



# REGENERAÇÃO NATURAL DE *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA* EM FLORESTAS COM DIFERENTES HISTÓRICOS DE MANEJO.

C. Forgiarini

A.F. Souza

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Centro de Ciências da Saúde, Laboratório de Ecologia de Populações de Plantas, Av. Unisinos, 950-C.P. 275, São Leopoldo 93022 - 000, Rio Grande do Sul, Brasil. Telefone: 14 51 3590 8477 Ramal: 1263 email: crisforgiarini@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

Em ecossistemas florestais, distúrbios em grande escala como desmatamentos, terremotos, corte de madeira e queimadas agrícolas modificam consideravelmente os caminhos da sucessão florestal. Contrastando com a sucessão de comunidades que se desenvolvem depois de seguidas quedas de árvores em pequena escala, florestas secundárias formadas depois de distúrbios em grande escala são frequentemente dominadas por espécies de árvores pioneiras de vida longa (Hartshorn, 1978; Swaine and Whitmore, 1988; Finegan and Delgado, 2000; Guariguata and Ostertag, 2001; Kennard, 2002; Kubota *et al.*, 005).

Pioneiras de vida longa são intolerantes à sombra e dependem de grandes distúrbios para oportunizar o seu recrutamento. Elas frequentemente atingem grandes alturas quando adultas, não raramente são emergentes (Hartshorn, 1978), e podem viver por muitos séculos (Enright and Ogdin, 1995; Finegan, 1996). A *Araucaria angustifolia* uma conífera dominante em florestas temperadas (Mailly *et al.*, 2000) e é considerada uma pioneira de vida longa (Souza *et al.*, 008) de alto valor comercial que sofreu severa extração seletiva de madeira no último século (Guerra *et al.*, 002).

O entendimento da demografia de pioneiras de vida longa tem importantes implicações para a comunidade ecológica florestal e para o manejo, porque a demografia destas espécies tem um papel chave na regulação da razão das mudanças sucessionais (Grau *et al.*, 997; Mailly *et al.*, 000; Kubota *et al.*, 005). Existem variações consideráveis nestas condições, desde a sucessão tardia de pioneiras de vida longa pelo bloqueio da regeneração por espécies tolerantes a sombra (Kubota *et al.*, 005) que alteram a composição florística da regeneração pela sucessão tardia ou apenas reduzindo o tempo necessário para as espécies clímax dominarem o dossel florestal (Mailly *et al.*, 000).

## OBJETIVOS

Neste trabalho duas expectativas distintas foram avaliadas: (i) a distribuição de populações da *A. angustifolia* é assimétrica para a esquerda em florestas maduras e assimétrica para a direita em florestas com histórico de extração seletiva de madeira; (ii) plântulas e juvenis ocupam microsítios mais abertos do que o esperado ao acaso; e, além disso, os estádios ontogenéticos de *A. angustifolia* foram definidos e descritos através das diferentes alturas dos indivíduos e por observações de suas estruturas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1-Coleta de dados

Os dados foram coletados em 10 áreas com 1 ha marcadas permanentemente, que possuíam diferenças históricas e fisiológicas características. Destas, três áreas sofreram extração de madeira em um passado mais distante, duas sofreram extração de madeira em um passado mais recente e cinco não sofreram extração significativa. As áreas de estudo foram estabelecidas no ano 2000 e fazem parte de um grande projeto de estrutura e dinâmica florestal. Nas áreas, todas as árvores com DAP (diâmetro altura do peito)  $\geq 9.5$ cm foram identificadas por espécie, a altura e a localização espacial (coordenadas XY) dentro de um quadrado de 10 x 10 - m também foram medidas. Estas variáveis relacionadas com as dinâmicas florestais foram medidas anualmente entre 2000 e 2006.

Em junho de 2003, parte da FLONA foi atingida por um tornado de categoria 1, este evento representava uma oportunidade de avaliar os efeitos causados pela queda de árvores provocadas por um distúrbio em grande escala ocorrido na área. Para incluir os efeitos causados por esta perturbação no estudo de regeneração *A. angustifolia*, nós estabelecemos no ano de 2006 uma área de 0.25 ha atingida pelo tornado. Para amostrar a regeneração da *A. angustifolia* dentro das

áreas, todos os indivíduos de *A. angustifolia* com DAP < 9.5 cm foram numerados com plaquetas de alumínio em julho de 2006. As localizações espaciais de cada indivíduo (coordenada XY) foram localizadas dentro de um quadrado de 10 x 10 - m pela distância e o ângulo da estaca mais próxima (estacas colocadas a cada 10 m dentro de 1 ha). O diâmetro altura do solo (DAS, para plantas com menos de 2m de altura) ou altura do peito (DAP, para plantas com mais de 2 m) foram medidos para cada indivíduo, bem como as alturas totais e do fuste (para indivíduos maiores do que 2 m). Adicionalmente, nós registramos a presença de ramificações nos caules de indivíduos menores do que 2 m de altura. Caules mortos não foram considerados.

Para avaliar a ocorrência da *A. angustifolia* em microsítios com maior luminosidade ou não, uma câmera fotográfica digital, acoplada a uma lente tipo “olho de peixe” (lente convexa com um ângulo de visão de 180°), foi utilizada em 6 áreas diferentes 5 com 1 ha e uma com 0,25 ha, destas três sofreram extração de madeira no passado, duas não sofreram extração significativa e uma foi atingida por um tornado recentemente. A câmera foi posicionada a 1 metro do solo, volta para direção sul e uma foto no centro de cada parcela de 10x10m foi tirada.

## 2.2-Análise dos dados

Os estádios ontogenéticos foram definidos de acordo com Gatsuk *et al.*, (1980) e o tamanho mínimo reprodutivo através do valor mínimo de DAP das estruturas reprodutivas observadas. Uma análise split - plot de variância foi realizada sobre a densidade de indivíduos, usando - se cada área de 1 ha e as unidades observadas (Potvin, 1993). A variável independente foi à densidade de regeneração de cada área de 1 ha para cada estádio ontogenético (cinco níveis: plântulas e juvenis 1, 2, 3 e 4; ver resultados que descrevem estes estádios) e histórico de manejo (três níveis: sem extração de madeira, com extração de madeira e distúrbio recente). As áreas foram explicitamente incluídas nos modelos split - plot em ordem de controle por histórico local, tipo de solo, composição de espécies e outras diferenças específicas (Sokal and Rohlf, 1995).

Os efeitos do manejo sobre o tamanho da população foram avaliados para comparar as distribuições de alturas entre as áreas analisadas. Nós escolhemos as alturas como medida de tamanho ao invés do diâmetro porque esta variável foi obtida para todos os indivíduos amostrados, enquanto que as medidas de diâmetro foram divididas em DAS e DAP (plântulas foram excluídas desta análise). Seguindo Whight *et al.*, (2003) e Bendel *et al.*, (1989), usamos o logaritmo das alturas para quantificar os tamanhos das árvores e o coeficiente de simetria (*gl*, Zar, 1996) para resumir a simetria truncada da distribuição lognormal gerada pelo fato de haver um limite inferior de altura.

Para a análise da luminosidade sobre cada *A. angustifolia* o programa Gap light analyser, foi utilizado. Posteriormente as abertura de dossel foram comparadas entre os estádios de viva e entre os estádios de viva e os pontos aleatórios através de uma análise de variância (ANOVA one - way). A forma da distribuição sobre o percentual de microsítios abertura de dossel foi testada utilizando o teste de Shapiro - Wilk , usado para amostras que variam de 3 à 5000 indivíduos.

## RESULTADOS

*Definição dos estádios ontogenéticos:*As observações qualitativas das estruturas macromorfológicas externas permitiram a distinção de três estádios ontogenéticos pré - reprodutivos e um reprodutivo nas populações. Estes quatro estádios foram caracterizados da seguinte maneira:

*Plântula:* As plântulas representam o primeiro estádio de vida pós - germinativo. Neste estádio, as plantas apresentam caule não ramificado e recoberto por folhas aciculares características da espécie. As plântulas representam a unidade modular básica posterior no desenvolvimento da espécie, sendo iterada nas extremidades dos ramos adultos, formando verticilos foliares. As plântulas apresentam diâmetro e altura reduzidos (DAS mínimo = 1.3 mm, média  $\pm$  SD =  $3.6 \pm 1.12$  mm, N = 142; altura mínima = 9.0 cm, média  $\pm$  SD =  $23.4 \pm 7.2$  cm, N = 137), embora elas eventualmente possam alcançar tamanhos maiores (máximo DAP = 10.0 mm e máxima altura = 54.0 cm).

*Juvenis:* Juvenis são caracterizadas pela presença de galhos laterais formando uma copa monopodial. Aparecem em tamanhos similares aos das plântulas, mas o crescimento monopodial gradual eleva sua copa acima do solo, originando um tronco lenhoso vertical. *A. angustifolia* vive no estádio de juvenis até que supere a vegetação do sub - bosque e por esta razão ocorrem em um amplo espectro de tamanhos. No presente trabalho, os juvenis foram divididas nas seguintes classes: 10-39,9 (J1), 40,0-89,9 (J2), 90,0-249,0 (J3) e 250,0cm (J4).

*Imaturo:* *A. angustifolia* imaturas são caracterizadas pelo aparecimento de galhos horizontais curvados. O crescimento da *A. angustifolia*, comparado com o de muitas outras coníferas é caracterizado pela produção de um caule monopodial com verticilos foliares concentrados nas extremidades e este crescimento atinge o máximo alcance no estádio imaturo. Indivíduos nesse estádio são arvoretas (DAP mínimo e altura, respectivamente 6.0 cm e 8.0 m) que quando crescem em áreas abertas apresentam uma característica arquitetura piramidal.

*Reprodutivo:* Reprodutivos são árvores altas ( $19.0 \pm 4.1$  m, N = 993) com galhos horizontais, que adquirem uma copa estreita com a idade. O DAP mínimo reprodutivo foi 10.5 cm (o DAP mínimo do tronco com cone reprodutivo que foi observado), mas em muitas árvores neste estádio o DAP foi maior do que este valor ( $40.8 \pm 21.9$  cm, N = 993).

i) As distribuições das populações nas 11 áreas variaram de muito negativo (*gl* = - 4.605, nas duas áreas sem extração) a positivo (*gl* = 1.759, em uma área de extração recente) Esta variação na simetria da estrutura das populações estudadas foi significativamente influenciada pelo histórico de manejo da população (área do Tornado agrupada como população com que sofreu recente extração de madeira, ANOVA F = 9.602, df = 2, P = 0.007). Populações sem histórico de extração tiveram simetrias significativamente negativas (média *gl* = - 2.679), as que sofreram distúrbios recentes nas populações tiveram simetrias significativamente positivas (média *gl* = 1.344, Tuckey, média dif. = - 4.023, P = 0.006), e as populações que sofreram extração seletiva há décadas foram representadas por valores estatísticos intermediários indistinguíveis para outras duas categorias (média *gl* = - 0.657, Tuckey, P > 0.05).

ii) Os valores de abertura de dossel obtidos por plântulas e juvenis 1 a 4, representam uma quantia importante reservada a microsítios abertos para jovens *A. angustifolia*. Esta distribuição é também unimodal entre 8.2 a 19.7% ( $13.2 \pm 1.4$ ,  $N = 125$ ) e foi significativamente diferente de uma distribuição normal (Shapiro - Wilk test,  $SW = 0.94$ ,  $P < 0.0001$ ) por apresentar formato mais acentuado do que um distúrbio normal (Kurtosis ( $g_2$ ) = 4.3,  $g_2/SEg_2 = 10.1$ ). A distribuição sobre o percentual de abertura de dossel de *A. angustifolia* jovens foi significativamente diferente para a distribuição aleatória de pontos ( $F = 94.42$ ,  $df = 1$ ,  $P < 0.0001$ ,  $N = 650$ , arcsin-valores transformados). Assim, indivíduos jovens ocuparam mais microsítios de luz do que aleatoriamente.

Em florestas maduras, distribuições de tamanho para esquerda são caracterizadas por espécies dependentes de aberturas do dossel, tendo grande fecundidade, mortalidade de sementes, mortalidade de plântulas, alto crescimento das jovens e razão de mortalidade e alta proporção de recrutamento localizado em locais com aberturas causadas pela queda de árvores (Lorimer and Krug, 1983; Swaine *et al.*, 1990; Poorter *et al.*, 1996; Coomes *et al.*, 2003; Kohira and Ninomiya, 2003; Wright *et al.*, 2003). As estruturas das populações de *A. angustifolia* em locais sem extração de madeira confirmam as análises (Souza, 2007) que apontam em direção ao recorrente fracasso de recrutamento sob dosséis florestais fechados.

O aumento da densidade das plantas jovens nas áreas de florestas sujeitas a extração seletiva da madeira é proporcional ao aumento correspondente à estabilidade sucessional seguida do aumento de abertura de dossel depois de grandes operações de extração. (Zoyza *et al.*, 1991; Pinard and Putz, 1996; Kariuki *et al.*, 2006).

## CONCLUSÃO

Os resultados confirmam as duas expectativas, o que confirma a *A. angustifolia* como uma espécie com alta taxa de recrutamento em locais com maiores aberturas de dossel e permitem que as Florestas Ombrófilas Mistas sejam recuperadas de grandes distúrbios após um período de 4 décadas.

## REFERÊNCIAS

Akulova, E.A. *et al.*, 1964. Light transmission through a forest canopy depending on the incident radiation and density of the tree crowns. *Soviet Plant Physiol* 11: 694 - 698. Bendel, R.B. Higgins, S.S. Teberg, J.E. & Pyke D.A. 1989. Comparison of skewness coefficient, coefficient of variation, and Gini coefficient as inequality measures within populations. *Oecologia* 78: 394 - 400. Coomes, D.A. Duncan, R.P. Allen, R.B. & Truscott, J. 2003. Disturbances prevent stem size - density distributions. Enright, N.J. & Ogden, J. 1995. The southern conifers, a synthesis. In: Enright N, Hill RS (eds) *Ecology of the southern conifers*. Smithsonian Institution Press, Washington, p. 271-87. Finegan B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the

first 100 years of succession. *Trends Ecol Evol* 11: 119 - 124. Finegan, B. & Delgado, D. 2000. Structural and floristic heterogeneity in a 30 - year - old Costa Rican restored on pasture through natural secondary succession. *Restor Ecol* 8: 380 - 393. Gatsuk, L.E. Smirnova, O.V. Vorontzova, L.I. Zaigolnova, L.B. & Zhukova L.A. 1980. Age states of plants of various growth forms: a review. *J Ecol* 68: 675 - 696. Grau, H.R. Arturi, M.F. Brown, A.D. & Aceñolaza, P.G. 1997. Floristic and structural patterns along a chronosequence of secondary forest succession in Argentinean subtropical montane forests. *Forest Ecol Manag* 95: 161 - 171. Guariguata, M.R. & Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecol Manag* 148: 185 - 206. Guerra, M.P. Silveira, V. Reis, M.S. & Schneider, L. 2002. Exploração, manejo e conservação da araucária (*Araucaria angustifolia*). In: Simões, L.L., Lino, C.F. (Eds.), *Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais*, Senac, São Paulo, p. 85-101. Hartshorn, G.S., 1978. Tree falls and tropical forest dynamics. In: Tomlinson PB, Zimmermann MH (Ed.), *Tropical trees as living systems*. Cambridge University Press, p. 617 - 638. Kariuki, M. Kooyman, R. Smith, R.G.B. & Wardell - Johnson, G. & Vanclay, J.K. 2006. Regeneration changes in tree species abundance, diversity and structure in logged and unlogged subtropical rainforest over a 36 - year period. *Forest Ecol Manag* 236: 162-176. Kennard, D.K. 2002. Secondary forest succession in a tropical dry forest: patterns of development across a 50 - year chronosequence in lowland Bolivia. *J Trop Ecol* 18: 53 - 66. Kohira, M. & Ninomiya, I. 2003. Detecting tree populations at risk for forest conservation management: using single - year vs. long - term inventory data. *Forest Ecol Manag* 174: 423 - 435. Kubota, Y. Katsuda, K. & Kikuzawa, K. 2005. Secondary succession and effects of clear - logging on diversity in the subtropical forests on Okinawa Island, southern Japan. *Biodivers Conserv* 14: 879-901. Lorimer, C.G. & Krug, A.G. 1983. Diameter distributions in even - aged stands of shade - tolerant and midtolerant tree species. *Am Midl Nat* 109: 331 - 345. Mailly, D. Kimmins, J.P. & Busing, R.T. 2000. Disturbance and succession in a coniferous forest of northwestern North America: simulations with DRYADES, a spatial gap model. *Ecol Model* 127: 183-205. Pinard, M.A. Putz, F.E. 1996. Retaining forest biomass by reducing logging damage. *Biotropica* 28: 278 - 295. Potvin, C. 1993. ANOVA: experiments in controlled environments. In: Scheiner SM, Gurevitch J. (Eds.) *Design and analysis of ecological experiments*. Chapman and Hall, New York 46 - 68. Poorter, L. Bongers, F. van Rompaey, S.A.R.R. de Klerk, M. 1996. Regeneration of canopy tree species at five sites in West African moist forest. *Forest Ecol Manag* 84: 61 - 69. Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. Freeman, Nova York. Souza, A.F. 2007. Ecological interpretation of multiple population size structures in trees: The case of *Araucaria angustifolia* in South America. *Austral Ecol* 32: 524-533. Souza, A. F. Forgiarini, C. Longhi, S. J. & Brena, D. A. 2008. Regeneration patterns of a long - lived dominant conifer in south-

ern South America. *Acta Oecologica*(Montrouge)34: 221 - 232.**Swaine, M.D. Lieberman, D. & Hall, J.B. 1990.** Structure and dynamics of a tropical dry forest in Ghana. *Vegetatio* 88: 31 - 51.**Swaine, M.D. & Whitmore, T.C. 1988.** On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio* 75:81 - 86.**Wright, S.J. Muller - Landau, H.C. Condit R. & Hubbell S.P. 2003.** Gap - dependent recruitment, realized vital rates, and size dis-

tributions of tropical trees. *Ecology* 84: 3174 - 3185.**Zar, J.H. 1996.** Biostatistical analysis. Prentice Hall, New Jersey.**Zoysa, N.D. Gunatilleke, C.V.S. & Gunatilleke, I.A.U.N. 1991.** Comparative phytosociology of natural and modified rain forest sites in Sinharaja Mab reserve in Sri Lanka. In: Gómez - Pompa A., Whitmore T. C., Hadley M. (Eds.), Rain forest regeneration and management. UNESCO/Parthenon Publishing, Paris p. 223 - 233.