

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GABRIELY PINTO PEREIRA

**ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DE MERISTEMAS APICAIS DE RAMOS
PLAGIOTRÓPICOS E ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE *Araucaria angustifolia*
(Bertol.) Kuntze**

**CURITIBA
2013**

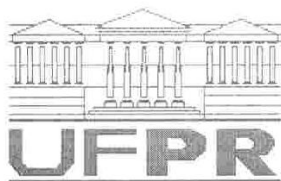
GABRIELY PINTO PEREIRA

**ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DE MERISTEMAS APICAIS DE RAMOS
PLAGIOTRÓPICOS E ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE *Araucaria angustifolia*
(Bertol.) Kuntze**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências.

**Orientador: Prof. Dr. Flávio Zanette
Co-Orientadores: Prof. Dr. Luiz Antonio Biasi e
Prof. Dr. Ruy Inacio Neiva de Carvalho**

**CURITIBA
2013**



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

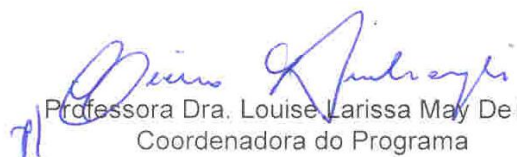


PARECER

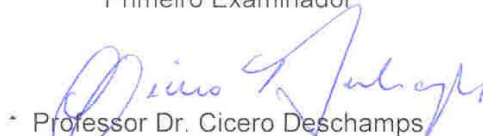
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO, apresentada pela candidata **GABRIELY PINTO PEREIRA**, sob o título “**ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DE MERISTEMAS APICAIS DE RAMOS PLAGIOTRÓPICOS E ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze**”, 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.

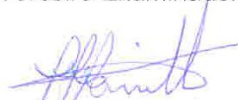
Curitiba, 28 de Fevereiro de 2013.


Professora Dra. Louise Larissa May De Mio
Coordenadora do Programa


Professor Dr. Ruy Inácio Neiva de Carvalho
Primeiro Examinador


Professor Dr. Cicero Deschamps
Segundo Examinador


Professor Dr. Luiz Antonio Biasi
Terceiro Examinador


Professor Dr. Flávio Zanette
Presidente da Banca e Orientador

AGRADECIMENTOS

À Deus por me conceder a vida, saúde e sempre iluminar meus passos!

Aos meus pais Gilda e Geraldo e ao meu irmão Guilherme que, mesmo estando longe, sempre se fazem presentes com muito amor e carinho, apoiando meus sonhos!

Ao professor Flávio Zanette pela orientação na execução desta dissertação e por compartilhar suas experiências profissionais!

Aos professores Ruy Inacio Neiva de Carvalho e Luiz Antonio Biasi por aceitarem participar da comissão de orientação, pelo auxílio e contribuições!

Em especial ao professor Ruy Inacio Neiva de Carvalho, por me inserir no mundo da pesquisa, pela orientação e ensinamentos desde a graduação e iniciação científica, pela confiança depositada em mim e pela atenção e amizade!

À Grasi pela amizade e sugestões importantes no trabalho!

Aos estagiários Jair, Ollyver e Augusto que me ajudaram com a parte prática!

Aos funcionários Lucimara Antunes, Carlos Maduro, Sr. Rainério e Maria Emília que sempre estavam dispostos a ajudar!

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos!

À todos que de alguma forma ajudaram no desenvolvimento deste trabalho!

RESUMO

A *Araucaria angustifolia* apresenta diminuição da taxa de crescimento durante o outono e o inverno, podendo ser resposta às condições ambientais desfavoráveis, como ocorre nas frutíferas temperadas, que apresentam dormência de gemas como forma de sobrevivência. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica da atividade respiratória de meristemas apicais de ramos plagiotrópicos de *A. angustifolia* e o enraizamento dos ramos. Para a avaliação da atividade respiratória, foram coletadas amostras de 0,4 g de gemas apicais de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas. Estas gemas foram mantidas por duas horas em 5 mL de solução de cloreto de 2,3,5 trifenil tetrazólio (1,2%) em sala de crescimento a 25 °C. Em seguida, foram mantidas por uma hora em 4 mL de álcool etílico absoluto para leitura por espectrofotometria da absorbância a 560 nm. Para a avaliação do enraizamento, os ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas foram fragmentados em estacas de 5 cm de comprimento, mantidas com a metade basal sem acículas e cortadas em bisel na base. As estacas foram submetidas ao processo de desinfestação e imersas em três concentrações de solução de ácido indolbutírico (IBA) (0; 2000 e 4000 mg L⁻¹) por um minuto e mantidas em tubetes com vermiculita em casa de vegetação. A atividade respiratória de meristemas apicais de ramos plagiotrópicos de *A. angustifolia* é variável durante o ano, sendo maior na metade da primavera e, menor no inverno, em plantas jovens e adultas. Plantas adultas permanecem em alta atividade respiratória por um período maior, até o início do verão. O enraizamento adventício em estacas de ramos plagiotrópicos de *A. angustifolia* é possível. A espécie apresenta resposta lenta aos estímulos para o enraizamento de estacas de ramos plagiotrópicos nas quatro estações. O baixo enraizamento obtido nas quatro estações não permitiu a avaliação da influência da época de coleta dos propágulos vegetativos na rizogênese, bem como da influência das diferentes concentrações de IBA.

Palavras-chave: fisiologia vegetal, atividade celular, rizogênese, pinheiro-do-Paraná

ABSTRACT

Araucaria angustifolia decreases its growth ratio during the fall and winter in response to adverse environmental conditions such as in temperate fruits where bud dormancy as a survival strategy. The aim of this study was to evaluate the dynamics of the respiratory activity of apical meristems of plagiotropic branches of *A. angustifolia* and the rooting of stems cuttings. To determine the respiratory activity, samples with 0.4 g of apical buds of plagiotropic branches of young and adult plants were collected. These buds were maintained during two hours in 5 mL of 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride (1.2%) in a growth room at 25 °C. Then, it was maintained during one hour in 4 mL of absolute ethyl alcohol and then the absorbance was determined by reading in spectrophotometer at 560 nm. For the rooting evaluation, the plagiotropic branches of young and adult plants were cut in fragments of 5 cm length maintaining the basal half region without leaves. Cuttings were subjected to disinfections and then wereby immersed in solution of three concentrations of indole butyric acid (IBA) (0, 2000 and 4000 mg L⁻¹) during one minute and transferred to tubes with vermiculite as a substrate in greenhouse conditions. The respiratory activity of apical meristems of plagiotropic branches of *A. angustifolia* changed during the year, reducing in mid-spring and become lower in the winter in both young and adult plants. Adult plants remained with lower respiratory activity for a longer period, until the beginning of summer. The adventitious rooting in stems cuttings of plagiotropic branches of *A. angustifolia* is possible. The species has a slow response for the rooting of plagiotropic branches in four seasons. The low rooting in the four seasons did not allow to evaluate the effect in rooting formation of the collection time of stems as well as the influence of IBA concentrations.

Key words: plant physiology, cellular activity, rooting, Parana-pine

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** - Preparo das gemas apicais de ramos plagiotrópicos de *A. angustifolia* para utilização no teste de tetrazólio. UFPR, Curitiba-PR. 2012.....23
- FIGURA 2** – Gema apical de ramo plagiotrópico de *A. angustifolia* (barra = 2 mm) após duas horas em solução de cloreto de 2,3,5-trifeniltetrazólio (1,2%). UFPR, Curitiba – PR. 2012.....23
- FIGURA 3** - Estaca de ramo plagiotrópico de *A. angustifolia* utilizada para a avaliação do enraizamento (a) e, estacas plantadas em tubetes e mantidas em casa de vegetação (b). UFPR, Curitiba-PR. 2012.....24
- FIGURA 4** - Absorbância de meristemas apicais de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, coletados em 10 datas. UFPR, Curitiba-PR. 2012.....27
- FIGURA 5** – Valores médios mensais da temperatura (mínima, média e máxima) e radiação solar registrados durante o período de março de 2011 a maio de 2012 na Estação Meteorológica do Simepar, localizada em Curitiba- PR.....28
- FIGURA 6** - Estacas de ramos plagiotrópicos de plantas jovens de *A. angustifolia* enraizadas aos 180 dias após o plantio, coletadas no inverno de 2011. UFPR, Curitiba-PR, 2011.....33
- FIGURA 7** – Sobrevivência de estacas de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia* aos 180 dias após o plantio, coletadas no outono de 2011. UFPR, Curitiba – PR. 2011.....36
- FIGURA 8** - Estaca de ramo plagiotrópico de planta jovem de *A. angustifolia* com formação de calo (a) e com emissão de brotação (b) aos 180 dias após o plantio, coletadas na primavera de 2011. UFPR, Curitiba-PR. 2011.....39

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1** - Análise de variância da absorbância de meristemas apicais de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, coletados em 10 datas. UFPR, Curitiba-PR. 2012.....26
- TABELA 2** - Coeficiente de correlação de Pearson para a absorbância de meristemas apicais de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia* e valores médios mensais da temperatura (mínima, média e máxima) e radiação, nas 10 datas de coleta. UFPR, Curitiba – PR. 2012...28
- TABELA 3** - Horas de frio abaixo de 7,2 °C ocorridas no período de 01 de março de 2011 a 18 de maio de 2012 registradas na Estação Meteorológica do Simepar, Curitiba-PR.....31
- TABELA 4** - Média e desvio padrão da porcentagem de enraizamento, número de raízes e comprimento das três raízes mais longas de estacas de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, tratadas com ácido indolbutírico (IBA) nas quatro estações do ano, aos 180 dias após o plantio. UFPR, Curitiba-PR. 2012.....32
- TABELA 5** - Análise de variância da sobrevivência de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, tratadas com ácido indolbutírico (IBA) nas quatro estações do ano, aos 180 dias após o plantio. UFPR, Curitiba-PR. 2012.....35
- TABELA 6** - Sobrevivência (%) de estacas de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, tratadas com ácido indolbutírico (IBA) nas quatro estações do ano, aos 180 dias após o plantio. UFPR, Curitiba-PR. 2012.....36
- TABELA 7** – Resultado do Teste de Bartlett para a mortalidade, porcentagem de estacas com calos e porcentagem de estacas com brotação de estacas de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, tratadas com ácido indolbutírico (IBA) nas quatro estações do ano. UFPR, Curitiba-PR. 2012.....37

TABELA 8 - Média e desvio padrão da mortalidade, porcentagem de estacas com calos e porcentagem de estacas com brotação de estacas de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, tratadas com ácido indolbutírico (IBA) nas quatro estações do ano, aos 180 dias após o plantio. UFPR, Curitiba-PR. 2012.....38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 A <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) KUNTZE	12
2.1.1 Crescimento e desenvolvimento da <i>A. angustifolia</i>	13
2.2 DORMÊNCIA DE GEMAS.....	14
2.2.1 Avaliação da dormência pelo teste de tetrazólio	15
2.3 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA EM <i>A. angustifolia</i>	17
2.3.1 Estaquia	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DE MERISTEMAS APICAIS	26
4.2 ESTAQUIA DE RAMOS PLAGIOTRÓPICOS.....	31
5 CONCLUSÕES.....	40
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia*, também conhecida como pinheiro brasileiro ou pinheiro-do-Paraná, é nativa do Brasil e possui ampla área de distribuição, com importância ecológica no sul do País. É característica da Floresta com Araucária, que se encontra ameaçada de extinção devido à extração predatória de sua madeira.

Dentre as possibilidades de preservação da espécie e manutenção de genótipos selecionados encontra-se a propagação vegetativa. Os ramos da *A. angustifolia* podem ser ortotrópicos e plagiotrópicos, estes são encontrados em maior quantidade e por isso podem ser recomendados para a propagação vegetativa, porém, este tipo de ramo apresenta hábito de crescimento horizontalizado (OLIVEIRA, 2010). Conseqüentemente, os estudos de estaquia e enxertia que já foram desenvolvidos com os ramos plagiotrópicos têm apresentado o problema das mudas manterem o tropismo.

O conhecimento da época adequada para a coleta dos propágulos possui grande importância, pois a condição fisiológica da planta matriz determinará a sobrevivência e o desenvolvimento da muda. Durante o ciclo anual de crescimento das plantas de clima temperado são observados períodos de diminuição ou até mesmo paralisação do crescimento, conhecidos como dormência de gemas, quando a planta reduz suas atividades metabólicas.

A *A. angustifolia* também apresenta redução do crescimento vegetativo em algumas épocas do ano (ASSUMPCÃO NETO, 2008), podendo ser uma resposta da planta às condições ambientais desfavoráveis, como ocorre nas frutíferas perenes de clima temperado, que apresentam dormência de gemas, como forma de sobrevivência em condições de baixa temperatura e de déficit hídrico. Apesar de existirem pesquisas dando ênfase à propagação e ao crescimento da *A. angustifolia*, não há informações referentes à sua atividade metabólica durante o ano, assim como à associação da diminuição do crescimento com algum tipo de dormência de gemas.

Existem diversos métodos para a avaliação da dormência de gemas em frutíferas de clima temperado, porém nem todos apresentam a característica de praticidade e rapidez de análise. Desta forma, foi proposto um novo método para a avaliação rápida da dormência de gemas por meio do teste de tetrazólio, que mede a atividade respiratória dos tecidos internos da gema, permitindo inferir o estado fisiológico e o nível de dormência que a planta se encontra (CARVALHO *et al.*, 2010b). O conhecimento do estado fisiológico de *A. angustifolia* ao longo do ano poderá indicar o momento adequado para a coleta do propágulo para a propagação vegetativa e com isso auxiliar em programas de preservação da espécie.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a dinâmica da atividade respiratória de meristemas apicais de ramos plagiotrópicos e o enraizamento de estacas de *Araucaria angustifolia* nas quatro estações do ano.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Araucaria angustifolia* (Bertol.) KUNTZE

A *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze é uma gimnosperma pertencente à família Araucariaceae, típica da Floresta com Araucária ou Floresta Ombrófila Mista, ocorre principalmente nos Estados do sul do Brasil, estendendo-se por São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, e países vizinhos, como a Argentina e Paraguai (REITZ *et al.*, 1979; SHIMIZU & OLIVEIRA, 1981; CARVALHO, 1994; ANSELMINI, 2005).

Segundo Golfari (1971), a área de ocorrência natural situa-se em clima temperado, em que a temperatura média anual varia de 13 a 18 °C, caracterizando-se por verões frescos e invernos relativamente frios, com temperatura mínima próxima a -8 °C. Em relação à precipitação, em sua zona de ocorrência espontânea, há um alto índice de pluviosidade, variando entre 1250 e 2500 mm (ROGERS, 1953). É normalmente encontrada em regiões mais elevadas com altitudes entre 500 a 1500 m podendo chegar aos 2300 m (KOCH & CORRÊA, 2002).

A *A. angustifolia* apresentou grande valor econômico nas regiões de sua ocorrência, pois sua madeira apresenta boas características físicas e mecânicas em relação à massa específica, sendo utilizada para construções em geral (MAINIERI & CHIMELO, 1989). O pinhão possui alto valor nutricional (CARVALHO, 1994; SOLÓRZANO-FILHO, 2001) e importância econômica principalmente nos Estados de sua ocorrência natural, em que o pinhão comercializado provém principalmente destes povoamentos (DANNER, 2012).

A espécie também apresenta importância ecológica, com papel importante na conservação do seu ecossistema, abrigando uma diversidade de animais, desde grandes mamíferos como a onça pintada e a anta, até os menores invertebrados (KOCH & CORRÊA, 2002). Além disso, o pinhão apresenta extrema importância alimentícia para animais que habitam as Florestas com Araucária, sendo excelente fonte de energia no inverno (VIDOLIN *et al.*, 2011).

A Floresta com Araucária encontra-se ameaçada de extinção (MMA, 2005) devido à intensa exploração das matas nativas, que gerou uma devastação sem precedentes na biodiversidade deste bioma, restando apenas 1 a 2% de sua área original (KOCH & CORRÊA, 2002). Conforme Castella e Britez (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. Restam 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.

2.1.1 Crescimento e desenvolvimento da *A. angustifolia*

O crescimento da *A. angustifolia* é lento até o terceiro ano de idade, em plantios comerciais (AQUINO, 2005), podendo variar em função da disponibilidade de nutrientes, umidade, temperatura, genótipo da planta, luminosidade e espaçamento de plantio (HOPPE, 1980; OLIVEIRA *et al.*, 2007). O hábito de crescimento dos ramos já pode ser observado aos três anos de idade, com diferença morfológica nítida entre os ramos com crescimento plagiotrópico, que apresentam potencial produtivo e o tronco principal ortotrópico, com produção de lenho (OLIVEIRA, 2010).

Possui ciclo médio de vida de 200 a 300 anos, com início do ciclo reprodutivo entre 15 e 20 anos do plantio da semente (CARVALHO, 1994). A espécie ocorre em variados tipos de solos, e os maiores crescimentos acontecem em solos profundos e bem drenados, enquanto os solos rasos e hidromórficos determinam baixos incrementos (SILVA *et al.*, 2001).

Por se tratar de uma planta dióica, seu sistema reprodutivo é alógamo, com árvores masculinas e femininas distintas. Há a descrição de alguns exemplares monóicos, que se desenvolvem devido a traumas de cortes, doenças ou por fatores genéticos (REITZ *et al.*, 1979; DANNER, 2012). As inflorescências crescem na extremidade dos ramos na planta adulta, e o estróbilo feminino ou ginostrobilo é composto por numerosas folhas carpelares (megaesporófilo) inseridas ao redor de um eixo cônico comum, conhecido popularmente por pinha. Os estróbilos masculinos ou androstróbilos, conhecidos como mingotes, possuem menor dimensão e numerosas escamas em torno de um eixo alongado, em seu interior há diversos sacos polínicos, onde crescem os grãos de pólen (MATTOS, 1972; FERRI, 1983; SOLÓRZANO-FILHO, 2001).

Segundo Anselmini (2005), os androstróbilos crescem no mês de novembro e a dispersão do pólen ocorre no período de setembro a outubro, num ciclo de 10 a 11 meses. Os ginostrobilos têm sua formação iniciada em novembro, a polinização 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. O crescimento das pinhas compreende dois picos: de setembro a

janeiro, logo após a polinização, e de agosto a fevereiro do ano seguinte. Para Solórzano-Filho (2001), todas as fases críticas do crescimento dos ginostrobilos, como a formação, polinização e fecundação ocorrem na primavera, coincidindo com a retomada do crescimento vegetativo, nos meses de outubro a dezembro.

Assumpção Neto (2008), estudando o ciclo de crescimento anual de *A. angustifolia*, observou variações do número de acículas formadas nos botões vegetativos entre as estações do ano, pois as estações frias do outono e inverno apresentaram, em média, valores menores de acículas que as estações quentes da primavera e verão.

Zanette *et al.* (2011) também encontraram efeito da época do ano na sobrevivência de enxertos de *A. angustifolia*, destacando que o início do outono foi a estação mais apropriada para a realização da enxertia na espécie, por ter proporcionado maior porcentagem de sobrevivência. Os autores ainda relataram que não apenas a sobrevivência do enxerto depende das estações do ano, mas também o crescimento das brotações, pois, as plantas enxertadas no outono iniciaram a brotação após três meses, enquanto as plantas enxertadas no inverno e primavera brotaram após seis meses.

Segundo Kramer e Kozlowski (1960), o ciclo de crescimento das plantas de clima temperado é influenciado pelas condições ambientais, principalmente pelas temperaturas baixas. No entanto, o crescimento pode ser diminuído mesmo que não ocorram temperaturas baixas o suficiente para deter o crescimento, ou seja, fatores internos à planta também podem influenciar o processo como, por exemplo, a dormência de gemas.

2.2 DORMÊNCIA DE GEMAS

Durante o período de dormência, as reservas acumuladas no período vegetativo protegem os tecidos meristemáticos contra as baixas temperaturas do inverno e contribuem para o fornecimento de energia e precursores durante a fase de brotação (MARAFON, 2008). Devido à gema estar em constante correlação com a planta sofrendo maior ou menor influência de órgãos e tecidos mais ou menos próximos, a dormência foi classificada nas fases de paradormência, endodormência e ecodormência (LANG *et al.*, 1987).

Na paradormência, a ausência de crescimento da gema é resultante da inibição por outro órgão ou região do vegetal em crescimento, como as gemas terminais ou as folhas. Seja este sinal bioquímico ou fisiológico, a gema o percebe e permanece paralisada. Na endodormência, o não crescimento da gema é resultante de uma série de eventos bioquímicos e fisiológicos que acontecem em níveis meristemáticos ou muito próximos. Na ecodormência, o

crescimento da gema só se restabelece quando as condições de temperatura e fotoperíodo são favoráveis ao crescimento (LANG *et al.*, 1987).

A dinâmica da dormência de gemas é influenciada por fatores morfológicos, ambientais e fisiológicos. Dentre os fatores ambientais a temperatura é o mais estudado (NUNES *et al.*, 2001; IUCHI *et al.*, 2002), pois influencia os processos fisiológicos internos envolvidos na entrada e saída da endodormência (BONHOMME *et al.*, 2000; STAFSTROM, 2000).

Para que se inicie novo ciclo vegetativo em fruteiras na primavera, em condições naturais, é necessário que as plantas sejam expostas a um período em que as temperaturas sejam inferiores a 7,2 °C durante o inverno, e este período é variável em função da espécie (PETRI *et al.*, 1996; PUTTI *et al.*, 2003). Quando as plantas são cultivadas em regiões com insuficiência de frio e flutuação térmica durante o inverno, ocorre atraso e maior duração no período de floração, abertura de menor número de gemas floríferas e vegetativas, resultando em redução na produção, com frutos desuniformes e de baixa qualidade (MARODIN *et al.*, 1992).

Diversas formas de quantificação de frio ocorrido foram desenvolvidas para avaliar a aptidão de uma região ao cultivo de frutíferas, dentre estas formas têm-se o acúmulo de horas de frio abaixo de 7,2 °C e o acúmulo de unidades de frio calculadas com base em temperaturas horárias ocorridas durante o outono e inverno, gerando os modelos Utah (RICHARDSON *et al.*, 1974) e Carolina do Norte (SHALTOUT & UNRATH, 1983), os quais sofreram alterações para adequação a regiões com inverno mais ameno (PETRI *et al.*, 1996). O conhecimento da relação entre as temperaturas ocorridas e a intensidade da dormência das gemas é essencial para se estimar a adaptação da espécie frutífera, bem como sua fisiologia de entrada e saída da endodormência (CARVALHO *et al.*, 2010a).

2.2.1 Avaliação da dormência de gemas pelo teste de tetrazólio

Os métodos mais conhecidos para a avaliação da dormência de gemas são os testes biológicos e os testes bioquímicos. Dentre os testes biológicos mais utilizados para a avaliação da dormência, encontra-se o teste de estacas de nós isolados, fundamentado no tempo necessário para a brotação de gemas isoladas em fragmentos do ramo e submetidas a temperatura de 20 a 25 °C e dias longos. É baseado no princípio da inibição correlativa, em que uma gema tem ação sobre a outra. Entretanto, quando se utilizam estacas formadas a partir de ramos, contendo uma única gema, este efeito é eliminado, e a gema poderá desenvolver

todo seu potencial (CHAMPAGNAT *et al.*, 1983). Este método permite a avaliação da dinâmica da dormência por meio da análise da evolução do tempo necessário para brotação de uma população de gemas num determinado período (MAUGET, 1987).

Um novo método de avaliação da dormência, fundamentado na atividade respiratória medida pelo teste com tetrazólio foi proposto por Carvalho *et al.* (2010b), para a avaliação da dormência a partir da atividade respiratória das gemas, pois durante a dormência as atividades metabólicas essenciais como a respiração de manutenção que mantém a estrutura da planta continuam a ocorrer, embora com intensidade diminuída (PETRI *et al.*, 1996).

O teste de tetrazólio estima a viabilidade das sementes em menos de 24 horas, com base na alteração da coloração dos tecidos vivos, em presença de uma solução incolor do 2,3,5-trifeniltetrazólio, usada como indicador para revelar os processos de redução que acontecem dentro das células vivas (BRASIL, 2009). Por ser um método rápido, tem destacado-se em programas de controle de qualidade de sementes de muitas espécies como *Tabebuia chrysotricha* (OLIVEIRA *et al.*, 2008), *Ocotea porosa* (KALIL FILHO *et al.*, 2008), *Ceiba speciosa* (LAZAROTTO *et al.*, 2011), *Copaifera langsdorffii* e *Schizolobium parahyba* (FOGAÇA *et al.*, 2011).

Este teste fundamenta-se na característica oxidante e redutora do sal de tetrazólio (cloreto de 2,3,5-trifeniltetrazólio) que atua como receptor de íons hidrogênio liberados durante o processo de respiração celular, refletindo assim a atividade das enzimas desidrogenases, particularmente a desidrogenase do ácido málico que reduz o sal de tetrazólio nos tecidos vivos das sementes, onde íons hidrogênio são transferidos para o referido sal. Desta forma, pela hidrogenação do tetrazólio é produzida no interior das células vivas uma substância vermelha, estável, insolúvel e não difusível, denominada trifênil formazan. Este evento possibilita a distinção das partes vivas, coloridas de vermelho, daquelas mortas que mantêm a sua cor (OLIVEIRA *et al.*, 2005; BRASIL, 2009).

Por ser o teste baseado na captura de íons de hidrogênio provenientes da respiração celular, qualquer tecido vivo que for submetido à solução de tetrazólio poderá adquirir a coloração vermelha de formazan, que posteriormente pode ser solubilizada em solução alcoólica. A intensidade da cor da solução obtida pode ser avaliada por espectrofotometria (CARVALHO *et al.*, 2010b)

A intensidade da coloração vermelha está relacionada com a permeabilidade do tecido para o sal, o qual, devido aos níveis de permeabilidade diferentes, pode receber mais ou menos íons hidrogênio. As concentrações de solução de tetrazólio utilizadas variam de 0,1 a 1,0%

para a maioria das sementes e a duração do tratamento é de 2 a 24 horas dependendo da permeabilidade do tecido (BRASIL, 2009).

Alterações do metabolismo energético na gema, como a atividade de enzimas e síntese de nucleotídeos, podem estar envolvidas com a intensidade de dormência e, conseqüentemente, com a capacidade de brotação. O retorno da atividade metabólica com a atividade respiratória em intensidade mais elevada pode ser um indicativo de preparo para a superação da dormência de gemas (BALANDIER *et al.*, 1993; BONHOMME *et al.*, 1999; PÉTEL *et al.*, 1999; BONHOMME *et al.*, 2000).

Segundo Carvalho *et al.* (2010b), a avaliação da atividade metabólica das gemas por meio do teste de tetrazólio pode proporcionar melhor entendimento da dormência das gemas, com avaliação precisa da intensidade da dormência de gemas em um pomar. Este método de avaliação da dormência de gemas tem sido utilizado em conjunto com o teste biológico de estacas de nós isolados em frutíferas de clima temperado como pessegueiro, ameixeira, caquizeiro (PEREIRA & CARVALHO, 2009; PEREIRA *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2012), macieira e pereira (PRADO *et al.*, 2010).

2.3 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA EM *A. angustifolia*

A propagação vegetativa ou clonagem consiste em multiplicar assexuadamente partes vegetativas como ramos, gemas, folhas e raízes, sem haver a recombinação gênica, de modo a gerar indivíduos geneticamente idênticos à planta matriz (HARTMANN *et al.*, 2002; FERRARI *et al.*, 2004). Esta técnica é possível graças à totipotencialidade das células vegetativas que se regeneram pelo processo de divisão celular conhecido como mitose, ou seja, capacidade de formação de um novo indivíduo a partir da retenção da informação genética necessária ao desenvolvimento de uma planta completa (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Dentre os métodos de propagação vegetativa mais pesquisados em *A. angustifolia* destacam-se a estaquia, a enxertia e a micropropagação. A escolha do método varia de acordo com o objetivo, a espécie envolvida, a época do ano, o tipo e a quantidade de material disponível, as condições ambientais, a disponibilidade de recursos físicos, financeiros e humanos (WENDLING *et al.*, 2002).

O hábito de crescimento dos ramos torna-se um entrave à propagação vegetativa da *A. angustifolia*, pois esta apresenta ramos com hábito de crescimento ortotrópico e plagiotrópico. Os ramos ortotrópicos apresentam simetria radial, crescem no ápice da árvore ou em brotações

laterais do tronco, neste caso em número reduzido, na maioria das vezes com diâmetro muito avantajado para se fazer enxertia (KAGEYAMA & FERREIRA, 1975).

Os ramos plagiotrópicos apresentam crescimento lateral, simetria bilateral, crescimento e tempo de vida limitados. Quando utilizados para a enxertia ou estaquia não formam indivíduos normais, pois o crescimento permanece lateralizado (KAGEYAMA & FERREIRA, 1975; IRITANI, 1981; IRITANI *et al.*, 1992; OLIVEIRA, 2010; WENDLING, 2011).

Oliveira (2010), descrevendo o tropismo em *A. angustifolia*, verificou que as estacas provenientes de ramos plagiotrópicos de plantas adultas após o enraizamento, permaneceram com crescimento contínuo e horizontalizado rente ao chão após cinco anos. Foi observado nas plantas que receberam o auxílio de um tutor, que no quarto ano de cultivo, com 1,5 m de altura e após sete verticilos com simetria bilateral, ocorreu a formação do oitavo verticilo com quatro ramos, caracterizando uma nova disposição espacial, com simetria radial.

Enxertias sucessivas em ramos plagiotrópicos de *Araucaria excelsa* também proporcionaram resultados promissores, pois foi observada a reversão parcial do plagiotropismo após quatro enxertias sucessivas em mudas jovens, mas ainda com simetria bilateral (MAENE & DEBERGH, 1987). Não se conhecem os mecanismos que levam o meristema apical do caule a formar gema axilar ortotrópica ou plagiotrópica. Sabe-se que as células meristemáticas encontradas nas axilas das folhas ao longo do caule são capazes de produzir brotações ortotrópicas. As mudanças ambientais, nutricionais e hormonais podem causar mudanças fisiológicas e morfológicas, temporárias ou permanentes (IRITANI *et al.*, 1992).

Os primeiros trabalhos com enxertia em *A. angustifolia* foram desenvolvidos por Gurgel e Gurgel-Filho (1967), que relatam a obtenção de 0 a 27% de sobrevivência dos enxertos, utilizando os seguintes processos de enxertia: garfagem lateral no alburno (27%), garfagem lateral sob casca (13%), garfagem sob casca a cavalo no coleto (23%) e garfagem em fenda a inglês complicado (0%).

Iritani (1997) realizou enxertias de gemas apicais de plantas adultas, sobre porta-enxertos com 2 a 3 meses de idade, provenientes da germinação de sementes, e conseguiu com esta técnica uma sobrevivência 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.

Segundo Oliveira (2010), a enxertia por garfagem de ramos terciários (plagiotrópicos) de plantas adultas de araucária em plantas jovens é viável. Os ramos terciários, mesmo quando enxertados em plantas jovens, têm crescimento e tempo de vida limitado, com senescência após o terceiro ano e crescimento plagiotrópico, sem ramificação, como um ramo terciário. Os ramos ortotrópicos, induzidos no tronco principal de plantas adultas, enxertados em plantas jovens apresentam crescimento normal verticalizado. Segundo Anselmini (2005), o fato de a araucária apresentar brotações com hábito plagiotrópico dificulta e restringe a disponibilidade de material apropriado para a microenxertia com plantas adultas, pois será obtida somente uma gema ortotrópica por planta adulta.

Segundo Wendling *et al.* (2009), o desenvolvimento de brotações epicórmicas é fundamental para o sucesso da macropropagação da *A. angustifolia*. Os mesmos autores induziram quatro regiões distintas da árvore a produzir brotações ortotrópicas. Os ramos laterais de árvores adultas emitiram o maior número de brotos, incluindo brotações ortotrópicas, plagiotrópicas e brotações sem definição quanto ao tropismo. As brotações resultantes do corte raso da árvore apresentaram um índice de 90% de brotos com crescimento ortotrópico, com aproximadamente 40 brotações por planta.

As brotações epicórmicas resultam de injúrias provocadas nos caules das árvores, como as podas que provocam o desequilíbrio entre a superfície assimilatória da copa (folhas) e a superfície de absorção de água e nutrientes (raízes finas). Em resposta ao dano físico sofrido, são emitidas brotações chamadas epicórmicas a partir de gemas que se encontravam dormentes desde a formação dos ramos ou a partir da diferenciação de células do câmbio (RAST *et al.*, 1988).

A propagação vegetativa da *A. angustifolia* poderá beneficiar programas de conservação da espécie a partir de genótipos selecionados, por exemplo, para a produção de pinhões, podendo reduzir o período juvenil e antecipar a produção da semente, que ocorre naturalmente após aproximadamente quinze anos de idade e determinar o sexo da árvore (BANDEL & GURGEL, 1967). A clonagem também possibilita a seleção de matrizes com alta produção de pinhão, seleção de árvores de menor estatura facilitando a coleta de pinhões, uniformidade no crescimento e disponibilidade imediata de mudas de alta qualidade para o plantio comercial (OLIVEIRA, 2010).

2.3.1 Estaquia

Na estaquia ou propagação por estaca, segmentos destacados de uma planta, sob condições adequadas, emitem raízes e originam uma nova planta completa e idêntica àquela que lhe deu origem (HARTMANN *et al.*, 2002). Sua viabilidade depende do potencial rizogênico da espécie, da qualidade do sistema radicial formado e do desenvolvimento posterior da planta propagada na área de produção (PIO *et al.*, 2005).

A formação de raízes adventícias na estaca deve-se à interação entre fatores endógenos como o estado fisiológico da planta matriz e o balanço hormonal, e fatores exógenos como a época do ano, luz, temperatura e umidade. Entre os fatores endógenos, os reguladores de crescimento como auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico são fundamentais. As auxinas apresentam o maior efeito na indução da formação de raízes e vários compostos auxínicos sintetizados artificialmente têm sido utilizados para promover o enraizamento adventício, tais como o ácido indolbutírico (IBA) e o ácido naftalenoacético (NAA) (HARTMANN *et al.*, 2002; ENDRES *et al.*, 2007; ALCANTARA *et al.*, 2010).

O material genético e a idade da planta matriz também influenciam o desempenho da estaquia, já que estacas coletadas de plantas matrizes adultas apresentam maior dificuldade de enraizamento devido ao grau de maturação dos propágulos, que diminui a competência ao enraizamento adventício (ALCANTARA *et al.*, 2007; BITENCOURT *et al.*, 2009; MELO *et al.*, 2011).

As tentativas de estabelecimento de protocolos de estaquia para a propagação de *A. angustifolia* têm apresentado uma série de limitações para sua adoção em escala comercial. Dentre os principais fatores relacionados tem-se a seleção de métodos eficientes de resgate e rejuvenescimento de material adulto, hábito plagiotrópico de crescimento das brotações laterais, técnicas de manejo do ambiente de propagação e pós enraizamento, vigor do sistema radicial, bem como o estabelecimento de testes clonais, visando estudos de comparação do crescimento de mudas clonais com mudas originárias de sementes (WENDLING *et al.*, 2009).

Iritani *et al.* (1986) estudaram a estaquia de *A. angustifolia* com ramos de crescimento plagiotrópico, de plantas com quatro anos de idade em março e agosto. As estacas foram tratadas com duas auxinas: ácido indolacético (IAA) e ácido indolbutírico (IBA). Não foram observados efeitos estatisticamente significativos do tratamento com os reguladores de crescimento nas duas épocas estudadas. O percentual de enraizamento foi 6,25% em março e 19,4% em agosto, com média de 4 a 5 primórdios radiciais, mas somente um ou dois emergiram para a formação da raiz.

Bettio *et al.* (2008) utilizando brotações basais de matrizes com 20 anos para estaquia, também não verificaram diferença significativa de diferentes concentrações do regulador vegetal IBA na sobrevivência de estacas de *A. angustifolia*, que aos 130 dias apresentaram 97% de estacas vivas. Delgado *et al.* (2007) observaram diferenças na produção de brotações de cepas e no enraizamento de estacas de *A. angustifolia* em função do sexo, constatando a maior capacidade de emissão de brotações em árvores masculinas, porém com menor aptidão ao enraizamento.

Iritani *et al.* (1993) avaliaram a estaquia de ramos plagiotrópicos de indivíduos com quatro anos e obtiveram enraizamento médio de 25%. Os autores observaram que a rizogênese ocorreu a partir de calos compactos próximos da base da estaca, com a desdiferenciação de células parenquimáticas e formação de câmbios isolados para originarem células parenquimáticas calosas.

A estaquia de ramos de *A. angustifolia* provenientes da brotação após o corte raso das árvores apresentou 96,6% de sobrevivência, com raízes de 3 mm em média, não apresentando resposta a aplicação do ácido indolbutírico (IBA) após 120 dias da instalação do experimento (BETTIO *et al.*, 2008).

Além do baixo potencial de enraizamento, também podem ser observadas dificuldades quanto à capacidade de brotação das estacas de *A. angustifolia* em função da dominância apical e da ausência de gema axilar completa na base das folhas. A espécie apresenta 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).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Curitiba - PR. Os ramos de *A. angustifolia* foram coletados de plantas matrizes jovens de três anos de idade mantidas em vasos e de plantas matrizes adultas de 22 anos de idade plantadas no chão, provenientes de mudas de sementes plantadas e situadas no Setor de Ciências Agrárias da UFPR.

Curitiba está localizada nas coordenadas 25°25' latitude Sul e 49°16' longitude Oeste, com altitude média de 934,6 m. O clima do município, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb – subtropical úmido mesotérmico, de verões frescos e com ocorrência de geadas severas e frequentes, não apresentando estação seca. A média das temperaturas dos meses mais quentes é inferior a 22 °C e a dos meses mais frios é inferior a 18 °C (MAACK, 2002).

Para a avaliação do frio natural ocorrido na região, foram calculados o número de horas de frio (HF) (< 7,2 °C), os valores médios mensais da temperatura máxima, média e mínima e radiação com base nos dados climáticos da estação meteorológica de Curitiba, fornecidos pelo Simepar.

Para a avaliação da atividade respiratória de meristemas apicais de ramos plagiotrópicos de *A. angustifolia*, foram realizadas coletas de gemas apicais em 10 datas (na segunda e na oitava semana do outono, inverno e primavera de 2011 e verão e outono de 2012, correspondentes ao início e metade de cada estação). Em plantas jovens, as gemas apicais foram coletadas de ramos plagiotrópicos primários e secundários e, em plantas adultas, as gemas apicais foram coletadas de ramos plagiotrópicos secundários e terciários. O delineamento experimental adotado foi o completamente casualizado num arranjo fatorial 10x2 (data de coleta x idade da planta) com seis repetições.

A massa de gemas apicais amostrada para a realização do teste de tetrazólio foi de 400 mg. As acículas abertas da gema apical foram retiradas e, a partir da gema fechada, foram retiradas 20 a 30 acículas, para que as gemas apicais utilizadas no teste tivessem, em média, 1 cm de comprimento e 0,4 cm de largura (Figura 1). Estas gemas foram divididas ao meio por um corte longitudinal de forma a expor seus tecidos internos e, imediatamente, foram utilizadas para a execução do teste para evitar a sua oxidação. Com uma amostra de 1,0 g de gemas apicais foi determinada a umidade por meio da secagem em estufa a 65 °C até massa constante.



FIGURA 1 - Preparo das gemas apicais de ramos plagiotrópicos de *A. angustifolia* para utilização no teste de tetrazólio. UFPR, Curitiba-PR. 2012

As amostras foram mantidas em 5 mL de solução de cloreto de 2,3,5-trifeniltetrazólio a 1,2% (m/v) em frascos fechados protegidos da luz e mantidos em sala de crescimento a 25 °C por duas horas para coloração dos tecidos vivos (Figura 2). Em seguida, as gemas apicais coloridas foram retiradas desta solução e mantidas em outra solução de 4 mL de álcool etílico absoluto (PA), em frascos fechados a temperatura ambiente por uma hora para extração da coloração vermelha das gemas apicais. A leitura da intensidade da cor obtida na solução de álcool etílico foi feita por espectrofotometria por absorvância a 560 nm. Para retirar o efeito da umidade da gema apical na interpretação dos resultados, o valor de absorvância obtido foi corrigido para absorvância por 100 mg de massa seca de gemas apicais (CARVALHO *et al.*, 2010b).

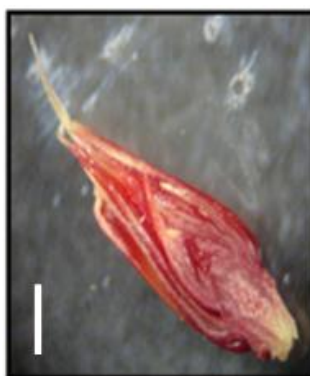


FIGURA 2 – Gema apical de ramo plagiotrópico de *A. angustifolia* (barra = 2 mm) após duas horas em solução de cloreto de 2,3,5-trifeniltetrazólio (1,2%). UFPR, Curitiba – PR. 2012

As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis que apresentaram diferenças significativas pelo teste F tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. Utilizou-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.6 beta (SILVA, 2011).

Para a avaliação do enraizamento, os ramos plagiotrópicos primários e secundários de plantas jovens e secundários e terciários de plantas adultas, foram coletados na segunda semana do outono, inverno e primavera de 2011 e do verão de 2012.

Os ramos foram divididos em estacas de 5 cm com corte em bisel na base e corte reto na porção superior, mantendo-se a metade basal sem acículas (Figura 3a). Durante o processo de confecção, as estacas foram mantidas em baldes com água para evitar a desidratação do material. As estacas foram submetidas ao processo de desinfestação em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por cinco minutos. Em seguida, a base das estacas foi imersa em três concentrações de solução hidroalcoólica (50% v/v) de ácido indolbutírico (IBA) (0; 2000 e 4000 mg L⁻¹) por um minuto conforme Oliveira (2010). As estacas que não foram tratadas com o regulador vegetal (testemunha) foram imersas em solução hidroalcoólica (50% v/v).

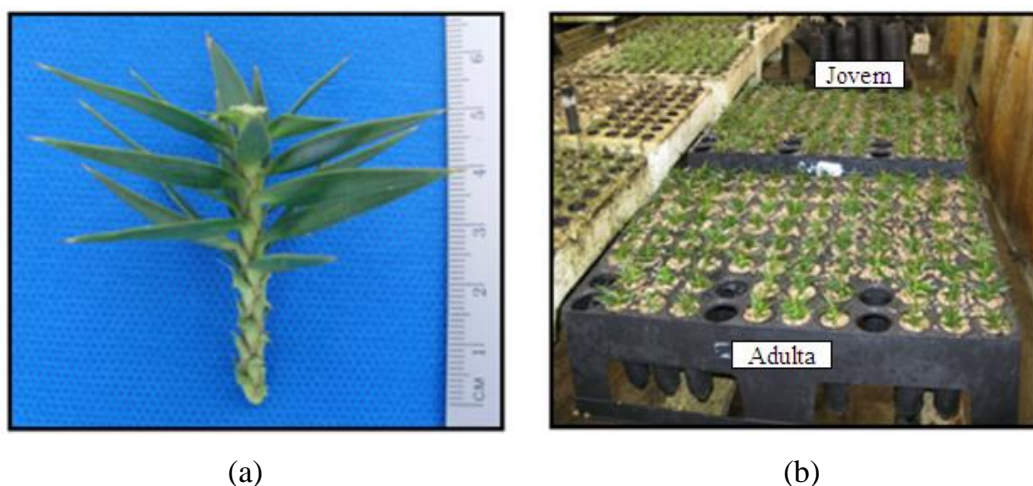


FIGURA 3 - Estaca de ramo plagiotrópico de *A. angustifolia* utilizada para a avaliação do enraizamento (a) e, estacas plantadas em tubetes e mantidas em casa de vegetação (b). UFPR, Curitiba-PR. 2012

O plantio das estacas foi realizado em tubetes de polipropileno com capacidade de 115 cm³, preenchidos com vermiculita de granulometria média como substrato (Figura 3b), e mantidos em casa de vegetação do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, com nebulização intermitente (das 8:00 às 17:00 h irrigação de 15 s a cada 15 min; das 17:00 às 23:00 h irrigação de 15 s a cada 1 h e das 23:00 às 8:00 h irrigação de 15 s a cada 3 h).

Transcorridos 180 dias após a instalação dos experimentos foram avaliadas as seguintes variáveis: enraizamento (porcentagem de estacas vivas que apresentaram raízes de pelo menos 1 mm de comprimento); número de raízes por estaca; comprimento das três raízes mais longas por estaca (cm); sobrevivência (porcentagem de estacas vivas que não apresentaram indução radicial nem formação de calos); mortalidade (porcentagem de estacas que se encontravam

com tecidos necrosados); porcentagem de estacas com calos (estacas vivas, sem raízes, com formação de massa celular indiferenciada na base) e porcentagem de estacas com brotação.

O delineamento experimental adotado foi o completamente casualizado, com um arranjo fatorial 4x2x3 (estação do ano x idade da planta x concentração de IBA) com três repetições de 10 estacas por unidade experimental. As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis que apresentaram diferenças significativas pelo teste F tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. Utilizou-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.6 beta (SILVA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DE MERISTEMAS APICAIS

De acordo com os resultados da análise de variância da absorbância verificou-se interação significativa entre os fatores data de coleta dos ramos e idade da planta matriz, demonstrando que estes são fatores dependentes para a atividade respiratória da espécie (Tabela 1). Os fatores quando analisados de forma isolada, também apresentaram diferenças significativas.

TABELA 1 - Análise de variância da absorbância de meristemas apicais de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, coletados em 10 datas. UFPR, Curitiba-PR. 2012

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Data de coleta (A)	9	0,223 ^{**}
Idade (B)	1	0,023 ^{**}
Interação A x B	9	0,007 ^{**}
Erro	100	0,002
Total	119	
Coeficiente de variação (%)		11,53
Teste de Bartlett (X^2)		35,66 ^{ns}

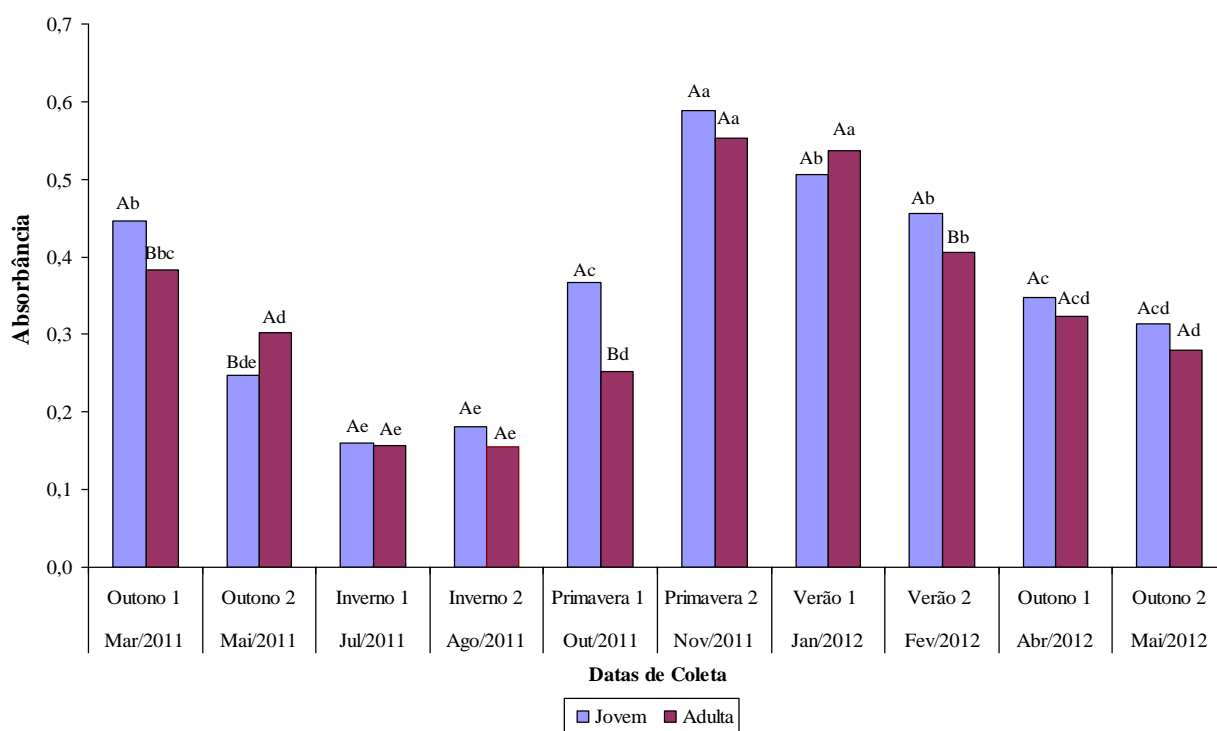
^{**} Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) - ^{ns} Não significativo

Pode-se verificar que, embora tenha sido observada diferença significativa entre as idades, os meristemas apicais dos ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia* apresentaram variação semelhante da atividade respiratória nas estações do ano (Figura 4), ou seja, a mesma tendência de comportamento em um ciclo de crescimento, com períodos de baixa atividade respiratória nos meses de outono e inverno e períodos de alta atividade respiratória nos meses de primavera e verão.

As menores leituras da absorbância foram obtidas nas duas coletas realizadas no inverno para plantas jovens e adultas, sem diferença significativa entre idades. Este resultado indica que as plantas se encontravam em baixa atividade metabólica, pois menor número de células estavam ativas para que, através da respiração celular, fossem liberados íons hidrogênio em maior quantidade para reação com o sal de tetrazólio e, conseqüentemente, formação da coloração vermelha do formazan em maior intensidade.

A respiração celular é a parte do fluxo energético da planta que consiste na quebra de moléculas de adenosina trifosfato (ATP) provenientes da fotossíntese, para gerar energia para o crescimento de tecidos e órgãos (RAVEN *et al.*, 2001). Enzimas desidrogenases são

envolvidas na atividade respiratória de sistemas biológicos. Durante este processo, substâncias intermediárias são formadas e usadas como substrato para estas enzimas liberarem os íons hidrogênio. Portanto, a menor liberação de íons hidrogênio nos meses do inverno está associada à menor intensidade da respiração e, conseqüentemente, à menor atividade metabólica das células para o crescimento da planta (DIAS & BARROS, 1995).



* Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre idades e minúscula entre épocas de coleta não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

FIGURA 4 - Absorbância de meristemas apicais de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, coletados em 10 datas. UFPR, Curitiba-PR. 2012

Foram registrados valores baixos da temperatura e da radiação durante o outono e início do inverno (Figura 5). A radiação solar é fonte de energia para as plantas e parte dessa energia é convertida em calor, aumentando a temperatura dos tecidos vegetais e impulsionando o processo de transpiração com conseqüências sobre os processos metabólicos (JONES, 1992). Assim, a temperatura e a radiação em níveis baixos podem ter induzido a diminuição dos processos metabólicos da planta como a respiração, pois para a quebra de moléculas de ATP durante a respiração celular é necessária a energia oriunda da fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Observou-se correlação positiva entre a absorbância dos meristemas apicais de plantas jovens e adultas e as temperaturas e radiação (Tabela 2), confirmando que a atividade respiratória dos meristemas apicais é diretamente influenciada pelas mudanças de temperatura

e radiação, que também apresentaram correlação positiva entre si. Segundo Assumpção Neto (2008), existe correlação positiva entre o crescimento dos ramos de *A. angustifolia* e as temperaturas e radiação, no entanto, é difícil determinar quais fatores meteorológicos interferem diretamente no crescimento, uma vez que a precipitação, radiação e temperatura apresentam-se altamente correlacionadas entre si.

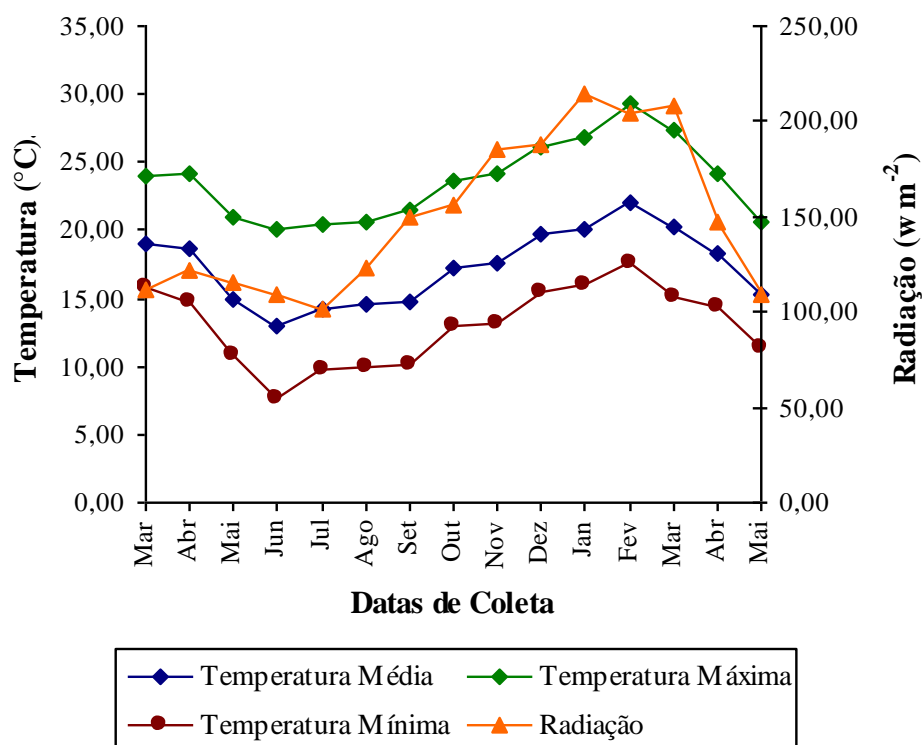


FIGURA 5 – Valores médios mensais da temperatura (mínima, média e máxima) e radiação solar registrados durante o período de março de 2011 a maio de 2012 na Estação Meteorológica do Simepar, localizada em Curitiba- PR.

TABELA 2 – Coeficiente de correlação de Pearson para a absorvância de meristemas apicais de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia* e valores médios mensais da temperatura (mínima, média e máxima) e radiação, nas 10 datas de coleta. UFPR, Curitiba – PR. 2012

	Abs. Jovem	Abs. Adulta	T. Mínima	T. Média	T. Máxima	Radiação
Abs. Jovem	1,00					
Abs. Adulta	0,94**	1,00				
T. Mínima	0,76**	0,70*	1,00			
T. Média	0,76**	0,70*	0,99**	1,00		
T. Máxima	0,74*	0,69*	0,94**	0,98**	1,00	
Radiação	0,76*	0,76*	0,70*	0,79**	0,87**	1,00

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Embora não tenha sido mensurado o crescimento dos ramos plagiotrópicos de *A. angustifolia*, observou-se que as baixas temperaturas ocorridas no final do outono e início do inverno podem não apenas ter induzido a planta a diminuir sua atividade metabólica devido a diminuição da fotossíntese líquida, mas também podem ter diminuído o crescimento dos ramos. Pois, estes se apresentaram com crescimento limitado ou paralisado durante o inverno quando comparados com as estações da primavera e verão, com os ramos em pleno crescimento e, conseqüentemente, fotossíntese líquida positiva. Assumpção Neto (2008), avaliando o ciclo anual de crescimento de *A. angustifolia*, obteve menor taxa de crescimento dos ramos na estação do inverno e descreve que este comportamento deve-se principalmente a fatores ambientais, como a diminuição da temperatura e conseqüente diminuição do metabolismo da planta neste período.

Após o inverno, pode-se verificar que os meristemas apicais já haviam aumentado sua atividade respiratória (Figura 4). As plantas jovens retomaram sua atividade metabólica mais rapidamente em relação às plantas adultas, pois na primeira coleta da primavera os meristemas de plantas jovens já haviam aumentado sua taxa respiratória, enquanto as plantas adultas precisaram de um período maior para que suas células reiniciassem suas funções metabólicas.

Segundo Pereira (1989), quanto maior a temperatura maior é a atividade metabólica dos tecidos e maior é a degradação das células e a respiração de manutenção. O autor ainda cita que a atividade metabólica diminui com a idade dos tecidos, ocasionando decréscimo no valor da respiração de manutenção, pois plantas mais velhas necessitam de menor quantidade de carboidratos por unidade de área para a sua manutenção.

O pico da absorvância, indicativo de alta atividade respiratória, foi obtido na segunda coleta realizada na primavera em plantas jovens e na segunda coleta da primavera e primeira coleta do verão em plantas adultas (Figura 4), concordando com Assumpção Neto (2008) que observou os maiores níveis de crescimento vegetativo em *A. angustifolia* também na primavera e verão. Os resultados da absorvância dos meristemas apicais estão de acordo com o trabalho do referido autor, pois o maior crescimento da espécie foi encontrado no período do ano em que esta se encontra em alta atividade metabólica para divisão e alongamento celular.

O reinício da atividade metabólica após o inverno ocorreu primeiro em plantas jovens, mas o período de permanência em intensa atividade metabólica foi menor quando comparado com as plantas adultas que, apesar de retomarem suas atividades metabólicas mais tarde, permaneceram em alta atividade metabólica por um período maior. Desta forma, pode-se observar que a época do ano poderá interferir no desenvolvimento da muda propagada vegetativamente, principalmente por enxertia, pois se a planta não estiver em plena atividade

metabólica, o enxerto iniciará brotação mais tardiamente, quando comparado com um propágulo coletado de uma planta que se encontre em plena atividade metabólica e que irá brotar rapidamente após a enxertia.

Zanette *et al.* (2011) relataram que plantas enxertadas no inverno levaram mais tempo para emitir brotação, seis meses após a enxertia, quando comparadas com os enxertos realizados no outono, que além de brotarem em apenas três meses apresentaram maior sobrevivência. No entanto, os autores ainda mencionam que as plantas enxertadas na primavera também emitiram brotações tardiamente, após os seis meses da enxertia, mesmo quando a planta já se encontrava em condições de alta atividade metabólica para crescimento.

A partir da segunda coleta realizada no verão, a planta iniciou diminuição de sua taxa respiratória, com leituras de absorvância menores nas coletas seguintes até a segunda avaliação no outono de 2012 (Figura 4). Embora tenha sido encontrada diferença significativa entre o período do outono de 2011 e de 2012, quanto às idades estudadas e à intensidade respiratória, verificou-se que nesta época do ano a planta começa a reduzir seu metabolismo para que no inverno o crescimento seja diminuído ou paralisado e desta forma, consiga superar condições desfavoráveis ao crescimento como as baixas temperaturas.

A diminuição do crescimento está relacionada com menor consumo de energia e aumento do potencial de energia de reserva para períodos de pleno crescimento (TAIZ & ZEIGER, 2009). Este comportamento é observado em plantas lenhosas de clima temperado, que apresentam ciclo anual de crescimento, com dormência de gemas nas estações frias. Não foi definido que a *A. angustifolia* apresenta dormência de gemas, embora a espécie também apresente ciclo anual de atividade respiratória e de crescimento que podem estar influenciados pelas condições ambientais.

Devido à região de ocorrência da *A. angustifolia* ser em locais de altitude elevada e temperaturas baixas, supõe-se que a espécie necessite de frio para completar seu desenvolvimento, pois para que a planta inicie a emissão dos órgãos reprodutivos, por exemplo, é necessário que se tenha condição de temperaturas baixas e altitudes adequadas (KOCH & CORRÊA, 2002). Desta forma, a redução do crescimento observado no inverno pode ser uma manifestação de ecodormência, estado de repouso vegetativo em que a planta reinicia sua atividade metabólica apenas quando as condições ambientais como a temperatura são favoráveis ao crescimento (LANG *et al.*, 1987).

A temperatura é o principal fator ambiental que interfere na dinâmica da dormência em gemas de plantas lenhosas de clima temperado, em razão da ação positiva das baixas temperaturas na superação da dormência, o que provoca alterações no estado físico das

membranas e no metabolismo enzimático das células que, conseqüentemente, influenciam o balanço metabólico da planta (LANG *et al.*, 1987; CRABBÉ & BARNOLA, 1996).

A *A. angustifolia* pode não apresentar apenas a ecodormência, mas também endodormência como o pessegueiro, caqui, videira e macieira, frutíferas de clima temperado que dependem do acúmulo de horas de frio para a superação natural da dormência e início de um novo ciclo reprodutivo (BOTELHO *et al.*, 2006; FAQUIM *et al.*, 2007; WAGNER JÚNIOR *et al.*, 2009). A exigência em frio destas frutíferas é bastante estudada, com os cálculos de somatório de horas de frio (HF) e unidades de frio (UF) já estimados. Porém, em *A. angustifolia* ainda não foi estabelecida esta necessidade de acúmulo de frio para o reinício da atividade metabólica e de novo ciclo de crescimento. No período de avaliação foram acumuladas 232 HF (Tabela 3) e, após este período, pode-se observar que a planta retomou sua atividade respiratória com crescimento vegetativo e reprodutivo normalizados.

TABELA 3 - Horas de frio abaixo de 7,2 °C ocorridas no período de 01 de março de 2011 a 18 de maio de 2012 registradas na Estação Meteorológica do Simepar, Curitiba-PR.

Período	Horas de frio <7,2 °C	
	Durante o período	Acumuladas
2011		
01/03 a 29/03	0	0
30/03 a 20/05	0	0
21/05 a 05/07	107	107
06/07 a 16/08	73	180
17/08 a 04/10	52	232
05/10 a 23/11	0	232
2012		
01/01 a 06/01	0	0
07/01 a 23/02	0	0
24/02 a 05/04	0	0
06/04 a 18/05	5	5

4.2 ESTAQUIA DE RAMOS PLAGIOTRÓPICOS

Para a estaquia de ramos plagiotrópicos de *A. angustifolia*, as coletas foram realizadas nas quatro estações do ano, a fim de se determinar a melhor época de coleta do material vegetal. No entanto, para as variáveis enraizamento, número de raízes formadas por estaca e comprimento das três raízes mais longas por estaca não foi possível realizar as análises estatísticas devido à grande quantidade de valores nulos. A média e o desvio padrão para estas variáveis são apresentados na Tabela 4.

Foram registradas estacas enraizadas apenas em plantas jovens na estação do inverno de 2011 e sem a aplicação de IBA (Tabela 4). Na Figura 6 é possível observar o aspecto do enraizamento das estacas. O baixo percentual de enraizamento adventício observado confirma que a *A. angustifolia* é uma espécie de difícil enraizamento por estacas, pois mesmo com a aplicação exógena de auxina não ocorreu a emissão de raízes. Quando a auxina aplicada exogenamente não é eficaz, pode ser que estejam ausentes os cofatores do enraizamento, que são substâncias endógenas como carboidratos, compostos nitrogenados e vitaminas que são capazes de atuar sinergicamente com as auxinas, como promotores ou inibidores do processo rizogênico (HARTMANN *et al.*, 2002).

TABELA 4 - Média e desvio padrão da porcentagem de enraizamento, número de raízes e comprimento das três raízes mais longas de estacas de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, tratadas com ácido indolbutírico (IBA) nas quatro estações do ano, aos 180 dias após o plantio. UFPR, Curitiba-PR, 2012.

Estação	Concentrações de ácido indolbutírico (IBA)					
	0 mg L ⁻¹		2000 mg L ⁻¹		4000 mg L ⁻¹	
	Jovem	Adulta	Jovem	Adulta	Jovem	Adulta
Enraizamento (%)						
Outono/2011	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Inverno/2011	16,7±11,5	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Primavera/2011	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Verão/2012	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Número de raízes formadas por estaca						
Outono/2011	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Inverno/2011	2,7±2,1	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Primavera/2011	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Verão/2012	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Comprimento médio das três raízes mais longas (cm)						
Outono/2011	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Inverno/2011	2,6±3,7	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Primavera/2011	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Verão/2012	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0

Em espécies de difícil enraizamento, tais como as coníferas, a aplicação de auxina pode proporcionar além de maior índice de enraizamento, maior velocidade de formação, qualidade e uniformidade do sistema radicial (HARTMANN *et al.*, 2002). No entanto, Iritani *et al.* (1986) também obtiveram baixos percentuais de enraizamento em estacas de *A. angustifolia* e ausência de efeito da auxina nas duas épocas estudadas, em março e agosto de 1980. Segundo os autores, este baixo enraizamento obtido pode ser em função do tipo de estaca, técnica inadequada de aplicação de auxina, época de coleta e plantio.



FIGURA 6 - Estacas de ramos plagiotrópicos de plantas jovens de *A. angustifolia* enraizadas aos 180 dias após o plantio, coletadas no inverno de 2011. UFPR, Curitiba-PR, 2011.

Em outras espécies do gênero *Araucaria* a aplicação de auxina foi benéfica. Estacas de ramos plagiotrópicos de *A. cunninghamii* tratadas com 3000 e 6000 mg L⁻¹ de IBA apresentaram os melhores resultados, com sobrevivência de 100%, brotação de 60 a 80% e enraizamento de 60 a 100% (CORREA *et al.*, 2010). Em *A. heterophylla*, a utilização de IBA na concentração de 1000 mg L⁻¹ proporcionou o melhor enraizamento (72%), e aumento significativo do número de raízes em concentrações superiores a 1000 mg L⁻¹ de IBA (VOLTOLINI *et al.*, 1993). Pode ser que estas espécies possuam os cofatores do enraizamento e, por isso, a aplicação de auxina tenha promovido o enraizamento das estacas.

Alcantara *et al.* (2008), trabalhando com miniestacas de *Pinus taeda*, uma conífera também de difícil enraizamento, observaram que a utilização de IBA causou diminuição no enraizamento em todas as épocas de coleta das brotações, com efeito tóxico sobre as miniestacas. De acordo com Zuffellato-Ribas e Rodrigues (2001), as auxinas regulam o enraizamento das estacas, com incrementos ao desenvolvimento de raízes adventícias na base das estacas quando seu nível é considerado ótimo. Concentrações abaixo do nível ótimo não são eficazes no enraizamento e acima desse nível, inibem a formação de raízes.

Os resultados obtidos sugerem que a aplicação de auxina exógena pode não ter sido necessária ou então ter sido tóxica para o enraizamento de estacas de *A. angustifolia*, como observado em miniestacas de *P. taeda* (ALCANTARA *et al.*, 2008). Outros fatores podem ter influenciado a ação da auxina, como a umidade excessiva da casa de vegetação, a ausência de cofatores do enraizamento, presença de inibidores como os compostos fenólicos, barreira anatômica ou física decorrente da formação da resina para cicatrização do corte no preparo da estaca, como também a presença de algum constituinte desta resina que possa inibir o enraizamento.

Com relação à umidade da casa de vegetação, mantida por nebulização intermitente, pôde-se observar o desenvolvimento de algas (limo) nas acículas e no substrato, característico de ambiente muito úmido, e mortalidade das estacas já nos primeiros dias após o plantio, principalmente em estacas provenientes de plantas adultas. Possivelmente, a frequência de irrigação, também utilizada em pesquisas com estacas de pitangueira, amoreira verde e espinheira santa com bom enraizamento, tenha sido superior às exigências da *A. angustifolia*. O excesso de umidade é prejudicial por dificultar as trocas gasosas, propiciar o desenvolvimento de doenças, impedir o enraizamento e provocar a morte dos tecidos da estaca (GOULART & XAVIER, 2008; WENDLING *et al.*, 2009).

Pires (2012), trabalhando com miniestacas de *A. angustifolia*, coletadas de minijardim formado por mudas provenientes de sementes, em casa de vegetação automatizada com umidade relativa do ar maior que 80% e temperatura do ar entre 20 e 30 °C, mantidas por meio de umidostato e termostato, respectivamente, obteve enraizamento maior com média de 80% durante o inverno. A manutenção de condições ambientais adequadas à espécie na casa de vegetação pode ter beneficiado o enraizamento das miniestacas.

A idade da planta matriz influenciou o enraizamento das estacas, pois apenas estacas oriundas de plantas jovens de três anos de idade emitiram raízes (Tabela 4). Todavia, o enraizamento obtido foi baixo (16,7%), o que permite inferir que estas plantas poderiam não mais apresentar as características de juvenilidade, benéficas ao enraizamento de estacas de espécies de difícil enraizamento. Pires (2012) observou enraizamento superior de 80% em miniestacas de *A. angustifolia*, evidenciando que a utilização de propágulo juvenil como miniestacas mostra-se bastante promissora para a propagação vegetativa desta espécie.

A formação de raízes em miniestacas de *P. taeda* também é influenciada pela idade das mudas, de forma que o aumento no percentual de enraizamento ocorre com a diminuição da idade das mudas, dificultando o enraizamento quando não se utiliza material juvenil desta espécie como fonte de propágulos (ALCANTARA *et al.*, 2007).

Em espécies de plantas lenhosas de difícil enraizamento, a facilidade de formação de raízes adventícias diminui com o aumento da idade das plantas, pois ramos mais jovens e em bom estado nutricional tendem a apresentar melhor enraizamento (ZUFFELLATO-RIBAS & RODRIGUES, 2001). No entanto, este processo de iniciação radicial está relacionado com a idade fisiológica ou ontogenética da planta, e não à idade cronológica, tornando-se importante a escolha de propágulos juvenis ou a utilização de técnicas que promovam o rejuvenescimento da planta (WENDLING & XAVIER, 2001; HARTMANN *et al.*, 2002).

Conforme Wendling e Xavier (2001), a utilização de propágulos rejuvenescidos promove o aumento do percentual de enraizamento de espécies de difícil enraizamento, formando um sistema radicial com maior rapidez, qualidade e vigor em relação ao proveniente de estacas de material adulto. Desta forma, propágulos rejuvenescidos poderão promover incrementos ao enraizamento de estacas de ramos de *A. angustifolia*.

Para a variável sobrevivência não houve interação entre os fatores analisados, demonstrando que estes são independentes (Tabela 5). Houve diferença significativa apenas para os fatores estação do ano e idade da planta matriz.

TABELA 5 - Análise de variância da sobrevivência de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, tratadas com ácido indolbutírico (IBA) nas quatro estações do ano, aos 180 dias após o plantio. UFPR, Curitiba-PR. 2011/2012.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Estação (A)	3	3009,259 ^{**}
Idade (B)	1	5688,889 ^{**}
IBA (C)	2	193,056 ^{ns}
A x B	3	433,333 ^{ns}
A x C	6	118,981 ^{ns}
B x C	2	418,056 ^{ns}
A x B x C	6	195,833 ^{ns}
Erro	48	161,111 ^{ns}
Total	71	
Coeficiente de variação (%)		16,62
Teste de Bartlett (X^2)		13,63 ^{ns}

^{**} Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) - ^{ns} Não significativo

A estação do ano na qual ocorreu a maior sobrevivência das estacas foi o outono de 2011, com média de 93,3% de estacas vivas diferindo significativamente entre as demais estações (Tabela 6). Com relação às idades estudadas, as estacas provenientes de plantas jovens apresentaram a maior sobrevivência, independentemente da concentração de IBA aplicada (Figura 7). Iritani *et al.* (1986) também encontraram em março elevada sobrevivência das estacas de *A. angustifolia* coletadas de plantas matrizes de quatro anos de idade, no entanto, ressaltaram que esta variável isoladamente não significa garantia de enraizamento.

Pires (2012), trabalhando com miniestaquia de *A. angustifolia* obteve os melhores resultados de sobrevivência em casa de vegetação durante o inverno, com sobrevivência próxima a 90%. Segundo o mesmo autor, a baixa sobrevivência e enraizamento das miniestacas nas épocas de temperaturas elevadas podem ter ocorrido em função da *A. angustifolia* ser uma espécie subtropical de altitude, tolerante ao frio e de difícil enraizamento.

TABELA 6 - Sobrevivência (%) de estacas de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, tratadas com ácido indolbutírico (IBA) nas quatro estações do ano, aos 180 dias após o plantio. UFPR, Curitiba-PR, 2011/2012.

Estação	Idade da planta matriz		Médias
	Jovem	Adulta	
Outono/2011	97,8	88,9	93,3 a
Inverno/2011	82,2	63,4	72,8 bc
Primavera/2011	77,8	46,7	62,2 c
Verão/2012	83,3	71,1	77,2 b
Médias	85,3 A	67,5 B	
CV (%)		16,62	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

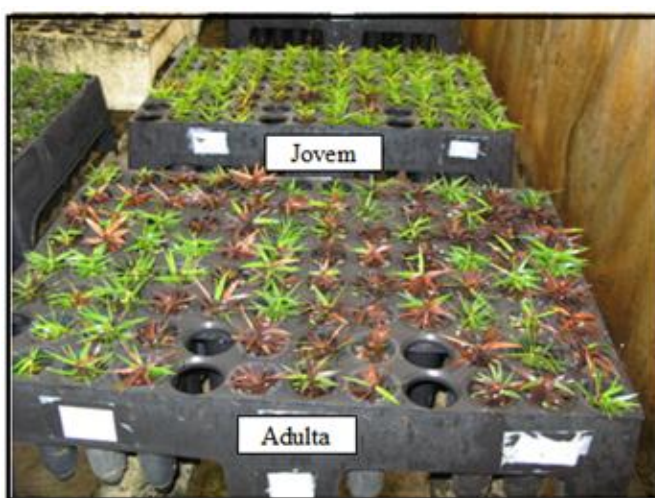


FIGURA 7 – Sobrevivência de estacas de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia* aos 180 dias após o plantio, coletadas no outono de 2011. UFPR, Curitiba – PR. 2011

Pode-se verificar que a *A. angustifolia* é uma espécie que responde lentamente aos estímulos de indução radicial em estacas, pois o período de 180 dias de permanência das estacas em casa de vegetação para o enraizamento pode não ter sido suficiente para a emergência das raízes, pois foi observada elevada sobrevivência (97,8%) em estacas de plantas jovens após este período (Tabela 6). Outros autores também têm observado o enraizamento em estacas de *A. angustifolia* após longo período em casa de vegetação, que pode variar de 130 a 210 dias após o plantio, com alta sobrevivência das estacas (DELGADO *et al.*, 2007; BETTIO *et al.*, 2008).

Quando se trabalha com material vegetativo mais juvenil como miniestacas, por exemplo, espera-se que a formação de raízes ocorra mais rápido quando comparado com material adulto, que pode ter mais barreiras ao enraizamento em função do grau de maturação dos tecidos e lignificação. Todavia, em *A. angustifolia* a técnica da miniestaquia diminuiu

pouco o período de enraizamento, pois segundo Pires (2012), o período de permanência das miniestacas para o enraizamento em casa de vegetação variou de 100 a 120 dias, conforme a época do ano.

A lenta resposta da *A. angustifolia* ao enraizamento de estacas pode ocorrer devido ao seu processo rizogênico ser de forma indireta, ou seja, com a formação de calo para posterior iniciação radicial (IRITANI *et al.*, 1986). A ausência de gema axilar completa na base das folhas também pode influenciar o enraizamento, pois as células meristemáticas presentes nesta região precisam se diferenciar em gemas e ápices caulinares, consumindo tempo e as reservas da estaca (IRITANI *et al.*, 1992).

Para a mortalidade, porcentagem de estacas com calos e porcentagem de estacas com brotações, o teste de Bartlett revelou que as variâncias dos resultados obtidos não foram homogêneas. Mesmo após a transformação dos dados destas variáveis não foi verificada a homogeneidade das variâncias (Tabela 7). A média e desvio padrão são apresentados na Tabela 8.

TABELA 7 – Resultado do Teste de Bartlett para a mortalidade, porcentagem de estacas com calos e porcentagem de estacas com brotação de estacas de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, tratadas com ácido indolbutírico (IBA) nas quatro estações do ano. UFPR, Curitiba-PR. 2012

Variáveis	Teste de Bartlett (X^2)
Mortalidade (%)	120,80 ^{**}
Porcentagem de estacas com calos (%)	138,61 ^{**}
Porcentagem de estacas com brotação (%)	103,36 ^{**}

^{**} Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

A média da mortalidade foi maior nas estacas oriundas de plantas matrizes adultas, em todas as estações e concentrações de IBA (Tabela 8). Na estação da primavera foram registradas as maiores médias de mortalidade em plantas adultas. Nesta estação, também foi registrada a menor sobrevivência das estacas (Tabela 6). Pode-se inferir que, com o aumento da temperatura e retomada da atividade respiratória da planta após o inverno, as reservas presentes no ramo podem ter sido utilizadas para a manutenção da atividade metabólica e, conseqüentemente, menor quantidade de reserva estava disponível para a sobrevivência da estaca e formação de raízes.

A condição fisiológica da planta matriz determina o sucesso do enraizamento de estacas, pois a quantidade de água, reservas e inibidores e características anatômicas podem variar ao longo do ano (HARTMANN *et al.*, 2002). Desta forma, a maior mortalidade das

estacas na primavera pode ter sido influenciada pela alteração da atividade metabólica da planta, que aumentou nesta época.

TABELA 8 - Média e desvio padrão da mortalidade, porcentagem de estacas com calos e porcentagem de estacas com brotação de estacas de ramos plagiotrópicos de plantas jovens e adultas de *A. angustifolia*, tratadas com ácido indolbutírico (IBA) nas quatro estações do ano, aos 180 dias após o plantio. UFPR, Curitiba-PR. 2012

Estação	Concentrações de ácido indolbutírico (IBA)					
	0 mg L ⁻¹		2000 mg L ⁻¹		4000 mg L ⁻¹	
	Jovem	Adulta	Jovem	Adulta	Jovem	Adulta
Mortalidade (%)						
Outono/2011	0±0	13,3±15,3	3,3±5,8	16,7±5,8	3,3±5,8	3,3±5,8
Inverno/2011	10,0±1,0	33,3±11,6	6,7±5,8	33,3±11,6	16,7±5,8	43,3±20,8
Primavera/2011	10,0±10,0	40,0±10,0	13,3±15,3	56,7±15,3	20,0±1,0	63,3±20,8
Verão/2012	0±0	23,3±5,8	0±0	23,3±15,3	0±0	30,0±1,0
Porcentagem de estacas com calos (%)						
Outono/2011	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Inverno/2011	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Primavera/2011	23,3±25,2	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Verão/2012	16,7±15,3	6,7±11,5	6,3±11,5	3,3±5,8	23,3±5,8	0±0
Porcentagem de estacas com brotação (%)						
Outono/2011	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Inverno/2011	16,7±20,8	3,3±5,7	10,0±1,0	3,3±5,7	16,7±5,7	0±0
Primavera/2011	46,7±20,8	10,0±10,0	23,3±11,5	0±0	10,0±10	0±0
Verão/2012	20,0±10,0	3,3±5,8	10,0±10,0	0±0	30,0±10	3,3±5,8

Foi observado o escurecimento da base das estacas de *A. angustifolia* no início do processo de mortalidade, principalmente em estacas de plantas adultas, que pode ter ocorrido devido à oxidação de compostos fenólicos. Substâncias antioxidantes como a polivinilpirrolidona (PVP), uma poliamida com função adsorvente de fenóis, têm sido estudadas com sucesso na diminuição da oxidação fenólica em miniestacas de clones de *Eucalyptus* (GOULART *et al.*, 2010; GOULART & XAVIER, 2010).

Foram observadas estacas com calo nas estações da primavera e do verão (Tabela 8). Na primavera, a formação de calos ocorreu apenas em estacas de plantas jovens e sem o tratamento com IBA, com média de 23,3% de calos. No verão, pode-se verificar que estacas de plantas jovens apresentaram numericamente maior porcentagem de formação de calos quando comparadas com as estacas de plantas adultas. Nesta época, a concentração de 2000 mg L⁻¹ proporcionou a menor porcentagem de calos em estacas de plantas jovens.

Conforme Iritani *et al.* (1986), o calo em estacas de *A. angustifolia* é formado pela atividade do câmbio e desdiferenciação de células parenquimáticas, com as raízes adventícias originadas a partir do meristema formado pela desdiferenciação das células parenquimáticas do

calo. Na figura 8a está representado o aspecto do calo formado nas estacas. Como não foram registradas estacas enraizadas nas épocas que foram obtidas estacas com calos, pode-se inferir que estas estacas necessitem de um período superior a 180 dias para que os calos se desdiferenciem em primórdios radiciais e emergência das raízes.

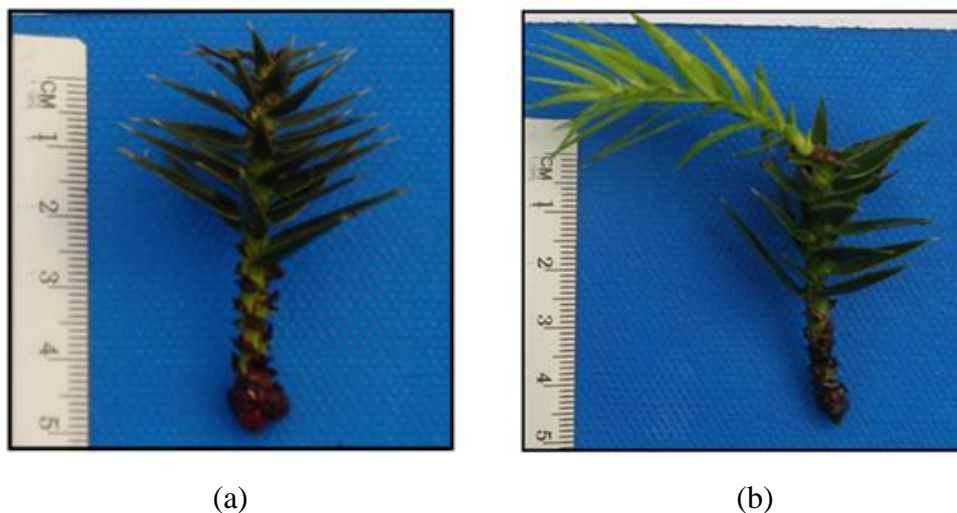


FIGURA 8 - Estaca de ramo plagiotrópico de planta jovem de *A. angustifolia* com formação de calo (a) e com emissão de brotação (b) aos 180 dias após o plantio, coletadas na primavera de 2011. UFPR, Curitiba-PR. 2011.

Não foram registradas estacas com emissão de novas brotações na estação do outono (Tabela 7). As maiores médias de porcentagem de estacas com brotação foram verificadas em estacas de plantas jovens, sem o tratamento com IBA. Nesta condição, a estação que proporcionou maior média de porcentagem de brotação foi a primavera, com média de 46,7% de estacas brotadas (Figura 8a). Segundo Kibbler *et al.* (2004), estações do ano que apresentam temperaturas mais elevadas muitas vezes coincidem com o aumento da atividade das brotações, florescimento e maiores taxas de crescimento.

A emissão de brotações na estaca é desejável para o processo de estaquia, visto que para uma muda, propagada vegetativamente por estaquia de ramos, ser considerada normal deve-se ter a emissão de raízes e de novas brotações (HARTMANN *et al.*, 2002). Porém, em *A. angustifolia* foi observada a presença de brotações em estacas que não emitiram raízes, podendo-se inferir que a estaca tenha gasto energia de reserva para a diferenciação das células em gemas e brotos ou para a formação de calos, sem possuir reservas suficientes para a desdiferenciação das células do calo em primórdio radicial.

5 CONCLUSÕES

A atividade respiratória de meristemas apicais de ramos plagiotrópicos de *A. angustifolia* é variável durante o ano. A maior atividade respiratória ocorre na metade da primavera e, a menor atividade respiratória ocorre no inverno, em plantas jovens e adultas.

O enraizamento adventício em estacas de ramos plagiotrópicos de *A. angustifolia* é possível. A espécie apresenta resposta lenta aos estímulos para o enraizamento de estacas de ramos plagiotrópicos nas quatro estações.

O baixo enraizamento obtido nas quatro estações não permitiu a avaliação da influência da época de coleta dos propágulos vegetativos na rizogênese, bem como da influência das diferentes concentrações de IBA.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A *A. angustifolia* apresenta dinâmica da atividade respiratória ao longo do ano, com períodos de alta atividade respiratória na primavera e verão e baixa atividade respiratória no outono e inverno. Esta oscilação do metabolismo da planta poderá influenciar as técnicas de propagação vegetativa como a estaquia e a enxertia, por exemplo. Pois, os períodos que a planta se encontra em baixa atividade metabólica coincidem com a paralisação do crescimento.

Possivelmente a *A. angustifolia* apresenta dormência de gemas, como a ecodormência, pois seu metabolismo diminui nas estações mais frias. Estudos que visem à relação entre os períodos de baixa atividade respiratória e a dormência de gemas, como a avaliação do tempo necessário para a emissão de novas brotações em condições ambientais controladas serão importantes para o entendimento da fisiologia da espécie.

Durante a execução do teste de tetrazólio, pôde-se observar que a coloração da gema apical e da região de sua inserção no ramo plagiotrópico não ocorreu de forma homogênea em todas as datas de coleta. A avaliação do teste de tetrazólio foi realizada por meio da análise da intensidade da coloração de formazan nas células ativas da gema, no entanto, uma análise mais detalhada que considere a homogeneidade de coloração dos tecidos da gema e da porção de caule próximo à gema, poderá indicar os motivos da variação da atividade respiratória dos meristemas apicais durante o ano.

O enraizamento de estacas de *A. angustifolia* foi observado apenas no inverno de 2011, não sendo possível indicar a época do ano adequada para a coleta dos propágulos para a multiplicação vegetativa da espécie por estaquia, em função do baixo percentual de enraizamento. Aparentemente, o inverno pode ser a estação que beneficie o enraizamento das estacas, pois outros autores também verificaram maiores incrementos no enraizamento de estacas da espécie nesta estação. Neste período, os meristemas apicais apresentam baixa atividade respiratória e, possivelmente, ocorre menor consumo das substâncias de reserva presentes no caule, que em maior concentração podem influenciar o enraizamento de estacas.

A espécie pode ser classificada como de difícil enraizamento, característica de espécies coníferas, pois mesmo com a aplicação de auxina exógena não foram observados estímulos ao enraizamento. Pesquisas que visem o estudo dos cofatores do enraizamento como também a utilização de substâncias antioxidantes e propágulos rejuvenescidos contribuirão para o estabelecimento de um protocolo de propagação vegetativa por estaquia de ramos.

Pode-se verificar que a *A. angustifolia* é uma espécie que responde lentamente aos estímulos de indução radicial em estacas, pois os 180 dias de permanência das estacas em casa de vegetação, com alta sobrevivência de estacas de plantas jovens no outono, podem não ter sido suficientes para o enraizamento das estacas, nas condições ambientais estudadas. A ausência de gema axilar completa também pode ter contribuído com esta lenta resposta ao enraizamento, podendo ter ocorrido desvio de energia de reserva para a brotação da estaca.

Após a avaliação do enraizamento das estacas, aos 180 dias do plantio, estas continuam em casa de vegetação para que seja verificado se com um período maior serão observadas novas raízes. Contudo, mesmo após 22 meses do plantio das estacas coletadas no outono de 2011, não ocorreu emissão de novas raízes nas estacas nas quatro estações estudadas. Têm-se refletido sobre a possibilidade destas estacas serem novamente tratadas com o regulador vegetal IBA para que sejam formadas novas raízes.

Em trabalhos realizados na Embrapa Florestas, localizada no município de Colombo-PR, observou-se que os autores não encontram dificuldade de enraizamento de estacas de *A. angustifolia*. Buscando-se investigar os motivos do insucesso do enraizamento de estacas no presente experimento, no verão de 2012 foi instalado mais um experimento utilizando-se o mesmo substrato utilizado pela Embrapa Florestas em seus trabalhos com enraizamento de estacas da espécie (vermiculita e casca de arroz carbonizada 1:1), no entanto, também não foram observadas estacas enraizadas neste substrato.

Assim, estudos futuros que visem à avaliação do enraizamento das estacas de ramos plagiotrópicos de *A. angustifolia* nas quatro estações, em condições ambientais mais adequadas ao enraizamento da espécie, como presente na casa de vegetação da Embrapa Florestas, que possui controle automatizado da umidade e da temperatura, podem vir a proporcionar maiores porcentagens de enraizamento das estacas e, conseqüentemente, indicar um momento adequado para a propagação vegetativa da espécie por estaquia de ramos.

REFERÊNCIAS

AQUINO, F. M. **Cultivo da *Araucaria angustifolia***: viabilidade econômico-financeira e alternativas de incentivo. Florianópolis: BRDE, 2005. 53p.

ALCANTARA, G. B de; RIBAS, L. L. F.; HIGA, A. R.; RIBAS, K. C. Z.; KOEHLER, H. S. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 399-404, 2007.

ALCANTARA, G. B. de; RIBAS, L. L. F.; HIGA, A. R.; RIBAS, K. C. Z. Efeitos do ácido indolilbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 151-156, 2008.

ALCANTARA, G. B.; OLIVEIRA, Y.; LIMA, D. M.; FOGAÇA, L. A.; PINTO, F.; BIASI, L. A. Efeito dos ácidos naftaleno acético e indolilbutírico no enraizamento de estacas de jambolão [*Syzygium cumini* (L.) Skeels]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 317-321, 2010.

ANSELMINI, J. I. **Fenologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia* (Bert.) o. Ktze, na região de Curitiba – PR**. Curitiba, 2005. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ASSUMPÇÃO NETO, A. **Plastocrono e filocrono aparentes anual em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. , no município de Colombo - PR**. Curitiba, 2008. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BALANDIER, P.; GENDRAUD, M.; RAGEAU, R.; BONHOMME, M.; RICHARD, J. P.; PARISOT, E. Bud break delay on single-node cuttings and bud capacity for nucleotide accumulation as parameters for endo- and paradormancy in peach trees in a tropical climate. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 55, p. 249-261, 1993.

BANDEL, G.; GURGEL, J. A. A. Proporção do sexo em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 6, p. 209-220, 1967.

BETTIO, G. P.; WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Enraizamento de estacas de *Araucaria angustifolia*. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 7., 2008, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 1 CD_ROM. Resumo.

BITENCOURT, J.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S. Enraizamento de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill.) provenientes de brotações rejuvenescidas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 277-281, 2009.

BONHOMME, M.; RAGEAU, R.; GENDRAUD, M. Dynamics of ATP and NTP contents during the dormancy period in vegetative and floral buds of peach trees, influence of a cold deprivation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT DORMANCY, 2., 1999, Angers, France. **Book of Abstracts**. Angers: Angers University, 1999. p.46.

BONHOMME, M.; RAGEAU, R.; GENDRAUD, M. ATP, ADP and NTP contents in vegetative and floral peach buds during winter: are they useful for characterizing the type of dormancy? In: VIÉMONT, J.-D.; CRABBÉ, J. (Ed.) **Dormancy in plants: from whole plant behaviour to cellular control**. Cambridge: University Press, 2000. p.245-257.

BOTELHO, R. V.; AYUB, R. A.; MULLER, M. M. A. Somatória de horas de frio e de unidades frio em diferentes regiões no estado do Paraná. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 7, n. 1-2, p. 89-96, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 2009. 395 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.

CARVALHO, R. I. N.; BIASI, L. A.; ZANETTE, F.; RENDOKE, J. C.; SANTOS, J. M.; PEREIRA, G. P. Dinâmica da dormência de gemas de caquizeiro 'Fuyu' em região de baixa ocorrência de frio. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 057-063, 2010a.

CARVALHO, R. I. N.; RENDOKE, J. C.; BIASI, L. A.; ZANETTE, F. Metabolic activity evaluation of temperate tree fruit buds by using the tetrazolium test. **Acta Horticulturae**, 872, p. 89-96, 2010b.

CASTELLA, P. R.; BRITZ, R. M. A. **A floresta com araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 233 p.

CHAMPAGNAT, P. Bud dormancy, correlation between organs, and morphogenesis in woody plants. **Fiziologiya Rastenii**, Moscow, v. 30, n. 30, p. 458-471, 1983.

CORREA, A. P. A.; AGUIAR, A. V. de; FREITAS, M. L. M.; SOUZA, V. A. de. Propagação vegetativa via estacas de raízes adventícias e brotações de *Araucaria cunninghamii* Ait. In: Evento de iniciação Científica, 2010, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2010.

CRABBÉ, J.; BARNOLA, P. A. New Conceptual Approach to Bud Dormancy in Woody Plants. In: LANG, G. A. (Ed.) **Plant Dormancy: physiology, biochemistry and molecular biology**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 83-113.

DANNER, M. A. **Potencial de progênies de polinizações dirigidas e de plantas monóicas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. para o melhoramento genético da espécie**. Curitiba, 2012. 105 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

DELGADO, M. E.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Indução de brotações basais e estaquia de. In: XI Evento de iniciação científica, 2007, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

DIAS, M. C. L. L.; BARROS, A. S. R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. Londrina: IAPAR, 1995. 43 p.

ENDRES, L.; MARROQUIM, P. M. G.; SANTOS, C. M. dos; NEIREVANE NUNES FERREIRA DE SOUZA, N. N. F. de. Enraizamento de estacas de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) tratadas com ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 886-889, 2007.

FAQUIM, R.; SILVA, I. D. da; CARVALHO, R. I. N. de. Necessidade de frio para quebra de dormência de gemas de caquizeiro 'Fuyu'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 438-444, 2007.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo – PR: Embrapa Florestas, 2004. 22 p.

FERRI, M. G. **Botânica: morfologia externa das plantas**. 15ª ed. São Paulo: Nobel, 1983. 148p.

FOGAÇA, C. A.; KROHN, N. G.; SOUZA, M. A.; PAULA, R. C. Teste de tetrazólio em sementes de *Copaifera langsdorffii* e *Schizolobium parahyba*. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 895-904, 2011.

GOLFARI, L. Coníferas aptas para reflorestamento nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do sul. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 1, p. 1-71, 1971.

GOULART, P. B.; XAVIER, A. Efeito do tempo de armazenamento de miniestacas no enraizamento de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 671-677, 2008.

GOULART, P. B.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Efeito de antioxidantes no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 961-972, 2010.

GOULART, P. B.; XAVIER, A. Influência do modo de acondicionamento de miniestacas no enraizamento de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 407-415, 2010.

GURGEL, J. T. A.; GURGEL-FILHO, C. A. Métodos de enxertia para o pinheiro brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Ktze., visando à formação de pomares de sementes. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 6, p. 153-155, 1967.

HARTMANN, H. T.; KERSTER, D. E.; DAVIES JR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7 ed. Prentice Hall. New Jersey: 2002. 880 p.

HOPPE, J. M. **Relações entre os dados analíticos do solo, análise foliar e dados de incremento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., na flora de Passo Fundo**. Curitiba, 1980. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, 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, 163f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1981.

IRITANI, C.; SOARES V. R.; GOMES, A. V. Aspectos morfológicos da ação de reguladores de crescimento em estacas de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. **Acta Biologica Paranaense**, Curitiba, v. 15, n. 1, 2, 3, 4, p. 1-20, 1986.

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 Biológica Paranaense**, Curitiba, v. 22, n. 1, 2, 3, 4. p. 1-13, 1993.

IRITANI, C. Aspectos múltiplos da cultura *in vitro* da *Araucaria angustifolia* (BERT) O.Ktze. **Floresta**, Curitiba, v. 27, n. 1, 2, p. 141-142, 1997.

IUCHI, V. L.; IUCHI, T.; BRIGHENTI, E.; DITRICH, R. Quebra da dormência da macieira (*Malus domestica* Borkh) em São Joaquim-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 168-174, 2002.

JONES, H. G. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology**. 2 ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 428p.

KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Propagação vegetativa por enxertia em *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 12, p. 95-102, 1975.

KALIL FILHO, A. N.; LOPES, A. J.; RÊGO, G. M.; TOMACHITZ, A. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de imbuia pelo teste do tetrazólio. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 57, p. 69-72, 2008.

KIBBLER, H.; JOHNSTON, M. E.; WILLIAMS, R. R. Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell: 2- seasonal influences of temperature rainfall, flowering and auxins on the stock plant. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 102, p. 343-358, 2004.

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

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of trees**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1960, 642p.

LANG, G. A.; EARLY, J. D.; MARTIN, G. C.; DARNELL, R. L. Endo-, para- and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. **Hortscience**, Alexandria, v. 22, p. 371-178, 1987.

LAZAROTTO, M.; PIVETA, G.; MUNIZ, F. B.; REINIGER, L. R. S. Adequação do teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Ceiba speciosa*. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1243-1250, 2011.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 3 ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002. 440p.

MAENE, L.; DEHBERG, P. C. Araucaria. In: BONGA J. M.; DURZAN. **Cell and tissue culture in Forest**. 3 ed. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1987. p. 176-184.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418p.

MARAFON, A. C. **Metabolismo de carboidratos, conteúdo de água e necrose floral em pereira (*Pyrus sp.*) em condições de falta de frio**. Pelotas, 2008. 82 f. Tese (Doutorado Ciências) - Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas.

MARODIN, G. A. B.; FRANCISCONI, A. H. D.; GALLOIS, E. S. P. Efeitos de produtos químicos na quebra de dormência e produção de Pereira (*Pyrus communis*, L.) cv Packham's Triumph. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 1, p. 155-160, 1992.

MATTOS, J. R. **O pinheiro brasileiro**. São Paulo: [s.n.], 1972. 620p.

MAUGET, J. C. Dormance des bourgeons chez les arbres fruitiers de climat tempéré. In: GUYADER, H. **Le développement des végétaux**: aspects théoriques et synthétiques. Paris: Masson, 1987. p.133-150.

MELO, L. A. de; XAVIER, A.; PAIVA, H. N. de; BORGES, S. R. Otimização do tempo necessário para o enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 759-767, 2011.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Proteção e recuperação da Floresta com Araucárias**. Propostas de criação de novas Unidades de Conservação Federais no Paraná e em Santa Catarina. 2005. Disponível em: <http://homolog-w.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=202&idConteudo=8642&idMenu=9276> Acesso em: 05/05/2012.

NUNES, J. L. S.; MARODIM, G. A. B.; SARTORI, I. A. Cianamida hidrogenada, thidiazuron e óleo mineral na quebra da dormência e na produção do pessegueiro cv. Chiripá. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 493-496, 2001.

OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; DAVIDE, A. C. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert leguminosae caesalpinioideae. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 159-166, 2005.

OLIVEIRA, J. M.; PILLAR, V. D.; ROIG, F. A. Padrões de idade e crescimento de *A. angustifolia*: Reconstruindo históricos de distúrbio e dinâmica vegetacional. In: Congresso de Ecologia do Brasil, n. 8, p. 1-2, 2007, Caxambu. **Anais**. Caxambu, 2007.

OLIVEIRA, A. K. M. de; SCHELEDER, E. J. D.; FAVERO, S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex. DC.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1011-1018, 2008.

OLIVEIRA, L. S. **Enxertia, microenxertia e descrição do tropismo em *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. Ktze**. Curitiba, 2010. 90 f. Tese (Doutorado Ciências) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PEREIRA, A. R. Aspectos fisiológicos da produtividade vegetal. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 139-142, 1989.

PEREIRA, G. P.; CARVALHO, R. I. N. de. Avaliação rápida da dormência de gemas de pessegueiro, ameixeira e caqui. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 27., 2009, Curitiba. [**Resumo**]. Curitiba: PUCPR, 2009.

PEREIRA, G. P.; CARVALHO, R. I. N. de; PRADO, A. E. do; BONOTTO, D.; STRAPASSON, J. Avaliação rápida da dormência de gemas de pessegueiro, ameixeira e caqui. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 28., 2010, Curitiba. [**Resumo**]. Curitiba: PUCPR, 2010.

PEREIRA, G. P.; CARVALHO, R. I. N. de; ZANETTE, F. Superação artificial da dormência de gemas de ameixeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves. **Resumo**. Bento Gonçalves: SBF, 2012. 1 CD-ROM.

PÉTEL, G.; AUE, H-L.; BONHOMME, M.; FAYE, F.; GENDRAUD, M.; GEVAUDANT, F.; GUILLIOT, A.; LECOMTE, I.; FLOCH, F.; MARQUAT-PÉTEL, C.; RAGEAU, R. Energetic metabolism related to peach tree buds dormancy. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT DORMANCY, 2., 1999, Angers, France. **Book of Abstracts**. Angers: Angers University, 1999. p. 28.

PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; SCHUCK, E.; DUCROQUET, J. P.; MATOS, C. S.; POLA, A. C. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 110 p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 75).

PIO, R.; BASTOS, D. C.; AMÉLIO JOSÉ BERTI, A. J.; SCARPARE FILHO, J. A.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; ENTELMANN, F. A.; ALVES, A. S. R.; BETTIOL NETO, J. E. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de oliveira (*Olea europaea* L.) utilizando ácido indolbutírico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 562-567, 2005.

PIRES, P. P. **Sazonalidade e soluções nutritivas na miniestaquia de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em propágulos de origem seminal**. Curitiba, 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PRADO, A. E. do; CARVALHO, R. I. N. de; PEREIRA, G. P. Avaliação rápida da dormência de gemas de macieira e pereira. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 28., 2010, Curitiba. [**Resumo**]. Curitiba: PUCPR, 2010.

PUTTI, G. L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M. E. Temperaturas efetivas para a dormência da macieira (*Malus domestica* Borkh). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 210-212, 2003.

RAST, E. D.; BEATON, J. A.; SONDERMAN, D. L. **Photographic guide to selected external defect indicators and associated internal defects in black walnut**. BROOMAIL: USDA Forest Service, 1988. 11p. (Research Paper, NE-617).

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Madeiras do Brasil**: Santa Catarina. Florianópolis: Editora Lunardelli, 1979. 320p.

RICHARDSON, E. A.; SEELEY, S. D.; WALKER, D. R. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. **Hortscience**, Mount Vernon, v. 9, n. 4, p. 331-332, 1974.

ROGERS, R. L. Problemas silviculturais de *Araucaria angustifolia*. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 6, p. 308-359, 1953.

SHALTOUT, A. D.; UNRATH, C. R. Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, n. 6, p. 957-961, 1983.

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.

SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F.J.; FERREIRA, C. A.; BOGNOLA, I. A. Recomendação de solos para *Araucaria angustifolia* com base nas suas propriedades físicas e químicas. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 43, p. 61-74, 2001.

SILVA, F. de A. S. **Assistat versão 7.6 beta (2011)**. Disponível em: <<http://www.assistat.com>>. Acesso em: 24/09/2011.

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

STAFSTROM, J. P. Regulation of growth and dormancy in pea axillary buds. In: VIÉMONT, J.-D.; CRABBÉ, J. (Ed.). **Dormancy in plants**: from whole plant behaviour to cellular control. Cambridge: University Press, 2000. p. 331-346.

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

VIDOLIN, G.P.; BATISTA, D.B.; WANDEMBRUCK, A. Landscape valuation based on the ecological requirements of '*Tayassu pecari*' and '*Tapirus terrestris*' - a forest with araucaria, in Paraná State, Brazil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.3, p.505-515, 2011.

VOLTOLINI, J. A.; MARASCHIN, M.; BOVE, E. Multiplicação de *Araucaria heterophylla* via estaquia, com a utilização de ácido indol-butírico. **Biotemas**, Florianópolis, n. 6, v. 2, p. 54-61, 1993.

WAGNER JÚNIOR, A.; BRUCKNER, C. H.; SALOMÃO, L. C. C.; PIMENTEL, L. D.; SILVA, J. O. C.; SANTOS, C. E. M. dos. Avaliação da necessidade de frio de pessegueiro por meio de ramos enxertados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1054-1059, 2009.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado a espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 8, n. 1, p. 187-94, 2001.

WENDLING, I.; FERRARI, M.P.; GROSSI, F. **Curso intensivo de viveiros e produção de mudas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 48 p.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; HOFFMANN, H. A.; BETTIO, G.; HANSEL, F. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomía Costarricense**, Costa Rica, v. 33, n. 2, p. 309-319, 2009.

WENDLING, I. **Enxertia e florescimento precoce em *Araucaria angustifolia***. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 7p.

ZANETTE, F.; OLIVEIRA, L. S.; BIASI, L. A. Grafting of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze through the four seasons of the year. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1364-1370, 2011.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia**: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos. Curitiba: [K. C. Zuffellato-Ribas], 2001. 39p.