

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA

DIVERSIDADE E MANEJO DA VIDA SILVESTRE

NÍVEL MESTRADO

GIANE INQUELMAN NIEDERAUER

ESTRUTURA ETÁRIA E CRESCIMENTO DE *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA* (BERTOL.)

O. KUNTZE NUM GRADIENTE FLORESTA-CAMPO EM SÃO FRANCISCO DE

PAULA, RS.

São Leopoldo - RS

2012

GIANE INQUELMAN NIEDERAUER

**ESTRUTURA ETÁRIA E CRESCIMENTO DE *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA*
(BERTOL.) O. KUNTZE NUM GRADIENTE FLORESTA-CAMPO EM SÃO
FRANCISCO DE PAULA, RS.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia: Diversidade e Manejo da Vida Silvestre da Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Orientador: Prof. Dr. Juliano Morales de Oliveira

São Leopoldo - RS

2012

N664e Niederauer, Giane Inquelman.

Estrutura etária e crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze num gradiente floresta-campo em São Francisco de Paula, RS / Giane Inquelman Niederauer. – 2012.

38 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Biologia, 2012.

"Orientador: Prof. Dr. Juliano Morales de Oliveira."

1. Floresta-campo. 2. Dendrocronologia. 3. Anéis de crescimento. I. Título.

CDU 57

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Bibliotecário: Flávio Nunes – CRB 10/1298)

GIANE INQUELMAN NIEDERAUER

**ESTRUTURA ETÁRIA E CRESCIMENTO DE *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA*
(BERTOL.) O. KUNTZE NUM GRADIENTE FLORESTA-CAMPO EM SÃO
FRANCISCO DE PAULA, RS.**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jean Carlos Budke - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões.

Prof. Dr. Tiago Closs De Marchi- Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Prof. Dr. Juliano Morales de Oliveira - Universidade do Vale do Rio dos Sinos

AGRADECIMENTOS



Ao prof. Dr. Juliano por ter me aceito como orientada, e por ter me oportunizado conhecer “*o mundo dos anéis de crescimento*”, além do apoio e esclarecimentos durante a conclusão do trabalho.

Ao Banco Santander pela bolsa de mestrado.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo suporte financeiro de custos das atividades de campo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Aos funcionários da UNISINOS, em especial a Fernanda Fraga, prof. Dr. Victor Hugor Valiatti, e demais professores do curso de Biologia.

Aos funcionários do Centro de Pesquisas e conservação da Natureza (Pró-mata / PUCRS) pelo grande apoio fornecido aos pesquisadores.

Ao laboratório de Anéis de Crescimento e Anatomia de Madeiras da Universidade de São Paulo (ESALQ), em especial ao prof. Dr. Mário Tomazello Filho, Letícia Cobello e Matheus Chagas.

Aos colegas do curso de mestrado, em especial aos colegas do Laboratório de Ecologia Vegetal: Gabriela Ávila, Diogo T., Gustavo Simon, Cíntia Cardoso, Marcos Lenner, Marina Fagundes, Andrey B., e Lucélia Costa.

Aos meus pais, familiares e amigos pelo carinho e compreensão durante a realização deste trabalho.

Agradeço a Deus.

SUMÁRIO

Resumo.....	p. vii
Abstract.....	p. ix
Lista de figuras.....	p. xi
Lista de apêndices.....	p. xiii
1. Introdução.....	p. 14
2 Métodos.....	p. 17
3 Resultados.....	p. 22
4 Discussão.....	p. 26
5 Conclusões.....	p. 28
6 Referências Bibliográficas.....	p. 29

Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza (Pró-mata), localizado no município de São Francisco de Paula (29°28'S; 50°13'W), a nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, em área de Floresta Ombrófila Mista e Mosaicos de Campos, com objetivo de avaliar a existência de sinais históricos do avanço da floresta com base na estrutura etária e no desempenho de crescimento de *Araucaria angustifolia*, em um gradiente floresta-campo. A *Araucaria angustifolia* é uma espécie que apresenta anéis de crescimento anuais bem definidos é indicada para estudos dendrocronológicos. Neste sentido, foram selecionados 21 pontos amostrais em uma área aproximada de 25 ha, selecionados aleatoriamente em três níveis de distâncias: pontos em floresta a mais de 50 m de distância da borda mais próxima, (2) pontos em floresta ou campo a até 50 m de distância da borda mais próxima e (3) pontos em campo com mais de 50 m de distância da borda. Para análises dendrocronológicas, em cada ponto foi selecionado um indivíduo por classe de diâmetro à altura do peito para coleta de duas a quatro amostras de lenho com trado de incremento. Em laboratório às amostras foram fixadas em suportes de madeira, polidas com uma série de lixas, e analisadas com auxílio de um estereomicroscópio. Posteriormente, foram realizadas análises de regressão linear e de aleatorização para avaliar como a idade e o crescimento (em diâmetro e altura) dos indivíduos variam em relação à distância da borda floresta-campo. Os resultados mostraram que a estrutura etária e o desempenho de crescimento de *A. angustifolia* variavam ao longo do gradiente floresta-campo. A idade das *A. angustifolia* variou de 12 a 106 anos, decrescendo do interior da floresta para o interior do campo, a posição das árvores explicou 15 % da variação etária ($P=0,0823$). A idade teve influência no tamanho das árvores, explicando 43 % da variação do diâmetro do tronco ($P=0,001$) e 12 % da variação da altura

($P=0,114$). Conclui-se que, a estrutura etária e crescimento em altura da *A. angustifolia* variam no gradiente floresta-campo.

Palavras chaves: Floresta-campo, anéis de crescimento, dendrocronologia

Abstract

This work was developed at the Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza (Pró-Mata), located in the municipality of São Francisco de Paula (29°28'S; 50°13'W), the northeastern of Estado Rio Grande do Sul, in a forest-grassland mosaic habitat. Vê of this study was to evaluate for signs of historical advancement of Forest based on age structure and growth performance of *Araucaria angustifolia* in a forest-grassland gradient. The *Araucaria angustifolia* is a species to present annual growth rings well defined is indicated for dendrochronological studies. In this sense, we selected 21 sample points in area of approximately 25 ha, randomly selected from three levels of distances. (1) points in the forest more than 50 m away from the nearest edge, (2) points in the forest or grassland up 50 m away from the nearest adge and (3) points on the grassland with more than 50 m away edge. To dendrochronological analyzes, at each point was selected for individual class diameter at breast height to collect two to four samples of wood with increment borer. Age had influence on tree size, explaining 43% of the variation of stem diameter ($P= 0.001$) and 12 % of the variation in height ($P= 0.114$). It was concluded that the structure age and height growth of *A. angustifolia* vary in forest-grassland gradient. In the laboratorio samples were fixed on a Wood France and polished with a series of sandpapers, and analyzed with help of a stereomicroscope. Later, we performed linear regression analyzes and randomization to assess how the age and growth (height and diameter) individuals vary in distance from the forest-grassland edge. The results showed that the age structure and growth performance of *A. angustifolia* varied along the gradient forest-grassland. Age of *A. angustifolia* ranged from 12 to 106 years, decresing from the interior of the forest for the interior grassland, the position of the trees 15 % of variance explained group ($P= 0.0823$). Age had influence on tree size, explaining 43% of the variation of stem diameter ($P= 0.001$) and 12 % of the

variation in height ($P= 0.114$). It was concluded that the structure age and height growth of *A. angustifolia* vary in forest-grassland gradient.

Key words: Forest-grassland, growth rings, dendrochronology

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da localização de São Francisco de Paula no Rio Grande do Sul, Brasil.....	19
Figura 2: Área de estudo das parcelas selecionadas em área de floresta-campo.	21
Figura 3: Variação da idade de <i>Araucaria angustifolia</i> em função da distância da borda floresta-campo, no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata em São Francisco de Paula, RS. Na abscissa, valores negativos indicam árvores de floresta e valores positivos árvores de campo.....	23
Figura 4: Variação do diâmetro do tronco em função da idade em <i>Araucaria angustifolia</i> , no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata em São Francisco de Paula, RS.....	23
Figura 5: Variação da altura total em função da idade em <i>Araucaria angustifolia</i> , no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata em São Francisco de Paula, RS.....	24
Figura 6: Variação do diâmetro de tronco residual (controlando o efeito da idade) de <i>Araucaria angustifolia</i> em função da distância da borda floresta-campo, no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata em São Francisco de Paula, RS. Na abscissa, valores negativos indicam árvores de floresta e valores positivos árvores de campo.....	24

Figura 7: Variação da altura total residual (controlando o efeito da idade) de *Araucaria angustifolia* em função da distância da borda floresta-campo, no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata em São Francisco de Paula, RS. Na abscissa, valores negativos indicam árvores de floresta e valores positivos árvores de campo.....25

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1: Inserção perpendicular do trado de incremento ao eixo da árvore.....	39
Apêndice 2: Amostra de lenho após extração com trado de incremento.....	39
Apêndice 3: Análises dos anéis de crescimento em estereomicroscópio (A aumento 10 x e B aumento 40 x).....	39

1. INTRODUÇÃO

No Planalto Meridional Brasileiro a Floresta Ombrófila Mista, ou floresta com araucária, forma um mosaico com formações campestres (Rambo, 1960; Klein, 1975). A distribuição das formações vegetais pode ser explicada, em grande parte, por alterações dos regimes climáticos e de distúrbios (Markgraf, 1989; Ledru, 1993; Ledru et al., 1998; Behling et al., 2001; Pillar, 2003; Dümig et al. 2008). De modo geral, evidências fitogeográficas (Rambo, 1953; Klein, 1960 e palaeopolínicas (Behling, 2002; Behling et al., 2004, 2007) demonstram que as formações campestres do planalto são um relictos de um clima anterior seco e frio. As florestas se expandiram principalmente nos últimos 1000 anos, sob um clima pluvial similar ao atual (Behling, 2002; Behling et al., 2004; Behling & Pillar, 2007).

A pressão de herbívoros e do fogo devem também ter influenciado a formação deste mosaico, restringido a expansão florestal (Pillar & Quadros, 1997). Registros fósseis de grandes herbívoros que viviam na região a mais de 8.000 anos indicam evidências quanto à pressão de pastejo sobre os campos anteriormente (Bombin & Klamt, 1975; Kern, 1994). No entanto a pressão provavelmente não foi tão alta se comparada aos padrões atuais (Pillar & Quadros, 1997). Além do pastejo, a queima da vegetação nas áreas de campo se tornou frequente nos últimos 7.000 anos (Behling et al, 2004). O uso do fogo pelo homem na região sul é histórica, data de registros anteriores a 10 mil anos (Kern, 1994), sendo um fato significativo nos distúrbios antrópicos. Estudos avaliaram partículas carbonizadas em perfis de sedimento, detectando na região da floresta com araucária no Paraná o aumento da frequência do fogo (Behling & Pillar, 1996). Desta forma, enquanto o clima passava a favorecer a expansão das florestas, o fogo pode ter sido um fator limitante na manutenção das bordas entre floresta-campo, especialmente nas regiões de floresta com araucária (Pillar & Quadros, 1997).

Em áreas campestres, a expansão da vegetação sobre os campos ocorre pelo avanço a partir da borda da floresta (Oliveira & Pillar, 2004) e aos saltos, por isolados que colonizam o campo (Machado, 2004; Duarte et al., 2006) dando início a formação de manchas florestais. Segundo Duarte et al. (2006) a araucária atua como uma planta-berçário nos campos, recrutando maior diversidade de espécies e em maior abundância do que outras plantas lenhosas. Em áreas excluídas de distúrbios as condições seriam mais favoráveis ao estabelecimento da vegetação (Pillar & Quadros, 1997). Schüller-da-Silva (2009) avaliou o estabelecimento de *A. angustifolia* em área de campo na Estação Ecológica de Aracuri, mostrando que o avanço da araucária sobre os campos é retardado pela presença de pecuária. Após exclusão antrópica na área de estudo, em um período de 34 anos, as araucárias se estabeleceram em até 900 m de distância da borda da floresta. A estrutura etária das araucárias diminuiu significativamente no sentido borda-campo, mostrando que a expansão ocorre das bordas da floresta.

O gênero *Araucaria* é representado por duas espécies, com ocorrência na América do Sul, sendo: *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch com distribuição no Chile e Argentina, e *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na Argentina, Brasil e Paraguai (Joly, 1975). Devido à intensa pressão exploratória desde o início do século XIX, atualmente, a espécie é encontrada em áreas reduzidas (Koch & Côrrea, 2002). Estimativas apontam entre 1 a 2% de áreas originais cobertas pela floresta com araucária em bom estado de conservação (Castella & Britez, 2004), tanto em sua formação primária como em florestas secundárias, provenientes da regeneração natural.

A. angustifolia é uma árvore com ciclo de vida longo, envolvendo estudos com envolvimento de longo prazo para conhecer os processos que influenciam o desenvolvimento da espécie. Neste sentido, a Dendrocronologia, ciência que investiga a idade e o crescimento das plantas pela análise dos anéis de crescimento, possibilita a obtenção de informações

pretéritas e atuais, sobre o estabelecimento e desenvolvimento de uma população. Anéis de crescimento são zonas formadas por camadas de células do xilema secundário sobrepostas sucessivamente, ano após ano. São formados como resultados das variações sazonais da atividade cambial em resposta ao período estacional de crescimento (Villalba et al., 1998; Oliveira et al., 2004). Neste sentido é possível avaliar os eventos ocorridos no passado e no ano corrente (Tomazello et al., 2001; Botosso & Tomazello-Filho, 2001; Oliveira, 2007).

O lenho vegetal apresenta estruturas que diferem quanto à ecologia da espécie, podendo variar dentro da população, e na mesma espécie. Variações na anatomia do lenho podem ocorrer como falsos anéis de crescimento ou anéis incompletos (Botosso et al., 2000), formados por fatores ambientais ou antrópicos como: seca, geada, fogo, desfolha, inundação que interferem na atividade de crescimento (Stokes & Smiley, 1968; Fritts, 1976; Schweingruber, 1996; Brown, 2003; Oliveira, 2007).

A araucária apresenta anéis de crescimento distintos (Mattos, 2011), formados anualmente, em decorrência de variações climáticas (Seitz & Kaanninen, 1989; Lisi et al., 2001; Oliveira et al., 2009). Em *A. angustifolia* os anéis de crescimento são diferenciados, permitindo estimar a idade das árvores (Stokes & Smiley, 1968; Fritts, 1976; Cook & Kairiukstis, 1990; Schweingruber, 2007). Os anéis apresentam coloração do lenho inicial mais clara e com espessura dos traqueídes, mais finos, em relação ao lenho tardio (Mainieri & Chimello, 1989; Lisi et al., 2001; Santarosa et al., 2007). A formação dos anéis de crescimento ocorre entre outubro e maio, sendo a temperatura e o foto período os fatores que influenciam a atividade cambial (Oliveira et al., 2007).

As formações de mata com araucária ocupavam grandes extensões no Planalto, alterações antrópicas principalmente nas matas com *A. angustifolia* modificaram drasticamente o ambiente. A *A. angustifolia* foi a principal espécie sofreu corte seletivo (Baaske, 2001; Oliveira, 2010) ou ainda supressão para cultivos e pecuária extensiva no início

do século. Atualmente as condições do clima favorece a expansão das florestas sob o ecossistema de campo, assim como a expansão de espécies da Floresta Ombrófila Densa sob as florestas com araucária (Jarenkow & Baptista, 1987; Behling et al., 2004, 2007; Machado, 2004; Mello, 2006; Jeske-Piruschka et al., 2010; Bergamin, 2010) dessa forma existe a tendência de mudança na fisionomia do mosaico floresta-campo nas condições do clima atual (Oliveira & Pillar, 2004; Duarte et al., 2006) onde a exclusão de distúrbios antrópicos acelera o processo da expansão florestal.

Com base no processo de avanço gradual da floresta sobre o campo a partir da borda (Oliveira & Pillar, 2004; Dos-Santos et al., 2008; Schüller-da-Silva, 2009) espera-se que *A. angustifolia* apresente uma tendência de redução da idade das árvores do interior da floresta ao interior do campo. Por outro lado, a expansão florestal aos saltos (Duarte et. al., 2006) e distúrbios florestais de pequena (eg. clareiras florestais) e grande escala (eg. corte seletivo) poderiam gerar um padrão etário e de crescimento independente da distância da borda. O objetivo deste trabalho é avaliar a existência de sinais históricos do avanço da floresta com base na estrutura etária e no desempenho de crescimento de *A. angustifolia* em um gradiente floresta-campo. De forma específica se avaliou como a idade e o crescimento (em diâmetro e altura) dos indivíduos variam em relação à distância da borda floresta-campo.

2. MÉTODOS

Local de estudo

O levantamento da variação de tamanho e idade de *A. angustifolia* em gradiente de floresta-campo foi realizado em outubro de 2011, no Centro de Pesquisas e Conservação da

Natureza Pró-Mata (CPCN Pró-Mata) (figura 1). A área está localizada no município de São Francisco de Paula (29°28'S; 50°13'W), a nordeste do estado do Rio Grande do Sul, em uma área de 3.103,88 ha. As propriedades que hoje compõe o CPCN Pró-Mata foram adquiridas entre 1993 e 1995, e desde então estão protegidas de exploração madeireira, queima ou pastejo (Bertoletti & Teixeira, 1995; Messias & Bristot, 1998; Blochtein et al., 2011). A área está inserida num ecótono ou zona de transição (Mello, 2006) da escarpa leste da Serra Geral com o Planalto das Araucárias (IBGE, 1986). As formações vegetais compõem Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e vegetação campestre (Cabrera & Willink, 1973; IBGE, 1986).

Clima e relevo

O Estado do Rio Grande do Sul tem o seu centro regional, posicionado próximo ao paralelo 30° S, o qual se apresenta como linha de transição entre a zona tropical e a temperada. Os principais centros de ação, controladores do clima do Rio Grande do Sul são os sistemas de altas pressões tropicais e polares do Anticiclone Tropical do Atlântico Sul (ATAS) e do Anticiclone Polar Migratório (ATM). O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo "Cf" se subdivide em, "Cfa" e "Cfb". O clima "Cfb" restrito ao planalto basáltico e ao escudo Sul-Rio-Grandense corresponde ao clima temperado úmido, com chuvas bem distribuídas durante o ano (Moreno, 1961). O município de São Francisco de Paula apresenta clima Cfb, subtropical úmido, de acordo com o sistema de Köppen (Moreno, 1961), com temperatura média anual de 15°C e precipitação média de 2.252 mm (Teixeira, 1995)..

O relevo é ondulado com formação geológica pertence à Formação Serra Geral, apresentando rochas vulcânicas ácidas (Streck, 2008). O solo é classificado como Cambisol, de textura argilosa-siltosa, com substrato basáltico, fortemente ácido, com saturação e soma

de bases baixas e altos teores de alumínio trocável e de matéria orgânica (Jungbluth & Pinto, 1997; EMBRAPA, 1988).



Figura 1: Mapa da localização de São Francisco de Paula destacado em vermelho no mapa do Rio Grande do Sul, Brasil.

Delineamento amostral

Com base numa imagem de satélite *Quickbird* (2009) foi selecionado um trecho de 500 m de borda entre floresta contínua e campo, e a partir dessa linha de borda (área de floresta ou manchas de vegetação em campo) um *buffer* de 250 m definindo uma janela amostral aproximada de 25 ha numa zona de contato entre floresta e campo. Nessa janela foi sobreposta uma grade de coordenadas de 100 x 100 m, definindo em seus nós 35 potenciais pontos de amostragem. Os pontos foram estratificados em três níveis de distância da borda floresta-campo e sete foram sorteados para amostragem em cada estrato: (1) pontos em floresta a mais de 50 m de distância da borda mais próxima, (2) pontos em floresta ou campo a até 50 m de distância da borda mais próxima e (3) pontos em campo com mais de 50 m de distância da borda, totalizando 21 pontos de amostragem (figura 2).

Os pontos de amostragem foram localizados a campo com auxílio de um receptor GPS (Garmin 60CSx) e demarcados com estacas de PVC de 1,5 m de altura. Cada ponto foi o vértice de uma parcela circular com 8 m de raio, onde foram considerados na amostragem os indivíduos de *A. angustifolia* com diâmetro do tronco à altura do peito (DAP) maior ou igual a 10 cm. Caso nenhum indivíduo fosse registrado até uma distância de 8 m do ponto o raio de cada parcela era gradualmente aumentado 8 m até que um ou mais indivíduos fossem incluídos na parcela, até um raio máximo de 48 m. Todos os indivíduos incluídos nas parcelas foram identificados com uma placa numerada, georreferenciados com o receptor GPS, medido o DAP com fita métrica e estimada visualmente a altura total (ALT).

Em cada parcela foi selecionado um indivíduo por classe de DAP (estratificada em intervalos de 20 cm) para estimativa da idade (IDA) por meio da contagem de anéis de crescimento do lenho. Destes indivíduos foram tomadas de duas a quatro amostras de secções transversais de tronco com trado de incremento (Apêndices 1 e 2). Em laboratório as amostras de madeira foram fixadas em suportes e polidas em plano transversal com uma série de lixas

(de 80 a 600 grãos) para melhor evidenciar a estrutura celular e os limites dos anéis de crescimento, inspecionados em estereomicroscópio (Stokes & Smiley, 1968), com aumento de 10 a 40 vezes (apêndice 3). Posteriormente, com base na imagem de satélite foi determinada a distância de cada indivíduo à borda de floresta-campo mais próxima (DIS).

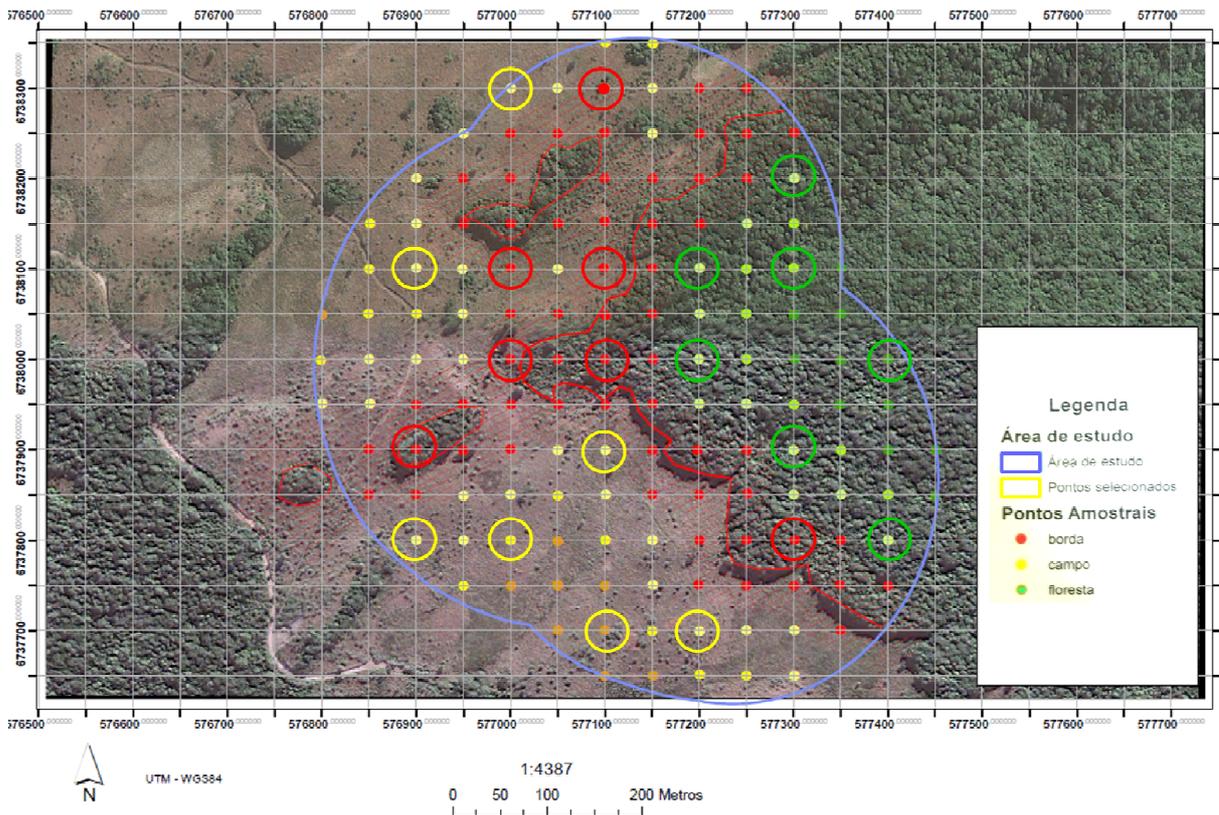


Figura 2: Imagem de satélite da área de estudo (parcelas selecionadas em área de floresta-campo). Fonte: Google Earth (2009).

Análise de dados

Foram realizadas análises de regressão linear para avaliar como a estrutura etária e o desempenho de crescimento de *A. angustifolia* variavam ao longo do gradiente floresta-campo. A distância das árvores à borda floresta-campo mais próxima foi utilizada como preditora, atribuindo valores negativos para árvores de floresta e positivos para árvores de

campo, e como variáveis preditas a idade (IDA), e os resíduos do diâmetro do tronco (DAP) e da altura total (ALT), obtidos de regressões em função da idade. A significância dos modelos foi avaliada por testes de aleatorização (MANLY 1991). As análises de regressão e de aleatorização foram realizadas no aplicativo computacional MULTIV v.2.74b (Pillar, 2006).

3. RESULTADOS

Araucaria angustifolia foi registrada em 16 dos 21 pontos de amostragem, totalizando 41 indivíduos mensurados quanto ao tamanho, dentre os quais 21 foram analisados para estimativa da idade. Em relação ao gradiente vegetacional, os indivíduos mais extremos em relação à borda estiveram a 210 m no interior da floresta e 78 m no interior do campo. Quanto ao tamanho das árvores, o DAP variou de 12 a 53 cm, com média de 28 cm (± 12 DP); e a ALT de 5 a 16 m, com média de 11 m (± 3 DP). A idade variou de 12 a 106 anos, com média de 68 anos (± 27 DP).

A posição das árvores no gradiente floresta-campo explicou 15 % da variação etária de *A. angustifolia* ($P=0,0823$), mostrando que a idade diminui do interior da floresta para o interior do campo (FIG 3). A IDA teve influência direta no tamanho das árvores (FIG 4 e 5), explicando 43 % da variação do DAP ($P=0,001$) e 12 % da variação da ALT ($P=0,114$). Removendo a influência da IDA sobre o tamanho das árvores, o DAP não variou em relação ao gradiente vegetacional ($P=0,2257$) (FIG 6). Todavia, 41% da variação residual da ALT foi explicada pela distância das árvores à borda ($P=0,0015$), mostrando que o crescimento em altura diminui do interior da floresta para o interior do campo (FIG 7).

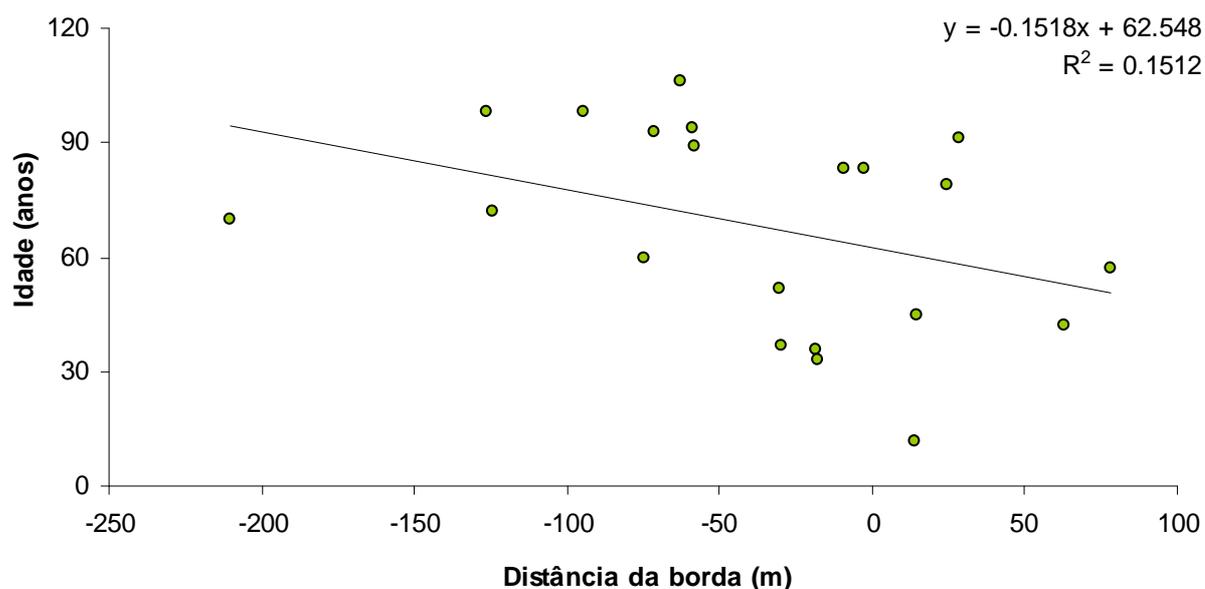


Figura 3: Variação da idade de *Araucaria angustifolia* em função da distância da borda floresta-campo, no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata em São Francisco de Paula, RS. Na abscissa, valores negativos indicam árvores de floresta e valores positivos árvores de campo.

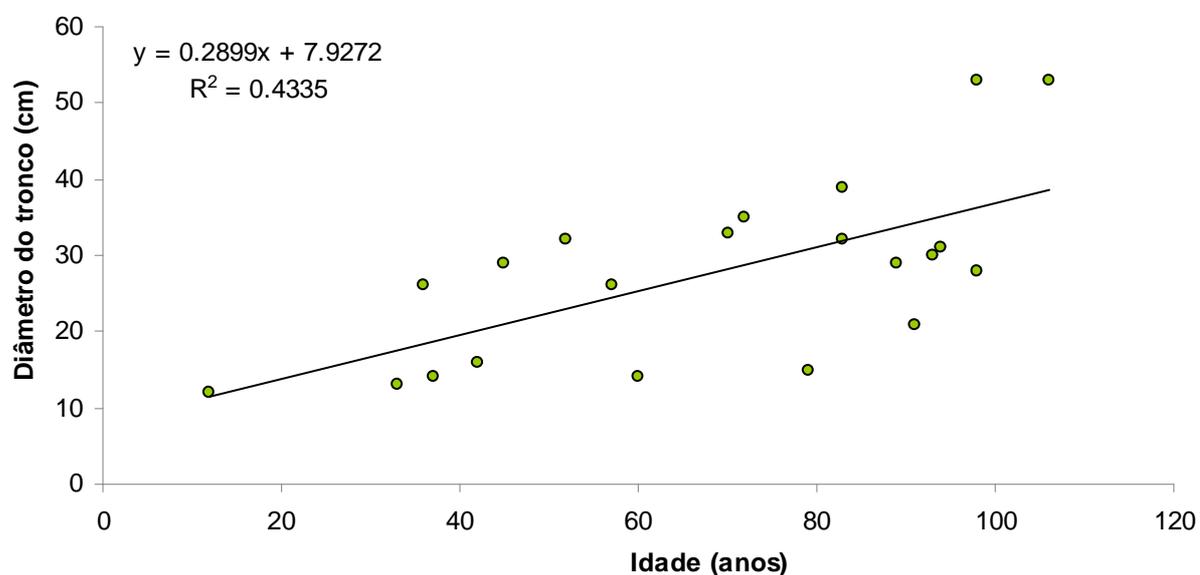


Figura 4: Variação do diâmetro do tronco em função da idade em *Araucaria angustifolia*, no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata em São Francisco de Paula, RS.

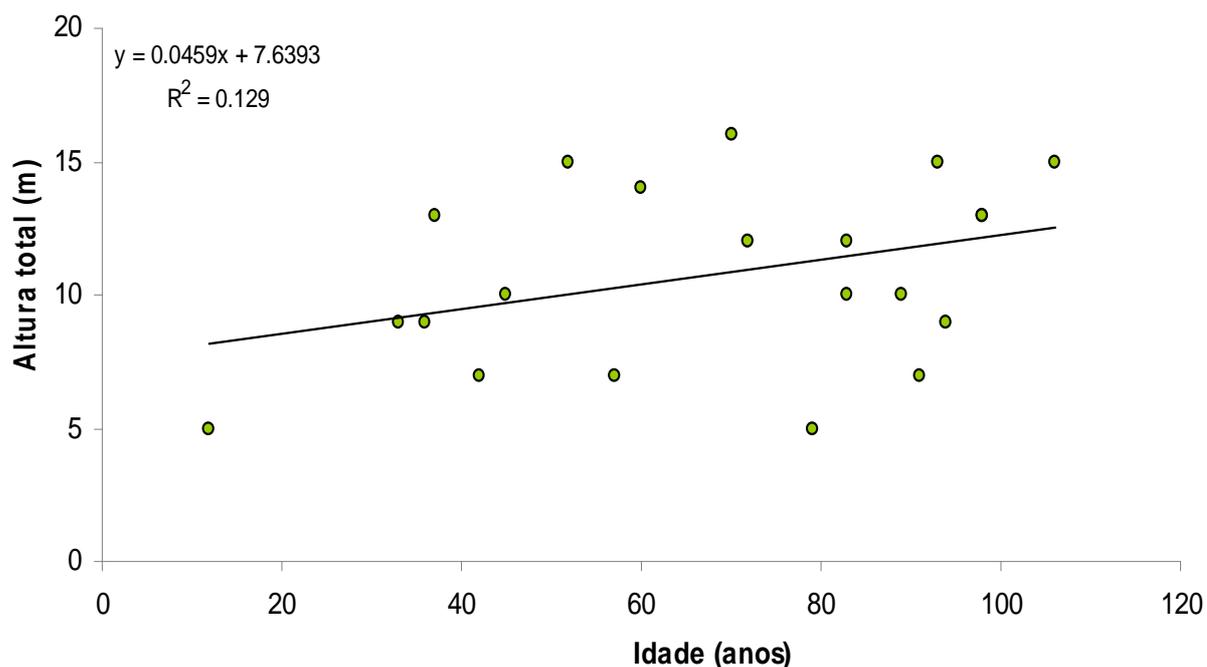


Figura 5: Variação da altura total em função da idade em *Araucaria angustifolia*, no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata em São Francisco de Paula, RS.

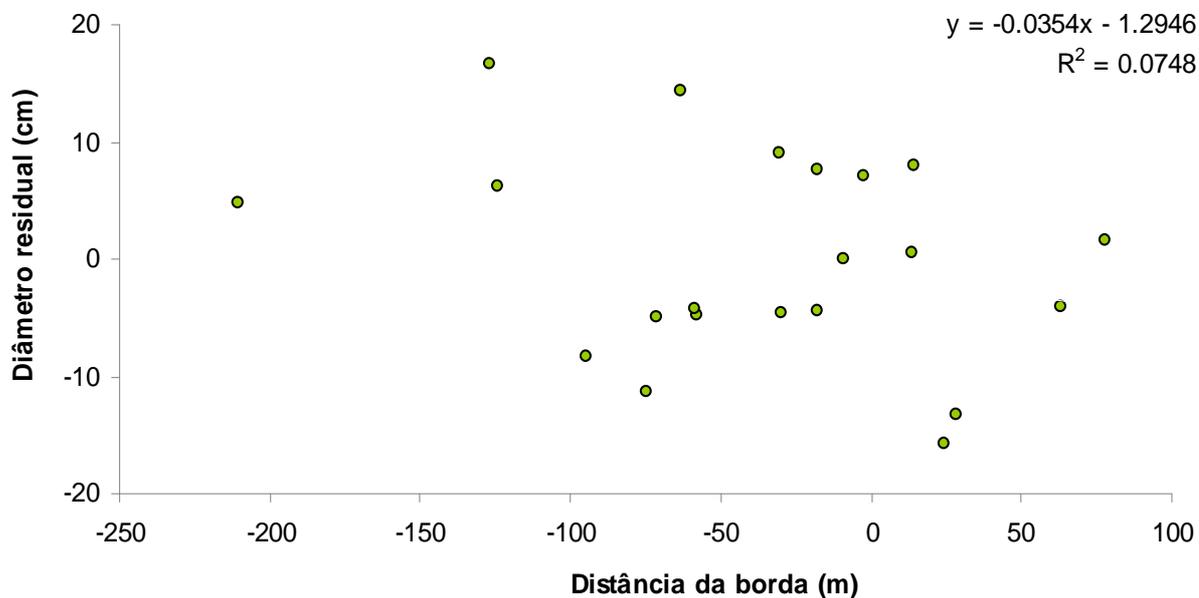


Figura 6: Variação do diâmetro de tronco residual (controlando o efeito da idade) de *Araucaria angustifolia* em função da distância da borda floresta-campo, no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata em São Francisco de Paula, RS. Na abscissa, valores negativos indicam árvores de floresta e valores positivos indicam árvores de campo.

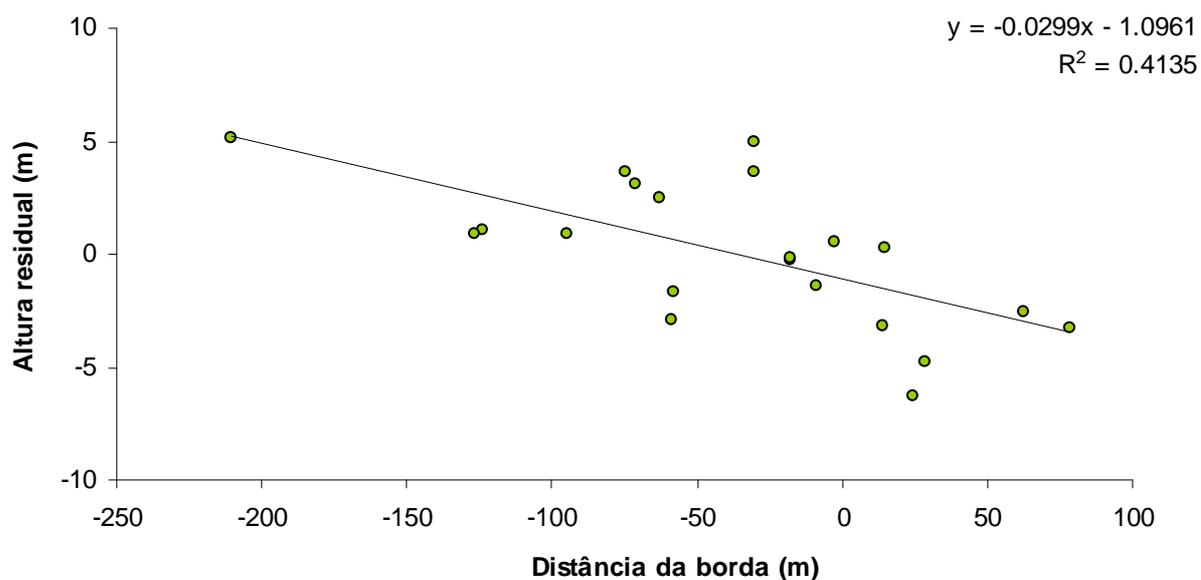


Figura 7: Variação da altura total residual (controlando o efeito da idade) de *Araucaria angustifolia* em função da distância da borda floresta-campo, no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata em São Francisco de Paula, RS. Na abscissa, valores negativos indicam árvores de floresta e valores positivos árvores de campo.

4. DISCUSSÃO

Considerando estudos realizados em Floresta Ombrofila Mista a expansão da floresta com araucária ocorre a partir das bordas da floresta, sugerindo que os indivíduos mais velhos estariam no interior da floresta. A idade da *A. angustifolia* diminuiu do interior da floresta no sentido campo, indicando que o estabelecimento da população ocorreu inicialmente no interior da floresta. Entretanto, as árvores encontradas na área de estudo necessariamente não seriam as primeiras a terem se estabelecido, considerando o manejo ocorrido anteriormente. Os remanescentes primários da população de *A. angustifolia* poderiam ter sofrido corte seletivo, o que poderia alterar a estrutura etária da população. No entanto estudos em florestas conservadas (Ficher, 2009; Oliveira et al., 2009) mostraram amplitude etária de população com araucária semelhante a florestas com corte seletivo (Oliveira et al., 2007a).

Removendo o efeito da idade a altura residual mostra variação no crescimento das árvores no gradiente floresta-campo, indicando que a *A. angustifolia* apresenta melhor desempenho de crescimento na floresta. Essa variação poderia ser explicada em função de maior disponibilidade de nutrientes e micorrizas (Breuniger et al., 2000), às árvores na floresta competiriam menos por nutrientes. Para a mesma área de estudo Breuniger (2000) encontrou uma maior diversidade de micorrizas em área de floresta comparado às áreas de campo.

A baixa disponibilidade de luminosidade no ambiente de floresta poderia influenciar o investimento das árvores em altura (Inoue & Torres, 1980; Cancian & Cordeiro 1998; Poorter, 1999; Ferrer & Dillenburg, 2000; Jurado et al., 2006). A regeneração da *A. angustifolia* dentro da floresta é muitas vezes, associada à morte de indivíduos arbóreos, ou ainda perturbações provocadas por abertura de clareiras, causadas por fenômenos naturais (Souza, 2007). A abertura de clareiras favorece o recrutamento de novas plântulas (Duarte et al., 2002). Segundo Backes (1973, 2001) no ambiente de Floresta a *A. angustifolia* possui potencial de

germinação, no entanto muitos indivíduos morrem por falta de luminosidade suficiente ao seu desenvolvimento. Estudos sugerem que a *A. angustifolia* não se regenera no interior da floresta (Klein, 1960; Backes, 1973; Ferreira & Irgang, 1979; Negrelle & Leuchtenberger, 2001), o que poderia estar influenciando significativamente no estabelecimento de novos indivíduos. No entanto, pesquisas relacionadas à regeneração da espécie têm evidenciado o potencial de desenvolvimento da *A. angustifolia*, em locais de pouca disponibilidade luminosa (Duarte, et al., 2002; Valente, et al., 2010).

No ambiente de campo, as árvores apresentam menor crescimento, o que pode ser influenciado pela menor disponibilidade de nutrientes, e menor micorrizas no solo (Breuniger et al., 2000). Para a mesma área de estudo Breuniger (2000) encontrou uma maior diversidade de micorrizas em área de floresta comparado às áreas de campo.

Distúrbios antrópicos como queimadas frequentes podem afetar a atividade cambial das árvores (Oliveira et al., 2009a) interferindo no crescimento. O número reduzido de *A. angustifolia* nas parcelas de campo sugere que o tempo de exclusão antropica pode ser curto para avaliar a regeneração da espécie considerando indivíduos com $CAP \geq 10$ cm. O manejo anterior na área da floresta poderia influenciar no aporte de sementes, e assim no recrutamento de novas plântulas. A idade dos indivíduos (55 e 69 anos) indica o estabelecimento da espécie no campo durante o período de manejo antropico, na década de 50 e 60 em que outras araucárias foram estabelecidas no interior da floresta. *Araucaria angustifolia* é uma espécie pioneira heliófila (Klein, 1960), sua expansão sobre os campos inicia a partir do avanço gradual da vegetação da borda florestal (Oliveira & Pillar, 2004). O impacto do gado e queimadas muitas vezes reduz a sobrevivência da *A. angustifolia* em área de campo, principalmente no estágio jovem. O estabelecimento provavelmente pode ser atribuído aos locais protegidos (Pillar, 2003), como afloramento de rocha e troncos de árvores mortas (Pillar, 2003, Backes, 2001). A espécie de certa forma apresenta tolerância ao fogo,

fato relacionado ao fuste reto e à proteção do câmbio por meio de uma camada de cortiça (Soares, 1990; Quadros & Pillar, 1990). Todos esses fatores provavelmente contribuíram para o desenvolvimento e manutenção dos indivíduos ao longo do tempo no ambiente de campo.

5. CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a estrutura etária e o crescimento em altura de *A. angustifolia* variam segundo o gradiente floresta-campo, apresentando um decréscimo da idade e do crescimento do interior da floresta para o interior do campo. Estes padrões autoecológicos podem ser considerados sinais históricos da expansão florestal sobre os campos, que poderiam ser utilizados como proxy para analisar a velocidade deste processo em diferentes localidades.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baas, P. & Vetter, R. E. **IAWA Bulletin**. Growth rings in tropical trees. v.10, n.2, p. 95-84, 1989.
- Baaske, R. Vegetation skartierung: des for schungsgebiets pró-mata, Rio Grande do Sul, Brasilien, **unter Verwendung von CIR-Luftbildern**, 2001.
- Backes, A. **Contribuição ao conhecimento da ecologia da Mata com Araucária**. Tese de doutorado (Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1973.
- Backes, A. Condicionamento climático e distribuição geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Brasil – **II. Pesquisas – Botânica**. São Leopoldo. n. 49, p. 31-51.1999.
- Backes, A. Determinação da idade e regeneração natural de uma população de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em um povoamento florestal localizado no município de Caxias do Sul, RS, Brasil. **Iheringia.Série Botânica**. p.115-130. 56: 115-130, 2001.
- Blochtein, B.; Villwock, J. A.; Mondin, C. A.; Lahm, R. A.; Fontana, C.; Hoppe, L; Junior, D. N. S.; Wilk, E. O.; Mello, R. S. P. **Plano de Manejo – Pró-Mata**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Pró-Reitoria de Pesquisas e Graduação. Instituto do Meio Ambiente. p. 258, 2011.
- Behling, H.; Bauemann, S. G.; Neves P. C. P. Holocene environmental changes in the São Francisco de Paula region, southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**.v.14, p. 631-639, 2001.
- Behling, H. South and southeast Brazilian grassland during Late Quaternary times: a synthesis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. v.177, p.19-27, 2001.
- Behling, H.; Pillar V. D.; Orlóci, L.; Bauermann; S.G. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (*Campos*), fire and climate dynamics, studied by highresolution pollen, charcoal

- and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. v. 203, p. 277-297, 2004.
- Behling, H. & Pillar, V. P. Late Quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern Araucaria forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society**. v. 362, p. 243-251, 2006.
- Behling, H. & Pillar, V. D. Late Quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern Araucaria forest and grassland ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. **Biological Sciences**. v.383, p. 362-243, 2007.
- Breuniger, M.; Einig, W.; Magel, E.; Cardoso, E.; Hampp, R. Mycorrhiza of Brazil pine (*Araucaria angustifolia* (Bert. O. Ktze.)). **Plant Biol**. v.2, p.4-10, 2000.
- Bomblin, M. & Klamt, E. Evidências paleoclimáticas em solos do Rio Grande do Sul. **XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia**. Porto Alegre. p.183-193, 1975.
- Botosso, P. C.; Vetter, R. E. ; Tomazello-Filho, M. **Dendrocronología en América Latina**. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata*), jacareúba (*Calophyllum angulare*) e muirapiranga (*Eperua bijuga*) de floresta de terra firme, em Manaus - AM. EDIUNC, Mendoza. ed. F. A. Roig. p. 357-380, 2000.
- Botosso, P. C. & Tomazello-Filho, M. **Indicadores Ambientais: Conceitos e Aplicações**. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. EDUC, São Paulo, ed. N.B. Maia, H. L. Martos, & W. Barrella. p. 145-171, 2000.
- Blochtein, B.; Liwock, J. A.; Mondin, C. A.; Lahm, R. A.; Fontana, C.; Hoppe, L.; Junior, D. N. S., Wilk, E. O.; Mello, R. S. P. **Plano de Manejo – Pró-Mata**. Pontifícia Universidade

- Católica do Rio Grande do Sul, Pró-Reitoria de pesquisa e Pós-Graduação, Instituto do Meio Ambiente, 2011.
- Brown, P.M. **Introduction to dendrochronology lecture 1:** Basic terminology and concepts. Rocky Mountain Tree-ring Research, Tucson. p. 21, 2003.
- Cabrera, A.L. & Willink, A. Biogeografia de América Latina. Secretaria General de La Organización de los Estados Americanos, Washington, 1973.
- Cancian, M.A.E. & Cordeiro, L.. Efeito do sombreamento no crescimento inicial de *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl. **Acta Botanica Brasilica**. 12:367-373, 1998.
- Castella, P. R. & Brites, R. M. A floresta com araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais. Brasília: **Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 236, 2004.
- Callado, C. H.; Neto S. J. S.; Scarano, F. R., Barros, C. F. ; Costa C. G. Anatomical features of growth rings in flood-prone trees of the Atlantic rain forest in Rio de Janeiro, Brazil. **IAWA Journal**. v.22, n.1, p. 29-42, 2001.
- Cook, E. R. & Kairiukstis, L. A. **Methods of Dendrochronology**. Applications in the Environmental Science. Kluwer, Amsterdam. p.394, 1990.
- Koch, Z. & Corrêa, M. C. **Araucária: a floresta do Brasil meridional**. Curitiba: Olhar Brasileiro, 2002.
- Duarte, L. & Dillenburg, L.R. Ecophysiological responses of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) seedlings to different irradiance levels. **Australian Journal of Botany**. v.48, p. 531-537, 2000.
- Duarte, L.S.; Dillenburg, L.R.; Rosa, L.M.G. Assessing the role of light availability on the regeneration of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Australian Journal of Botany**. v.50, p.741-751, 2002.

- Duarte, L. S.; Dos-Santos, M. M. G.; Hartz, S. M.; Pillar, V. D. Role of nurse plants in Araucaria Forest expansion over grassland in south Brazil. **Austral Ecology**. v. 31, p. 520-528, 2006.
- Dümig, A., Schad, P., Rumpel, C., Dignac, M.F. and Kögel-Knabner, I. Araucaria forest expansion on grasslands in the Southern Brazilian highlands as revealed by ^{14}C and d^{13}C studies. **Geoderma**.145: 143–157, 2008.
- Dos-Santos, M. M. G. **Chuva de sementes e estabelecimento de plântulas de espécies lenhosas florestais em mosaico de floresta com araucária e campo no sul do Brasil**. Dissertação (mestrado em Biologia)--Programa de Pós-Graduação em Biologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2008.
- Ferrer, R. S. & Dillenburg, L. R. Efeitos da disponibilidade de luz no crescimento inicial e ecofisiologia de *Scutia buxifolia* Reissek (Rhamnaceae). *Hoehnea* 27: 147-157, 2000.
- Ferreira, A. G. & Irgang, B. E. (1979) Regeneração natural de *Araucaria angustifolia* nos Aparados da Serra, RS. **XXX Congresso Nacional Brasileiro de Botânica**, São Paulo, SP.
- Ficher, M. F.; Schüler-da-Silva, A. ; Bergamin, R.; Oliveira, J. M.; Pillar, V. Padrões de idade e crescimento de *Araucaria angustifolia*: Reconstruindo históricos de distúrbio e dinâmica vegetacional. **Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil**, São Lorenço, MG, 2009.
- Fritts, H. C. Tree Rings and Climate. **Academic Press**, London, 1976.
- Jarenkōw, J. A. & Baptista L. R. M. Composição florística e estrutura da mata com araucária na Estação Ecológica de Aracuri, Esmeralda, Rio Grande do Sul. **Napaea**, v.3, 9-18, 1987.
- Jeske-Piruschka, V.; Fidelis, A.; Bergamin, R. S.; Vétez, E., Behling, H. Araucaria Forest dynamics in relation to fire frequency in southern Brazil based on fossil and pollen data. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2010.
- Joly, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**, São Paulo, Editora Nacional, EDUSP, 2.ed, p.777, 1975.

- Jungblut, M. & Pinto, L. F. S. Levantamento de solos do Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. **Divulgações do Museu de Ciências e Tecnologia-UBEA/PUCRS**, v. 3, p. 29-94, 1997.
- Holmes, L.R. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. **Tree-ring Bull**, v.43, p. 69-78, 1983.
- IBGE. **Projeto RADAM BRASIL**. Levantamento de Recursos Naturais. Folha SH. 22. Porto Alegre e folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. Lagoa Mirim. Rio de Janeiro, IBGE, v. 33. 1986.
- Iob, G. & Vieira, E. M. Seed predation of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) in the Brazilian Araucaria Forest: influence of deposition site and comparative role of small and 'large' mammals. **Plant Ecology**, v. 198, n.2, Pag. 185-196, 2008.
- Inoue, M.T., Galvão, F., & Torres, D.V. Estudo ecofisiológico sobre *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze.: Fotossíntese em dependência à luz no estágio juvenil. **Revista Floresta** 10: 5-9, 1979.
- Kern, A. A. Antecedentes indígenas. **Editora da Universidade de Porto Alegre**, RS, p.139, 1994.
- Klein, R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia**, v.12, p. 17-51, 1960.
- Klein, R. M. Southern Brazilian phytogeographic features and the probable influence of upper Quaternary climatic changes in the floristic distribution. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 33, p.67-88, 1975.
- Ledru, M. Late quaternary environmental and climatic changes in central Brazil. **Quaternary Research**. 39: 90-98, 1993.
- Ledru, M.; Salgado-Labouriau, M. L. & Rorscheitter, M. L. Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr B. P. **Review of Paleobotany and Palinology**. 99:131-142, 1998.

- Leite, P. F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. **Ciência & Ambiente** 24, 51–73, 2002.
- Leonhardt, A. **Mudanças Vegetacionais e Climáticas no Planalto Leste do Rio Grande do Sul, Brasil, durante os últimos 25000 anos**. Dissertação (Mestrado em Ecologia)-- Programa de Pós-Graduação em Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007.
- Lisi, C. S.; Pessenda, L. C. R.; Tomazello-Filho, M.; Rozanski, K. 14C Bomb effect in tree rings of tropical and subtropical species of Brazil. **Tree-ring Research**, v.57, p.191-196, 2001.
- Machado, S. A. & Siqueira, J. D. P. Distribuição natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: Problemas Florestais do Gênero *Araucaria* (Ed IUFRO) **Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná**, Curitiba, p. 4-9, 1980.
- MAINIERI, C. & CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, p. 343, 1989.
- Mattos, P. P.; Seitz, R. A.; Muniz, G. I. B. **Identification of annual growth rings based on periodical shoot growth**. In: *Tree-ring Analysis. Biological, Methodological and Environmental Aspects*. CABI Publishing, New York, eds. R. Wimmer & R. E. Vetter, p.139-145, 1999.
- Manly, B. F. J. **Randomization and Monte Carlo Methods in Biology**. Chapman and Hall, London, 1991.
- Markgraf, V. Paleoclimates in Central and South America since 18000 B.P. based on pollen and lake level records. **Science Reviews**, v. 8, p. 1-24, 1989.
- Mello, R. S. P. **Detecção de Padrões de Coexistência Arbórea e Processos Ecológicos em Zona de Contato de Florestas Ombrófilas Montanas no Sul do Brasil**. Tese (Doutorado

- em Biologia) -- Programa de Pós-Graduação em Biologia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2006.
- Moreno, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Secretaria da Agricultura Porto Alegre, 1961.
- Mota, F. S. Estudos do clima do estado do Rio Grande do Sul, segundo o sistema de W. Köppen. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.13, n.2, p. 275-284,1951.
- Negrelle R. A. B. & Silva F. C. Fitossociologia de um trecho de floresta com *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze no município de Caçador, SC. **Boletim de Pesquisas Florestais**, v.25, P.37-54, 1992.
- Oliveira, J. M. Padrões e processos vegetacionais em ecótonos de campos e floresta com araucária. In: **Ecosistemas Brasileiros: Manejo e Conservação. Expressão Gráfica**, Fortaleza, ed, V.Claudino-Salles, 2003.
- Oliveira, J. M. & Pillar, V. D. Vegetation dynamics on mosaics of Campos and Araucaria Forest between 1974 and 1999 in Southern Brazil. **Community Ecology**, v. 5, n.2, p.197-202, 2004.
- Oliveira, J. M **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze: bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos do Brasil**.Tese (Doutorado em Ecologia) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007.
- Oliveira, J. M.; Pillar, V. D. & Roig, F. A. Padrões de idade de crescimento de *Araucaria angustifolia*: Reconstruindo históricos de distúrbio e dinâmica vegetacional. **VIII Congresso de Ecologia do Brasileiro**, Caxambu, MG, 2007a.
- Oliveira, J.M.; Roig, F.A. & Pillar, V.D. Climatic signals in tree - rings of *Araucaria angustifolia* on southern Brazilian highlands, **Austral Ecology**, 2009.
- Oliveira, J.M. Sinais dendroclimáticos e dinâmica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze em ecótonos campo-floresta no Sul do Brasil, **Congresso Nacional de Botânica**. Dendroecologia em Biomas Brasileiros, 2010.

- Pillar, V. D. Dinâmica da expansão florestal em mosaicos de floresta e campos no sul do Brasil. In: *Ecosistemas Brasileiros: Manejo e Conservação*. **Expressão Gráfica**, Fortaleza, ed. V. Claudino-Salles, p. 209-216, 2003.
- Pillar, V. D. & Quadros, F. L. F. Grassland-forest boundaries in southern Brazil. **Coenoses**, v.12, p.119-126, 1997.
- Pillar, V. D. **MULTIV. Multivariate Exploratory Analysis, Randomization Testing and Bootstrap Resampling**. Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. Disponível em <<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>>, 2006.
- Porto, M. L. As formações vegetais: evolução e dinâmica da conquista. In: Menegat, R., 2004 (2004) Atlas ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2006.
- Rambo, B. A. Migration routes of the South Brazilian rain forest. **Pesquisas - Botânica**. Porto Alegre, n. 12, p.1-54, 1961.
- Rambo, B. A. A fisionomia do Rio Grande do Sul. **Selbach**, Porto Alegre, ed. 2, p. 456, 1956.
- Reitz, R. & Klein, R. M. Araucariáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, SC, p.62, 1966.
- Santarosa, E.; Oliveira, J.M.; Pillar, V.D.; Roig, F.A. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, v.23, p.107-115, 2009a.
- Seitz, R.A. & Kanninen, M. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in southern Brazil: Preliminary results. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 2, p. 170-174, 1989.
- Silva, L. C. R; Anad, M.; Oliveira, J. M.; Pillar, V. D. Past century changes in *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze water use efficiency and growth in forest and grassland ecosystems of southern Brazil: implications for forest expansion. **Global Change Biology**, v.15 n2387-2396, 2009.

- Soares R. V. Fire in some tropical and subtropical South American vegetation types: an overview. In: *Fire in the Tropical Biota* (ed J. G. Goldammer) pp 63-81. Springer-Verlag, Berlin, 1990.
- Souza, A. F. Ecological interpretation of multiple population size structures in trees: The case of *Araucaria angustifolia* in South America. **Austral Ecology**, v.32, p. 524-533, 2007.
- Stokes, M.A. & Smiley, T.L. **An introduction to tree - ring dating**. University of Chicago Press, Chicago and London, 1968.
- Streck, E .V.; Kämpf, N.; Diniz Dalmolin, R.S.; Klamt, E.; Do Nascimento, P. C.; Scheider, P.; Giasson E.; Pinto L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, ed. 2, p. 222, 2008.
- Schüler - da - Silva, A. **Dinâmica de colonização por *Araucaria angustifolia* e sua influência na expansão florestal sobre campos no Sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em ecologia) -- Programa de Pós-Graduação em Ecologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2009.
- Solórzano-Filho, J. A. **Demografia, fenologia e ecologia da dispersão de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. (Araucariaceae), numa população relictual em Campos do Jordão**. Dissertação (Mestrado em Biologia) -- Programa de Pós-Graduação em Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2001.
- Schweingruber, F. H. **Tree Rings: Basics and Applications of dendrochronology**. D. Reidel Publishers, Dordrecht, p. 276, 1988.
- Schweingruber, F.H **Tree rings and environment: Dendroecology**. Berna: Paul Haupt Publishers, p.609, 1996.
- Schweingruber, F. H. **Wood Structure and Environment**. Springer Verlag, Berlin and Heidelberg, p. 319, 2007.

- Tomazello, F., M.; Botosso, P. C.; Lisi, C. S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, COMPED, INEP, p. 117-143, 2001.
- Valente, T. P.; Negrelle, R. B.; Sanqueta, C. R. Regeneração de *Araucaria angustifolia* em três fitofisionomia de um fragmento de floresta de Ombrófila Mista. **Série Botânica** v.65, p.17-24, 2010.
- Villalba, R.; Grau H. R., Boninsegna, J. A.; Jacoby, G. C.; Ripalta, A. Tree-ring evidence for long-term precipitation changes in subtropical South America. **International Journal of Climatology**, v.18, p.1463-1478, 1998.
- Walters, M.B. & Reich, P.B. Low light carbon balance and shade tolerance in the seedlings of woody plants: do winter deciduous and broad-leaved evergreen species differ? **New Phytologist**, v.143, p.143-154, 1999.
- Wehr, N. J. & Tomazello-Filho, M. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, através da microdensitometria de raios X. **Scientia Forestalis**, v.58, p.161-170, 2000.

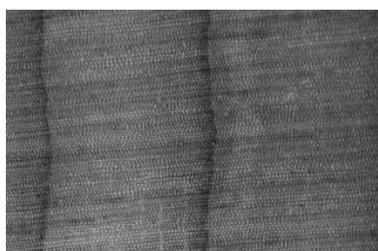
7. APÊNDICES



Apêndice 1: Inserção perpendicular do trado de incremento ao eixo da árvore.



Apêndice 2: Amostra de lenho após extração com trado de incremento.



A



B

Apêndice 3: Análises dos anéis de crescimento em estereomicroscópio (A aumento 10 x e B aumento 40 x).