

# Predação de sementes afetando a distribuição de indivíduos de *Araucaria angustifolia* ao longo de uma borda de floresta com campo

## Seed predation affecting the distribution of *Araucaria angustifolia* along an edge between forest and field

Izolete Guglielme<sup>1</sup>

Gislene Ganade<sup>1</sup>

gganade@unisinos.br

### Resumo

---

Foi investigado como a distribuição espacial e a chance de estabelecimento, crescimento e sobrevivência de indivíduos de *Araucaria angustifolia* (Araucareaceae) poderia ser alterada ao longo de um gradiente de borda de floresta ombrófila mista com campo na Floresta Nacional em São Francisco de Paula, RS, Brasil. O estudo foi realizado em sete distâncias: 0, 25, 50, 100, e 250 m da borda para o interior da floresta e 5 e 50 m da borda para o interior do campo. Em cada uma das distâncias estudadas foram realizados: 1) um levantamento de árvores adultas, plantas jovens e plântulas em dez parcelas de 5x5 m, em um total de 70 parcelas; 2) dois experimentos em abril e julho de 2001 onde dez grupos de 15 sementes desta espécie foram distribuídos aleatoriamente em cada uma das 7 distâncias estudadas para monitoramento de sua taxa de predação usando um total de 1050 sementes e ; 3) um experimento de transplante de 20 mudas da espécie em pontos aleatórios em cada distância totalizando 140 mudas. Plântulas e indivíduos jovens foram mais freqüentes nas distâncias de 0 a 50 m da borda para o interior da floresta com ausência destes indivíduos no campo. Houve um decréscimo significativo na taxa de predação de sementes nas distâncias de 0 a 50 m da borda para o interior da floresta. Plântulas transplantadas apresentaram uma menor porcentagem de mortalidade e maior crescimento na borda provavelmente devido a uma maior ocorrência de herbivoria no interior da floresta e do campo. Em conclusão, *A. angustifolia* foi beneficiada pela presença de uma borda florestal onde esta se apresentou mais abundante e seus predadores de sementes e herbívoros foram menos ativos. Apesar de vários trabalhos sugerirem luz como um fator crucial para a definição da distribuição espacial desta espécie, este trabalho indicou que inimigos naturais parecem ser um fator capaz de definir a distribuição espacial de *A. angustifolia* no gradiente de borda estudado.

*Palavras-chave:* efeito de borda, floresta com araucária, predação de sementes.

### Abstract

---

We investigated how the spatial distribution and the chances of establishment, growth and survival of *Araucaria angustifolia* (Araucareaceae) could be altered along an edge between

<sup>1</sup> Laboratório de Ecologia da Restauração, Biologia, UNISINOS, CP 275. São Leopoldo, RS, Brasil, 93022-000.

an *Araucaria* forest and an old pasture in the National Forest of São Francisco de Paula, RS, Brazil. The study was performed in seven distances: 0, 25, 50, 100, and 250 m from the edge to the forest interior and 5 and 50 m from the edge to the old pasture interior. In each of the distances studied we performed: 1) a survey of adult trees, juveniles and seedlings in ten 5x5 m plots, 70 plots in total; 2) two seed predation experiments in April and July 2001 where groups of 15 seeds of *A. angustifolia* were randomly placed in each of the studied distances, using a total of 1050 seeds to monitored their seed predation rates; 3) seedling transplant experiment where 20 seedlings were transplanted in random points inside each studied distance, with a total of 140 transplants. Seedlings and juveniles were more frequent at the distances 0 m and 50 m from the edge towards the forest interior with an absence of these individuals at the old pasture. There was a significant decrease in seed predation rates at the distances 0 m and 50 m from the edge towards the forest interior. Transplanted seedlings have shown a lower percentage of mortality and higher growth at the edge zone, probably due to a higher occurrence of herbivory at the forest and old field interior. In conclusion, *A. angustifolia* performance was improved by the presence of a forest edge where it occurred more abundantly, and its seed predators and herbivores were less active. Although many works suggest that light may be a crucial factor defining *A. angustifolia* spatial distribution, this work indicated that natural enemies seem to be capable of defining the spatial distribution of *A. angustifolia* at the edge gradient studied.

*Key words:* edge effects, araucaria forest, seed predation.

## Introdução

Uma borda florestal pode ser definida como uma transição abrupta entre dois ecossistemas adjacentes, sendo que o resultado da interação entre ambos os ecossistemas produz alterações denominadas “efeitos de borda” (Murcia, 1995). Os efeitos de borda iniciam-se através de mudanças microclimáticas, que influenciam a estrutura, distribuição, abundância e diversidade de espécies animais e vegetais (Murcia, 1995; Laurance *et al.*, 1997). Essas alterações afetam a integridade de remanescentes florestais sendo que seu nível de penetração pode determinar a área do remanescente florestal que se encontra realmente intacta (Laurance *et al.*, 1997).

Alguns efeitos causados por alterações microclimáticas, como, por exemplo, mortalidade de árvores devido a turbulência de vento, podem se estender até 500m da borda para o interior da floresta (Laurance *et al.*, 1998). Outras alterações, no entanto, têm uma penetração mais reduzida. Estudos sobre alterações microclimáticas em bordas têm demonstrado um aumento na temperatura e incidência luminosa que ocorreu de 40 até 100 m da borda para o interior da floresta (Kapos, 1989; Brothers e Spingar, 1991; Matlak,

1993; Young e Mitchell, 1994). Adicionalmente, pode haver uma redução na umidade relativa do ar e um aumento no deficit de pressão de vapor (DPV) nas proximidades de uma borda florestal (Kapos, 1989; Turton e Freiburger, 1997).

A distribuição de espécies vegetais em bordas florestais pode ser alterada devido a variações na tolerância dessas espécies a mudanças microclimáticas (Williams-Linera, 1990; Young e Mitchell, 1994; Fontoura *et al.*, 2006). Williams-Linera (1990) observou uma diminuição na densidade de árvores de 0 até 15 m da borda para o interior de uma floresta no Panamá, no entanto, Young e Mitchell (1994) encontraram uma maior densidade de árvores nos primeiros 50 m da borda para o interior de uma floresta na Nova Zelândia. Alterações na diversidade e composição florística foram também registradas nas proximidades de bordas de florestas nos Estados Unidos, Austrália e Brasil (Brothers e Spingar, 1991; Laurance, 1991; Tabanez *et al.*, 1997). Grande parte destas alterações pode se estender até 200 m da borda para o interior da floresta e é decorrente da invasão de espécies exóticas, de um aumento na densidade de espécies pioneiras, de uma maior mortalidade de árvores e de um decréscimo na diver-

sidade de espécies típicas da floresta madura (Laurance *et al.*, 1998; Sizer e Tanner, 1999; Benitez-Malvido e Martinez Ramos, 2003).

A predação de sementes dispersas no solo parece ser um dos mais importantes fatores que limitam o estabelecimento de plântulas (De Steven e Putz, 1984; Sork, 1987; Schupp, 1988). Dessa forma, alterações na composição e densidade de potenciais predadores de sementes, como mamíferos e formigas nas proximidades de uma borda florestal, poderiam influenciar substancialmente a dinâmica e riqueza da comunidade de plântulas em áreas fragmentadas. Predadores de sementes advindos da matriz poderiam invadir bordas florestais e aumentar a intensidade de predação nessas áreas, por outro lado, predadores de sementes poderiam evitar as áreas de borda se refugiando no interior da floresta ou da matriz aumentando assim a chance de estabelecimento de espécies vegetais na borda (Fagan *et al.*, 1999, Baldissera e Ganade, 2005). Stevens e Husband (1998), trabalhando com a comunidade de pequenos mamíferos em bordas florestais, encontraram uma diminuição na abundância de indivíduos e na diversidade de espécies que são potenciais predadores de sementes nas proximidades de uma borda florestal. Poucos

trabalhos, no entanto, demonstraram que taxas de predação de sementes podem ser alteradas em um gradiente de borda (Holl e Lulow, 1997; Jules e Rathcke, 1999; Baldissera e Ganade, 2005).

*Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KUNTZE (Araucareacea) é uma espécie chave que produz sementes altamente nutritivas nos meses mais frios do ano quando a produção de sementes por outras espécies é reduzida. Consumida por várias espécies de predadores e dispersores potenciais, como aves e mamíferos, as grandes sementes da araucária servem como um importante recurso alimentar para a fauna em períodos de escassez de alimentos (Müller e Macedo, 1980). Espécies de predadores/dispersores carregam as sementes por longas distâncias da planta mãe enterrando-as para posterior consumo, facilitando assim o potencial de colonização da espécie.

*A. angustifolia* é capaz de colonizar vários tipos de vegetação, desde plantações de espécies exóticas do gênero *Pinus* e *Eucalyptus* até florestas nativas e vários tipos de campos de planícies e de altitude. A espécie possui, no entanto, limites altitudinais em sua distribuição natural, com rara ocorrência em altitudes abaixo de 500 m (Hueck, 1972). Sua distribuição é praticamente restrita às regiões mais frias e de altitude do território brasileiro, onde define a fisionomia da Floresta Ombrófila Mista de ocorrência mais freqüente na região sul do país (Hueck, 1972; Reitz e Klein, 1978; Klein, 1984). Esta floresta se encontrava, originalmente, entremeada por campos naturais, havendo um equilíbrio dinâmico de invasão e retração da floresta sobre os campos (Rambo, 2000; Hueck, 1972; Behling *et al.*, 2004). *A. angustifolia*, devido a sua alta capacidade de colonização, funcionaria como um elemento pioneiro para facilitar a chegada de novas espécies florestais e a invasão da floresta sobre o campo (Reitz e Klein, 1978). A Floresta Ombrófila Mista tem sido intensamente desmatada desde o último século, e reduzida a remanescentes cir-

cundados por campos de pastagem para gado que são continuamente manejados por fogo (Gorgonio, 1992). Grande parte desses remanescentes tem pequeno porte e sofreu algum tipo de alteração, apresentando-se descaracterizada pelos efeitos de borda e por freqüentes invasões de gado e fogo. Apesar da importância desses remanescentes para a conservação da diversidade biológica destas florestas, pouco se quantificou sobre como efeitos de borda poderiam alterar sua integridade. O objetivo geral deste estudo foi investigar como a distribuição espacial e a chance de estabelecimento e sobrevivência de indivíduos de *A. angustifolia* poderiam ser alterados ao longo de um gradiente de borda de floresta com campo.

Os objetivos específicos do estudo foram:

1. Descrever o padrão de distribuição de indivíduos de *A. angustifolia* ao longo de um gradiente de borda de floresta com campo.
2. Testar se padrões de predação de sementes variam ao longo deste gradiente de borda.
3. Verificar se o crescimento e a sobrevivência de plântulas de *A. angustifolia* poderiam ser afetados pela distância que estas plântulas se encontram de uma borda florestal.

## Métodos

### Área de estudo

O presente estudo foi realizado em uma área de mata com *Araucaria* na Floresta Nacional em São Francisco de Paula. A reserva está localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, entre as coordenadas 29° 24' e 29° 27' S e 50° 22' e 50° 25' W. A altitude do município de São Francisco de Paula, na estação de observação meteorológica, é de 912 m. Segundo o sistema de classificação de Köppen (1936), o clima da região é do tipo mesotérmico subtropical úmido, com precipitação uniformemente distribuída durante o ano, com verão brando, característico do planalto do Rio Gran-

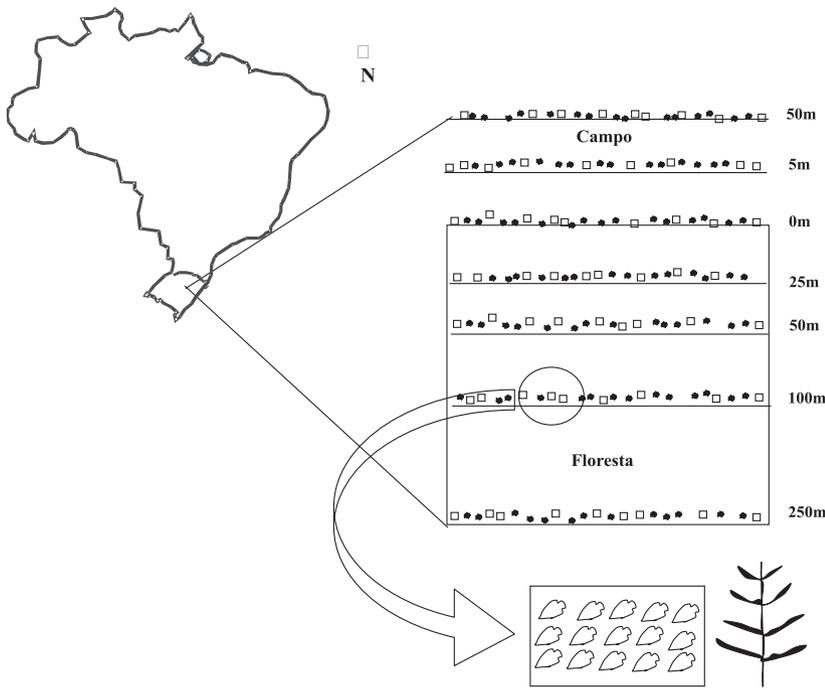
de do Sul. A temperatura média anual é de 18,5°C. A máxima absoluta é de 34,0°C e a mínima absoluta, -6,5°C. A umidade relativa média é de 83,9%. A precipitação média é de 2.252 mm por ano. Registra-se a ocorrência ocasional de neve nos invernos mais rigorosos e as geadas são freqüentes nos meses mais frios.

### Delineamento experimental e amostral

O estudo foi realizado numa área de 3 hectares de floresta com *Araucaria* e campo adjacente abandonado por 5 anos e dominado por gramíneas e umbelíferas da espécie *Heringium horridum*. A área foi escolhida pela proximidade entre floresta e campo, e por este campo não sofrer influência de gado e fogo, possibilitando assim o estudo dos fatores que influenciam sua colonização por novas espécies. Na área de 3 hectares foram demarcadas as seguintes distâncias através de transectos de 100 m de comprimento: 0 m, 25 m, 50 m, 100 m e 250 m da borda para o interior da floresta e 5 m e 50 m da borda para o interior do campo (Figura 1).

### Distribuição espacial

Para descrever possíveis variações na distribuição espacial de *A. angustifolia* ao longo de uma borda florestal, foi feito um levantamento de árvores adultas, plantas jovens e plântulas em diferentes distâncias da borda estudada. O levantamento foi realizado em Maio de 2001 em dez parcelas de 5x5 metros em cada uma das seguintes distâncias: 0 m, 25 m, 50 m, 100 m, e 250 m da borda para o interior da floresta, e 5 m e 50 m da borda para o interior campo. Em cada parcela, foram contadas, numeradas e marcadas todas as plântulas, indivíduos jovens e adultos enraizados. Foram consideradas plântulas, indivíduos com menos de 1 m de altura, jovens indivíduos entre 1 e 10m de altura e adultos, indivíduos com mais de 10 m de altura.



**Figura 1.** Localização e delineamento ilustrativo dos pontos amostrais dos estudos de predação de sementes (□) e de sobrevivência e crescimento de plântulas (\*) de *Araucaria angustifolia* realizados em um gradiente de borda entre campo e Floresta Ombrófila Mista. **Figure 1.** Location and sampling design of the studies on *Araucaria angustifolia* seed predation (□) and seedling survival and growth (\*). The studies were performed along an edge gradient between *Araucaria* forest and field.

O número de plântulas encontradas em cada parcela foi comparado entre as diferentes distâncias por ANOVA utilizando-se o teste *a posteriori* de Tukey.

### Predação de sementes

Para investigar se a predação de sementes varia nas diferentes distâncias entre a floresta e o campo foram feitos dois experimentos de predação de sementes no campo, nos meses de abril e julho de 2001, nas diferentes distâncias do gradiente de borda estudado. Foram colocados dez grupos de sementes em pontos aleatorizados em cada uma das distâncias: 0, 25, 50, 100, 250 m da borda para o centro da floresta e 5 e 50 m da borda para o campo. Cada grupo de sementes continha 15 sementes separadas 10cm entre si e marcadas com palitos de madeira. O primeiro experimento teve início em abril de 2001 e o segundo em julho de 2001, no início e no meio do período de produção de sementes.

No primeiro experimento, as sementes foram monitoradas após 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 11 dias, e semanalmente totalizando 53 dias. No segundo experimento, as sementes foram monitoradas após 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, e 18 dias. Nos dois experimentos o término do monitoramento ocorreu quando todas as sementes foram predadas. O número médio de dias que as sementes levaram para serem atacadas em cada ponto experimental foi comparado entre as diferentes distâncias da borda por ANOVA, utilizando o teste *a posteriori* de Tukey.

### Crescimento e sobrevivência de plântulas

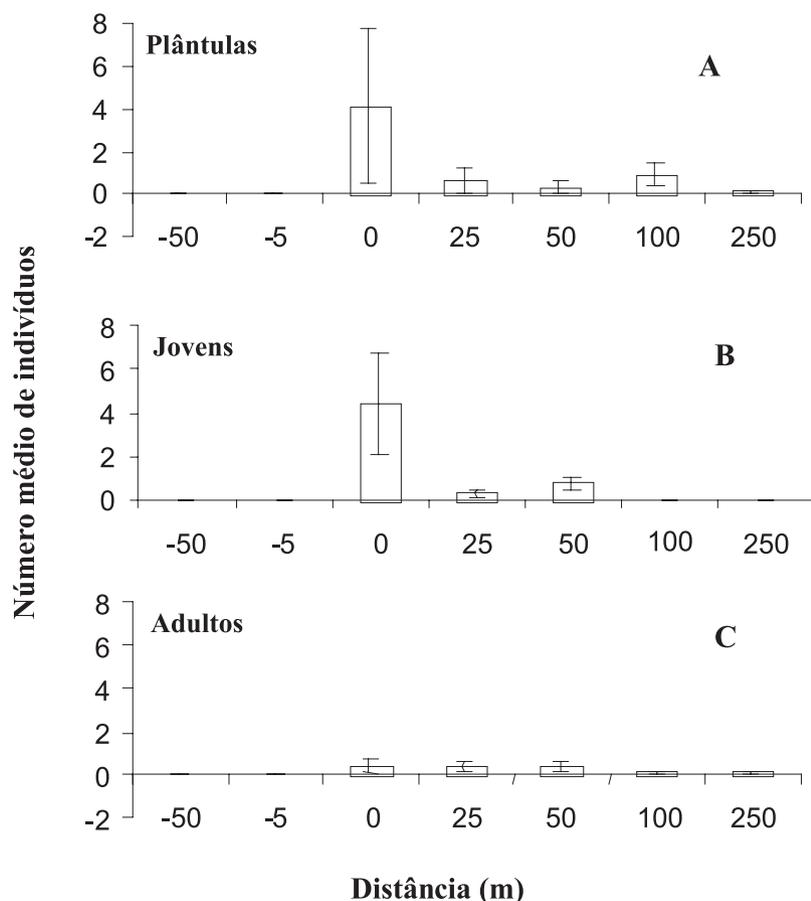
Para verificar se a sobrevivência e o crescimento de plântulas, na floresta e no campo adjacente, poderiam ser afetados pela proximidade de uma borda florestal foram transplantadas mudas de *A. angustifolia* nas diferentes distâncias do gradiente de floresta e cam-

po estudado. Em junho de 2001, vinte mudas foram individualmente transplantadas em pontos aleatórios em cada uma das distâncias estudadas: 0, 25, 50, 100, 250 m da borda para o interior da floresta, e 5 m e 50 m da borda para o interior do campo. As mudas transplantadas apresentavam aproximadamente 30 cm de altura e foram cultivadas em casa de vegetação a partir de sementes coletadas na área de estudo. As plantas que não sobreviveram à primeira semana do transplante foram substituídas. O crescimento em altura e a mortalidade dos transplantes foram monitorados após um, dois, cinco, oito e 12 meses. Causas de mortalidade como danos mecânicos e herbivoria foram registradas. A média de crescimento (altura final-altura inicial) das plântulas foi comparada entre as diferentes distâncias da borda por ANOVA, utilizando o teste *a posteriori* de Tukey.

## Resultados

### Distribuição espacial

O número de indivíduos de *A. angustifolia* amostrados entre plântulas (14), jovens (55) e adultos (60) totalizaram 129. Indivíduos dessa espécie apresentaram alterações na sua distribuição espacial ao longo do gradiente de borda estudado, havendo um maior número de indivíduos encontrados nas distâncias de 0 a 50 m da borda em relação ao interior da floresta, com total ausência de indivíduos no campo (Figura 2). O número de plântulas encontradas foi em média quatro vezes maior na distância 0 m da borda da floresta em relação às outras distâncias amostradas na floresta e no campo ( $F_{6,63} = 7,58, P < 0,001$ , Figura 2A). Um padrão semelhante ocorreu em relação à distribuição espacial de indivíduos jovens que foi em média quatro vezes maior na distância 0 m do que nas outras distâncias estudadas ( $F_{6,63} = 3,2, P < 0,01$ , Figura 2B). Araucárias adultas não foram observadas com frequência no levantamento, entretanto, a incidência maior de árvores adultas ocorreu nas



**Figura 2.** Abundância de plântulas (A), jovens (B) e adultos (C) de *Araucaria angustifolia* no sul do Brasil, em várias distâncias de uma borda para dentro da floresta (0, 25, 50, 100 e 250m) e desta borda para dentro do campo (-5m e -50m). Barras de erro representam  $\pm 1$  erro padrão.

**Figure 2.** Abundance of seedlings (A), saplings (B) and adults (C) of *Araucaria angustifolia* in south Brazil at different distances from an edge towards the forest interior (0, 25, 50, 100 and 250m) and from an edge towards the field (-5m and -50m). Error bars represent  $\pm 1$  standard error.

distâncias de 0 m até 50 m da borda para o interior da floresta, porém essas diferenças não foram significativas ( $F_{6,63}=1,2$ ,  $P>0,05$ , Figura 2C).

### Predação de sementes

Em ambos os experimentos, houve variação nas taxas de predação de sementes no tempo nas diferentes distâncias estudadas, sendo que a predação ocorreu mais rapidamente no campo e no interior da floresta do que nas distâncias de 0 a 50 m da borda onde houve um aumento no tempo de persistência das sementes no solo (Figura 3). A preda-

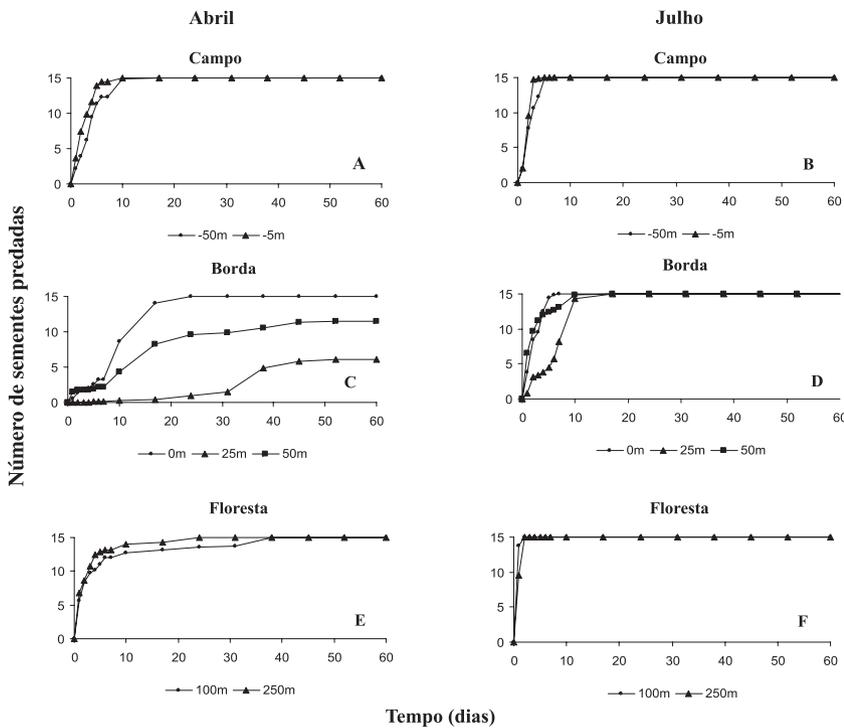
ção de sementes foi mais intensa no experimento que ocorreu no mês de julho em relação ao experimento desenvolvido em abril. Em julho, a predação total das sementes no campo e na floresta ocorreu nos três primeiros dias do experimento, sendo que na região da borda que se estende de 0 a 50 m, as sementes foram totalmente predadas após 10 dias (Figura 3B, 3D e 3F). Em abril, no entanto, as sementes no campo e na floresta demoraram cerca de 10 dias para serem totalmente predadas, e na região da borda, sementes levaram cerca de 25 dias para serem totalmente predadas na distância 0 m, e não foram completa-

mente predadas nas distâncias 25 e 50 m dentro do período estudado de 60 dias (Figuras 3A, 3C e 3E).

Foi utilizado o tempo médio que as sementes de cada parcela demoraram a serem predadas para se comparar a persistência das sementes entre as diferentes distâncias da borda. Em ambos os experimentos houve diferença significativa no tempo de persistência das sementes entre as diferentes distâncias da borda. No experimento feito em abril, o ataque de sementes tendeu a ser mais lento de 0 m a 50 m da borda para o interior da floresta ( $F_{6,63}=4,34$ ,  $P<0,001$ , Figura 4A). No experimento de julho, o padrão de predação foi similar ao experimento de abril, sendo que as sementes foram mais lentamente predadas na região da borda até 50 m para dentro da floresta, no entanto, somente a distância 25 m foi significativamente diferente das demais distâncias ( $F_{6,63}=15,6$ ,  $P<0,001$ , Figura 4B).

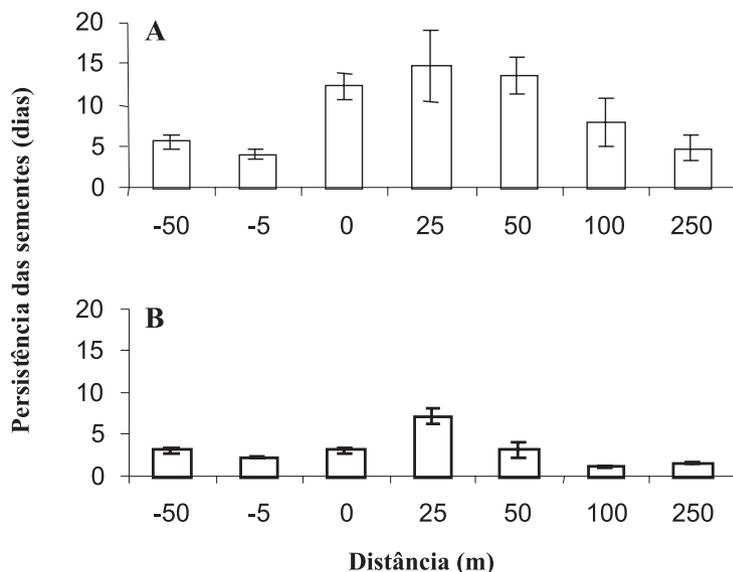
### Sobrevivência e crescimento de plântulas

Do total de 140 plântulas de *Araucaria* transplantadas nas diferentes distâncias estudadas apenas 10,7% não sobreviveram. O interior da floresta e do campo apresentou um maior índice de mortalidade sendo que na distância 0 m na borda todas as plântulas sobreviveram (Figura 5). Entre as causas de mortalidade registradas a herbivoria foi o fator que determinou o maior índice de mortalidade, cerca de 80% das plântulas mortas. No campo, a maior parte das plântulas que sofreram herbivoria foram atacadas por formigas cortadeiras. Na floresta, no entanto, todas as plântulas que sofreram herbivoria tiveram seu meristema apical removido sem corte aparente das acículas. Não foram observadas plântulas mortas por danos mecânicos. Algumas plântulas desapareceram ou se tornaram amarelas perdendo totalmente as acículas sem marcas aparentes de herbivoria. Essas plântulas que correspondem a 20% dos transplantes foram incluídas nas causas desconhecidas de mortalidade. O ataque de herbívoros



**Figura 3.** Número de sementes predadas de *Araucaria angustifolia* ao longo dos dias em áreas de campo (A e B), borda (C e D), e interior da Floresta (E e F). Experimentos de predação de sementes foram implementados nos meses de Abril (A, C e E) e Julho (B, D e F).

**Figure 3.** Number of seeds of *Araucaria angustifolia* attacked per day in areas of field (A and B), edge (C and D), and forest interior (E and F). Seed predation experiments were implemented in April (A, C and E) and July (B, D and F).



**Figura 4.** Tempo médio em dias que as sementes levaram para serem atacadas (persistência das sementes). **A:** experimento de abril; **B:** experimento de julho. Barras de erro representam  $\pm 1$  erro padrão.

**Figure 4.** Mean time in days in which seeds lasted before being attacked (seed persistence). **A:** experiment implemented in April; **B:** experiment implemented in July. Error bars represent  $\pm 1$  standard error.

ocorreu com maior intensidade no campo e no interior da floresta, sendo que houve maior incidência de mortes por herbívoros na distância de 250 m da floresta (Figura 5).

Plântulas de araucária apresentaram pouco crescimento em altura durante o ano monitorado (Figura 6). No entanto, houve variação significativa no seu crescimento nas diferentes distâncias estudadas. O crescimento de plântulas na distância 50 m da borda da floresta foi duas vezes maior em relação o interior da floresta e do campo ( $F_{6,11} = 3,8, P < 0,01$ , Figura 7). Plântulas apresentaram uma diminuição em altura em relação ao tamanho inicial no interior do campo (-50 m) e da floresta nas distâncias 100 e 250 m (Figura 7).

## Discussão

O presente trabalho evidenciou a ocorrência de efeitos de borda indiretos relacionados a alterações nas interações entre *A. angustifolia* e seus predadores de sementes, sendo que a espécie na borda apresentou menores taxas de predação de sementes do que no interior da floresta. Este resultado está em concordância com alguns dos estudos realizados em florestas tropicais (Burkey, 1993; Osunkoya, 1994; Restrepo e Vargas, 1999), embora a maior parte dos estudos realizados sobre predação de sementes em bordas evidenciem maiores taxas de predação em bordas ou efeitos nulos (Myster e Pickett, 1993; Tabarelli e Mantovani, 1996; Wong *et al.*, 1998; Kollmann e Buschor, 2003; Donoso *et al.*, 2003). A barreira formada pela presença da borda pode ter modificado o fluxo de animais tornando seletiva a passagem de espécies entre estes ecossistemas adjacentes (Fagan *et al.*, 1999).

Alguns trabalhos demonstraram que populações de roedores predadores de sementes podem responder às alterações estruturais da vegetação aumentando suas densidades em bordas florestais, causando maiores taxas de predação de sementes nesta interface (Delgado *et al.*, 2001; Kollmann e Buschor,

2003). No entanto, Stevens e Husband (1998) registraram uma menor densidade e diversidade de roedores em bordas florestais. A perda de alguns tipos de microhabitats na borda poderia reduzir a densidade e riqueza de espécies que forrageiam nesta interface (Stevens e Husband, 1998) e alterar assim a distribuição espacial destes predadores nas proximidades da borda (Delgado *et al.* 2001). Adicionalmente, espécies poderiam evitar sua circulação em ambientes mais expostos, como bordas florestais, para se protegerem contra predadores. A diminuição da circulação de predadores roedores permitiria um maior número de sementes sobreviventes, conseqüentemente um aumento no número de plântulas e indivíduos jovens nesta interface.

A araucária apresentou uma maior abundância de indivíduos estabelecidos nas proximidades da borda, tendo sido capaz de se estabelecer ao longo de todo o gradiente incluindo interior da floresta e pastagem. A distribuição espacial de espécies vegetais em relação às bordas florestais costuma apresentar padrões relativamente variáveis (Meiners *et al.*, 2002). Nas proximidades de uma borda algumas espécies

podem diminuir em abundância (Kapos *et al.*, 1997; Jules e Rathcke, 1999), outras se proliferaram por serem heli-ófitas (Williams-Linera, 1990; Sizer e Tanner, 1999; Fontoura *et al.* 2006) e outras espécies ainda, não respondem claramente à presença de um gradiente de borda (Souza e Martins, 2002). A araucária é um exemplo claro de espécie cuja presença da borda pode facilitar a sua performance e desta forma seu crescimento populacional pode ser beneficiado pela criação de bordas florestais.

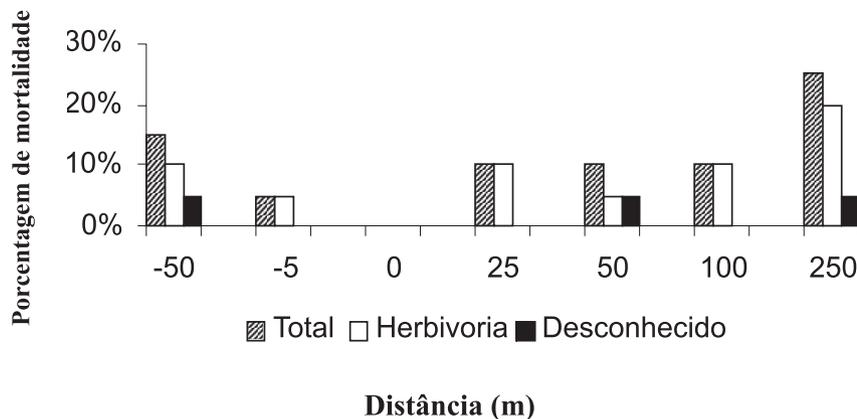
Segundo uma visão clássica, a preferência de *A. angustifolia* por bordas florestais estaria relacionada diretamente a maior incidência de luz nestas áreas (Reitz e Klein, 1978; Klein, 1984; Rambo, 2000). Alguns trabalhos encontraram maior taxa de crescimento de plântulas expostas a maiores níveis de radiação luminosa em diferentes regimes de luz (Inoue e Torres, 1980; Duarte e Dillenburg, 2000). No entanto, Duarte *et al.* (2002) discute que a luz não é um fator limitante para o estabelecimento da espécie, porque indivíduos jovens foram observados com a mesma frequência em áreas de alto e baixo sombreamento, mostrando que a

espécie apesar de ser considerada heli-ófito apresenta características de tolerância à sombra se estabelecendo e crescendo em diversos tipos de ambientes (Duarte *et al.* 2002).

Este trabalho, no entanto, evidencia que fatores bióticos como predação de sementes e herbivoria poderiam determinar o sucesso de colonização de *A. angustifolia* na borda estudada. Como em outros trabalhos, foi encontrada uma menor intensidade de predação de sementes nas proximidades da borda florestal (Burkey, 1993; Osunkoya, 1994; Restrepo e Vargas, 1999). No entanto, a menor taxa de mortalidade de plântulas devido à herbivoria na borda foi um padrão distinto do encontrado em uma floresta subtropical na Austrália (Wahungu *et al.*, 2002). O alto índice de predação e a baixa mortalidade de plântulas evidenciam a predação de sementes como sendo um fator limitante para a regeneração de *A. angustifolia*.

A predação de sementes de *A. angustifolia* foi relativamente alta em comparação com outros estudos sendo que, de 32 trabalhos sobre predação de sementes revisados por Hulme (1998), apenas três apresentaram 100% das sementes predadas. A alta predação nesta espécie se deve, provavelmente, ao fato das suas grandes sementes serem um recurso altamente nutritivo e único para fauna, que depende em grande parte desse recurso para sua sobrevivência durante o período do inverno. Trabalhos futuros poderiam testar esta hipótese monitorando as taxas de predação de sementes de araucária ao longo do ciclo fenológico da floresta.

A invasão da Araucaria sobre a matriz de campo parece também ser restrita pelas altas taxas de predação de sementes e não por outros fatores específicos do habitat como luz, nutrientes do solo e competição com gramíneas. Na Amazônia, estudos experimentais sobre predação de sementes conduzidos em campos abandonados registraram altas taxas de predação de sementes num curto período de tempo, sendo a predação de sementes também um fator determinante que res-



**Figura 5:** Porcentagem de mortalidade das plântulas de *Araucaria angustifolia* transplantadas nas diferentes distâncias de uma borda de floresta (0, 25, 50, 100 and 250m) e campo (-5 and -50m). Barras representam porcentagem total de mortalidade (rachuradas), porcentagem de mortalidade devido à herbivoria (brancas) e mortalidade por causas desconhecida (pretas).

**Figure 5:** Percentage mortality of seedlings of *Araucaria angustifolia* in relation to different distances from an edge inside the forest (0, 25, 50, 100 and 250m) and from an edge inside the field (-5 and -50 m). Hatched bars represent total mortality, open bars represent mortality due to herbivory, and black bars represent mortality due to unknown causes.

tringe o estabelecimento de plântulas (Nepstad *et al.*, 1998; Miriti, 1998). Como as plântulas transplantadas no campo apresentaram baixa mortalidade, a predação de sementes parece regular a expansão da araucária e, conseqüentemente, da floresta sobre o campo.

### Conclusão

*Araucaria angustifolia* é uma espécie chave que foi capaz de aumentar sua abundância nas proximidades de uma borda florestal. A predação de sementes e não a disponibilidade de luz pare-

ce ter sido um fator chave influenciando as chances de recrutamento dessa espécie ao longo de todo o gradiente de borda estudado, incluindo a matriz de campo. O efeito de borda influenciou os padrões de interação entre *A. angustifolia* e seus predadores de sementes e herbívoros que são menos ativos nas proximidades da borda. Futuros trabalhos poderão testar a abrangência dos resultados observados estudando-se um maior número de bordas florestais. Conclui-se que essa espécie foi beneficiada pela proximidade de uma borda florestal e que o ataque por her-

bívoros e consumidores de sementes parece ser um fator capaz de influenciar a distribuição de *A. angustifolia* em um gradiente de borda.

### Referências

BALDISSERA, R. e GANADE, G. 2005. Predação de sementes ao longo de uma borda de Floresta Ombrófila Mista e pastagem. *Acta Botânica Brasileira*, **19**:161-165.

BEHLING, H.; PILLAR, V.P.; ORLÓCI, L. e BAUERMANN, S.G. 2004. Late quaternary Araucaria forest, grassland (campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. *Palaeography*, **203**:277-297.

BENITEZ-MALVIDO, J. e MARTINEZ-RAMOS, M. 2003. Influence of edge exposure on tree seedling species recruitment in tropical rain forest fragments. *Biotropica*, **35**:530-541.

BROTHERS, T.S. e SPINGAR, A. 1991. Forest fragmentation and alien plant invasion of central Indiana old-growth forests. *Biological Conservation*, **6**:91-100.

BURKEY, T.V. 1993. Edge effects in seed and egg predation at two neotropical rainforest sites. *Biological Conservation*, **66**:139-143.

DE STEVENS, O. e PUTZ, F.E. 1984. Impact of mammals on early recruitment of a tropical canopy tree, *Dipteryx panamensis*, Panama. *Oikos*, **43**:207-216.

DELGADO, J.D.; ARÉVALO, J.R. e FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. 2001. Road and topography effects on invasion: edge effects in rat foraging patterns in two oceanic island forest (Tenerife, Canary Islands). *Ecography*, **24**:539-546.

DONOSO, D.S.; GREZ, A.A. e SIMONETTI, J.A. 2003. Effects of forest fragmentation on the granivory of differently sized seeds. *Biological Conservation*, **115**:63-70.

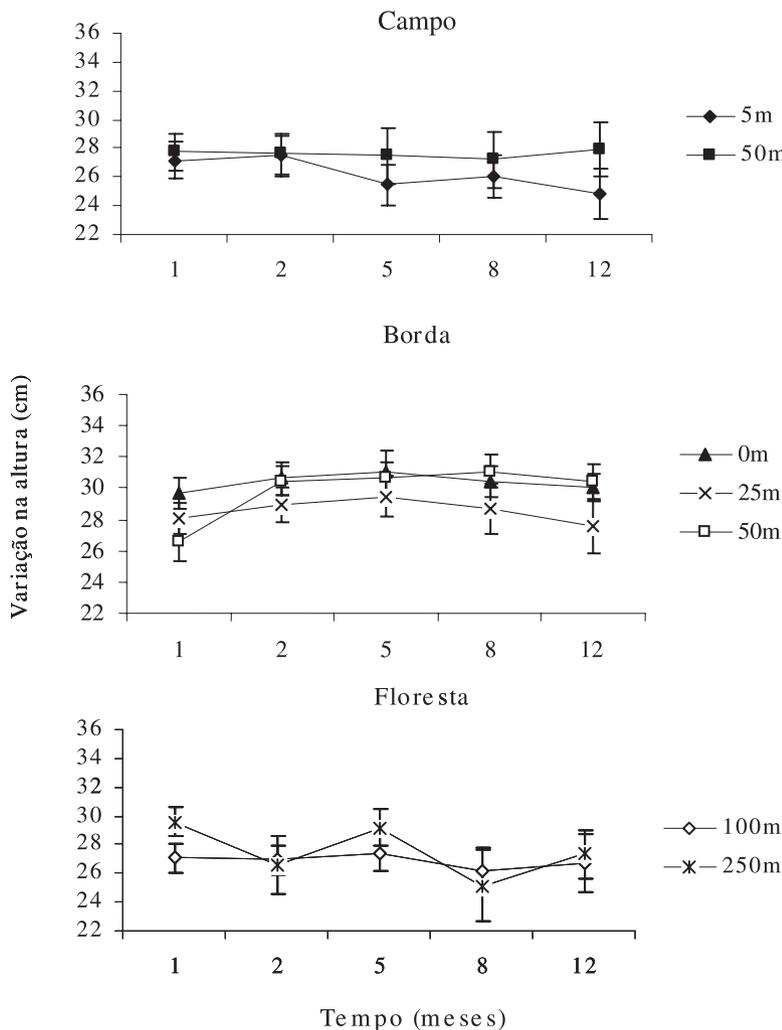
DUARTE, L.S. e DILLENBURG, L.R. 2000. Ecophysiological responses of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) seedlings to different irradiance levels. Rio Grande do Sul, Brasil. *Australian Journal of Botany*, **48**:531-537.

DUARTE, L.S.; DILLENBURG, L.R. e ROSA, L.M. 2002. Assessing the role of light availability in the regeneration of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). *Australian Journal of Botany*, **50**:741-751.

FAGAN, W.F.; CANTRELL, R.S. e COSNER, C. 1999. How habitat edges change species interactions. *The American Naturalist*, **153**:165-182.

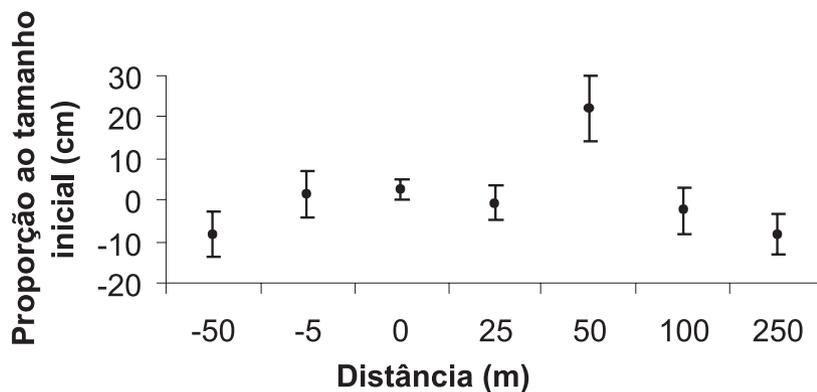
FONTOURA, S.B.; GANADE, G. e LARocca, J. 2006. Changes in plant community diversity and composition across an edge between Araucaria forest and pasture in South Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, **29**:79-91.

GORGONIO, A.S. 1992. *Cobertura vegetal natural e permanente do Brasil: versão preliminar*. Brasília, IBAMA/DIRPED/CSR.



**Figura 6.** Altura média, ao longo de 12 meses, das plântulas transplantadas nas seguintes localidades: **A:** campo, **B:** borda, e **C:** interior da floresta. Barras de erro representam  $\pm 1$  erro padrão.

**Figure 6.** Mean seedling height over 12 months at the following locations: **A:** field, **B:** edge, and **C:** forest interior. Error bars represent  $\pm 1$  standard error.



**Figura 7.** Diferença média entre altura inicial e altura final (cm) das plântulas transplantadas nas diferentes distâncias de um gradiente de borda entre floresta (0, 25, 50, 100 e 250m) e campo (-5 e -50m). As diferenças em altura foram calculadas 12 meses após o transplante. Barras de erro representam  $\pm 1$  erro padrão.

**Figure 7.** Mean difference between initial and final height of transplanted seedlings at various distances from an edge. Seedlings were transplanted inside the forest (0, 25, 50, 100 and 250m) and inside the field (-5 and -50m). Differences in height were calculated 12 months after seedling transplantation. Error bars represent  $\pm 1$  standard error.

HOLL, K.D. e LULOW, M.E. 1997. Effects of species, habitat and distance from edge on post-dispersal seed predation in a tropical rain forest. *Biotropica*, **29**:459-468.

HUECK, K. 1972. *As Florestas da América do Sul*. São Paulo, Polígono S.A., 466 p.

HULME, P.E. 1998. Post-dispersal seed predation: consequences for plant demography and evolution. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematic*, **1**:46-60.

INOUE, M.T. e TORRES, D.V. 1980. Comportamento do crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE. em dependência da intensidade luminosa. *Revista Floresta*, **11**:7-11.

JULES, E.S. e RATHCKE, B.J. 1999. Mechanisms of reduced *Trillium* recruitment along edges of old-growth forest fragments. *Conservation Biology*, **13**:784-793.

KAPOS, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, **5**:173-185.

KAPOS, V.; WANDELY, E.; CAMARGO, J.L. e GANADE, G. 1997. Edge-relate change in environment and plant responses due to forest fragmentation in central Amazonia. In: W.F. LAURANCE e R.O. BIERREGAARD (eds.), *Tropical Forest Remnants: ecology management, and conservation of fragmented communities*. Chicago, Chicago University Press, p. 33-34.

KLEIN, R.M. 1984. Aspecto dinâmico da vegetação do Sul do Brasil. *Sellowia - Anais de Botânica do Herbário "Barbosa Rodrigues"*, **36**:5-54.

KOLLMANN, J. e BUSCHOR, M. 2003. Edges effects on seed predation by rodents in deciduous forest of northern Switzerland. *Plant Ecology*, **164**:249-261.

KÖPPEN, W. 1936. Das geographische Sytem der Klimate. In: W. KÖPPEN e R. GEIGER

(eds.), *Handbuch der Klimatologie*. Vol. 1, Part C, Berlin, Gebrüder Bornträger, p. C1-C 44.

LAURANCE, W.F. 1991. Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of nature reserves. *Biological Conservation*, **57**:205-219.

LAURANCE, W.; BIERREGAARD, R.O.; GASCON, C.; DIDHAM, R.K.; SMITH, A.P.; LYNAM, A.J.; VIANA, V.M.; LOVEJOY, T.E.; SIEVING, K.E.; SITES, J.W.; ANDERSEN, M.; TOCHER, M.D.; KRAMER, E.A.; RESTREPO, C. e MORITZ, C. 1997. Tropical Forest Fragmentation: Synthesis of a Diverse and Dynamic Discipline. In: W.F. LAURANCE e R.O. BIERREGAARD (eds.), *Tropical Forest Remnants: ecology management, and conservation of fragmented communities*. Chicago, Chicago University Press, 616 p.

LAURANCE, W.F.; FERREIRA, L.V.; RANKIN-DE MORENA, M. e LAURANCE, S.G. 1998. Rain Forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology*, **79**:2032-2040.

MATLACK, G.R. 1993. Microenvironment variation within and among forest edge sites in the Eastern United States. *Biological Conservation*, **66**:185-194.

MEINERS, S.J.; PICKETT, T.A. e HANDEL, S.N. 2002. Probability of tree seedling establishment changes across a forest-old field edge gradient. *American Journal of Botany*, **89**:466-471.

MIRITI, M.N. 1998. Regeneração florestal em pastagens abandonadas na Amazônia central: competição, predação e dispersão de sementes. Floresta Amazônica. In: C. GASCON e P. MONTINHO (eds.), *Dinâmica Regeneração e Manejo*. INPA, p. 179-190.

MÜLLER, J.A. e MACEDO, J.H.P. 1980. Notas preliminares sobre danos causados por ani-

mais silvestres em pinhões. *Revista Floresta*, **11**:35-40.

MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, **10**:58- 62. (Reviews).

MYSTER, R.W. e PICKETT, S.T.A. 1993. Effects of litter, distance, density and vegetation patch type on pos-dispersal seed predation in old fields. *Oikos*, **66**:381-388.

NEPSTAD, D.C.; UHL, C.; PEREIRA, C.A. e SILVA, J.M.C. 1998. Estudo comparativo do estabelecimento de árvores em pastos abandonados e Florestas adultas da Amazônia oriental. Floresta Amazônica. In: C. GASCON e P. MONTINHO (eds.), *Dinâmica Regeneração e Manejo*. INPA, p. 191-217.

OSUNKOYA, O.O. 1994. Post dispersal survivorship of north Queensland rainforest seed and fruits: effects of forest, habitat, and species. *Australian Journal of Ecology*, **19**:52-64.

RAMBO, B.S.J. 2000. *Afisionomia do Rio Grande do Sul*. São Leopoldo, Ed. Unisinos, 473 p.

REITZ, P.R. e KLEIN, R.M. 1978. *Projeto Madeira de Santa Catarina*. Itajaí, Sudesul/IBDF, 315 p.

RESTREPO, C. e VARGAS, A. 1999. Seeds and seedlings of two neotropical montane understory shrubs respond differently to anthropogenic edges and treefall gaps. *Oecologia*, **119**:419-426.

SCHUPP, E.W. 1988. Seed and early seedling predation in the forest understory and in treefall gaps. *Oikos*, **51**:71-78.

SIZER, N. e TANNER, E.V.J. 1999. Responses of woody plant seedlings to edge formation in a lowland tropical rainforest, Amazonia. *Biological Conservation*, **91**:135-142.

SORK, V.L. 1987. Effects of predation and light on seedling establishment in *Gustavia superba*. *Ecology*, **68**:1341-1350.

SOUZA, A.F. e MARTINS, F.R. 2002. Spatial distribution of an undergrowth palm in fragments of the Brazilian Atlantic Forest. *Plant Ecology*, **164**:141-155.

STEVENS, S.M. e HUSBAND, T.P. 1998. The influence of edge on small mammals: evidence from Brazilian Atlantic forest fragments. *Biological Conservation*, **85**:1-8.

TABANEZ, A.A.J.; VIANA, V.M. e DIAS, A.S. 1997. Conseqüências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de planalto de Piracicaba, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, **57**:47-58.

TABARELI, M. e MANTOVANI, W. 1996. Remoção de sementes de *Bertholletia excelsa* (LECYTHIDACEAE) por animais em uma floresta de terra firme na Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, **56**:755-760.

TURTON, S.M. e FREIBURGER, H.J. 1997. Edge and aspect effects on the microclimate of a small tropical forest remnant on the Atherton Tableland, Northeastern Australia. In: W.F. LAURANCE e R.O. BIERREGAARD (eds.), *Tropical Forest Remnants: ecology management, and conservation of fragmented communities*. Chicago, Chicago University Press, 616 p.

WAHUNGU, G.M.; CATTERRAL, C.P. e OLSEN, M.F. 2002. Seedling predation and growth at a rainforest-pasture ecotone, and the value of shoots as seedling analogues. *Forest Ecology and Management*, **162**:251-260.

WILLIAMS-LINERA, G. 1990. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. *Journal of Ecology*, **78**:356-373.

WONG, T.C.M.; SODHI, N.S. e TURNER, I.M. 1998. Artificial nest and seed predation experiments in tropical lowland rainforest remnants of Singapore. *Biological Conservation*, **85**:97-104.

YOUNG, A. e MITCHELL N. 1994. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp broadleaf forest in New Zeland. *Biological Conservation*, **67**:63-72.

*Submitted on: 2006/08/16*

*Accepted on: 2006/10/31*