a espécie, mas todo o ecossistema em que ela está inserida. Programas de preservação devem estar embasados por conhecimentos científicos, que conciliem o desenvolvimento econômico junto com a preservação, para que não ocorra a perda deste valor simbólico que esta planta possui junto à população.

O conhecimento da fenologia reprodutiva da araucária pode auxiliar futuros programas de melhoramento genético e de preservação da espécie, com plantio de pomares visando à produção mais rentável de pinhões e reduzindo as pressões de extração dos remanescentes naturais.

A descrição completa da fenologia reprodutiva, com domínio da metodologia para cruzamentos dirigidos, assim como a otimização do processo de clonagem, via propagação de material adulto por ministaquia e microenxertia, são objetivos de uma tese de doutorado já em fase inicial, no Programa de Pós-Graduação – Produção Vegetal da UFPR.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTARITA, L. V.; GUERRA, M. P. Early somatic embryogenesis in *Araucaria angustifolia* – induction and maintenance of embryonal – suspensor mass cultures. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, n. 02, p. 113-118, 1998.
- ASTARITA, L. V.; HANDRO, W.; FLOH, E. I. S. Changes in polyamines content associated with zygotic embryogenesis in the Brazilian pine, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Ktze. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 02, p. 163-168, 2003.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the *Araucaria* Forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 97, p. 109-121, 1997.
- BUFFALOE, N. D. **Diversidade de plantas e animais**. Trad: Mário Guimarães Ferri. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1974. 117 p.
- BURLINGAME, L. L. The morphology of *Araucaria brasiliensis*. I. The staminate cone and male gametophyte. **Botanical Gazette**, v. 55, p. 97-112. 1913
- BURLINGAME, L. L. The morphology of *Araucaria brasiliensis*. II. The ovulate cone and female gametophyte. **Botanical Gazette**, v. 57, p. 490-507. 1914
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.
- CASTELLA, P. R.; BRITZ, R. M. A (org.). **Floresta com Araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 233 p.
- CASTRO, Y. G. P. Variação no tamanho de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**: Instituto Nacional do Pinho, Rio de Janeiro, ano 11, n. 11, 1959.
- FEDER, N.; O'BRIEN, T. P. Plant microtechnique: some principles and new methods. **American Journal of Botany**, n. 55 (1): 123-142, 1968.
- FERNANDEZ, J. H. **Identificação e caracterização de proteínas e genes expressos diferencialmente durante o desenvolvimento do embrião zigótico de *Araucaria angustifolia***. Campinas, 2002. 92 f. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Estrutural – Área de Biologia Celular), Centro de Biologia Molecular e Engenharia Genética, Universidade Estadual de Campinas.
- FERRI, M. G. **Botânica: Morfologia Externa das Plantas**. 15ª ed. São Paulo: Nobel, 1983. 148 p.
- FONSECA, F. N.; FERREIRA, A. J. S.; SARTORELLI, P.; LOPES, N. P.; FLOH, E. I. S.; HANDRO, W.; KATO, M. J. Phenylpropanoid derivatives and biflavones at different stages of

differentiation and development of *Araucaria angustifolia*. **Phytochemistry**, v. 55, p. 575-580, 2000.

GIFFORD, E. M.; FOSTER, A. S. **Morphology and evolution of vascular plants**. New York: W. H. Freeman and Company, 1989. 626 p.

GUERRA, P. G.; SILVEIRA, V.; SANTOS, A. L. W.; ASTARITA, L. V.; NODARI, R. O. Somatic embryogenesis in *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Ktze. **Forestry Sciences**: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, v. 06, p. 458-479, 2000.

HERTEL, R. J. G. **Interpretação morfológica da *Araucaria angustifolia***. Curitiba, 1980. 143 f. Tese (Concurso para professor titular na área de Morfologia Vegetal) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

IRITANI, C. **Ação de reguladores de crescimento na propagação vegetativa por estaquia de *Ilex paraguariensis* Saint Hilare e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze**. Curitiba, 1981. 163 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

IRITANI, C. **Aspectos múltiplos da cultura *in vitro* da *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze**. Curitiba, 1997. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

IRITANI, C.; SOARES, R. V. Ação de reguladores do crescimento no enraizamento das estacas de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. In: Congresso Florestal Brasileiro, ano VIII, 1983. Anais: Silvicultura. p. 313-317.

IRITANI, C.; ZANETTE, F.; CISLINSKI, J. Aspectos anatômicos da cultura *in vitro* da *Araucaria angustifolia*. I. Organização e desenvolvimento dos meristemas axilares ortotrópicos de segmentos caulinares. **Acta Biologica Paranaense**. Curitiba, v. 21, n. 1, 2, 3, 4, p. 57-76, 1992.

IRITANI, C.; ZANETTE, F.; CISLINSKI, J. Aspectos anatômicos da cultura *in vitro* da *Araucaria angustifolia*. II. O enraizamento dos brotos axilares. **Acta Biologica Paranaense**. Curitiba, v. 22, n. 1, 2, 3, 4, p. 1-13, 1993.

JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. New York: Mc Graw Hill Book Co. 1940.

JOLY, A. B. **Conheça a vegetação brasileira**. São Paulo: Editora Polígono, 1970. 165 p.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 6.ed. São Paulo: Editora Nacional, 1983. 777 p.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. **Techniques for pollination biologists**. Niwot: University Press of Colorado, 1993. 583 p.

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

- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa – SP: Editora Plantarum, 1992. 352 p.
- MAAS, P.J.M.; WESTRA, L. Y. T. **Neotropical: Plant families**. 2 ed. Alemanha: Koeltz Scientific Books, 1998. 289 p.
- MACHADO, S. A.; SIQUEIRA, J. D. P. **Distribuição Natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. KTZE**. Curitiba-Paraná: FUPEF, 1980. 9 p.
- MANTOVANI, A.; MORELLATO, L. P. C.; REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 04, p. 787-796, 2004.
- MATTOS, J. R. **O pinheiro brasileiro**. São Paulo, 1972. 629 p.
- 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). **Boletim do Instituto de Botânica**, São Paulo, n. 16, p. 86-87, 2003.
- MOREIRA-SOUZA, M.; CARDOSO, E. J. B. N. Practical method for germination of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Seeds. **Scientia Agricola**; Piracicaba, v. 60, nº 02, 2003.
- PEARSON, L. C. **The diversity and evolution of plants**. New York: CRC Press, 1995. 646 p.
- PENCHEL, R. M. **In vitro studies of *Araucaria angustifolia* and *Araucaria heterophylla***. New Jersey, 1986. 98 f. Tese (Mestrado em Ciência, Botânica e Fisiologia Vegetal), Universidade de New Jersey.
- PIRES, P. T. L. **Alternativas políticas e jurídicas para a gestão das florestas de araucária no estado do Paraná**. Curitiba, 2003. 207 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais - Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Madeiras do Brasil: Santa Catarina**. Florianópolis: Editora Lunardelli, 1979. 320 p.
- RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. **Botânica Econômica Brasileira**. 2.ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1995. 241 p.
- SANTOS, A. L. W.; SILVEIRA, V.; STEINER, N.; VIDOR, M.; GUERRA, M. P. Somatic embryogenesis in Parana pine (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 45, n. 01, p. 97-104, 2002.

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

SHIMIZU, J. Y.; OLIVEIRA, Y. M. M. **Distribuição da variação e usos de recursos: genética de araucária no Sul do Brasil**. Curitiba-PR: Embrapa-URPFCS, documento 04, 1981, 9 p.

SHIMOYA, C. Contribuição ao estudo do ciclo biológico de *Araucaria angustifolia* (Bertolini) O. Ktze. **Experientie**, Viçosa-MG, v. 02, n. 02, p. 519-540, 1962.

SOLÓRZANO-FILHO, J. A. **Demografia e ecologia da dispersão de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kutze (Araucariaceae), numa população relictual em Campos do Jordão, SP**. São Paulo, 2001, 154 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Área de Ecologia), Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo.

SOUSA, V. A. **Population genetic studies in *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze**. Gottingen, 2000, 161 f. Dissertação (Doutorado em Silvicultura), Universidade de Gottingen.

SOUSA, V. A.; HATTEMER, H. H. Pollen dispensal and gene flow by pollen in *Araucaria angustifolia*. **Australian Journal of Botany**. Collingwood, v. 51, p. 309-317, 2003.

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

STEFENON, V. M.; NODARI, R. O. Marcadores moleculares no melhoramento genético de Araucária. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 31, p. 95-99, 2003.

VIDAKOVIC, M.; **Conifers: morphology and variation**. Republic of Croatia: Graficki Zavod Hrvatske, 1991. 755 p.

WEBERLING, F.; SCHWANTES, H. O. **Taxonomia Vegetal**. São Paulo: EPU, 1986.

ZANETTE, F.; IRITANI, C.; PAULA, S. R. Aspectos básicos da cultura *in vitro* de *Araucaria angustifolia*. I. Organização e desenvolvimento dos meristemas axilares. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**. Curitiba, v. 9, p 7-13, 1987.

ANEXOS

ANEXO 01 – Análise de variância do tamanho médio das pinhas e número de pinhões por pinha, em 3 plantas de *A. angustifolia*, situadas no Setor de Ciências Agrárias, em Curitiba – PR.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio		
		diâmetro	comprimento	nº de pinhões
Matriz	2	3,44 *	12,88 *	2664,8 **
Ramo da pinha	1	35,28 **	114,76 **	1253,3 **
Matriz x ramo da pinha	2	0,068 ^{ns}	7,03 **	6,68 *
Erro experimental	6	1,35	0,430	16,024
Coeficiente de Variação (%)		10,15	5,15	14,34

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

ANEXO 02 – Análise de variância para a porcentagem de germinação de pinhões de pinhas de ramos primários e de ramos secundários de *A. angustifolia*, com 3 tamanhos de sementes.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio		
		Germinados (%)	Podres (%)	Não germinados (%)
Ramo da pinha	1	2222,2 **	138,9 ^{ns}	1250,0 *
Classe do pinhão	2	197,5 ^{ns}	128,2 ^{ns}	10,89 ^{ns}
Ramo pinha x classe pinhão	2	323,55 ^{ns}	37,6 ^{ns}	164,67 ^{ns}
Erro experimental	8	88,72	27,97	91,03
Coeficiente de Variação (%)		16,59	32,83	35,19

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

ANEXO 03 – Análise de variância para o diâmetro e o comprimento médio de pinhas de ramos primários e de ramos secundários de *A. angustifolia*, em Curitiba – PR, nos anos de 2003 a 2005.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	
		Diâmetro	Comprimento
Parcelas			
- blocos	2	233,235 **	32,459 ^{ns}
- ramo da pinha	1	1734,32 **	6118,0 **
Subparcelas			
- data das medições	12	2524,26 **	2981,74 **
- ramo da pinha x data	12	7,595 ^{ns}	27,25 ^{ns}
Erro (b)	50	19,266	52,476
Coeficiente de Variação (%)		6,68	9,52

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo