

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

Giovani Festa Paludo

**ASPECTOS POPULACIONAIS DE *Araucaria angustifolia* EM
PAISAGEM DE CAMPO E DE FLORESTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Sedrez dos Reis

Co-orientador: Prof. Dr. Adelar Mantovani

Florianópolis
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC

Paludo, Giovani Festa Paludo

Aspectos populacionais de Araucaria angustifolia em paisagem de campo e de floresta / Giovani Festa Paludo Paludo ; orientador, Maurício Sedrez dos Reis Reis ; coorientador, Adelar Mantovani Mantovani. - Florianópolis, SC, 2013.

117 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de PósGraduação em Ecologia.

Inclui referências

1. Ecologia. 2. ecologia de populações. 3. manejo de recursos nativos. 4. recursos florestais. 5. biologia de populações. I. Reis, Maurício Sedrez dos Reis. II. Mantovani, Adelar Mantovani. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. IV. Título.

“ASPECTOS POPULACIONAIS DE *Araucaria angustifolia* EM PAISAGEM DE CAMPO E DE FLORESTA”.

por

Giovani Festa Paludo

Dissertação julgada e aprovada em sua forma final pelos membros titulares da Banca Examinadora (Port. 03/PPGECO/2013) do Programa de Pós-Graduação em Ecologia - UFSC, composta pelos Professores Doutores:

Banca examinadora:

Prof(a) Dr(a) Maurício Sedrez dos Reis
(Orientador/FIT/CCA/UFSC)

Prof(a) Dr(a) Adelar Mantovani (Coorientador)

Prof(a) Dr(a) Alfredo Celso Fantini (FIT/CCA/UFSC)

Prof(a) Dr(a) Tania Tarabini Castellani (ECZ/CCB/UFSC)

Prof(a) Dr(a) Nivaldo Peroni (ECZ/CCB/UFSC)

Prof(a) Dr(a) Natalia Hanazaki
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Florianópolis, 28 de fevereiro de 2013

Dedico

À Zelindo, Suzana (meus pais) e a Caroline e Elias (meus irmãos) por todo o amor, alegria, incentivo e apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço sobretudo à Deus. Agradeço também a todos que auxiliaram na execução e desenvolvimento deste trabalho, mas em especial: À minha "dupla de orientação", composta pelo Prof. Maurício e o Prof. Adelar Mantovani. Esses dois tem sido exemplos de dedicação, trabalho, e contribuíram como força inspiradora. Que, por exemplo, sob chuva e frio trazida pelo minvano, e enxarcados — já que com muita chuva a capa de chuva era inútil — estavam ajudando a demarcar a parcela na Coxilha Rica de Lages. Obrigado pelo apoio, confiança, orientação e parceria nos trabalhos. Agradeço também ao Prof. Alfredo Fantini pelas valiosas discussões, oportunidades e pela contribuições na banca.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia por possibilitar durante o período do mestrado a aprendizagem com qualidade através de seus professores e alunos. Agradeço os Professores do Programa de Pós Graduação em Ecologia: Malva Hernández, Alex Pires, Natalia Hanazaki, Tania, Benedito, Sérgio Floeter, Alberto Lingner, Maurício Petrucio pelo apoio, convívio e ensinamentos. Sou especialmente grato a Nivaldo Peroni e Tania Castellani pelas contribuições na defesa. Devo um obrigado aos colegas da Pós, especialmente Anna Jacinta e Natália. E muito obrigado a todos os colegas da Pós, do doc, mestrado e pós-doc, pelas contribuições, pela agradável convivência e companhia nesses dois anos.

Sou grato também aos Professores Pedro Higuchi, Javier Sanguinetti, André Freitas, Fernando Martins pelas dicas e contribuições na dissertação. Às Professoras Roseli Bortoluzzi e Maria Tereza Aranha pela primeira oportunidade de trabalhar com pesquisa.

Deixo também aqui uma lembrança de agradecimento aos “cromossomos” do núcleo pelas peladas, churrascos, inúmeras discussões, todo o apoio, contribuições, críticas. Aos cromossomos mais diretamente do Projeto Araucária: Caroline, Roberta, Natalia e aos piás campeiros Glauco e Alex por todo o apoio prestado. A Willian e Larissa pela confiança e auxílio. A todo o pessoal do Núcleo, o Montagna e o Steiner principalmente pelas várias mãos no campo, à Alison e Andrea pelas diversas ajudas, à Nicole, Fernando de Luca, Lucas Milanesi, Anna, Samantha, Luiz Guilherme, Gê, ao Prof. Siminski pelas discussões e ao Zago pelas motivações, oportunidades e as valiosas (e longas) discussões, repito o agradecimento a todos que estiveram

sempre dispostos à ajudar. Agradeço também aos colegas do grupo de Lages, sempre acolhendo e sempre contribuindo auxiliando no desenvolvimento dos trabalhos. Especialmente ao Alison por todo auxílio e colaboração, que sempre deu força no desenvolvimento dos trabalhos. Aos não menos presentes, Newtinho, Miguel, Jean e Paulinha Iaschitzki e Paula. Agradeço também às discussões com os colegas do RGV e Agroecossistemas: Geferson, Adriano, Daniel.

Em especial à Camila Vieira da Silva por ter sido gente boa e colobarado com informações importantes! Agradeço aos colegas que contribuíram com a dissertação: Cris Forgiarini e Polliana Zocche. Também agradeço aos amigos dos Pikapaus do Asfalto pelo apoio sempre. Ao pessoal do futebol das segundas, que mesmo já tendo votado em mim como o pior de uma pelada, faço o devido agradecimento pela agradável companhia.

Agradeço especialmente a Roberta pela amizade, carinho, companhia e incondicional apoio durante esta caminhada.

Agradeço aos órgãos de fomento: Capes pela bolsa concedida durante o curso de Mestrado e; a FAPESC pelo apoio financeiro na realização do trabalho (Projeto 4448 2010-2). Ao Prof. José Ribeiro pela diponibilização de uso da área de estudo. Ao pessoal da EMBRAPA Florestas do Paraná e da EPAGRI pela disponibilidazação da área de estudo que por muito tempo contribuiu fornecendo alojamentos.

“Nosso Brasil planta o pinho porque é muito necessário
 Que pinho extraordinário para as casas de família
 Além dessas maravilhas dá muito pão pro operário
 Começa lá pelos matos pra fazerem derrubada
 Dando ganho a peonada os seus pão de cada dia
 Depois vai pra serraria pras torras ser desmançada
 E ali quantos camarada que estão ganhando por hora
 Trabalhos naquelas toras em torno da serra fita
 Fazem taubas tão bonitas depois exportam pra fora

Ganha o homem do machado o que ele deita sobre o chão
 Também ganha o caminhão não sei se cobram por quilos
 Mais cobram pra conduzi-los ao ponto de exportação
 Por que vai de caminhão um dia quente, chuva e frio
 Até os portos de rios ou mesmo de mar salgado
 Para serem transportados pelos porões de navio

Vocês vejam que o Pinheiro além de dar o pinhão
 Ele também dá o pão pra quem com ele trabalha
 E também nos agasalha depois de uma construção
 E quantas luas de mel trocaram beijos, carinhos
 Dali surgiam filhinhos num calor agasalhados
 De um casebre abençoado da tauba feita do pinho

E até a cama que eu deito que recebo o meus carinhos
 Bons abraços e beijinhos de uma fiel companheira
 Ela é feita da madeira do nosso sagrado pinho
 Do pinho se faz a mesa até quadros de moldura
 Até mesmo a criatura, quando para o coração
 Do pinho faz-se o caixão quando vai pra sepultura

O Pinheiro quanto mais grosso muito mais valor contém
 Não quero ofender ninguém mais numa viola de pinho
 É que canto estes versinhos feitio de um grosso também
 E o senhor, meu cidadão ao ler a minha escritura
 Digo a todas criatura que leiam e aproveitem
 E depois desta respeitem quando falar em grossura”

(Pinheiro Sagrado, Gildo de Freitas, 1979)

APRESENTAÇÃO

Este trabalho é resultado de uma pesquisa realizada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia. Sendo que a presente pesquisa faz parte de uma das frentes de trabalho do Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais (NPFT) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e do Grupo de Pesquisa Uso e Conservação dos Recursos Florestais da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Que, em parceria, e juntamente com o DESMA da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e o Laboratório de Ecologia Humana e Etnobotânica (UFSC), vêm desenvolvendo o Projeto “**Fundamentos para Conservação da Araucaria e Manejo do Pinhão**” financiado pela FAPESC, referente à Chamada da FAPESC FAPESC 009/2009 referente à Seleção Pública de Apoio a Projetos de Pesquisa Científica, Tecnológica e de Inovação em Biodiversidade e inserido na Linha III (Apoio a projetos que visem pesquisas sobre Utilização Sustentável dos Componentes da Biodiversidade). Esse projeto foi concebido com o objetivo de construir uma base sólida de conhecimentos para o estabelecimento de estratégias tanto para o uso dos recursos oferecidos pela *Araucaria angustifolia*, quanto para a conservação das populações da espécie, numa abordagem de conservação pelo uso. Esse projeto buscou estabelecer estudos abordando vários aspectos, principalmente questões de biologia reprodutiva, dispersão e predação de sementes, estrutura populacional, regeneração natural e padrão espacial, variabilidade genética, produção e uso do pinhão, além da domesticação de paisagens e da espécie.

É no contexto desse projeto mais amplo que se encontra a presente dissertação. A mesma situa-se dentro do item que trata de estrutura populacional, regeneração natural e padrão espacial. Procurando contribuir com o tópico de descrição e estrutura das populações de *A. angustifolia* em Santa Catarina, especialmente no que tange à estrutura demográfica das populações de *A. angustifolia* em paisagem de campo e de floresta.

Esta dissertação está estruturada na forma de artigos, portanto traz uma Introdução geral seguida por capítulos na forma de artigos separados, e, por último, um fechamento do conjunto. O Capítulo II que contém a Introdução, os Objetivos e os Sítios de estudo e nele procurou-

se passar uma ideia do contexto histórico em que *A. angustifolia* está situada, trazendo também informações sobre a estratégia de regeneração de *A. angustifolia* e de outras Araucariaceae. Já no Capítulo II é trazido uma comparação da estrutura da população de *A. angustifolia* num sítio em paisagem de campo e uma população de um sítio em paisagem de floresta. Esses dois sítios são comparados em termos de estrutura de tamanhos, padrão espacial, produção estimadas de sementes e produtividade (número de indivíduos que ingressam na população num intervalo de tempo). Em seguida, no Capítulo III, é trazida uma forma de classificação do que seria “campo”, “capão” e “borda” com base em medições de um densiômetro convexo esférico. O método é aplicado na estrutura de tamanhos de *A. angustifolia*. Já o Capítulo IV traz uma investigação sobre o padrão espacial da mortalidade dos estágios iniciais de *A. angustifolia* em um sítio de paisagem florestal. Sendo que são estudados os padrões de mortalidade dependente da distância e da densidade de adultos em 5 coortes de indivíduos. No Capítulo V são apresentadas as considerações finais deste trabalho.

**UCRF**

Programa de Pós-Graduação em Ecologia – UFSC
Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais – UFSC
Uso e Conservação dos Recursos Florestais Grupo de
Pesquisa – UDESC/CAV

RESUMO

A Mata Atlântica continua sendo substituída por outros usos do solo. Sendo que a falta de conhecimentos técnicos é considerado como um dos motivos que contribuem para isso, e atualmente é reconhecido que faltam estudos científicos que subsidiem alternativas tanto para conservação quanto para o manejo dos recursos vegetais nativos. No Sul do Brasil, um recurso vegetal muito importante é proporcionado pela *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Essa espécie produz sementes que constituem um importante produto florestal não-madeireiro. Embora tenha muitos aspectos bem estudados em várias áreas do conhecimento, não existem diretrizes na coleta de sementes que assegurem a permanência da espécie à longo prazo e a manutenção da diversidade existente, bem como faltam estudos básicos, como aqueles que descrevem sua estrutura e dinâmica frente às diferentes condições fitofisionômicas que ocorre ao longo de seu habitat. Com base nestes pressupostos, o objetivo da presente dissertação foi de trazer um estudo biologia populacional de *Araucaria angustifolia*. Os objetivos específicos foram: comparar a estrutura de uma população em paisagem de campo e de floresta com um olhar para o potencial de produção de sementes nas duas paisagens; propor uma forma para classificação da vegetação da paisagem campo, procurando distinguir o que seria campo, capão e borda; investigar como é a formação do padrão espacial de *A. angustifolia* nos estágios iniciais de desenvolvimento verificando a existência de padrões de mortalidade dependentes da densidade ou da distância de adultos em uma situação de floresta conservada e desenvolvida. Foram instaladas duas parcelas completamente mapeadas: uma de 9 ha (300 x 300 m) num sítio inserido numa paisagem onde predominantemente existem campos e a expressão da vegetação nativa é principalmente da forma não florestal e; uma de 5,1 ha (170 x 300 m) num sítio inserido num fragmento florestal onde a expressão da vegetação nativa é principalmente florestal. Foi realizado um censo e todos indivíduos foram mapeados e mensurados: quando o indivíduo possuía altura $< 1,5$ m foi mensurado quanto à altura e; quando o indivíduo possuía altura $\geq 1,5$ m foi mensurado quanto ao Diâmetro à Altura do Peito (DAP). No sítio de floresta foram realizados cinco censos e no sítio de campo foi realizado um censo. Em cada censo foram avaliados o estágio de vida dos indivíduos. Os dados foram então analisados principalmente com estatísticas espaciais e estatísticas descritivas. Como principal resultado foi observado que a população de

floresta tem potencial para produzir mais sementes, mas deixa anualmente menos indivíduos novos do que no campo. Duas formas de classificação do que é campo, capão e borda foram sugeridas, mas necessitam estudos adicionais para testar sua eficácia e significado biológico. A população de *A. angustifolia* como um todo esteve mais associada à fisionomia dos capões do que à de campo. A sobrevivência de indivíduos em estágios iniciais de desenvolvimento apresentou padrões negativamente dependentes da distância de adultos, mas não da densidade de indivíduos da mesma coorte. Tanto o padrão de mortalidade de dependência da distância de adultos, quanto a sua ausência, levaram sempre à redução da agregação das coortes de regeneração. Estes resultados contribuíram para aumentar o conhecimento e entendimento do comportamento de *A. angustifolia*, que constituem aspectos básicos que poderão contribuir na fundamentação de estratégias de conservação e uso da espécie.

Palavras-chave: Regeneração natural. Floresta com Araucárias. Floresta Ombrófila Mista. Cones. Pinhões.

ABSTRACT

The Atlantic Forest continues to be replaced by other land uses. The lack of technical knowledge is considered one of the reasons contributing to the latter, and currently there is a lack of scientific studies that support alternatives both for conservation and for the management of native plant resources. In southern Brazil, a very important plant resource is the *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. This species produces seeds that are an important non-timber forest product. Although many aspects of this species are well studied in various knowledge areas, there are no guidelines for seed collection that ensures the long-term maintenance of the species and the maintenance of the existing diversity. In addition there are a lack of basic studies, such as those that describe the species structure and dynamics within the different phytophysiological conditions occurring along its habitat. Based on these assumptions, the aim of this thesis was to study the population biology of the species *A. angustifolia*. The specific objectives were: to compare the population structure in a field and forest landscape using a perspective of the potential of seed production in the two landscapes; to propose a way to classify the vegetation of the field landscape, in order to distinguish what is considered to be field (absence or small proportion of canopy closure), small forest patches (“capões”) and edge; to investigate the spatial pattern formation of *A. angustifolia* in the early stages of development, verifying patterns of density dependent mortality or distance from adults in conserved and developed forests. Two plots were installed and completely mapped. The first was a 9 ha (300 x 300 m) plot in a landscape where there are predominantly fields, and the expression of the native vegetation is mainly not forest. The second plot is of 5.1 ha (170 x 300 m) in a forest fragment where the expression of the native vegetation is mainly forest. A census was conducted and all individuals were mapped and measured. When the individual possessed a height < 1.5 m only the height was measured and, when the individual possessed a height ≥ 1.5 m the diameter at breast height (dbh) was measured. At the forest location five re-censuses were conducted and at the field site one re-census was conducted. During each re-census the stage of life of each individual was evaluated. The data were analyzed primarily using spatial statistics and descriptive statistics. As a primary result, it was observed that the forest population has a higher potential to produce more seeds, but a smaller offspring than in field site. Two forms of classification for what are fields, small

forest patches (“*capões*”) and edges were suggested, but additional studies are needed in order to test its effectiveness and biological significance. The population of *A. angustifolia* as a whole was more associated to forest physiognomy than the field. The survival of individuals in early stages of development presented patterns negatively dependent on the distance of adults, but not to the density of individuals of the same cohort. Both the mortality pattern of dependence on the distance of adults, as well as its absence, always led to a reduced aggregation of regeneration cohorts. These results contributed to increasing knowledge and understanding of the behavior of *A. angustifolia*, which are basic aspects that can contribute to the conservation strategies and use of the species.

Keywords: Natural regeneration. Araucaria forest. Ombrophyllous mixed forest. Cones. Araucaria nut.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	XIX
LISTA DE TABELAS	XXIII
LISTA DE QUADROS.....	XXV
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	XXVII
CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E ÁREAS DE ESTUDO.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1 <i>A floresta com Araucárias: tendências de mudanças no uso da terra.....</i>	2
1.2 <i>Fundamentos da ecologia e biologia de populações e estratégia de regeneração de coníferas do gênero Araucaria.....</i>	5
1.3 <i>Biologia de populações e estratégia de regeneração de Araucaria angustifolia.....</i>	8
1.4 <i>Caminhos que a ciência pode contribuir com o manejo de recursos nativos.....</i>	10
1.5 <i>Justificativa.....</i>	11
2. OBJETIVOS.....	13
3. ÁREAS DE ESTUDO.....	14
3.1 <i>Reserva de Caçador ou sítio de floresta.....</i>	14
3.1 <i>Coxilha Rica de Lages ou sítio de campo.....</i>	16
4. REFERÊNCIAS.....	17
CAPÍTULO II. DEMOGRAFIA COMPARADA DE ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA ENTRE CAMPO E FLORESTA: POTENCIAIS PARA PRODUÇÃO DE SEMENTES.....	19
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
2.1 <i>Sítios de estudo.....</i>	23
2.2 <i>Obtenção de dados: estrutura da população.....</i>	25
2.3 <i>Obtenção de dados: número de indivíduos que ingressaram e produção estimada de sementes.....</i>	26
2.4 <i>Análise de dados: Estrutura da população e padrão espacial.....</i>	27
2.5 <i>Análise de dados: número de indivíduos que ingressaram e produção estimada de sementes.....</i>	28
3. RESULTADOS.....	29
3.1 <i>Estrutura da população e padrão espacial.....</i>	29
3.2 <i>Indivíduos femininos, número de indivíduos que ingressaram e produção estimada de sementes.....</i>	33
4. DISCUSSÃO.....	35

4.1 Padrão espacial	35
4.2 Distribuição de alturas dos indivíduos pequenos, indivíduos ingressantes e quantidade estimada de sementes.....	36
4.3 Indivíduos grandes: distribuição dos diâmetros	40
4.4 Densidade	41
4.5 Implicações para a coleta de sementes	42
5. REFERÊNCIAS	43
CAPÍTULO III. ESTRUTURA DA POPULAÇÃO DE ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA EM PAISAGEM DE CAMPO SOB DIFERENTES CRITÉRIOS DE DEFINIÇÃO DE CAMPO, CAPÃO E BORDA	
45	
1. INTRODUÇÃO	47
2. MATERIAL E MÉTODOS	49
2.1 Sítio de estudo	49
2.2 Obtenção de dados.....	49
2.3 Análise de dados.....	49
3. RESULTADOS	52
4. DISCUSSÃO	56
4.1 Diferentes métodos para classificação dos elementos da paisagem	57
4.2 A estrutura de <i>Araucaria angustifolia</i> sob diferentes elementos de paisagem.....	57
4.3 Importância de um método objetivo para estudos na paisagem campo.....	59
5. REFERÊNCIAS	60
6. APÊNDICE	60
CAPÍTULO IV. PADRÃO ESPACIAL DA MORTALIDADE DE PLÂNTULAS DE ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA (ARAUCARIACEAE)	
63	
1. INTRODUÇÃO	65
2. MATERIAL E MÉTODOS	68
2.1 Espécie de estudo	68
2.2 Sítio de estudo	68
2.3 Coleta de dados.....	69
2.4 Análise dos dados.....	70
3. RESULTADOS	72
4. DISCUSSÃO	80
4.1 Sobrevivência das coortes de ingressantes	80
4.2 Padrões espaciais da sobrevivência de plântulas: o que poderia explicar os padrões de mortalidade encontrados?.....	82
4.3 Formação do padrão espacial: mortalidade reduziu a agregação dos indivíduos	85

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
6. AGRADECIMENTOS	89
7. REFERENCIAS	89
8. APÊNDICE	89
CAPÍTULO V. CONSIDERAÇÕES FINAIS E REFERÊNCIAS	93
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
6. REFERÊNCIAS	100

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Localização das áreas de estudo no estado de Santa Catarina. Coordenadas situadas na Zona 22J do Sistema de Projeção UTM. Sendo que: a) Reserva Genética Florestal de Caçador onde situa-se o sítio inserido dentro de paisagem predominantemente de floresta e; b) Fazenda Santa Rita da Coxilha Rica de Lages onde situa-se o sítio inserido em paisagem predominantemente de campo. 14
- Figura 2. Representação topográfica da parcela de 5,1 ha (170 x 300 m) da Reserva Genética Florestal de Caçador. Onde: x varia entre 0 e 170 m; y varia entre 0 e 300 m e; z é a variação na elevação do terreno e varia de 3 a 43 m, considerados a partir de um plano arbitrário de referência. 15
- Figura 3. Representação da distribuição da porcentagem estimada de cobertura do dossel na parcela de 9 ha do sítio de campo (esquerda) e na parcela de 5,1 ha no sítio de floresta (direita). A resolução utilizada para a estimativa foi de 10 x 10 m no sítio de campo e foi de 5 x 5 m no sítio de floresta. 24
- Figura 4. Caracterização dos elementos da paisagem inseridos dentro do sítio amostrado (300 m x 300 m) na paisagem onde predomina campo. As áreas foram classificadas de acordo com as regras explicitadas no Capítulo 2. Sendo que o elemento “*campo*” corresponde a uma área com pouca ou nenhuma cobertura do dossel; “*capão*” corresponde a uma área com alta porcentagem de cobertura do dossel e; roçada trata-se de uma área manejada onde a vegetação arbustiva-arbórea é eliminada periodicamente. 25
- Figura 5. Representação da distribuição dos 2823 indivíduos da população de uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) no sítio da paisagem de campo e dos 676 indivíduos em uma parcela de 5,1 ha (170 x 300 m) no sítio da paisagem de floresta. 30
- Figura 6. Análise do padrão espacial de acordo com a função de densidade de vizinhança (NDF) para o sítio da paisagem de campo e para o sítio da paisagem de floresta. O intervalo empírico de confiança foi construído através de 2.000 simulações de completa aleatoriedade espacial com um nível de probabilidade de rejeição de 5%. 30
- Figura 7. Distribuição do diâmetro altura do peito para indivíduos com altura > 1,5 m por hectare. Trata-se de indivíduos de uma população de uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) no sítio da paisagem de campo e de 5,1 ha (170 x 300 m) no sítio da paisagem de floresta no estado de Santa Catarina. 31
- Figura 8. Distribuição de alturas dos indivíduos com altura < 1,5 m. Trata-se de uma população de uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) no sítio da paisagem de

campo e de 5,1 ha (170 x 300 m) no sítio de paisagem de floresta no estado de Santa Catarina.....32

Figura 9. Distribuição da porcentagem de cobertura do dossel de cada subparcela de 10 x 10 m (100 m²) no sítio da paisagem de campo e 5 x 5 m no sítio da paisagem de floresta, estimada a partir de um densiômetro esférico convexo. Note que estão em escalas diferentes.32

Figura 10. Representação da parcela de 9 ha (300 x 300 m) onde cada quadrado representa uma Unidade Amostral (UA) de 10 x 10 m (100 m²). Ao centro de cada quadrado temos a classificação de borda (“b”) e capão (“c”) de acordo com o número de lados de contato, que segue o modelo 3 (“manual”). Quadrados em cinza tem cobertura do dossel $\geq 30\%$ e quadrados em branco tem cobertura do dossel $< 30\%$, portanto considerados como campo. Existe uma UA (*b**) que não foi considerada nas análises porque maior proporção desta UA está em área roçada periodicamente (marcadas pelas linhas tracejadas).51

Figura 11. (*a,b*) Estrutura de diâmetros dos indivíduos grandes (indivíduos com altura $> 1,5$ m) e (*c,d*) estrutura de alturas dos indivíduos pequenos (indivíduos com altura $< 1,5$ m) e (*e*) representação da distribuição da população classificada de acordo com o modelo 1 (modelo duplo). Em (*e*), os pontos pretos representam os indivíduos de *Araucaria angustifolia* na parcela de 9 ha (300 x 300 m) na paisagem de campo. As estruturas *a* e *c*) corresponde ao campo (áreas de cor cinza claro no mapa) e; *b*) e *d*) correspondem ao capão (áreas de cinza no mapa).....54

Figura 12. (*a,b,c*) Estrutura de diâmetros dos indivíduos grandes (indivíduos com altura $> 1,5$ m) e (*d,e,f*) estrutura de alturas dos indivíduos pequenos (indivíduos com altura $< 1,5$ m) e (*g*) mapa da população classificada de acordo com o modelo 2 (modelo estatístico). Portanto as estruturas *a*) e *d*) corresponde a área em cinza claro no mapa; *b*) e *e*) correspondem as áreas de cinza no mapa e; *c*) e *f*) correspondem as áreas em cinza escuro do mapa. Pontos pretos em *g*) representam os indivíduos de *Araucaria angustifolia* em uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) na paisagem de campo.55

Figura 13. (*a,b,c*) Estrutura de diâmetros dos indivíduos grandes (indivíduos com altura $> 1,5$ m) e (*d,e,f*) estrutura de alturas dos indivíduos pequenos (indivíduos com altura $< 1,5$ m) e (*g*) mapa da população classificada de acordo com o modelo 3 (modelo manual). Portanto as estruturas *a*) e *d*) corresponde a área em cinza claro no mapa; *b*) e *e*) correspondem as áreas de cinza no mapa e; *c*) e *f*) correspondem as áreas em cinza escuro do mapa. Pontos pretos em *g*) representam os indivíduos de *Araucaria angustifolia* em uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) na paisagem de campo.56

Figura 14. Representação mostrando a distribuição das diferentes classes de indivíduos de *Araucaria angustifolia* em uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) em paisagem de campo sob pecuária extensiva na Fazenda Santa Rita em Lages,

Santa Catarina. O pontilhado separa regiões onde a vegetação é roçada periodicamente. A cor de cada um dos 900 quadros de 10 x 10 m, representa a cobertura estimada do dossel no centro do quadro. O tamanho do círculo para os três últimos itens da legenda é proporcional ao tamanho do dap, sendo que o dap mínimo é 0,1 m e o máximo 0,63 m. Segundo esta divisão, a população foi composta por 864 indivíduos da classe de plântula, 1.491 juvenil I, 178 juvenil II, 144 imaturo e 146 reprodutivo, totalizando 2.823 indivíduos. 61

Figura 15. Distribuição de tamanhos em toda área (a,c) e apenas na área não roçada (b,d). Onde (a,b) é a estrutura de diâmetros dos indivíduos grandes (indivíduos com altura > 1,5 m) e (c,d) estrutura de alturas dos indivíduos pequenos (indivíduos com altura < 1,5 m) e o (e) mapa da população diferenciando a área roçada da não roçada. No mapa temos os indivíduos de *Araucaria angustifolia* (pontos pretos) em uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) na paisagem de campo. As estruturas (a) e (c) corresponde à estrutura juntando as áreas de roçada e não roçada (áreas de cor branco no mapa). As estruturas (b) e (d) corresponde a apenas as áreas não roçadas (áreas de cor cinza claro). 62

Figura 16. Chuva acumulada na Estação Experimental da Epagri de Caçador (aproximadamente ~4 Km de distância da parcela de estudo). Foi considerado o início da linha de chuva acumulada o mês de fevereiro do ano correspondente e o término foi considerado como o final de janeiro do ano seguinte, uma vez que os levantamentos de campo ocorreram entre janeiro e fevereiro. 70

Figura 17. Representação da distribuição espacial das coortes de ingressantes: (a) 1ª coorte de ingressantes que corresponde aos indivíduos que ingressaram no primeiro censo em 2008; (b) sobreviventes em 2009 da 1ª coorte de ingressantes; (c) sobreviventes em 2010 da 1ª coorte de ingressantes; (d) sobreviventes em 2011 da primeira coorte de ingressantes; (e) sobreviventes em 2012 da primeira coorte de ingressantes; (f) 2ª coorte de ingressantes que se constitui nos indivíduos que ingressaram na população no censo de 2009; (g) sobreviventes em 2010 da 2ª coorte de ingressantes; (h), (i) da mesma forma; (j), (m) e (o) correspondem a 3ª, 4ª e 5ª coorte de ingressantes, e (k), (l) e (n) seus sobreviventes. Cada retângulo representa a área de 5,1 ha (170 x 300 m) em que foi realizado o censo e os cinco censos. 73

Figura 18. Taxas anuais de sobrevivência por tempo que o indivíduo ingressou em uma população natural conservada de *Araucaria angustifolia* sob uma floresta desenvolvida. Trata-se de todas as plântulas avaliadas em 6 censos (5 anos) em uma parcela de 5,1 ha em área de Floresta Ombrófila Mista de Santa Catarina, Brasil. 75

Figura 19. Padrão espacial dos ingressantes ao longo do tempo é o que mostra a função K de Ripley observada (linhas contínuas) quando comparada a um intervalo empírico de confiança construído sob um modelo nulo de completa aleatoriedade espacial (linhas pontilhadas). O modelo nulo foi construído

através de 5.000 simulações de Monte Carlo de pontos em completa aleatoriedade espacial a um nível de significância de 5%. Trata-se de indivíduos de *Araucaria angustifolia* predominantemente no estágio plântula, que ingressaram em cada um dos intervalos de um ano em uma parcela de 5,1 ha na Reserva Genética Florestal de Caçador, Santa Catarina.76

Figura 20. Teste de mortalidade dependente da densidade. O padrão espacial de indivíduos sobreviventes (linhas contínuas) comparados contra um intervalo empírico de confiança (linhas pontilhadas) construído por simulações de desbaste aleatório de indivíduos. Os intervalos foram construídos por meio de 1.000 iterações em que os indivíduos eram aleatoriamente mortos na mesma proporção que a observada. O nível de significância utilizado foi de 5%. Indivíduos ingressantes de cada período em população natural conservada de *Araucaria angustifolia* na Reserva Genética Florestal de Caçador, Santa Catarina.79

Figura 21. Cobertura do dossel na quadrícula correspondente a cada indivíduo ingressante. Estão incluídos os indivíduos ingressantes de 2008, 2009, 2010, 2011 e 2012.89

Figura 22. Distribuição de pinhas verdes derrubadas no chão registradas em fevereiro dos anos de 2008 a 2012 (×) e de todos os indivíduos que ingressaram na parcela (pontos pretos) de 5,1 ha (170 x 300 m) entre os levantamentos de fevereiro de 2007 à fevereiro de 2012. Os círculos em cinza são os indivíduos femininos e o tamanho do círculo é proporcional ao diâmetro à altura do peito. As linhas representam as curvas de nível do terreno, sendo que os valores representam as cotas de cada curva de nível com base em plano arbitrário de referência. Trata-se de uma população conservada de *Araucaria angustifolia* na Reserva Genética Florestal de Caçador, Santa Catarina.90

Figura 23. Distribuição dos indivíduos femininos, indivíduos que ingressaram na parcela de 5,1 ha (170 x 300 m) entre os levantamentos de fevereiro de 2007 à fevereiro de 2012. O tamanho do símbolo do indivíduo feminino é proporcional ao diâmetro à altura do peito. Sendo a quadrícula ao fundo representa a porcentagem estimada de cobertura do dossel. Trata-se de uma população conservada de *Araucaria angustifolia* na Reserva Genética Florestal de Caçador, Santa Catarina.91

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Espécies de *Araucaria* com a respectiva categoria de ameaça e tendência populacional. 6
- Tabela 2. Comparação de descritores de abundância (dentro dos parênteses a densidade), área basal e de número de indivíduos femininos, indivíduos ingressantes, número estimado de estróbilos e de sementes em duas populações de *Araucaria angustifolia*, uma no sítio de paisagem de campo e outra no sítio de paisagem de floresta. O número estimado de estróbilos femininos e de sementes foram feitos para cada sítio com base em reamostragens. 33
- Tabela 3. Densidade de indivíduos femininos, total de reprodutivos (femininos + masculinos), total de indivíduos com altura < 1,5 m e indivíduos com altura \geq 1,5 m (incluindo os reprodutivos) de uma população de *Araucaria angustifolia* para três diferentes divisões da paisagem de campo. A população consiste em todos os indivíduos dentro de uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) na Coxilha Rica de Lages, SC. Dos quais 2,64 ha não foram considerados pois são áreas com manejo de roçada. 53
- Tabela 4. Proporção de sobreviventes e abundância em 5,1 ha (entre parênteses) de cada grupo de ingressantes em cada ano (linhas). 74
- Tabela 5. Síntese das análises do K de Ripley contra um intervalo empírico de confiança construído através da distribuição independente das marcas (vivos e mortos) sobre os indivíduos ingressantes para testar a dependência da distância de uma árvore focal (fêmea, macho e > 0,3 m de diâmetro altura do peito), por ano de ingresso. A significância foi obtida por 2000 simulações de Monte Carlo a um nível de significância 5%. 77

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1. Números por hectare de indivíduos femininos, pinhas, sementes e ingressantes de *Araucaria angustifolia* em um sítio na paisagem de campo e um sítio na paisagem de Floresta. As figuras são proporcionais à quantidade observada (no caso de indivíduos femininos e indivíduos ingressantes) e estimada (no caso de sementes e pinhas) de elementos por hectare, sendo que à esquerda estão os valores do sítio de campo e à esquerda os valores do sítio de floresta (Desenhos: Alex Zechini). 34
- Quadro 2. Modelo ilustrativo sobre o desenvolvimento de *Araucaria angustifolia* nos estágios iniciais de desenvolvimento: semente no chão (A); plântula (B e C) e; juvenil (D). Trata-se de uma síntese de resultados sobre o padrão espacial e influência da luz em processos. Esses resultados foram obtidos no presente trabalho e em trabalhos já publicados sobre *A. angustifolia* nos estágios iniciais de desenvolvimento. ¹Presente dissertação; ² Mantovani, Morellato e Reis (2004); ³Löwe e Dillenburg (2011); ⁴Duarte e Dillenburg (2000); ⁵Duarte, Dillenburg e Rosa (2002). 99

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AB	Área basal
AP	Antes do presente
CAV	Centro de Ciências Agroveterinárias
DAP	Diâmetro à Altura do Peito
DAS	Diâmetro à Altura do Solo
DESMA	Núcleo de Estudos em Desenvolvimento Rural Sustentável e Mata Atlântica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.
FAPESC	Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina
FAPEU	Fundação de Amparo A Pesquisa e Extensão Universitária
FOM	Floresta Ombrófila Mista
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
NPFT	Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais
PFNM	Produto Florestal Não Madeireiro
SC	Santa Catarina
UA	Unidade Amostral
UCRF	Grupo de Pesquisa Uso e Conservação dos Recursos Florestais
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E ÁREAS DE ESTUDO



PLÂNTULA DE *Araucaria angustifolia* NO SÍTIO DE CAMPO, SITUADO NA COXILHA RICA DO MUNICÍPIO DE LAGES, SC, BRASIL;

1. INTRODUÇÃO

1.1 A floresta com Araucárias: tendências de mudanças no uso da terra

A vegetação do Sul do Brasil compreende vegetação florestal e também vegetação denominada não-florestal, que podem ser divididas em várias regiões fitoecológicas (ou fitogeográficas) (LEITE; KLEIN, 1990). Segundo a mesma classificação, em Santa Catarina, podem ser encontradas a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Decidual, Região de Savana e Área de Formação Pioneira Marinha e Fluvio Marinha (LEITE; KLEIN, 1990). Toda a vegetação de Santa Catarina é inserida dentro dos limites do Bioma Mata Atlântica. A Floresta Ombrófila Mista (FOM) também chamada de mata preta, ou Floresta de Araucária, ou ainda Floresta com Araucárias, ocorre principalmente nos três estados do Sul do Brasil, mas se estende até o sul de Minas Gerais de forma esparsa e também com uma porção de floresta em território argentino.

A Floresta com Araucárias é marcada pela presença e dominância de *Araucaria angustifolia*, que nela imprime um aspecto fitofisionômico muito característico. Além de dominar o estrato superior, esta espécie geralmente está entre os maiores valores de ocupação (área basal) da floresta (LINGNER et al., 2007; SONEGO; BACKES; SOUZA, 2007; HERRERA et al., 2009). Ao longo de sua região de ocorrência esta espécie recebe popularmente os nomes de pinheiro-brasileiro, pinheiro-do-paraná, pinho, araucária, pinheiro nativo, entre outros. Trata-se de uma gimnosperma, dióica, polinizada pelo vento e que tem atributos que a fizeram um importante elemento social e cultural da história dos povos que habitavam a sua região de ocorrência. Nos próximos parágrafos será trazida uma breve descrição da história da floresta com Araucárias citando algumas mudanças principais que ocorreram e que provavelmente afetaram a estrutura das populações do pinheiro-brasileiro. Para conhecer mais sobre a história dessa floresta em uma leitura muito rica e valiosa, pode-se consultar Carvalho (2010).

Quando olha-se para uma floresta na paisagem, logo temos uma impressão de que se trata de uma floresta intacta, em equilíbrio, que se encontra ali há muito tempo, e recentemente “abalada” pela intensa atividade antrópica, como a expansão das cidades, das fronteiras agrícolas e da exploração madeireira. Contudo, a ocupação humana nas

florestas da América do Sul inicia antes, há aproximadamente 11.000 anos antes do presente (DEAN, 1996). Estimativas sugerem que antes da chegada dos povos europeus, a população indígena na América do Sul estava em torno de 6,5 a 10,0 milhões de habitantes (DENEVAN, 1992). Como esses povos utilizavam o fogo como uma ferramenta para o manejo da floresta (BOWMAN et al., 2009; CLEMENT; JUNQUEIRA, 2010), possivelmente esses habitantes provocaram severas modificações na estrutura da floresta, e em todas as florestas: Floresta Amazônica, Floresta Atlântica, e assim por diante. E a floresta com Araucárias, que durante a última glaciação permanecia restrita principalmente a lugares mais protegidos como vales e locais com mais umidade, teve sua ocorrência aumentada com as mudanças do fim da glaciação: novamente pode recobrir as áreas de campo, que até então eram extensos. Behling et al. (2004) estimaram que a grande expansão da floresta sobre os campos aconteceu entre 850 e 1350 anos A.P., e aconteceu provavelmente devido às mudanças nas condições climáticas. Mas possivelmente a expansão das florestas de Araucária sobre o campo também foi favorecida pela ação do homem, como é sugerido por Bitencourt e Krauspenhar (2006) e Reis e Ladio (2012). Estes autores discutem uma expansão da *A. angustifolia* posterior à ocupação humana da região da Araucária por povos caçadores coletores definidos como Tradição Taquara/Itararé (a aproximadamente 2.000 A.P.).

Até o período de 1870 é indicado que as florestas com Araucárias cobriam uma área muito próxima daquela área registrada como a área original (da América pré-colombiana), sendo que a população humana nessa região era esparsa e com cerca de 182 mil habitantes de acordo com o recenseamento de 1872 (CARVALHO, 2010). Em seguida inicia-se um processo em que, segundo Carvalho (2010), podemos destacar três principais fases em que três principais atividades marcaram o desmatamento: a produção de lenha, a indústria madeira e por fim a expansão das atividades agropecuárias, eliminando a cobertura florestal quando substituiu o uso da terra. A primeira fase do processo que aconteceu entre 1870 e 1910 é marcada pela presença de várias serrarias pequenas e com baixa tecnologia. Em seguida, inicia-se a principal fase da exploração madeireira com um aperfeiçoamento nas técnicas empregadas, e segue até aproximadamente 1940. Então começa a fase de esgotamento dos pinhais de várias regiões que se estende até aproximadamente 1970. Logo inicia a etapa de revolução verde e expansão das fronteiras agrícolas acabando de vez com a cobertura florestal que até então ainda permanecia. Essa exploração

predominantemente de *A. angustifolia* fez com que a madeira alcançasse o 4º lugar na pauta dos produtos brasileiros de exportação na década de 60 (REITZ; KLEIN; REIS, 1978). E *A. angustifolia* foi a árvore mais importante da economia até a década de 1970, quando as florestas nativas foram esgotadas (CARVALHO, 2010).

Mais recentemente, com a revolução tecnológica do século XXI, surgem informações mais precisas sobre a distribuição da floresta. Através de sensoriamento remoto, um levantamento conduzido entre os anos de 2000 e 2005 (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INPE, 2008; RIBEIRO et al., 2009) mostra que a floresta com Araucárias continuou sendo desmatada até este período e atingiu níveis de aproximadamente 12,6% da área original. Mais recentemente a deflorestação foi drasticamente reduzida. Por exemplo, para a vegetação do estado de Santa Catarina (que inclui as três tipologias florestais: Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila Densa e FOM), a cobertura florestal era de 22,71% da extensão territorial em 2005 e passou para 22,43% em 2008 (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INPE, 2009). Já entre os anos de 2008 e 2010 a cobertura florestal do Estado passou de 22,14% para 22,10% (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INPE, 2011). Estes dados demonstram que o desmatamento tem caído bastante em relação à períodos anteriores.

Contudo, as florestas continuam a ceder lugar para outros usos da terra (SIMINSKI; FANTINI, 2010; SOMMER; SALDANHA, 2012). Siminski e Fantini (2010) estudaram as florestas do estado de Santa Catarina e trouxeram considerações sobre fatores que favorecem a substituição do uso da terra de floresta nativa por outros usos. Mesmo que os proprietários rurais com florestas tenham motivação para o uso da floresta, a política florestal e os rendimentos econômicos estimulam a conversão da floresta para outros usos. Além disso, há um desconhecimento dos ecossistemas por parte dos profissionais que trabalham diretamente com a questão (SIMINSKI; FANTINI, 2010). E por fim, a falta de conhecimentos técnicos sobre a floresta e vegetação da Mata Atlântica que reflete no desconhecimento das oportunidades de aproveitamento do potencial de remanescentes florestais, que poderiam gerar serviços e produtos, que conseqüentemente e continuamente contribuem para o reconhecimento de que a floresta não tem valor econômico (SIMINSKI; FANTINI, 2010). Por isso são importantes os estudos que procurem fundamentos técnicos para viabilização do potencial de produção de bens de recursos nativos.

1.2 Fundamentos da ecologia e biologia de populações e estratégia de regeneração de coníferas do gênero *Araucaria*

As interações que determinam a abundância e distribuição dos organismos compõem foco de estudo da ecologia (KREBS, 1972). Na ecologia de populações, o entendimento de quais tipos de fatores têm um efeito primário sobre as populações é algo que historicamente tem motivado os pesquisadores (STILING, 1999). Uma das ferramentas mais importantes dentro do campo da ecologia de populações é a construção de tabelas de vida, ato que recebe o nome de demografia (STILING, 1999). Tabelas de vida permitem conhecer taxas de vida por idade, e quando são conhecidas as capacidades de fertilidade por idade, pode-se levar a estimativas acuradas sobre o crescimento da população (STILING, 1999). O conhecimento se uma espécie está crescendo ou diminuindo em termos de número de indivíduos é importante para conhecer se existe viabilidade de uso ou não de uma espécie (MILNER-GULLAND; ROWCLIFFE, 2007). Uma vez que muito do comportamento reprodutivo de plantas perenes aparenta ser mais específico por tamanho do que por idade, e previsões sobre o futuro da população são melhores se utilizada a distribuição de tamanhos de indivíduos do que a distribuição de idades (HARPER, 1977). Portanto, a distribuição de tamanhos de uma população pode ser utilizada como um indicativo sobre tendências populacionais (FEELEY et al., 2007; SOUZA, 2009), embora não tenham sido encontrado respostas diretas sobre tendências populacionais com base na estrutura de tamanhos em plantas do cerrado à curto prazo (VIRILLO et al., 2011).

Outro aspecto importante estudado pela biologia de populações é a regeneração. Termo que tem sido muito utilizado em estudos em nível de população e com significado sobre a maneira como uma população se mantém ao longo do tempo numa extensão espacial considerada (ex.: PANDEY; SHUKLA, 2001; MOU et al., 2005). Nos próximos parágrafos, seguem informações sobre a regeneração de algumas Araucariaceae.

A família Araucariaceae é composta por três gêneros: *Wollemia*, *Araucaria* e *Agathis*. *Wollemia* é representado por apenas uma espécie, *Agathis* é representado por 13 e *Araucaria* possui 19 espécies (Tabela 1). A maioria das espécies está concentrada na Nova Caledônia, com representantes também na Nova Zelândia, Austrália, Indonésia, Papua Nova Guiné e duas espécies ocorrem na América do Sul: *Araucaria araucana* e *Araucaria angustifolia* (KERSHAW; WAGSTAFF, 2001; DUTRA; STRANZ, 2009). Os dois gêneros, *Agathis* e *Araucaria*, tem

árvores de grande porte. Algumas Araucariaceae são consideradas como em perigo de extinção (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies de *Araucaria* com a respectiva categoria de ameaça e tendência populacional.

Espécie	Categoria de ameaça	Tendência populacional
<i>Araucaria angustifolia</i> (Parana Pine)	em perigo crítico	desconhecido
<i>Araucaria nemorosa</i>	em perigo crítico	diminuindo
<i>Araucaria rulei</i>	em perigo	diminuindo
<i>Araucaria muelleri</i>	em perigo	diminuindo
<i>Araucaria luxurians</i> (Sapin de Noël)	em perigo	diminuindo
<i>Araucaria humboldtensis</i>	em perigo	diminuindo
<i>Araucaria scopulorum</i>	em perigo	diminuindo
<i>Araucaria subulata</i>	vulnerável	estável
<i>Araucaria montana</i>	vulnerável	diminuindo
<i>Araucaria araucana</i> (Monkey Puzzle)	vulnerável	necessita reavaliação
<i>Araucaria biramulata</i>	vulnerável	diminuindo
<i>Araucaria bernieri</i>	vulnerável	diminuindo
<i>Araucaria heterophylla</i> (Norfolk Island Pine)	vulnerável	aumentando
<i>Araucaria schmidii</i>	vulnerável	estável
<i>Araucaria hunsteinii</i> (Klinki Pine)	quase ameaçado	necessita reavaliação
<i>Araucaria laubenfelsii</i> (Ouaoué)	quase ameaçado	estável
<i>Araucaria bidwillii</i> (Bunya Pine)	pouco preocupante	estável
<i>Araucaria columnaris</i> (Cook's Pine)	pouco preocupante	estável
<i>Araucaria cunninghamii</i> (Hoop Pine)	pouco preocupante	desconhecido

FONTE: IUCN (2012)

Sendo que algumas espécies dessa família serviram como modelo de estudo de padrões de regeneração ou tem algumas características de ocorrência semelhante às de *A. angustifolia*. Uma delas é a *Agathis australis*. Ogden (1985) traz um modelo de regeneração e sugere que o modelo é válido também para outras coníferas da Nova Zelândia, sendo que Ogden (1985) estudou a regeneração de *Agathis australis* (chamada de kauri), uma espécie dominante do dossel. Esse modelo sugere que populações jovens estão em locais com incêndios recentes e de larga escala. Este modelo, que também é chamado de modelo losango, sugere que a biomassa segue o padrão de um losango ao longo do tempo. O modelo tem quatro fases principais: a) uma fase de recrutamento, em que plântulas são recrutadas e a biomassa aumenta; b) uma fase de desbaste na qual a densidade da população declina, mas a biomassa total permanece constante (ou aumenta); c) uma fase senescente onde a biomassa diminui e; d) fase marcada pela presença de plântulas da segunda coorte, que podem estar presentes mesmo na fase de máxima biomassa, mas que não iniciam seu recrutamento até a primeira coorte entrar em uma fase senil. Desta forma, uma coorte (graficamente representada por um losango) vai sendo substituída por outra de forma sucessiva. Portanto, de acordo com este modelo, a soma das áreas basais permanece constante ao longo de milênios, ao passo que diferentes coortes vão ingressando e morrendo na população. O modelo assume que toda biomassa perdida é substituída por nova biomassa equivalente. E se caracteriza pela flutuação no número de indivíduos, mas equilíbrio na área basal (ENRIGHT; OGDEN; RIGG, 1999). Além disso, *A. australis* não é a primeira espécie que ocupa o sítio após um distúrbio e pode ser classificada como uma **pioneira longeva** (OGDEN; STEWART, 1995).

Das matrizes de projeção feitas para Araucariaceae pode-se citar aquela feita por Enright e Watson (1991) para *Araucaria cunninghamii*. Os autores mostraram que a população não está em declínio, pois não apresentou diferenças significativas de $\lambda = 1$, o que sugere que a população esteja estável. Outro estudo que também avaliou a taxa finita de crescimento populacional, encontrou estabilidade tanto para *A. cunninghamii* quanto para *A. hunsteinii* (ENRIGHT, 1982).

Uma Araucariaceae em condições semelhantes de ocorrência da *A. angustifolia* é a *Agathis ovata*. Esta espécie ocorre como árvore emergente em campos de arbustos (em inglês “*shrubland*” ou “*maquis*”) e também como emergente de copas (até 25 m) em florestas chuvosas fechadas dominadas por angiospermas na Nova Caledônia (ENRIGHT;

MILLER; PERRY, 2003). Estes autores sugerem que *A. ovata* tem grande tolerância à luz e à umidade, sendo hábil em regenerar tanto na região sem composição florestal como na região de floresta. Um menor crescimento na região não florestal foi interpretado como um ambiente mais estressante ou limitante para *A. ovata* do que a floresta. Ainda segundo Enright, Ogden e Rigg (1999) *A. ovata* pode apresentar alta longevidade, e por isso *A. ovata* não precisará lançar muitos ingressantes para manter a espécie ao longo do tempo (para regeneração da população).

Já para a representante neotropical *Araucaria araucana*, estudos sugerem que essa espécie necessita de distúrbios de grande escala, como Veblen (1982) chamou de “regeneração controlada por catástrofes”. Neste ciclo de regeneração existiria uma quebra da copa onde a regeneração se estabeleceria, seguido de um rápido crescimento da regeneração e, por fim, um crescimento até o nível máximo de área basal com longo período de estagnação. Além disso, é sugerido que *A. araucana* é bem adaptada a ambientes mais estressantes. Outro estudo sobre *A. araucana*, avaliando o impacto do gado na regeneração é o estudo de Zamorano-Elgueta et al. (2012). Ele encontrou que o gado aumenta a proporção de regenerantes de *A. araucana* reproduzidos assexuadamente frente aos reproduzidos sexuadamente. Isso tem implicações para a persistências das populações à longo prazo.

1.3 Biologia de populações e estratégia de regeneração de *Araucaria angustifolia*

Araucaria angustifolia segue o modelo de regeneração estruturado em coortes (SOUZA et al., 2008) estabelecido inicialmente para a kauri (*Agathis australis*) (OGDEN; STEWART, 1995). Esse modelo é caracterizado pelo fato que a manutenção da população ocorre de forma episódica ao contrário de uma manutenção constante de indivíduos regenerantes como seria esperado se fosse uma espécie climática (ENRIGHT; OGDEN; RIGG, 1999).

Existem indicações mais antigas para *A. angustifolia*, que dentro da área de ocorrência algumas composições da comunidade florestal já não permitem mais a regeneração da espécie na floresta (KLEIN, 1985). Sendo que Klein (1985) considera como o “core mais evoluído”, aquele em que o subosque é formado pela imbuia. Segundo Klein (1985) nas florestas com subosque formado pela imbuia, as Myrtaceae e as espécies andinas já estão ausentes e “o próprio pinheiro não se regenera mais neste tipo de ambiente”.

Trabalhos que estudam os estágios iniciais de desenvolvimento da FOM em geral encontram um pequeno número de indivíduos de *A. angustifolia* frente às outras espécies da floresta (CALDATO et al., 1996; NARVAES; BRENA; LONGHI, 2005; KANIESKI et al., 2012), e justificam a necessidade de intervenções para aumentar os indivíduos em estágio inicial de *A. angustifolia*. Cabe lembrar que Enright, Miller e Perry (2003) estudando *Agathis ovata*, sugere que a população mesmo com poucos números de indivíduos na regeneração natural, pode mesmo assim garantir a manutenção da população, uma vez que se trata de uma espécie longeva. Além disso, altas taxas de crescimento de uma espécie frente às outras espécies pode garantir que mesmo com poucos indivíduos a espécie se regenere (FEELEY et al., 2007). Pois, mesmo com altas densidades de indivíduos pequenos, a mortalidade dependente da densidade pode ser aumentada e pode ser que menos indivíduos atinjam a fase adulta do que quando os indivíduos pequenos estão em baixas densidades (FEELEY et al., 2007).

Outra questão importante é o tamanho das unidades amostrais frequentemente utilizado, frente ao padrão espacial dos indivíduos. Paludo et al. (2009) mostraram que quando é amostrada uma grande área, aparecem indivíduos de pequenos tamanhos (por exemplo, indivíduos com altura inferior a 1,5 m de altura) mesmo numa paisagem de floresta. Enquanto estudos dos indivíduos em estágios iniciais de desenvolvimento em florestas utilizaram parcelas pequenas e não encontraram estes indivíduos de pequeno tamanho de *A. angustifolia* (CALDATO et al., 1996; NEGRELLE; LEUCHTENBERGER, 2001; NARVAES; BRENA; LONGHI, 2005). Uma outra justificativa para a ausência de indivíduos pequenos em trabalhos com *A. angustifolia*, pode ser aquela descrita por Crawley (1990) para outras espécies, que quando o pesquisador escolhe uma parcela, ele procura um local com a presença de indivíduos velhos, e muitas vezes áreas com indivíduos novos ou as áreas que a espécie irá colonizar não são amostradas.

O gado é algo que também poderia interferir na estrutura das populações como ocorre para *A. araucana* (ZAMORANO-ELGUETA et al., 2012). Contudo, o que se tem até então é que não existe um padrão claro de resposta da estrutura de *A. angustifolia* em respeito ao pastoreio (SAMPAIO; GUARINO, 2007).

1.4 Caminhos que a ciência pode contribuir com o manejo de recursos nativos

Estudos científicos de ecologia e biologia podem contribuir com o manejo dos recursos nativos. Existem caminhos já estabelecidos de ligação entre os estudos de biologia e ecologia e o manejo de recursos nativos (FANTINI et al., 1992; REIS et al., 2000). Modificando parte das ideias contidas em Reis e colaboradores (2000), para o presente trabalho foram estabelecidas cinco maneiras de como os estudos científicos podem providenciar informações que podem contribuir com o planejamento e execução de atividades de manejo dos recursos nativos. Citando como exemplo o caso de *A. angustifolia*, então os estudos podem contribuir:

- (i) ao estabelecer quais recursos tem potencial de utilização. Tal como estabelecer quais espécies de uma floresta, quais indivíduos de uma população ou qual órgão da planta tem potencial de utilização futura. Um exemplo em Corandin, Siminski e Reis (2011);
- (ii) ao estimar a oferta de um recurso em condições naturais:
 - a. por exemplo, ao indicar quantas sementes um indivíduo de *A. angustifolia* pode produzir e o que pode fazer variar a produção, como por exemplo Mantovani, Morellato e Reis (2004) ao estabelecer que o tamanho do indivíduo de *A. angustifolia* está associado à quantidade produzida de sementes e informa a quantidade de sementes que pode ser produzida por indivíduo;
 - b. em uma escala temporal maior, ao estabelecer qual o tempo necessário para um indivíduo iniciar a produção de sementes, considerando desde a sua germinação até a produção dos sementes (Ex.: PALUDO et al., submetido). E também numa escala mais restrita, por exemplo, quanto tempo leva desde a emissão da estrutura reprodutiva e a maturação da semente (ex.: MANTOVANI; MORELLATO; REIS, 2004);
 - c. e também ao trazer informações acuradas de distribuição e abundância (ex.: CIELO-FILHO; GNERI; MARTINS, 2001), o que possibilita conhecer quantos indivíduos habitam uma floresta com um erro amostral associado. Neste mesmo argumento também pode ser citado o padrão espacial;

- (iii) ao trazer caminhos para melhorias ou para a modificação do estado natural. Sendo que aqui entram uma ampla gama de estudos, como por exemplo o melhoramento genético e a busca por melhores progênies e procedências (SHIMIZU, 1999; DUARTE et al., 2012);
- (iv) ao contribuir com bases demográficas e genéticas para que o uso do recurso não seja destrutivo a ponto de trazer danos irreperáveis como perda de variabilidade genética e extinções locais.
- (v) ao oferecer subsídios científicos para o estabelecimento de políticas de incentivo de uso do recursos nativos.

1.5 Justificativa

A coleta de sementes de *A. angustifolia* incide sobre grande parte das áreas remanescentes, sendo que praticamente não existem ou são raros sítios próprios para a coleta de sementes. Dentro da família Araucariaceae, apenas duas espécies são nativas de países situados na América do Sul: *A. araucana* e *A. angustifolia*. Estas duas espécies produzem pinhões com alto teor de amido e com grande importância social e cultural (REIS; LADIO, 2012). Para se ter um comparativo, de todos os 179.000 ha remanescentes da floresta com *A. araucana* em território argentino, 35% (63.000 ha) situa-se dentro do Parque Nacional Lánin (SANGUINETTI, 2008) e uma considerável porção desta área é privada da coleta de sementes. Já para *A. angustifolia* tem-se que a floresta remanescente tem 3,2 milhões de ha, e destes apenas 3,1% (98.121 ha) são legalmente protegidos (RIBEIRO et al., 2009). Além disso, esses 3,1% nem sempre estão livres da coleta das sementes pelo homem. Este é um quadro que necessita de atenção.

Ainda, há carência de estudos de produtividade de pinhão frente à grande extensão territorial em que os fragmentos remanescentes com floresta com Araucárias estão distribuídos. Nos trabalhos do Projeto Geral “Fundamentos para Conservação da Araucária e Manejo do Pinhão” as estimativas de produção de sementes foram baseadas em indivíduos como a unidade amostral, portanto justifica-se o conhecimento dos padrões de ocupação dos indivíduos nos sítios de estudo (padrão espacial, densidade e área basal) para se ter estimativas de produção de sementes por hectare. Isto confere mais uma justificativa para a execução do presente estudo. Além disso, existe uma falta de estudos de abundância e padrão espacial nas diferentes paisagens em

que a espécie ocorre naturalmente. Também não são bem conhecidos os locais com maior potencial para a produção de sementes, frente à capacidade de produção de sementes e a quantidade de indivíduos que ingressa na população.

Além disso, trabalhos mais descritivos e observacionais, como aqueles da segunda metade do século XX, quando trazem informações ou medições de uma variável, frequentemente citam apenas o maior e o menor valor encontrado. Não trazem a distribuição da variável de interesse, elemento que tem maior capacidade de informação. Por exemplo, Reitz e Klein (1966) trazem que o número de sementes por estróbilo feminino varia de 10 a 150. Contudo, informar como estão distribuídos os valores encontrados consiste numa informação muito mais poderosa, pois pode dar uma previsão de quais quantidades de sementes tem maior frequência, o que aumenta a capacidade de antecipar o conhecimento (ou em outras palavras, fazer uma previsão) da quantidade de sementes que poderá ser encontrada. Estes trabalhos foram importantes e todos tem seu mérito, contudo, é preciso que em novos trabalhos as características quantitativas recebam tratamento e descrição estatística adequada, para melhorar a possibilidade de previsões acerca do comportamento da mesma.

Além disso, como decisões de manejo dependem das peculiaridades de um sítio (MCPHERSON; DESTEFANO, 2003), por isso é necessário conhecer as especificidades dos sítios. *Araucaria angustifolia* ocorre em duas principais formas de vegetação, uma predominantemente florestal e outra não-florestal. Existem diferenças estruturais entre as populações, informalmente atribuídas, pois não existe um trabalho que demonstre detalhadamente as diferenças estruturais. Neste sentido faltam informações sobre como a população se distribui na paisagem de campo. Até o momento, os autores do presente trabalho não tem conhecimento de um método objetivo para classificar o que é campo e ou capão.

Adicionalmente, de acordo com o modelo losango (SOUZA et al., 2008) *A. angustifolia* não se regeneraria em pequenas clareiras ou no interior da floresta madura. Sobre esta questão algumas questões podem ser levantadas: é a falta de habilidade competitiva e *A. angustifolia* morre por não conseguir competir com folhosas mais adaptadas? É algum processo relacionado com a predação ou dispersão de sementes? É a falta de luz que limita o desenvolvimento? É algum patógeno que impede? É um fator o responsável por isso? Ou são vários pequenos fatores ao longo do desenvolvimento? Contudo, ainda não é bem

conhecido como se dá o desenvolvimento da regeneração natural em florestas bem desenvolvidas, quanto à quantidade, ao padrão espacial e necessidade da luz.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral da presente dissertação foi de analisar a estrutura de populações de *Araucaria angustifolia*, trazendo informações de ocupação e abundância, que tem implicação direta no potencial de produção de pinhões, explorando o contexto das duas paisagem contrastantes que *A. angustifolia* habita. Também foi objetivo deste trabalho trazer bases para o entendimento da organização espacial da população de *A. angustifolia* no início do desenvolvimento da população.

No **Capítulo II** objetivou-se descrever e comparar os padrões demográficos entre uma população situada numa paisagem onde a expressão natural da vegetal é principalmente da forma não-florestal ou campestre e uma população situada em paisagem onde a expressão natural da vegetação é da forma florestal, discutindo os principais processos responsáveis pela estrutura encontrada. Sendo que o capítulo foi conduzido sob um olhar para o potencial de manejo da espécie para a produção de pinhão nos dois ambientes.

No **Capítulo III** objetivou-se descrever os padrões de ocupação ao nível local de uma população de *A. angustifolia* distribuída dentro da paisagem numa região de campos. Também foi objetivo descrever um modelo objetivo para classificação do que pode ser entendido por campo, capão e borda.

No **Capítulo IV** objetivou-se investigar como é a formação do padrão espacial nos estágios iniciais *A. angustifolia* de uma população sob floresta desenvolvida. Foi objetivo também testar se a mortalidade de indivíduos nos estágios iniciais mostra padrões de dependência da densidade de indivíduos intracoorte ou padrões de dependência da distância de adultos. Também foi investigado o que está relacionado com a mortalidade de plântulas a partir dos padrões espaciais observados ao longo do tempo e do espaço. Com isso, contribuir com o conhecimento do comportamento da regeneração natural de *A. angustifolia* sob a floresta.

3. ÁREAS DE ESTUDO

Foram utilizadas duas áreas de estudo, a Reserva Genética Floresta de Caçador, município de Caçador do Planalto Norte catarinense e a Fazenda Santa Rita situada na localidade da Coxilha Rica do município de Lages no Planalto Sul Catarinense (Figura 1). Nos dois locais são desenvolvidos vários trabalhos do NPFT e do UCRF. Nos dois casos foram instaladas uma parcela grande que recebe acompanhamento permanente.

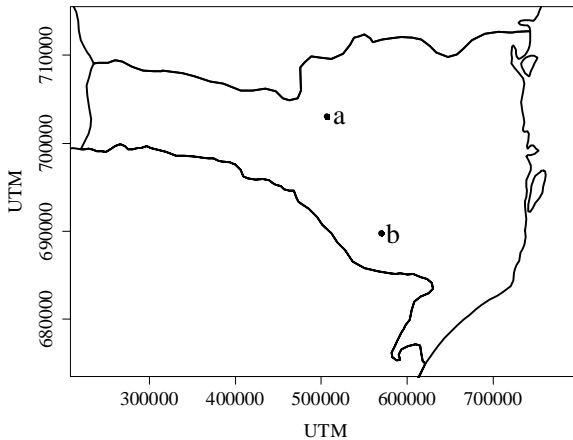


Figura 1. Localização das áreas de estudo no estado de Santa Catarina. Coordenadas situadas na Zona 22J do Sistema de Projeção UTM. Sendo que: a) Reserva Genética Florestal de Caçador onde se situa o sítio inserido dentro de paisagem predominantemente de floresta e; b) Fazenda Santa Rita da Coxilha Rica de Lages onde se situa o sítio inserido em paisagem predominantemente de campo.

3.1 Reserva de Caçador ou sítio de floresta

A Reserva de Caçador, como passarei a chamar, é o sítio de estudo situado em uma paisagem onde existe o predomínio da floresta. A Reserva de Caçador está localizada próximo às coordenadas 26° 51' Sul e 50° 56' ao Oeste de Greenwich, e compreende altitudes de 900 a 1.104 m a.n.m. De acordo com Kurasz et al. (2008) o fragmento florestal tem uma área de 1.157,48 ha, e representa um dos maiores remanescentes contínuos com vegetação característica da Floresta Ombrófila Mista no Estado. A área foi declarada como pública em 1948

(Decreto 25.407), escapando da exploração madeireira provavelmente desde esta época. Se existiu corte seletivo, provavelmente este foi há mais de 80 anos. Esta floresta é considerada como mata secundária em avançado estado de sucessão/mata primária.

Em 2005 foi instalada uma parcela de 5,1 ha (170 x 300 m), a qual segue com acompanhamentos anuais de demografia. Uma representação topográfica da área estudada (5,1 ha) está representada na Figura 2.

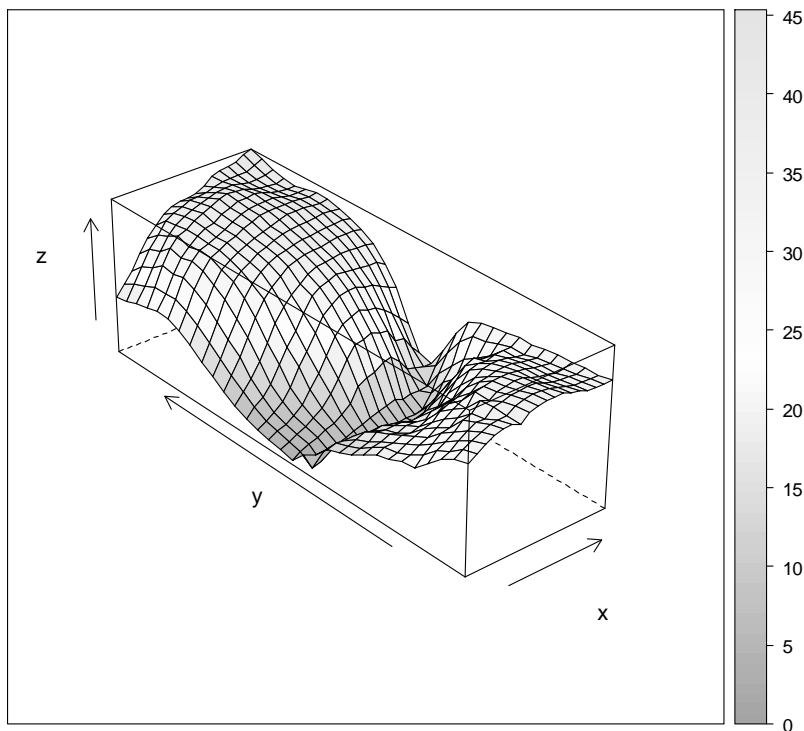


Figura 2. Representação topográfica da parcela de 5,1 ha (170 x 300 m) da Reserva Genética Florestal de Caçador. Onde: x varia entre 0 e 170 m; y varia entre 0 e 300 m e; z é a variação na elevação do terreno e varia de 3 a 43 m, considerados a partir de um plano arbitrário de referência.

A estrutura florestal da floresta na Reserva de Caçador foi descrita por quatro estudos fitossociológicos (NEGRELLE; SILVA

1992; SILVA et al., 1997; LINGNER et al., 2007; HERRERA et al., 2009). Nessas quatro estudos, as espécies citadas como aquelas com maior número de indivíduos por hectare foram *Cupania vernalis* (citada 4 vezes), *A. angustifolia* (citada 3 vezes), *Capsicodendron dinisi* (1), *Mollinedia elegans* (1), *Ocotea porosa* (1), *Piptocarpha angustifolia* (1) e *Prunus brasiliensis* (1) (NEGRELLE; SILVA, 1992; SILVA et al., 1997; LINGNER et al., 2007; HERRERA et al., 2009).

Já as espécies citadas como as com maior área basal por unidade de hectare na Reserva de Caçador foram: *A. angustifolia* (citada 4 vezes), *O. Porosa* (4 vezes), *Cupania vernalis* (2), *Lamanonia speciosa* (1) e *Mollinedia elegans* (1) (NEGRELLE; SILVA, 1992; SILVA et al., 1997; LINGNER et al., 2007; HERRERA et al., 2009). Por último, as espécies citadas com uma distribuição menos agregada na área ou com a maior frequência nas unidades amostrais foram: *O. porosa* (citada 4 vezes como uma das três mais frequentes), *A. angustifolia* (citada 3 vezes), *Cupania vernalis* (3), *Capsicodendron dinisii* (1), *Matayba elaeagnoides* (1), *Ocotea pulchella* (1) e *Piptocarpha angustifolia* (1) (NEGRELLE; SILVA, 1992; SILVA et al., 1997; LINGNER et al., 2007; HERRERA et al., 2009). Cabe ressaltar que a soma das citações de espécies encontradas no trabalho foi de 14 ao invés de 12, uma vez que existiram indivíduos empatados na frequência em Lingner et al. (2007).

Herrera et al. (2009), analisando indivíduos com DAP ≥ 10 cm, encontrou diversidade de Shannon (H') de 3,59 nats.ind.⁻¹ e área basal de 31,4 m².ha⁻¹ com densidade de 484 ind.ha⁻¹. Já Negrelle e Silva (1992) amostraram indivíduos com DAP > 5 cm e encontraram uma área basal de 25,4 m².ha⁻¹. A densidade não foi mostrada no estudo e o índice de Shannon (H') mostrou um valor fora dos padrões aceitáveis. Segundo Silva et al. (1997), a densidade foi de 222 ind.ha⁻¹ (DAP > 20 cm), a área basal foi de 35,84 m².ha⁻¹. Já Lingner et al. (2007), amostrou indivíduos com DAP > 60 cm, encontrou o índice de Shannon de 2,54 nats.ind.⁻¹, área basal de 45,24 m².ha⁻¹, densidade de indivíduos de 200,8 ind.ha⁻¹.

No início dos Capítulos II e IV foram inseridas fotografias da floresta da Reserva de Caçador.

3.1 Coxilha Rica de Lages ou sítio de campo

A Fazenda da Coxilha Rica é o sítio de estudo situado em paisagem com predomínio de campo. A Fazenda está situada próximo as

coordenadas 28° 02' S de latitude Sul e 50° 17' de longitude ao Oeste de Greenwich, com uma altitude aproximada de 1.030 m a.n.m.. Entre os campos existem pequenas porções de florestas, conhecidos popularmente de capões, geralmente situados próximos aos cursos d'água. Segundo o histórico de exploração desta fazenda, um corte seletivo foi realizado há aproximadamente 35 anos, sendo que as áreas de campo são utilizadas atualmente para a prática do pastoreio. Além disso, seguidamente o gado frequenta o interior dos capões.

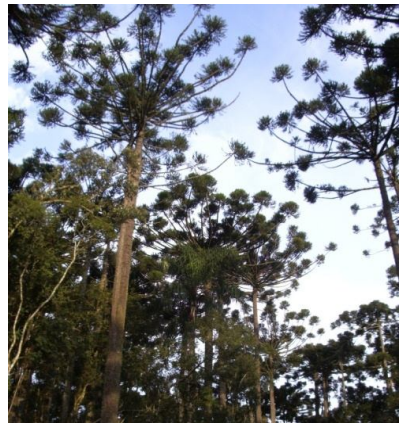
Trata-se de um ambiente em que temos a presença predominantemente de campo, sendo que existem pequenos porções florestais distribuídas principalmente nos vales de rios em meio aos campos. Estas porções recebem o nome de “capões”. Neste sítio foi instalada uma parcela de 300 x 300 m (9 ha) em 2011 para o acompanhamento permanente da vegetação.

Para este sítio de campo ainda não existem descrições estruturais de fitossociologia. Contudo, Klein (1978) indica que nos campos com Araucária, existe uma predominância de agrupamentos herbáceos, formado por espécies de diferentes famílias. São incluídas as gramíneas, ciperáceas, compostas, leguminosas e verbenáceas e podemos citar como espécies frequentes: a vassoura lajeana (*Baccharis uncinela*), a carqueja do campo (*Baccharis gaudichaudiana*), os caraguatás (*Eryngium* spp.) a samambaia das taperas (*Pteridium aquilinum*) (KLEIN, 1978). Além disso, é visível a presença de capões e as típicas matas de galeria, muitas vezes se alargando e formando bosques de pinhais no meio da vegetação campestre (KLEIN, 1978).

4. REFERÊNCIAS

As referências foram adicionadas ao final do manuscrito.

CAPÍTULO II. DEMOGRAFIA COMPARADA DE *Araucaria angustifolia* ENTRE CAMPO E FLORESTA: POTENCIAIS PARA PRODUÇÃO DE SEMENTES



À ESQUERDA FOTO DO SÍTIO DE CAMPO, SITUADO NA COXILHA RICA DO MUNICÍPIO DE LAGES, SC; À DIREITA FOTO DO SÍTIO DE FLORESTA, SITUADO NA RESERVA GENÉTICA FLORESTAL DE CAÇADOR, MUNICÍPIO DE CAÇADOR, SC, BRASIL

Resumo: *Araucaria angustifolia* ocorre em diferentes fitofisionomias e a estrutura demográfica desta espécie nestes ambientes nunca foi comparada. O objetivo deste estudo foi de caracterizar a estrutura de uma população de campo e uma população de floresta quanto ao padrão espacial, densidade de indivíduos, distribuição de tamanhos, quantidade de indivíduos femininos, quantidade de indivíduos ingressantes e estimativas da quantidade produzida de sementes. Foram comparados dois sítios, um na Reserva de Caçador representando o sítio de floresta e um na Coxilha Rica de Lages representando o sítio de campo. A amostragem consistiu em inventariar todos os indivíduos e medir altura daqueles com altura < 1,5 m e medir DAP daqueles com altura maior com 1,5 m presentes dentro de uma parcela de 5,1 ha no primeiro sítio e de 9 ha no segundo sítio. O sítio de campo apresentou um número menor de indivíduos grandes (> 1,5 m de altura) e a população teve um padrão espacial mais agregado que na floresta. A densidade de indivíduos regenerantes foi aproximadamente 4 vezes maior no sítio de campo, provavelmente devido ao ingresso anual de indivíduos, que foi 3,4 vezes maior no campo. Indivíduos femininos tiveram metade da densidade no sítio de campo do que no sítio de floresta, e com isso, segundo a estimativa, o campo produziu menos sementes. As duas populações apresentaram distribuições de tamanho (de DAP e de altura) que indicam que a população não está em declínio populacional. O sítio de campo estudado tem presença de gado, e mesmo assim foi o local com maior regeneração natural e maiores taxas de produtividade dos indivíduos femininos. Isso indica que esta área possui maior potencial para a extração das sementes do que a situação de floresta. Ao final, é sugerido que os padrões encontrados podem ser influenciados por um grande número de processos, e que precisam ser investigados para um entendimento maior das questões levantadas.

1. INTRODUÇÃO

O uso e extração de produtos florestais não madeireiros (PFNMs) é uma forma de manejo da floresta em que a conservação dos recursos florestais pode ser mais efetiva (ALEXIADES; SHANLEY, 2004). Sendo que uma espécie pode ser indicada como com potencial para a produção de PFNM (ex. em: CORANDIN; SIMINSKI; REIS, 2011), mas para que efetivamente aconteça o manejo do PFNM, existe ainda a

dependência de uma série de atributos que vão facilitar ou dificultar o manejo efetivo de um PFNM.

Em algumas situações, quando poucos atributos são favoráveis ao manejo do recurso, ele pode depender de uma grande quantidade de entrada de energia no sistema (do inglês “*input*”), representado um baixo potencial para o manejo (STOCKDALE, 2005). Alguns atributos podem ser desfavoráveis, como por exemplo, um fruto que é produzido em uma quantidade muito baixa, ou os indivíduos produtores de frutos estão dispersos numa grande área conferindo dificuldade de coleta; ou ainda a extração do produto acarreta na morte do indivíduo (ver STOCKDALE, 2005). Outros atributos podem ser favoráveis, como por exemplo, uma árvore que produz um fruto ou um óleo essencial muito apreciado, ou produz frutos em grandes quantidades, constituindo-se de fatores positivos que podem conferir um alto potencial de manejo. Assim, várias características da biologia podem contribuir para um maior ou menor potencial de manejo de uma espécie, como a quantidade produzida do recurso, distribuição e abundância, taxa de crescimento, taxa de reprodução, idade para a maturidade, padrão temporal de reprodução, capacidade de regeneração/rebrote, entre outros (STOCKDALE, 2005).

Na biologia de populações de plantas, um dos elementos que representa a estrutura da população é a distribuição de tamanhos (de DAP ou de altura). Este elemento é um importante descritor para a compreensão do ciclo de vida de uma planta. O estudo da estrutura de tamanhos (as vezes chamada de demográfica) pode trazer indicações sobre tendências de declínio ou aumento populacional (PERES et al., 2003; WRIGTH et al., 2003) e também indicações sobre o sucesso reprodutivo. Por sua vez, os padrões de distribuição interna, chamados de padrão espacial, também fazem parte da estrutura da população (ODUM, 2004). Para compreender efetivamente a natureza de uma população, especialmente para obter a densidade mais acurada é importante determinar o grau, a dimensão e o tipo de agrupamento, no caso da existência do agrupamento (ODUM, 2004).

Embora alguns aspectos biológicos de uma espécie constituem o conhecimento chave para o manejo de uma espécie, muitas pesquisas não se preocupam em trazer as implicações que as mesmas tem ao manejo dos recursos naturais (MCPHERSON; DESTEFANO, 2003). É necessário que as pesquisas também trabalhem no sentido de fundamentar planos de uso dos recursos vegetais. Essa é uma das necessidades atuais e que pode contribuir para evitar a corrente

substituição dos recursos nativos por recursos exóticos. Além disso, a ciência e a pesquisa em ecologia geralmente buscam generalizações, o que também é importante, mas o manejo ocorre em um determinado sítio, tem um objetivo próprio e existem as peculiaridades de cada espécie no uso do habitat (MCPHERSON; DESTEFANO, 2003).

Atualmente, a cobertura florestal de Mata Atlântica, no estado de Santa Catarina, está sendo substituída por outros usos do solo, como a cobertura florestal exótica (SIMINSKI, 2009; SIMINSKI; FANTINI, 2010; SOMMER; SALDANHA, 2012). E um dos motivos apontados para isso é a falta de perspectiva de uso dos recursos nativos por parte dos agricultores (SIMINSKI, 2009).

No Sul do Brasil, um dos mais importantes PFNMs é a semente de *Araucaria angustifolia* — o pinhão. Trata-se de uma semente grande de uma conífera, que possui cerca de 7 g, alto teor de amido e é muito utilizada na culinária. A coleta de suas sementes incide sobre a área de ocorrência, portanto, áreas desprovidas de coleta das sementes são raras e mais raros ainda são os plantios voltados à produção das sementes. Além disso, menos de 1% da área original de floresta com Araucárias está em Unidades de Conservação de proteção integral (RIBEIRO et al., 2009) e mesmo assim, este 1% não está livre de coleta das sementes. Esta espécie tem uma participação sócio cultural muito importante na sua região de ocorrência (REITZ; KLEIN; REIS, 1978; VIEIRA-DASILVA; REIS, 2009; REIS; LADIO, 2012) e é uma preocupação atual da sociedade que suas florestas sejam mantidas para as gerações futuras.

Existem estudos indicando deficiência no processo de regeneração natural das populações de *A. angustifolia*, e não está elucidado qual é o impacto da coleta das sementes sobre a regeneração natural da espécie. Além disso, como se trata de uma espécie longeva, não se sabe ao certo qual é o impacto da atual coleta de sementes no processo de manutenção à longo prazo da espécie na paisagem. Atualmente, é notória a necessidade de fundamentação de um plano de coleta sustentável de sementes de *A. angustifolia*. Uma das etapas deste plano seria conhecer a produção ou o potencial de produção de sementes das populações. Além disso, os estudos de estrutura da população trazem informações de ocupação, importantes para trazer estimativas de indivíduos femininos por hectare. Para *A. angustifolia*, existem estimativas de ocupação e abundância principalmente para regiões de vegetação florestal (ANJOS et al., 2004; SOUZA, 2007; PALUDO et al., 2009), e apenas para um local de formação com presença de campo, em São Paulo (SOLÓRZANO-FILHO, 2001; MANTOVANI, 2003).

A estrutura demográfica de *Araucaria angustifolia* nestas duas situações nunca foi comparada. Existem diferenças estruturais entre as populações, geralmente informalmente atribuídas, mas não existe um trabalho que demonstrou criteriosamente e detalhadamente as diferenças nas estruturas das populações nas duas paisagens.

O objetivo deste estudo foi descrever comparativamente a estrutura da população numa paisagem de campo e numa paisagem de floresta. Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- (i) comparar a estrutura da população nas duas paisagens em termos de padrão espacial, estrutura de diâmetros à altura do peito, estrutura de alturas e porcentagem de cobertura do dossel procurando listar os principais processos envolvidos nos padrões encontrados;
- (ii) trazer estimativas de ocupação dos indivíduos produtores de sementes (ex.: indivíduos por ha); estimativas da relação entre quantidade de sementes produzidas e de quantos indivíduos ingressam na população.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Sítios de estudo

Este item já foi descrito na seção “3. ÁREAS DE ESTUDO”, e para este capítulo foram utilizados os sítios da Paisagem de Campo da Coxilha Rica, que daqui por diante será chamado de **sítio de campo**, e a Reserva Genética Florestal de Caçador, que daqui por diante será denominada de **sítio de floresta**. O primeiro trata-se de uma população situada numa paisagem onde a expressão natural da vegetal é principalmente da forma não-florestal ou campestre e; o segundo sítio consiste numa população situada em paisagem onde a expressão natural da vegetação é de forma florestal.

Sendo que uma representação da distribuição da cobertura do dossel é trazida na Figura 3.

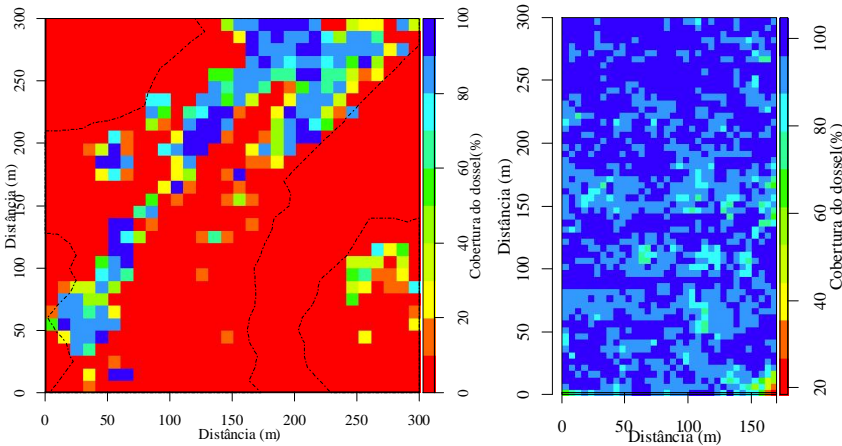


Figura 3. Representação da distribuição da porcentagem estimada de cobertura do dossel na parcela de 9 ha do sítio de campo (esquerda) e na parcela de 5,1 ha no sítio de floresta (direita). A resolução utilizada para a estimativa foi de 10 x 10 m no sítio de campo e foi de 5 x 5 m no sítio de floresta.

Os 5,1 ha do sítio de floresta não tem nenhum tipo de manejo e é coberto por floresta bem desenvolvida, sem um recente histórico de exploração madeireira. A intervenção humana que acontece na área é a coleta das sementes de *A. angustifolia*, que é frequente. Já no sítio de campo existe a atividade pastoril em toda a área e a coleta de sementes provavelmente é menos intensa do que na situação de floresta. Além disso, no sítio de campo também é frequente a prática da roçada, inclusive frequente em algumas porções dos 9 ha amostrados (Figura 4). Sendo que para fins de análise no presente capítulo foi considerado a parcela inteira sem desconsiderar áreas de campo, capão ou áreas com roçada periódica.

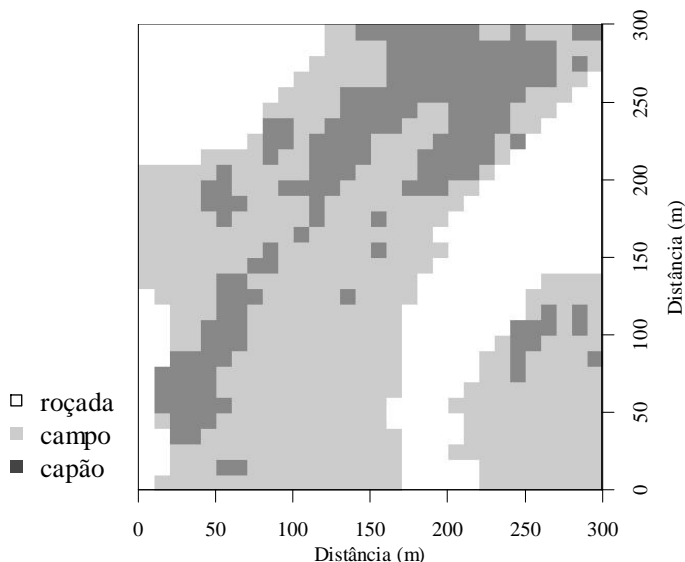


Figura 4. Caracterização dos elementos da paisagem inseridos dentro do sítio amostrado (300 m x 300 m) na paisagem onde predomina campo. As áreas foram classificadas de acordo com as regras explicitadas no Capítulo III. Sendo que o elemento “*campo*” corresponde a uma área com pouca ou nenhuma cobertura do dossel; “*capão*” corresponde a uma área com alta porcentagem de cobertura do dossel e; roçada trata-se de uma área manejada onde a vegetação arbustiva-arbórea é eliminada periodicamente.

2.2 Obtenção de dados: estrutura da população

No sítio de campo foram utilizadas 900 subparcelas de 10 x 10 m (100 m²), dispostas formando uma amostra contígua de 300 x 300 m (9 ha). Dentro dos 9 ha do sítio de campo existiam áreas abertas de campo e pequenas ilhas de floresta chamadas de “capões”. Já no sítio de floresta foram utilizadas 510 subparcelas de 10 x 10 m (100 m²) dispostas contiguamente formando uma parcela de 170 x 300 m (5,1 ha). Dentro destes dois sítios (9 ha e 5,1 ha), todos os indivíduos (inclusive plântulas) foram identificados, mapeados e mensurados: quando o indivíduo possuía altura $\geq 1,5$ m foi mensurado o Diâmetro Altura do Peito (DAP) e quando o indivíduo era menor que 1,5 m de altura foi mensurada a altura. Para as comparações em termos de distribuição de tamanhos e padrão espacial foram utilizados os valores obtidos nestes dois momentos: no sítio de campo foi a população obtida no

levantamento realizado em agosto de 2011 e no sítio de floresta em levantamento realizado em fevereiro de 2010.

A cobertura do dossel foi avaliada através de densiômetro convexo esférico (LEMON, 1956). Toda a parcela no sítio de floresta foi subdividida em 2.040 subparcelas de 5 x 5 m (25 m²), e ao centro da cada uma das 2.040 subdivisões, a cobertura do dossel foi estimada. Em cada centro dos 5 x 5 m, foram contados os 96 pontos do densiômetro quatro vezes (norte, leste, sul, e oeste), multiplicado por 1,04 e feita a média das 4 leituras. Já no sítio de campo foi feita uma medida ao centro de cada uma das 900 subparcelas de 10 x 10 m. No centro de cada subparcela também foram contados os 96 pontos quatro vezes (norte, leste, sul, e oeste), multiplicado por 1,04 e feita a média das 4 leituras seguindo metodologia contida em Lemon (1956).

2.3 Obtenção de dados: número de indivíduos que ingressaram e produção estimada de sementes

Os dados referentes ao número de indivíduos que ingressaram na população seguiram um caminho diferenciado, uma vez que para a obtenção de indivíduos ingressantes são necessárias reavaliações em um mesmo local. No sítio de campo, em todos os 9 ha foi feito um novo levantamento (Agosto de 2012) um ano depois daquele realizado para avaliar a estrutura da população (Agosto de 2011) onde os novos indivíduos foram contados. Já no sítio de floresta, onde a parcela já estava implantada desde fevereiro de 2007, em todos os 5,1 ha foram avaliados os indivíduos que ingressaram na parcela em fevereiro de 2008, 2009, 2010, 2011 e 2012. O que gerou 5 valores de contagens de ingressantes, sendo que foi utilizada apenas a média destes 5 valores.

A produção estimada de sementes no sítio de floresta se baseou em observações de número contado de pinhas (estróbilos femininos) em 11 indivíduos avaliados nos anos de 2007, 2008, 2009, 2010 e 2011, gerando 55 observações (VIEIRA-DA-SILVA; REIS, 2009; VIEIRA-DA-SILVA dados não publicados). Somado a estes foram contadas as pinhas em outros 31 indivíduos nos anos de 2010, 2011 e 2012, o que gerou 93 observações, ou seja, no total para o sítio de floresta, foi formado um conjunto de 148 observações (55+93) de valores contados de pinhas por indivíduo feminino. Vale ressaltar que as contagens de pinhas foram realizadas em indivíduos no mesmo sítio de floresta (na Reserva Genética Florestal de Caçador).

Já no sítio de campo foram contadas as pinhas observadas em 30 indivíduos selecionados ao longo do sítio de estudo. As pinhas foram contadas nos anos de 2010, 2011 e 2012, o que gerou um conjunto de 90 valores de contagem de pinhas por indivíduo feminino (detalhes em ZECHINI, 2012). Vale ressaltar também que estes dados de contagem de pinhas foram realizados em indivíduos no mesmo sítio de campo (Fazenda da Coxilha Rica), mas não foram nos mesmos indivíduos da parcela de 9 ha.

Cabe ressaltar que estes dados de produção são parte do Projeto de Pesquisa “Fundamentos para Conservação da Araucária e Manejo do Pinhão”, os quais foram mais detalhadamente trabalhados em Zechini (2012). Além destes foram utilizados dados gentilmente cedidos por Camila Vieira da Silva. A metodologia utilizada para as contagens de números de pinha por indivíduo feminino está contida em Vieira-da-Silva e Reis (2009) e Zechini (2012). O procedimento de formar um conjunto com observações de vários anos foi feito com base em fundamentos expostos em Wiens (1989). Segundo exposto por Wiens (1989), na medida em que as escalas temporais e espaciais aumentam, aumenta também o poder de predição.

Além dos conjuntos de valores contados de pinhas produzidas por fêmea, foram também criados dois conjuntos com dados de contagens do número de pinhões obtidos por pinha. Para o sítio de floresta foram realizadas contagens de sementes em 97 pinhas e para o sítio de campo foram realizadas contagens de sementes em 57 pinhas. Foi utilizado também o número observado de indivíduos femininos em cada uma das parcelas de cada sítio, que foi 56 no sítio de campo e 76 no sítio de floresta para estimar o número produzido de sementes por sítio.

2.4 Análise de dados: Estrutura da população e padrão espacial

O número de indivíduos foi padronizado por unidade de hectare para tornar comparável a informação obtida nos dois sítios. Para comparar a distribuição de tamanhos, foi calculado o coeficiente de simetria (WRIGHT et al., 2003) a partir do logaritmo com base 10 dos Diâmetros à Altura do Solo (DAS) dos indivíduos (em centímetros). Para os indivíduos com altura maior que 1,5 m que não possuíam medida de DAS (tanto do sítio de campo como do sítio de floresta), este foi estimado a partir do DAP por meio de equação obtida por regressão linear simples obtida de 30 indivíduos localizados na parcela do sítio de campo ($DAS = 1,13121 * DAP + 1,13322$; $n = 30$; $R^2 = 0,97$; P do

coeficiente de inclinação $< 0,01$; equação feita somente para o sítio de campo, mas utilizada também para o sítio de floresta). A significância da simetria foi testada pelo teste de simetria de Miao, Gel e Gastwirth, do pacote ‘lawstat’ do Programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2012).

Para comparar o padrão espacial entre as duas paisagens foi utilizada a Função de Densidade da Vizinhança (NDF) no modo univariado (PÉLISSIER; GOREAUD, 2010). Para compor um padrão espacial nulo, nos dois casos foram criados intervalos empíricos de confiança construídos a partir de 2.000 simulações de Monte Carlo utilizando pontos criados em completa aleatoriedade espacial homogênea e a um nível de significância de 5%. A análise foi realizada utilizando-se de algoritmos escritos no Programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2012), pacote ‘ads’ (PÉLISSIER; GOREAUD, 2010).

A porcentagem cobertura do dossel nos dois sítios foi comparada apenas com um gráfico de barras mostrando o percentual de frequência de cada classe de porcentagem cobertura nas subparcelas. No caso do sítio de floresta, que foram lidos quatro pontos em cada subparcela, foram utilizados os quatro valores ao invés de um único valor de porcentagem de cobertura do dossel por subparcela.

2.5 Análise de dados: número de indivíduos que ingressaram e produção estimada de sementes

A partir do número de indivíduos femininos em cada parcela, do conjunto de valores de pinhas produzidas e dos valores observados de sementes por pinha, foi estimada a quantidade de sementes produzidas para cada parcela através de reamostragens. Foi considerado que o número de pinhas por indivíduo feminino (A) e número de sementes por pinha (B) são eventos independentes, ou seja, a informação de ocorrência em B não altera a probabilidade de ocorrência em A (MAGALHÃES; LIMA, 2010).

Foram realizadas 1000 reamostragens do conjunto observado de pinhas, onde em cada reamostragem foram selecionados o mesmo número de indivíduos femininos da parcela e com reposição, por exemplo, na parcela do sítio de campo foram encontrados 56 indivíduos femininos, portanto foram selecionados 56 valores de contagens de número de pinha por indivíduo, nunca removendo a observação já selecionada. Isto produziu um vetor de comprimento 1.000

possibilidades. Cada um dos valores deste vetor consiste numa possível quantia de pinhas produzidas considerando o conjunto de indivíduos femininos da parcela. Em seguida, para cada valor obtido de pinhas produzidas foram reamostradas 1.000 vezes o número de sementes por pinha. Este procedimento gerou uma matriz de possibilidades de tamanho M_{ij} , $i = 1000$, $j = 1000$ constituindo um espaço amostral de 1.000.000 de possibilidades. A partir do ordenamento dos valores sorteados, foram selecionadas as observações de número 975.000 e 25.000, para compor um intervalo empírico de confiança a um nível de probabilidade de 95%.

Já para estimar os números de pinhas produzidas por parcela, foram feitas 1.000.000 reamostragens do conjunto de valores observados de pinhas produzidas por indivíduo. A cada reamostragem foram sorteadas pinhas por indivíduo no mesmo número de indivíduos femininos na parcela.

3. RESULTADOS

3.1 Estrutura da população e padrão espacial

Na parcela do sítio de campo foram encontrados 2.823 indivíduos e 676 no sítio de floresta (representação da distribuição na Figura 5). O padrão espacial de ambas foi agregado em toda a extensão analisada, mas com maior intensidade de agregação no sítio de campo (Figura 6). A população no sítio de campo apresentou uma densidade de 314 ind. ha^{-1} , enquanto a população no sítio de floresta apresentou uma densidade de 133 ind. ha^{-1} . Indivíduos com altura $\geq 1,5 \text{ m}$ têm densidade de 52 ind. ha^{-1} no sítio de campo e 67 ind. ha^{-1} no sítio de floresta. Já os indivíduos com altura $< 1,5 \text{ m}$ de altura tem densidade de 262 ind. ha^{-1} no sítio de campo e 66 ind. ha^{-1} no sítio de floresta.

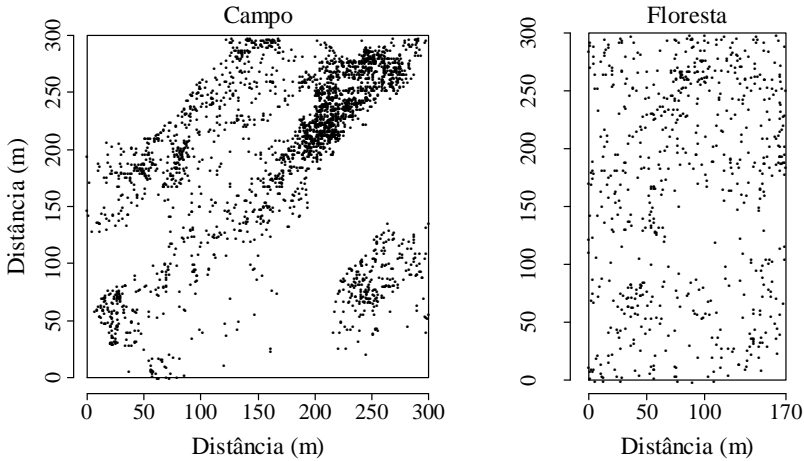


Figura 5. Representação da distribuição dos 2823 indivíduos da população de uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) no sítio da paisagem de campo e dos 676 indivíduos em uma parcela de 5,1 ha (170 x 300 m) no sítio da paisagem de floresta.

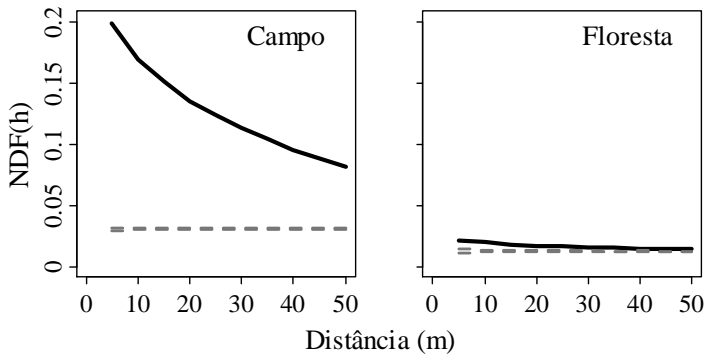


Figura 6. Análise do padrão espacial de acordo com a função de densidade de vizinhança (NDF) para o sítio da paisagem de campo e para o sítio da paisagem de floresta. O intervalo empírico de confiança foi construído através de 2.000 simulações de completa aleatoriedade espacial com um nível de probabilidade de rejeição de 5%.

Quando foi considerado apenas os indivíduos com $DAP \geq 5$ cm, observa-se as densidades de 41 ind. ha^{-1} no sítio de campo e 56 ind. ha^{-1}

na floresta. O diâmetro mediano dos indivíduos foi de 15,1 cm na população de campo e de 21,4 cm na população de floresta. A distribuição de DAPs é mostrada na Figura 7. Já a simetria da distribuição do \log_{10} do DAS para todos os indivíduos foi positiva e significativamente diferente de zero tanto no campo (simetria = 1,99; teste de MGG = 56,2; $P < 0,001$) como na floresta (simetria = 0,51; teste de MGG = 12,9; $P < 0,001$). A soma de áreas seccionais calculada a partir do diâmetro à altura do peito foi de $1,85 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ para o campo e $12,6 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ para floresta.

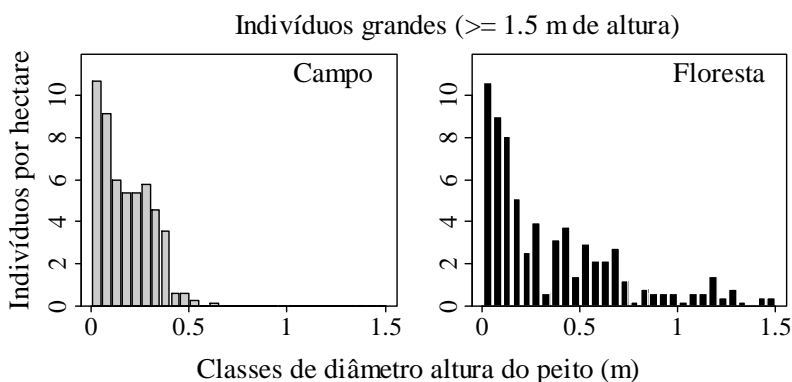


Figura 7. Distribuição do diâmetro altura do peito para indivíduos com altura $> 1,5$ m por hectare. Trata-se de indivíduos de uma população de uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) no sítio da paisagem de campo e de 5,1 ha (170 x 300 m) no sítio da paisagem de floresta no estado de Santa Catarina.

Já a mediana das alturas dos indivíduos pequenos foi de 0.24 m na população de campo e de 0.25 m no sítio de floresta (Figura 8).

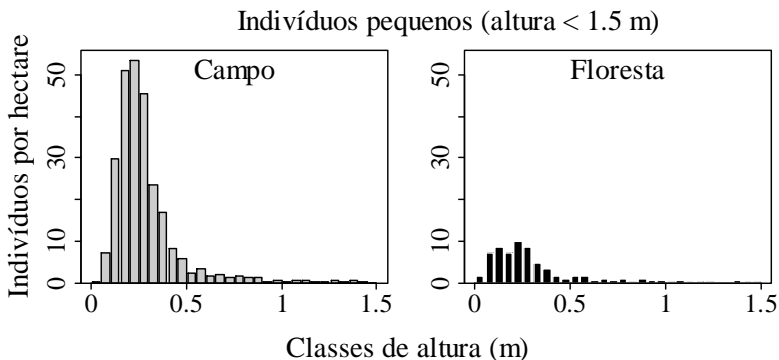


Figura 8. Distribuição de alturas dos indivíduos com altura < 1,5 m. Trata-se de uma população de uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) no sítio da paisagem de campo e de 5,1 ha (170 x 300 m) no sítio de paisagem de floresta no estado de Santa Catarina.

A porcentagem média de cobertura do dossel nas subparcelas foi de 15,8% no campo e 91,4% na floresta. Já a mediana da porcentagem de cobertura do dossel foi de 0 para o campo e 92,1% para floresta. A distribuição das porcentagens de cobertura do dossel por subparcela é mostrada na Figura 9.

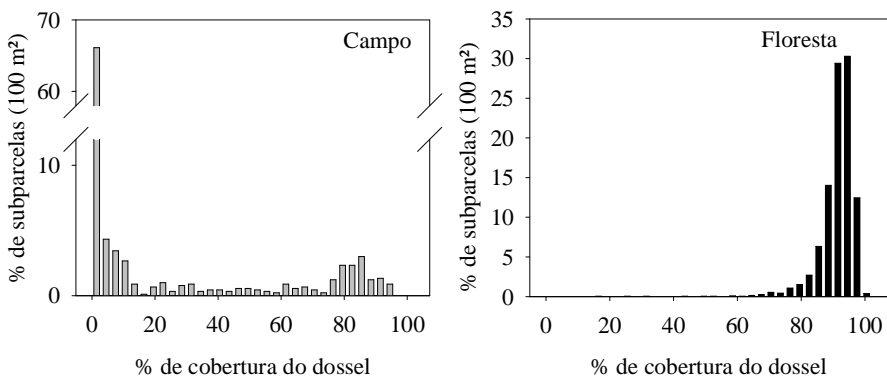


Figura 9. Distribuição da porcentagem de cobertura do dossel de cada subparcela de 10 x 10 m (100 m²) no sítio da paisagem de campo e 5 x 5 m no sítio da paisagem de floresta, estimada a partir de um densiômetro esférico convexo. Note que estão em escalas diferentes.

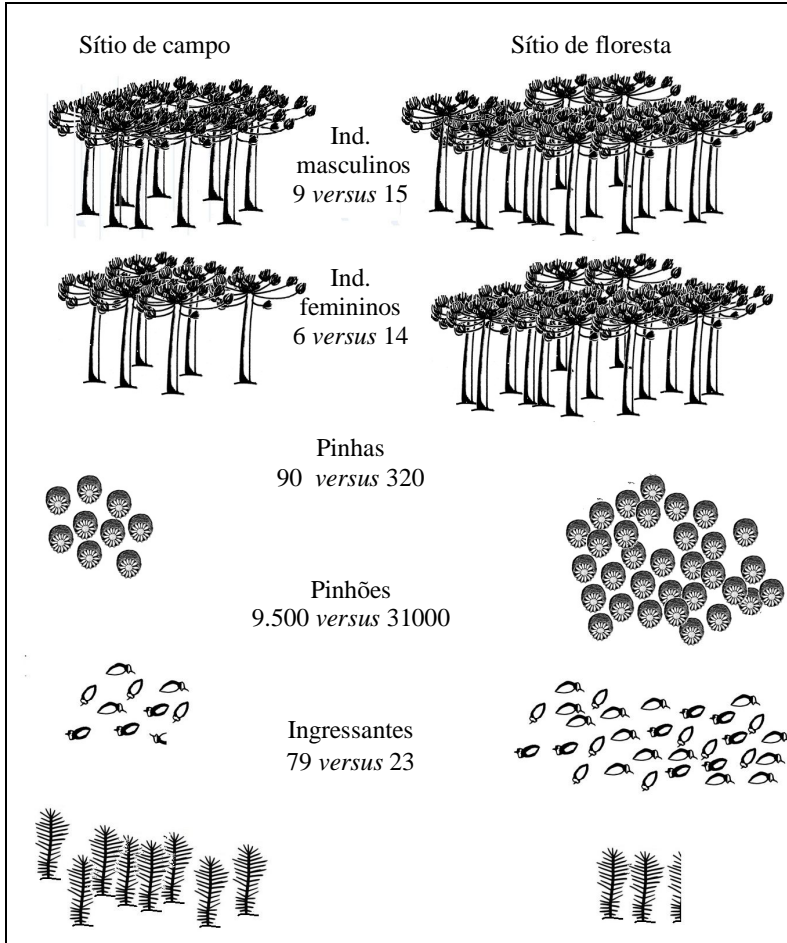
3.2 Indivíduos femininos, número de indivíduos que ingressaram e produção estimada de sementes

No sítio de floresta foram encontrados 72 indivíduos femininos e no sítio de campo 56 indivíduos femininos (densidades ver na Tabela 2; Quadro 1). Na população do sítio de floresta ingressaram 124, 57, 23, 226 e 168 indivíduos nos respectivos anos de 2008, 2009, 2010, 2011 e 2012, sendo que foram representados pela média de 119.6 indivíduos ingressantes por ano. No sítio de campo foi observado apenas um ano e foram encontrados 713 indivíduos que ingressaram (densidades de ingressantes é apresentada na Tabela 2).

Tabela 2. Comparação de descritores de abundância (dentro dos parênteses a densidade), área basal e de número de indivíduos femininos, indivíduos ingressantes, número estimado de estróbilos e de sementes em duas populações de *Araucaria angustifolia*, uma no sítio de paisagem de campo e outra no sítio de paisagem de floresta. O número estimado de estróbilos femininos e de sementes foram feitos para cada sítio com base em reamostragens.

Descritor	Sítio de campo (9 ha amostrados)	Sítio de floresta (5,1 ha amostrados)
Número total de ind. femininos	56 (6 ind.ha ⁻¹)	72 (14 ind.ha ⁻¹)
Número estimado de estróbilos femininos (pinhas)	670 a 954 (74 a 106 pinhas.ha ⁻¹)	1.151 a 2.112 (226 a 415 pinhas.ha ⁻¹)
Número estimado de sementes	70.334 a 101.510 (7.815 a 11.279 pinhões.ha ⁻¹)	114.238 a 204.106 (22.400 a 40.021 pinhões.ha ⁻¹)
Número de ind. que ingressaram no período de um ano (densidade)	713 (79 ind.ha ⁻¹)	~119,6 (23 ind.ha ⁻¹)
Ind. que ingressaram por ind. feminino no período de um ano	12,7 ingressantes.feminino ⁻¹	1,66 ingressantes.feminino ⁻¹
Proporção de sementes por unidade de	99 a 142 pinhões.ingressa	955 a 1.707 pinhões.ingressante ⁻¹

 indivíduo que ingressou nte^{-1}



Quadro 1. Números por hectare de indivíduos femininos, pinhas, sementes e ingressantes de *Araucaria angustifolia* em um sítio na paisagem de campo e um sítio na paisagem de Floresta. As figuras são proporcionais à quantidade observada (no caso de indivíduos femininos e indivíduos ingressantes) e estimada (no caso de sementes e pinhas) de elementos por hectare, sendo que à esquerda estão os valores do sítio de campo e à esquerda os valores do sítio de floresta (Desenhos: Alex Zechini).

A produção média de estróbilos femininos para todos os 56 indivíduos presentes nos 9 ha do sítio de campo (estimada a partir de um conjunto de 3 anos de contagens de pinhas por indivíduo e com $n = 90$) foi de 812 pinhas, e a produção estimada de sementes em toda a área da parcela foi 85.922 pinhões. O intervalo de confiança para estas duas estimativas é mostrado na Tabela 2, sendo que se trata de um intervalo a um nível de confiança de 95% de probabilidade. Já na floresta, a produção média estimada de 72 indivíduos foi de 1.633 pinhas (estimada a partir de um conjunto de 148 contagens de pinhas por árvore, conduzidas em 5 diferentes anos) e a produção estimada de sementes foi de 159.172 pinhões para toda a área da parcela (5,1 ha). Desta forma, para cada indivíduo que ingressou, o valor estimado de sementes produzidas foi de 121 sementes no sítio de campo e 1.331 sementes no sítio de floresta. A proporção do número de sementes produzidas para cada indivíduo que ingressou foi 11 vezes maior na floresta em comparação ao campo (variando de 6,7 a 17,2 vezes, quando incluímos o intervalo de confiança) (Tabela 2). A proporção de indivíduos que ingressaram no período de um ano para cada indivíduo feminino foi 7,7 vezes maior no campo.

4. DISCUSSÃO

4.1 Padrão espacial

Na sítio de floresta existiu agregação como já foi documentada em outros trabalhos para *A. angustifolia* (PALUDO et al., 2009; MACHADO et al., 2012), mas no sítio de campo existiu uma mais intensa agregação dos indivíduos como indicou a análise do padrão espacial. Agregação esta, provavelmente correspondente à forma de ocorrência em capões de mato, onde *Araucaria angustifolia* é mais abundante. Há indicações que estes capões poderiam (i) ser resultado de plantios de adensamento realizados por indígenas (DEAN, 1996; REIS; LADÍO, 2012). Mas estes núcleos com alta densidade podem ser resposta também ao (ii) filtro ambiental imposto à todas as espécies, no qual *A. angustifolia* pode ter melhor performance, como por exemplo, a habilidade de viver em ambientes sombreados e a habilidade de habitar terrenos com baixa disponibilidade hídrica. O sítio de campo se mostrou com maior heterogeneidade ambiental (Figura 8; ver Capítulo III) e a

resposta ao ambiente (filtro ambiental) provavelmente é o fator que mais favorece a intensa agregação, contudo isto necessita ser testado. Já na floresta, o ambiente pode ser menos limitante para as outras espécies e são (iii) as interações entre as espécies (competição interespecífica) e/ou a própria interação com *A. angustifolia* mesmo (competição intraespecífica) que podem ser os fatores que atuam para formação do padrão menos agregado, uma vez que a população do sítio de floresta não sofreu explorações, ao menos, recentemente. A causa da agregação, deveria ser testada com mais cautela e com acompanhamentos de longo prazo.

A cobertura do dossel diferiu bastante entre os sítios. Cabe lembrar os autores deste trabalho não tem conhecimento de comparações feitas dessa maneira entre os dois tipos de ambiente.

4.2 Distribuição de alturas dos indivíduos pequenos, indivíduos ingressantes e quantidade estimada de sementes

A distribuição de alturas dos indivíduos com altura < 1,5 m tem lacunas entre 1,0 e 1,5 m de altura nas duas paisagens. Essas lacunas significam a má representação de indivíduos em algumas classes pequenas de tamanho (chamado como “*regeneration gap*”; OGDEN, 1985). Ou seja, essa classe é representada por poucos indivíduos nos dois sítios. A partir deste padrão pode ser sugerido que:

- (i) indivíduos na classe entre 1 e 1,5 m de altura podem ter maiores taxas de incremento em altura, que pode refletir na manutenção de poucos indivíduos nessa classe.
- (ii) existe uma condição demográfica limitante específica nessa classe explicando essas lacunas na distribuição de tamanhos encontrada nas duas paisagens. Como, por exemplo a necessidade de maior disponibilidade de luz, e na sua ausência provocando a mortalidade ou ainda, a necessidade de mais espaço, e quando o espaço é limitante, pode levar mais indivíduos à morte. É reconhecido que em espécies tropicais, mesmo com um grande número de indivíduos pequenos pode não gerar mais indivíduos reprodutivos do que com um pequeno número dos mesmos, quando o efeito da densidade na mortalidade é alto (FEELEY et al., 2007) ou;
- (iii) existiram momentos com baixo recrutamento no passado que podem ter gerado essa má representação.

Como a mortalidade e o crescimento destes indivíduos não foi estudado nos dois ambientes, então não é possível distinguir uma entre as duas hipóteses. O acompanhamento da dinâmica nas duas paisagens seria necessário para esclarecer melhor esta questão. No caso da paisagem floresta, alguns elementos serão discutidos no Capítulo IV. Cabe lembrar que o sítio de floresta está praticamente livre de distúrbios antrópicos (exceto a coleta de pinhões) enquanto no sítio de campos temos um distúrbio frequente causado pela movimentação e alimentação de gado bovino.

A distribuição das alturas dos indivíduos < 1,5 m de altura apresentou uma forma muito semelhante nas duas paisagens. A partir da análise visual do gráfico, os indivíduos dos dois locais formaram uma distribuição semelhante quanto à forma. Contudo, a quantidade de indivíduos em cada um dos casos foi diferente. Na população de campo a população apresentou densidade quatro vezes maior destes indivíduos com altura < 1,5 m do que na floresta. A partir da análise visual das distribuições, é possível indicar que é o ingresso de indivíduos o principal diferenciador nestes dois casos, e não mortalidade em alguma classe de tamanho específica. Uma vez que no campo a densidade de ingressantes por ano foi 3,4 vezes maior do que na floresta (foram 23 ind.ha⁻¹ na floresta e no campo foram 79 ind.ha⁻¹). É possível apontar vários fatores que poderiam ser responsáveis pela diferença encontrada no número de indivíduos que ingressaram (e consequentemente na densidade dos indivíduos com altura < 1,5 m) entre as duas populações:

- (i) locais abertos são mais seguros para *A. angustifolia*, uma vez que foi encontrada menor remoção de sementes pela fauna em áreas abertas do que em áreas de florestas (IOB; VIEIRA, 2008; BRUM; DUARTE; HARTZ, 2010), portanto, o campo poderia ser mais seguro para as sementes;
- (ii) como o campo é um ambiente muito mais aberto com maiores entradas de luz, então a germinação de sementes é favorecida. Não obstante, os autores do presente estudo não tem conhecimento de algum estudo que avaliou o papel da luz na germinação de *A. angustifolia*. Para *Wollemia nobilis* (Araucariaceae), a luz parece ter efeito positivo na velocidade de germinação, mas não na porcentagem total de germinação (OFFORD; MEAGHER, 2001);
- (iii) favorecimento pelo gado. Até o momento não é sabido exatamente se o pastoreio afeta e como afeta a regeneração de

A. angustifolia. O único estudo que os autores do presente estudo tem conhecimento, indica que não existe um padrão claro de resposta entre a estrutura de *A. angustifolia* em respeito ao pastoreio (SAMPAIO; GUARINO, 2007). Na congênérica *A. cunninghamii*, o pastoreio não afetou o desenvolvimento de plântulas (SUN; DICKINSON; BRAGG, 1997), mas em *A. araucana* o pastoreio reduziu a reprodução pelo modo sexuado, o que pode ter implicações negativas na conservação desta espécie à longo prazo (ZAMORANO-ELGUETA et al., 2012). Para *A. angustifolia*, uma provável hipótese para explicar as diferenças entre o campo e a floresta seria que o impacto causado pelo gado favorece o estabelecimento de novos indivíduos. Embora que existem relatos de que o gado consome a semente e que este seria um importante alimento no inverno, isso reduziria a quantidade de sementes disponíveis e conseqüentemente, o ingresso de indivíduos. Entretanto, a área de campo mostrou o número de ingresso de indivíduos maior que o observado na floresta. Experimentos deveriam ser conduzidos a fim de elucidar esta questão.

- (iv) diferenças na intensidade de coleta de sementes pelo homem. Em nenhuma das duas áreas existe um controle, nem uma mensuração das sementes que são coletadas pelo homem. Na Floresta de Caçador é provável que a intensidade de coleta seja maior do que em Lages, devido a abundância de sementes no chão na época de oferta em Lages (observações pessoais). Além disso, a Floresta de Caçador está situada próxima à zona urbana da cidade de Caçador, o que pode favorecer o fluxo humano dentro da floresta. O impacto de diferentes intensidades de coleta de sementes na estrutura da população é uma questão muito importante para o manejo desta espécie e merece futuros estudos.
- (v) o habitat de campo oferece uma condição de restrição hídrica maior do que o ambiente da floresta, uma vez que há predomínio de solos rasos no campo. Poderia ser estabelecido um cenário em que a condição no campo é mais restritiva às outras espécies, que ao não se estabelecerem, sobram mais microsítios disponíveis para o ingresso de plântulas de *A. angustifolia*.

- (vi) em locais com impacto mais recente seria esperado encontrar mais indivíduos novos (SOUZA, 2007). É o caso da população no sítio de campo, que teve intervenções antrópicas mais recentes. No sítio de floresta não se tem notícias de intervenções antrópicas. Além disso, a atividade de bovinocultura de corte que é praticada no sítio de campo, já caracteriza um impacto constante.
- (vii) há indicações de que pinhas são derrubadas antes de completar sua maturidade na população de floresta (PALUDO; MANTOVANI; REIS, 2011). Fato que pode ter um importante papel na disponibilidade de sementes e consequentemente, redução do número de indivíduos que ingressam na população. Em trabalho conduzido na mesma parcela da Floresta de Caçador, Paludo e colaboradores (2011) encontraram 168 pinhas verdes no chão em fevereiro, o que corresponderia a aproximadamente 10% da produção estimada para esta mesma parcela (apurado entre 1151 a 2115 pinhas nos 5,1 ha). E a causa da queda das pinhas não é bem conhecida.
- (viii) a vegetação do subosque, na situação de floresta, pode proporcionar menos sítios em que a germinação e estabelecimento pode acontecer.

Ao final, não fica respondido como a menor quantidade de sementes está associada ao maior número de indivíduos no sítio de campo. Foram apontadas sete prováveis causas, que podem atuar conjuntamente, cada uma influenciando uma pequena proporção ou alguma delas predominando sobre as demais. Cada uma poderia ser investigada. A remoção de sementes que acontece pela fauna e pelo homem, é a questão que parece estar mais envolvida com a diferença encontrada.

No sítio de floresta mais sementes geraram menos indivíduos. Conhecer se o recrutamento de uma população é ou não limitado pela quantidade de sementes é importante no estudo da dinâmica de plantas (CRAWLEY, 1990). Trata-se de um experimento simples para descobrir se o recrutamento é limitado pela quantidade de sementes, basta adicionar sementes e ver a resposta no recrutamento. Mas para *A. angustifolia* este tipo de estudo é de certa forma inviável. Suas sementes são muito procuradas e coletadas por homens e também pela fauna. No sítio de floresta, mais sementes são necessárias para o ingresso de um

indivíduo, ou (i) porque mais sementes são perdidas, ou então, (ii) porque o recrutamento pode ser limitado pelo microsítio. Zechini, Paludo e Reis (em preparação) em estudo observacional, sugerem que na floresta a limitação é dada pelo microsítio ou outros fatores (como predação ou remoção das sementes) e no campo a limitação é imposta pelo número de sementes produzidas. Além disso, fêmeas também deixaram muito mais descendentes (ingressantes) no sítio de campo. A relação foi 7,7 vezes maior no sítio de campo. Mesmo assim, estes valores são altos quando comparado ao encontrado para outra Araucariaceae, *Agathis ovata*. Enright, Miller e Perry (2003) encontraram de 0,78 recrutas por adulto em campos de arbustos (do inglês “shrubland”) e 1,28 recrutas por adulto em uma floresta chuvosa dominada por angiospermas.

4.3 Indivíduos grandes: distribuição dos diâmetros

A estrutura de DAP dos indivíduos com altura $\geq 1,5$ m não apresenta porções sem indivíduos, indicando a inexistência de gargalos populacionais. No sítio de campo não existe indivíduos nas maiores classes de DAP, o que corrobora com o (i) histórico mais recente de perturbação deste local. Outra possível explicação pela diferença na distribuição de tamanhos dos indivíduos entre o sítio situado no campo e o sítio da floresta (Figura 7), seria as (ii) melhores condições edáficas na situação de floresta. Fato que poderia ser respondido futuramente com estudos adicionais.

O coeficiente de simetria (do logarítimo da distribuição de DAS), que indica onde está o maior acúmulo de indivíduos, foi positivo e significativo para as duas populações (tanto campo como na floresta). Este resultado foi calculado agrupando os com altura $\geq 1,5$ m com aqueles com altura $< 1,5$ m (ou seja, todos os indivíduos) e indicou que em ambos sítios existiu um maior acúmulo de indivíduos de tamanhos menores do que indivíduos maiores. Este resultado indica que existe uma tendência de manutenção da espécie nas duas populações. Klein (1985) sugeriu que em algumas das formações florestais com araucária no estado de Santa Catarina já não permitem mais a regeneração de *A. angustifolia*. O autor menciona que *A. angustifolia* mostra uma completa ausência de indivíduos novos em imbuiais desenvolvidos. Sendo que é possível considerar o sítio de estudo de floresta como um imbuial desenvolvido. Mas, ao contrário do antecipado por Klein (1985), no presente estudo existiram indivíduos de tamanhos pequenos. Ou (i) as florestas atualmente estão diferentes da floresta indicada naquela época

(KLEIN, 1985) ou (ii) a falta de utilização de um método sistemático de amostragem de população, levou os pesquisadores a obterem diferentes conclusões das encontradas no presente estudo, ou ainda (iii) a área avaliada na floresta de Caçador, se trata de uma condição diferenciada das demais áreas florestais com imbuías. Mas os resultados do presente estudo são consistentes com o encontrado por Enright, Miller e Perry (2003) para *Agathis ovata*, que apresentou grande tolerância a luz e umidade, mostrando hábil a se regenerar tanto no sítio de floresta quanto no sítio de campo. Este padrão também foi observado em *A. araucana* (SANGUINETTI, 2008).

Para avançar mais nesta questão, seriam necessários acompanhamentos de longo prazo da dinâmica da espécie e da comunidade, sendo que serão importantes tanto os estudos com matrizes de transição e crescimento populacional (ex.: LEFKOVITCH, 1965; AKÇAKAYA; BURGMAN; GINZBURG, 1999), quanto os estudos baseados em mudanças na estrutura como na densidade e área basal dos indivíduos (ex.: SCHAAF et al., 2006).

4.4 Densidade

Indivíduos femininos apresentaram uma densidade de 14,0 ind.ha⁻¹ na floresta e de 6,2 ind.ha⁻¹ no sítio de campo. No cenário de produção de sementes, a floresta produziu mais sementes por hectare, em razão da maior produção individual e maior densidade de indivíduos. Assim, o sítio de floresta tem um maior potencial para produção de sementes quando se olha para o número de indivíduos reprodutivos e número de sementes produzidas. Outro aspecto foi a distribuição não homogênea da densidade de indivíduos no espaço, informação trazida pela análise do padrão espacial. A distribuição homogênea da densidade no espaço só ocorreria no caso de um padrão espacial uniforme, incomum para *A. angustifolia* (ANJOS et al., 2004; SOUZA et al., 2008; PALUDO et al., 2009; MACHADO et al., 2012). Esta questão é importante também por facilitar a coleta de sementes, uma vez que no sítio de campo a produção de sementes estará concentrada numa menor área (devido a agregação mais intensa). Já na floresta a agregação tem menor intensidade, o que indica que estão mais espalhadas e o que confere maior dificuldade no caso da coleta das sementes.

4.5 Implicações para a coleta de sementes

Em um cenário onde a floresta nativa se torne mais atrativa economicamente para o manejo de seus recursos e onde existam áreas possíveis de manejo, o produtor rural poderia modificar a estrutura da floresta para a produção de pinhão. Lembrando que para isso seria necessário existir uma considerável proporção protegida da floresta com Araucárias. Mas neste cenário e juntamente com os resultados do presente estudo, poderiam ser utilizadas maneiras para favorecer o ingresso de indivíduos no sítio de floresta se os níveis encontrados não forem suficientes para manter a população (o que também necessita ser estudado com mais detalhe através de estudos de dinâmica demográfica). Este trabalho demonstrou que em ambos os casos existem indivíduos na regeneração natural (de estágios pequenos). Mas no caso que for necessário, poderia ser feito um enriquecimento com mudas, desbaste de outras espécies, entre outros tratamentos silviculturais que poderiam facilitar o desempenho da espécie foco do manejo em áreas de floresta nativa manejadas.

Maiores taxas reprodutivas, como número superior dos indivíduos que ingressam, é uma das características favoráveis ao manejo sustentando de um PFM (STOCKDALE, 2005). No caso da *A. angustifolia*, a população do sítio de campo deixou mais descendentes, mesmo com menor densidade de indivíduos femininos. Esta é uma característica indicando que o sítio de campo é mais favorável à extração de sementes do que o sítio de floresta. Contudo, existem possíveis interferências já descritas nos parágrafos anteriores como possíveis causadoras das diferenças encontradas nos resultados. Adicionalmente, o papel de cada uma não foi esclarecida neste estudo. É importante ressaltar que este estudo não traz um método suficiente para inferências dos mecanismos de interferência ou dos processos causadores do padrão (ver MCPHERSON; DESTEFANO, 2003). Mas foram descritos padrões de sítios no campo e na floresta e os possíveis processos envolvidos nas estruturas encontradas.

Este trabalho comparou os preditores biológicos em duas situações e traz bases do local com maior potencial para o manejo de um PFM. Ademais, foram estabelecidas várias alternativas explicando os padrões encontrados, que são guias para futuras pesquisas à cerca do comportamento biológico de *A. angustifolia*.

5. REFERÊNCIAS

As referências foram adicionadas ao final do manuscrito.

CAPÍTULO III. ESTRUTURA DA POPULAÇÃO DE *Araucaria angustifolia* EM PAISAGEM DE CAMPO SOB DIFERENTES CRITÉRIOS DE DEFINIÇÃO DE CAMPO, CAPÃO E BORDA



SÍTIO DE CAMPO, SITUADO NA COXILHA RICA DO MUNICÍPIO DE LAGES, SC, BRASIL

Resumo: Alguns estudos sobre aspectos populacionais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze tem indicado a existência de indivíduos de campo e indivíduos de capão, contudo, não é conhecido um método objetivo para classificar o que é um indivíduo de campo ou de capão. O estabelecimento de um método objetivo para classificação da paisagem pode favorecer a compreensão dos processos ecológicos visto a grande heterogeneidade ambiental, tanto para fins de conservação quanto de manejo de recursos naturais. Assim, este trabalho propôs uma metodologia objetiva para classificação da paisagem, onde procurou-se estabelecer formas de classificação do que é o campo, o que é borda e o que é capão. Foi utilizada como modelo de estudo a conífera *A. angustifolia* em sítio de paisagem de campo. Foi demarcada uma parcela contígua de 9 ha, quadriculada em Unidades Amostrais (UA) de 10 x 10 m, sendo esta a unidade de classificação. Ao centro de cada UA foi estimada a porcentagem de cobertura do dossel utilizando-se um densiômetro esférico. Foram criados três modelos de classificação: o primeiro levou em consideração apenas aspectos de porcentagem de cobertura do dossel; como existiam condições físicas diferenciadas em UAs com parte de campo e parte de capão, foi criada a categoria borda, assim o segundo modelo levou em consideração aspectos de cobertura do dossel e, borda e capão foram diferenciados de acordo com estatísticas descritivas entre as medidas do densiômetro; já o terceiro modelo utilizou uma classificação com base nas UAs vizinhas para diferenciar capão e borda. Os modelos foram pré-avaliados e comparados quanto a real posicionamento da borda e foi procurado observar o impacto da classificação destes elementos de paisagem na estrutura da população de *Araucaria angustifolia*. O segundo modelo apresentou bordas descontínuas e até mesmo localizadas dentro do capão. Portanto os modelos um e três foram os mais consistentes e provavelmente os que melhor descreveram a paisagem. Sobre a estrutura de tamanhos de *A. angustifolia*, esta esteve muito mais associada ao capão e a borda do que ao campo. Muito embora no campo estiveram presentes mais indivíduos de tamanhos pequenos quando não foi considerado a estimativa por hectare. Novos trabalhos deveriam procurar investigar a existência de diferenças em outras questões biológicas (se for o caso da *A. angustifolia*, poderiam ver sobre a mortalidade e sobre a produção de sementes) e o papel das diferentes unidades de paisagem. A partir desta classificação prévia, já se tem uma forma mais objetiva para distinção entre o que é campo, capão e borda.

1. INTRODUÇÃO

As duas representantes neotropicais de Araucariaceae produzem sementes que possuem grande quantidade de amido, conferindo a qualidade de um importante Produto Florestal Não Madeireiro (PFNM). *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch ocorre principalmente no Sul da Argentina e Chile (VEBLEN et al., 1995) e *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze sendo registrada principalmente nos três estados do Sul do Brasil. Segundo o IBGE (2010), 5.700 toneladas de sementes de *A. angustifolia* movimentaram nove milhões de reais em 2010. Contudo, a massiva coleta de sementes é uma das causas para *A. angustifolia* atualmente ser considerada como criticamente em perigo de extinção (FARJON, 2007; IUCN, 2012). Porém, não existe uma base teórica que garanta a manutenção das populações à longo prazo, frente à atual pressão de coleta de sementes que incide sobre seus remanescentes florestais.

Araucaria angustifolia ocorre em diferentes formações, incluindo uma formação de tipo florestal e também de tipo predominante não florestal – o campo (LEITE; KLEIN, 1990). O campo é uma forma de ocorrência de vegetação comum no planalto catarinense, onde constata-se a ocorrência de campos limpos ou sujos (KLEIN, 1978). Sendo que nos campos limpos predominam agrupamentos herbáceos formados por gramíneas, ciperácias, compostas, leguminosas e vebernáceas e nos campos sujos predominam as carquejas, vassouras, caraguatás e samabaias-das-taperas (KLEIN, 1978). Além disso, os campos muitas vezes apresentam domínio de *Araucaria angustifolia*, onde pode formar pequenos núcleos de floresta (KLEIN, 1978). Estes núcleos ocorrem inseridos na paisagem de campo e são chamados de capões. Os capões, por sua vez, geralmente são formações de matas ciliares e de galeria, e as vezes se alargam formando bosques de pinhais no meio da formação de campo (KLEIN, 1978).

Na literatura, é comum encontrar uma distinção na denominação dos indivíduos de *A. angustifolia*, onde algumas vezes são referidos como “pinheiros-de-campo” (SOLÓRZANO-FILHO, 2001; MATTOS, 2011) diferenciando do pinheiro que ocorre em floresta. Contudo, essa distinção é realizada sem um critério claro e geralmente tem sido feita com base em um critério arbitrário, não existindo um método objetivo para a sua classificação. Por isso, diferentes pessoas poderiam classificar indivíduos de uma mesma situação como diferentes categorias. Por exemplo, Solórzano-Filho (2001) estuda um local em que ocorre

campos e floresta com Araucária, contudo, no momento que este autor descreve a população ele indica a existência de 3 indivíduos de campo, porém não é possível definir o que foi considerado como um indivíduo de campo. Em Solórzano-Filho (2001), não foi utilizada uma metodologia clara e objetiva que classificou o que foi considerado como “*indivíduo de campo*” ou “*indivíduo de floresta*”. Da mesma forma, a classificação de campo e capão, geralmente ocorre a partir de interpretações subjetivas e, até então, os autores do presente trabalho não tem conhecimento de algum método objetivo que foi desenvolvido para classificar o que é campo e o que é floresta para o Planalto Sul de Santa Catarina.

O objetivo deste trabalho foi: (i a) caracterizar a heterogeneidade do sítio na paisagem de campo quanto as variações na cobertura do solo pela vegetação arbórea (campo, capão) propondo uma forma de classificação. Foi utilizado a espécie modelo de estudo *Araucaria angustifolia*, uma vez que não existem informações acerca da abundância e dos padrões de ocupação de indivíduos reprodutivos de *Araucaria angustifolia* em paisagem não florestal.

Trabalhos detalhados sobre sua distribuição e abundância existem principalmente em regiões em que a vegetação é florestal (ANJOS et al., 2004; SOUZA, 2007; PALUDO et al., 2009) e foi estudado somente um local de paisagem de campo (SOLÓRZANO-FILHO, 2001; MANTOVANI, 2003). Mesmo existindo estudos de estrutura demográfica nas duas formações, não é conhecido como é a distribuição de *A. angustifolia* dentro da paisagem campo. Por exemplo, a maioria dos indivíduos está nos capões (porções de floresta)? Ou estão isolados no campo? Estas informações são importantes para o entendimento das interações ecológicas e também no caso de fundamentar estratégias para a extração sustentável das sementes. Especialmente quando se trata do potencial de produção das sementes, uma vez que indivíduos no campo tem maior disponibilidade de luz, o que poderia conferir um maior potencial de produção de sementes. Estudos que quantificaram o número de sementes produzidas por indivíduo, também ocorreram predominantemente em ambiente florestal (ex.: VIEIRA-DA-SILVA; REIS, 2009; FIGUEIREDO-FILHO et al., 2011) e somente um local onde a paisagem é paisagem de campo (SOLÓRZANO-FILHO, 2001; MANTOVANI; MORELLATO; REIS, 2004).

Portanto, mais especificadamente este trabalho procurou: (ii) descrever a estrutura populacional na paisagem campo; (iii) investigar como estão distribuídos os elementos da paisagem dentro da paisagem

de campo e; (iv) caracterizar a estrutura demográfica de *Araucaria angustifolia* dentro destes elementos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Sítio de estudo

Para este estudo foi utilizado apenas a Fazenda da Coxilha Rica de Lages. Para descrição de sítio vide tópico “3. ÁREAS DE ESTUDO”.

2.2 Obtenção de dados

No sítio de campo foram utilizadas 900 Unidades Amostrais (UA) de 10 x 10 m (100 m²), dispostas formando uma amostra contígua de 300 x 300 m (9 ha). Dentro deste sítio (9 ha), todos os indivíduos (inclusive plântulas) foram identificados, mapeados e mensurados da seguinte forma: em indivíduos com altura $\geq 1,5$ m foi mensurado o Diâmetro Altura do Peito (DAP) e em indivíduos com altura $< 1,5$ m foi mensurada a altura. No sítio de campo a população foi amostrada em agosto de 2011 e no sítio de floresta a população foi amostrada em fevereiro de 2010.

A porcentagem de cobertura do dossel foi avaliada por meio de densímetro esférico convexo (LEMON, 1956). Em cada centro da subparcela foram contados os 96 pontos quatro vezes (norte, leste, sul e oeste), multiplicado por 1,04 e feita a média das 4 leituras seguindo metodologia contida em Lemon (1956).

2.3 Análise de dados

Foram elaborados três modelos de classificação para campo, capão e borda. Dentre as 900 UAs de 100 m² da parcela de 9 ha (300 x 300 m), 264 UAs estavam com a maior parte em área roçada, não sendo consideradas nos três modelos citados abaixo. Foram então distribuídas as 636 UAs restantes de três maneiras:

Com base em observação prévia à campo, foi estabelecido um critério de valor de % de cobertura do dossel para considerar o que era campo e o que era capão. Arbitrariamente foi estabelecido um valor que poderia incluir quando existiam poucos indivíduos promovendo uma pequena porção de cobertura do dossel sob os indivíduos.

Inicialmente foi estabelecido um valor de 30% como critério de divisão entre uma área aberta de campo e uma área mais fechada de floresta. A partir disto foi estabelecido o primeiro modelo de classificação:

Modelo i. A primeira classificação foi baseada apenas no valor de porcentagem de cobertura do dossel. Foi considerado como **campo** as UA que apresentaram cobertura do dossel ao centro da UA $< 30\%$. Quando a cobertura do dossel foi $\geq 30\%$, essa foi classificada como **capão**. Neste modelo, a categoria **borda** não foi considerada. Este modelo foi denominado como “modelo duplo”.

À campo, foi observado que entre campo e capão, existiam subparcelas em que existia uma condição muito específica. Com porção de floresta e porção de campo. Portanto, estabeleceu-se uma nova categoria de classificação, a borda:

Modelo ii. Na segunda classificação foi introduzido a categoria **borda**. A leitura do densiômetro esférico convexo consistiu em quatro medições num mesmo ponto, e a classificação da borda foi baseada na variação entre essas quatro medidas. Foi calculada a amplitude (medição de cobertura mais alta subtraída a medição de cobertura mais baixa) e o desvio padrão entre as 4 medidas. A partir dos resultados foram definidos como critérios: a) classificação de **borda**: quando a amplitude da porcentagem de cobertura do dossel foi $> 45\%$ e/ou desvio padrão foi $> 17\%$ de variação. Das 636 UAs iniciais, 67 atingiram este critério; b) as 569 UAs remanescentes foram classificadas de acordo com a porcentagem de cobertura do dossel $< 30\%$ para **campo** e; c) porcentagem de cobertura do dossel $\geq 30\%$ para **capão**. Esse modelo recebeu o nome “modelo estatístico”.

Modelo iii. Neste modelo foram classificados como **borda** aquelas UAs com cobertura do dossel $\geq 30\%$ e quando pelo menos dois dos quatro lados da célula (Figura 10), fazia contato com UAs em que a cobertura do dossel era $< 30\%$. Aquelas UAs que possuíam como vizinhas três ou quatro vizinhas com cobertura do dossel $\geq 30\%$ (tanto borda quanto capão) foram classificadas como **capão**. As UAs com cobertura do dossel $< 30\%$

foram classificadas como **campo**. E este modelo recebeu o nome de “modelo manual”.

Em cada modelo foram confeccionados representações da parcela com a distribuição dos indivíduos e mostrando cada elemento da paisagem, gráficos com a distribuição dos valores de diâmetro à altura do peito para indivíduos grandes (> 1,5 m de altura) e de altura para indivíduos pequenos (< 1,5 m de altura).

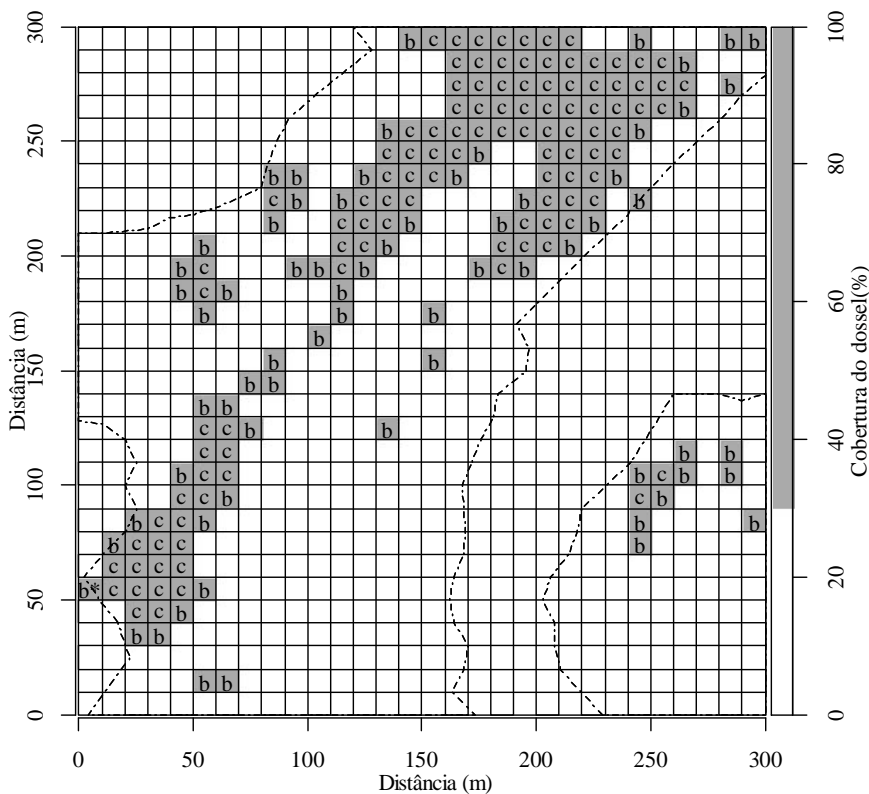


Figura 10. Representação da parcela de 9 ha (300 x 300 m) onde cada quadrado representa uma Unidade Amostral (UA) de 10 x 10 m (100 m²). Ao centro de cada quadrado é trazido uma letra correspondente a classificação UA: classificação de borda (“b”) e; e capão (“c”). Classificação realizada de acordo com o número de lados de contato, do modelo 3 (“manual”). Quadrados em cinza tem cobertura do dossel $\geq 30\%$ e quadrados em branco tem cobertura do dossel $< 30\%$, portanto considerados como campo. Existe uma UA (*b**) que não

foi considerada nas análises porque maior proporção desta UA está em área roçada periodicamente (marcadas pelas linhas tracejadas).

Todos os indivíduos da parcela foram divididos em duas categorias de tamanho: < 1,5 m de altura que ficou chamada de *indivíduos pequenos* e os indivíduos com $\geq 1,5$ m de altura, que ficaram chamados de *indivíduos grandes*. Além disso, nos indivíduos grandes foi classificado quem era reprodutivo e não reprodutivo. Essa classificação se baseou na observação da emissão de estruturas reprodutivas verificada com auxílio de binóculos conforme metodologia de Mantovani, Morellato e Reis (2004). A observação das estruturas reprodutivas se deu em dois momentos, o primeiro em julho de 2011 e outro em dezembro de 2011. A categoria *reprodutivos* corresponde a união das categorias *masculinos* e *femininos*.

3. RESULTADOS

Das 900 UAs, 274 são submetidas à roçadas periódicas, portanto essas UAs não foram consideradas no presente estudo. A prática da roçada é comum nas regiões de campo do Sul do Brasil e consiste na remoção principalmente de vassouras (*Baccharis* sp.) que espontaneamente instalam-se no campo. As 636 UAs restantes foram classificadas nos três modelos propostos para classificação de campo, capão e borda. No primeiro modelo, 72% da área foi classificada como campo e 28% como capão. No segundo modelo, 69% da área foi classificada como campo, 21% como capão e 10% como borda. No terceiro modelo 72% da área foi classificada como campo, 17% como capão e 11% como borda. As áreas de cada uma das unidades de paisagem foram explicitadas na Tabela 3.

Em termos de números absolutos de indivíduos femininos encontrados para a unidade de paisagem **campo**, temos os valores de 6, 4 e 6 indivíduos, para os modelos 1, 2 e 3 respectivamente (densidades na Tabela 3). Para as áreas de capão, temos os valores de 50, 43 e 31 indivíduos femininos para os modelos 1, 2 e 3 respectivamente. Já para borda temos os valores 9 e 19 indivíduos femininos para os modelos 2 e 3, respectivamente.

Quanto ao número de indivíduos pequenos (< 1,5 m de altura), para a unidade de paisagem campo, temos os valores de 1001, 962 e

1001 indivíduos, para os modelos 1, 2 e 3 respectivamente (densidades na Tabela 3). Para as áreas de capão, temos os valores de 1360, 1134 e 1023 indivíduos pequenos para os modelos 1, 2 e 3 respectivamente. Já para borda temos os valores 265 e 337 indivíduos pequenos para os modelos 2 e 3, respectivamente.

Tabela 3. Densidade de indivíduos femininos, total de reprodutivos (femininos + masculinos), total de indivíduos com altura < 1,5 m e indivíduos com altura ≥ 1,5 m (incluindo os reprodutivos) de uma população de *Araucaria angustifolia* para três diferentes divisões da paisagem de campo. A população consiste em todos os indivíduos dentro de uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) na Coxilha Rica de Lages, SC. Dos quais 2,64 ha não foram considerados pois são áreas com manejo de roçada.

Classificação			Total de indivíduos por hectare			
Formas	Unidades de paisagem	Área observada (ha)	Femininos *	Reprodutivos *	< 1,5 m de altura	≥ 1,5 m de altura
Modelo 1 “duplo” (Figura 11)	(a) campo	4,60	1,3	3,0	217,6	10,9
	(b) capão	1,76	28,4	75,6	772,7	234,1
	(a+b) campo + capão	6,36	8,8	23,1	371,2	72,6
Modelo 2 “estatístico” (Figura 12)	(a) campo	4,42	0,9	2,3	217,6	9,3
	(b) capão	1,33	32,3	81,2	852,6	261,7
	(c) borda	0,61	14,8	47,5	434,4	119,7
Modelo 3 “manual” (Figura 13)	(a) campo	4,60	1,3	3,0	217,6	10,9
	(b) capão	1,09	28,4	81,7	938,5	282,6
	(c) borda	0,67	28,4	65,7	503	155,2

*Existe um indivíduo reprodutivo que não foi classificado quanto ao sexo, e que pertence ao capão no modelo 1, e a borda nos modelos 2 e 3.

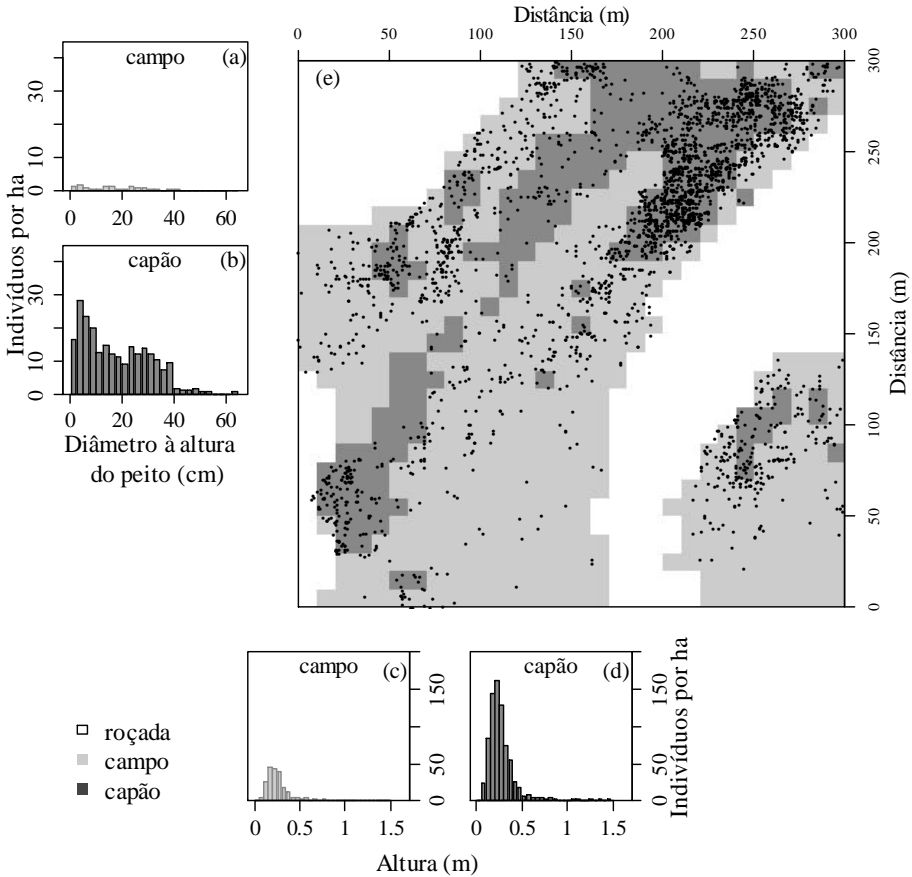


Figura 11. (a,b) Estrutura de diâmetros dos indivíduos grandes (indivíduos com altura > 1,5 m) e (c,d) estrutura de alturas dos indivíduos pequenos (indivíduos com altura < 1,5 m) e (e) representação da distribuição da população classificada de acordo com o modelo 1 (modelo duplo). Em (e), os pontos pretos representam os indivíduos de *Araucaria angustifolia* na parcela de 9 ha (300 x 300 m) na paisagem de campo. As estruturas a) e c) corresponde ao campo (áreas de cor cinza claro no mapa) e; b) e d) correspondem ao capão (áreas de cinza no mapa).

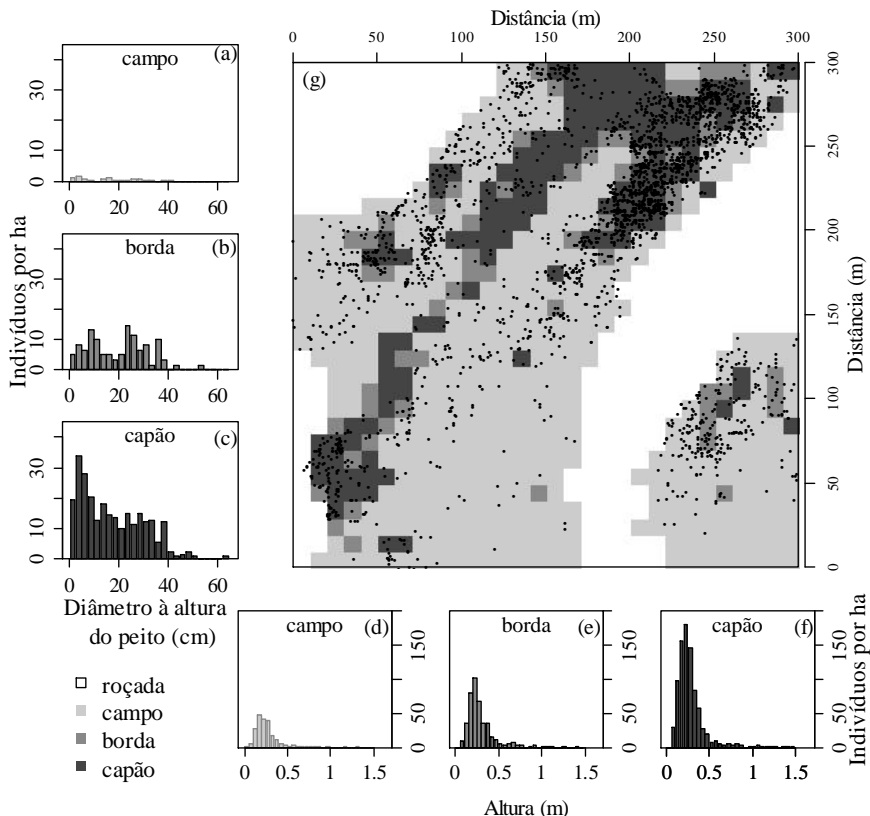


Figura 12. (a,b,c) Estrutura de diâmetros dos indivíduos grandes (indivíduos com altura > 1,5 m) e (d,e,f) estrutura de alturas dos indivíduos pequenos (indivíduos com altura < 1,5 m) e (g) mapa da população classificada de acordo com o modelo 2 (modelo estatístico). Portanto as estruturas a) e d) corresponde a área em cinza claro no mapa; b) e e) correspondem as áreas de cinza no mapa e; c) e f) correspondem as áreas em cinza escuro do mapa. Pontos pretos em g) representam os indivíduos de *Araucaria angustifolia* em uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) na paisagem de campo.

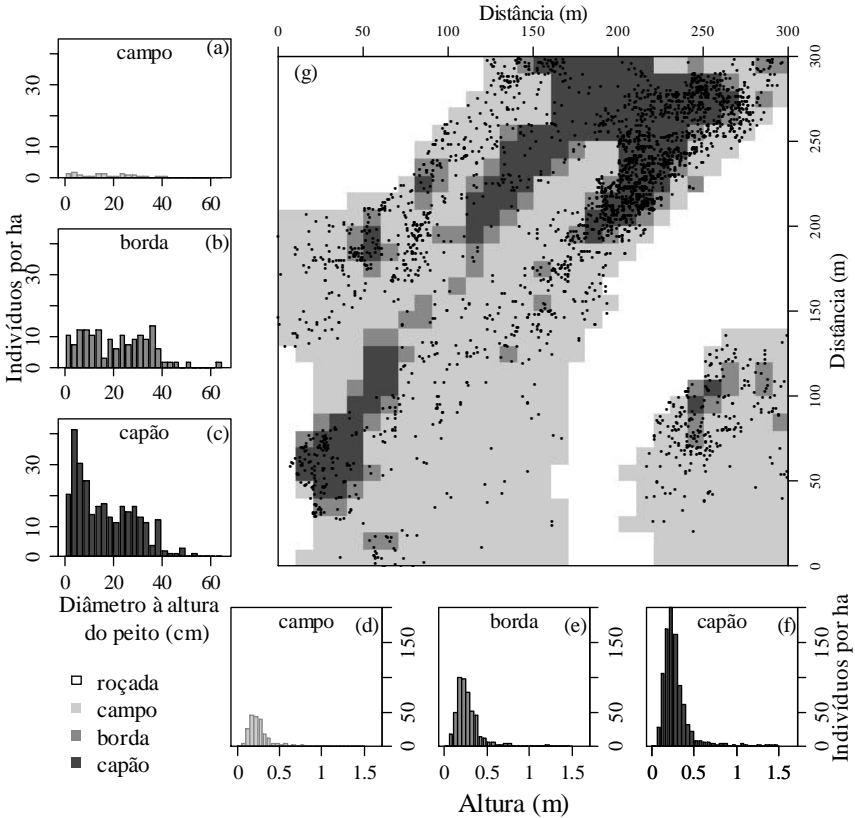


Figura 13. (a,b,c) Estrutura de diâmetros dos indivíduos grandes (indivíduos com altura > 1,5 m) e (d,e,f) estrutura de alturas dos indivíduos pequenos (indivíduos com altura < 1,5 m) e (g) mapa da população classificada de acordo com o modelo 3 (modelo manual). Portanto as estruturas a) e d) corresponde a área em cinza claro no mapa; b) e e) correspondem as áreas de cinza no mapa e; c) e f) correspondem as áreas cinza escuro do mapa. Pontos pretos em g) representam os indivíduos de *Araucaria angustifolia* em uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) na paisagem de campo.

4. DISCUSSÃO

4.1 Diferentes métodos para classificação dos elementos da paisagem

O modelo 2 (modelo estatístico), aquele em que as subparcelas eram classificadas pela variação das medidas do densiômetro, pela análise visual, detectou uma estrutura diferenciada em relação aquela do modelo manual (modelo 3). Contudo, o modelo estatístico não permitiu determinar exatamente as subparcelas que estavam na borda, além de classificar como borda subparcelas localizadas dentro do capão. Assim, de acordo com a falta de continuidade das subparcelas que foram classificadas como borda e das limitações apresentadas na distinção entre os elementos borda e capão, é recomendada que o modelo 2 (modelo estatístico) não seja utilizado. Além disso, o modelo estatístico detectou uma estrutura diferenciada daquela do modelo manual, uma vez que o modelo manual os elementos capão e borda foram muito parecidos quanto à distribuição de tamanhos. De acordo com este critério, os dois melhores modelos foram o modelo duplo (modelo 1) que não classifica o elemento borda, e aquele em que a borda foi classificada com um critério baseado na vizinhança (modelo 3).

4.2 A estrutura de *Araucaria angustifolia* sob diferentes elementos de paisagem

Os indivíduos grandes da população foram associados basicamente aos capões (Figura 11-b). Como mostra este estudo, poucos indivíduos > 1,5 m de altura estavam nas áreas de campo, corroborando com Solórzano-Filho (2001) que indica que *A. angustifolia* está associada à fitofisionomia florestal e não de campo. Já os indivíduos pequenos (< 1,5 m de altura), ao contrário, mostraram grande quantidade na unidade de paisagem campo (Figura 11-a; Figura 12-a; Figura 13-a). O número de indivíduos pequenos por hectare no campo foi menor do que no capão, justamente porque a área de campo foi superior à área de capão, onde aproximadamente 70% da área foi composta por campo. Porém, em termos de número absoluto de indivíduos, a quantidade de indivíduos pequenos no campo e no capão foi semelhante. Esse resultado vem de encontro com indicado informalmente por Mattos (2011). Este autor cita que as capoeiras apresentam grande quantidade de pinheiros novos, resultado da ação de seus dispersores. O autor ainda ressalta que os pinheiros surgem geralmente depois de iniciada a formação da capoeira. Tal afirmação foi

suportada pelo presente estudo, pois nestas áreas que os indivíduos pequenos habitavam geralmente existia capoeira de vassouras.

Mesmo com menor densidade de indivíduos na área de campo, esses podem ter importante papel no avanço da população dos capões sobre o campo, uma vez que esta espécie cumpre o papel de facilitadora no avanço da floresta para as áreas de campo (DUARTE et al., 2006). Sendo que em números absolutos, no campo estiveram presentes grande proporção de indivíduos pequenos. Por exemplo, de acordo com o modelo duplo, 1001 indivíduos habitaram a área de campo. Para maiores esclarecimentos nesta questão seriam necessários estudos com a mortalidade e crescimento desses indivíduos nos diferentes elementos de paisagem, o que traria melhores informações sobre o potencial de avanço sobre o campo.

No capão, a densidade de indivíduos femininos variou de 28,4 a 32,3, dependendo do modelo de classificação adotado. Já numa condição de floresta, a densidade de indivíduos femininos é de aproximadamente 14 ind. ha^{-1} (PALUDO et al., 2009). Sugerindo que no capão, os indivíduos femininos ocorrem em maior densidade em relação a uma condição de floresta. Tal resultado pode indicar a existência de uma dinâmica diferenciada para a espécie nos processos ecológicos nos dois ambientes.

Além disso, existe uma falta de estudos sobre a produção de frutos e fontes de variação da produção para a maioria dos PFNM tropicais (KAINER; WADT; STAUDHAMMER, 2007). Mas quando olha-se para o resultado de densidade de *Araucaria angustifolia* nos diferentes elementos de paisagem, podemos ter ideia do potencial de produção de sementes de cada um. Os capões foram os locais com maiores densidades de indivíduos femininos, seguido da unidade de paisagem borda e por último das áreas de campo. Tanto em termos de indivíduos por hectare como em termos de número total de indivíduos sem relação com área, os capões apresentaram mais indivíduos femininos. Esse resultado tem implicações para a produção de sementes e estudos de ecologia. De vários trabalhos de produção de sementes (MANTOVANI; MORELLATO; REIS, 2004; SOUZA et al., 2010; FIGUEIREDO-FILHO et al., 2011), nenhum avaliou a produção em indivíduos de borda ou de campo. Se a produção de sementes nestes indivíduos e nos indivíduos de campo for a mesma, então estes são mais importantes para a produção de sementes. Além disso, se nos capões são produzidas mais sementes, estes podem ter maior importância para a fauna associada. São necessários mais estudos para verificar se a

produção de sementes é diferenciada de acordo com a unidade de paisagem considerando a importância para o manejo desta espécie.

Nesse sentido, o presente estudo propõe um método mais objetivo de classificação para poder avançar nas questões supracitadas. Porém, são necessários mais estudos a cerca da consistência deste padrão, e ainda a criação de critérios objetivos para avaliar este sistema de classificação, uma vez que este é um resultado inicial para uma proposta de classificação desses elementos da paisagem. Portanto, há necessidade de continuação deste trabalho. Principalmente no que tange a verificar se essas classificações e divisões tem sentido nos fenômenos biológicos como por exemplo nos estudos de dinâmica populacional. Uma vez que as espécies podem responder de forma diferenciada à estas categorias (campo, capão e borda).

4.3 Importância de um método objetivo para estudos na paisagem campo

Enquanto a ciência busca teorias gerais (generalizações), as decisões do manejo dependem de um tempo específico, de um espaço restrito e de um objetivo específico (MCPHERSON; DESTEFANO, 2003). A teoria que será aplicada, ao contrário das muito almeçadas generalizações da ciência, tem um especificidade para aplicação. Portanto, conhecer as peculiaridades da distribuição da espécie nos capões e no campo é importante. *Araucaria angustifolia* ocupou os ambientes com cobertura (capão e borda), indivíduos grandes isolados representaram uma pequena porção na população de acordo com a metodologia empregada. Estes resultados são importantes como base para delinear novos estudos, tanto para esta espécie como para as outras coabitantes desta formação. Assim, cria-se a possibilidade de comparação de atributos demográficos, genéticos, entre outros dentro dessas unidades de paisagem. Além do que foi discutido, há necessidade de um trabalho continuado sobre o tema; o próprio valor de porcentagem de cobertura do dossel escolhido para diferenciar o campo do capão é um exemplo, cujo valor poderá ser estabelecido por outros caminhos, ficando evidente a existência de várias possibilidades que futuramente poderão ser testadas quanto a eficácia e significado em estudos ecológicos e biológicos.

5. REFERÊNCIAS

As referências foram adicionadas ao final do manuscrito.

6. APÊNDICE

Para compor a representação da distribuição da população na **Figura 14**, a população foi dividida seguintes classes: *plântulas* correspondendo aos indivíduos constituídos por um único módulo, sem ramificações; *juvenis I*, indivíduos que exibiam ramificações e com altura até 1,5 m; *juvenis II*, indivíduos com altura $\geq 1,5$ m mas com Diâmetro a Altura do Peito (DAP) < 10 cm; *imatuross* os indivíduos com DAP ≥ 10 cm, mas que ainda não tinham emitido estruturas reprodutivas; *femininos* aqueles com estrutura reprodutiva feminina e; *masculinos* marcadas pela exibição de estruturas reprodutivas masculinas.

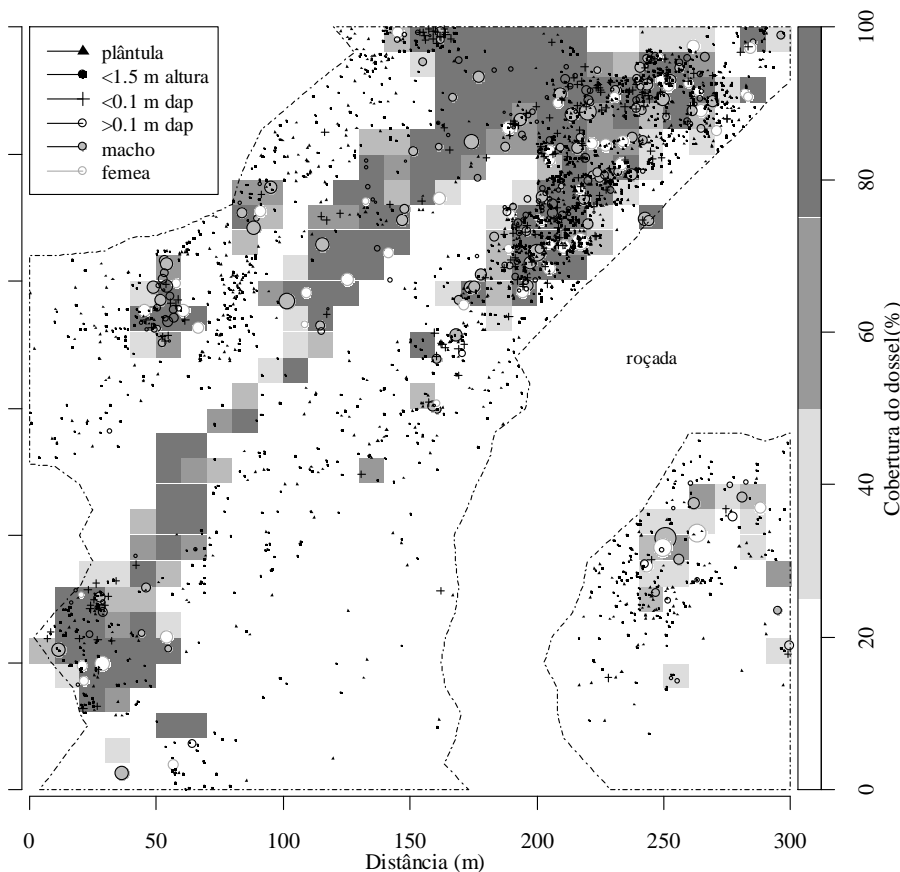


Figura 14. Representação mostrando a distribuição das diferentes classes de indivíduos de *Araucaria angustifolia* em uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) em paisagem de campo sob pecuária extensiva na Fazenda Santa Rita em Lages, Santa Catarina. O pontilhado separa regiões onde a vegetação é roçada periodicamente. A cor de cada um dos 900 quadros de 10 x 10 m, representa a cobertura estimada do dossel no centro do quadro. O tamanho do círculo para os três últimos itens da legenda é proporcional ao tamanho do dap, sendo que o dap mínimo é 0,1 m e o máximo 0,63 m. Segundo esta divisão, a população foi composta por 864 indivíduos da classe de plântula, 1.491 juvenil I, 178 juvenil II, 144 imaturo e 146 reprodutivo, totalizando 2.823 indivíduos.

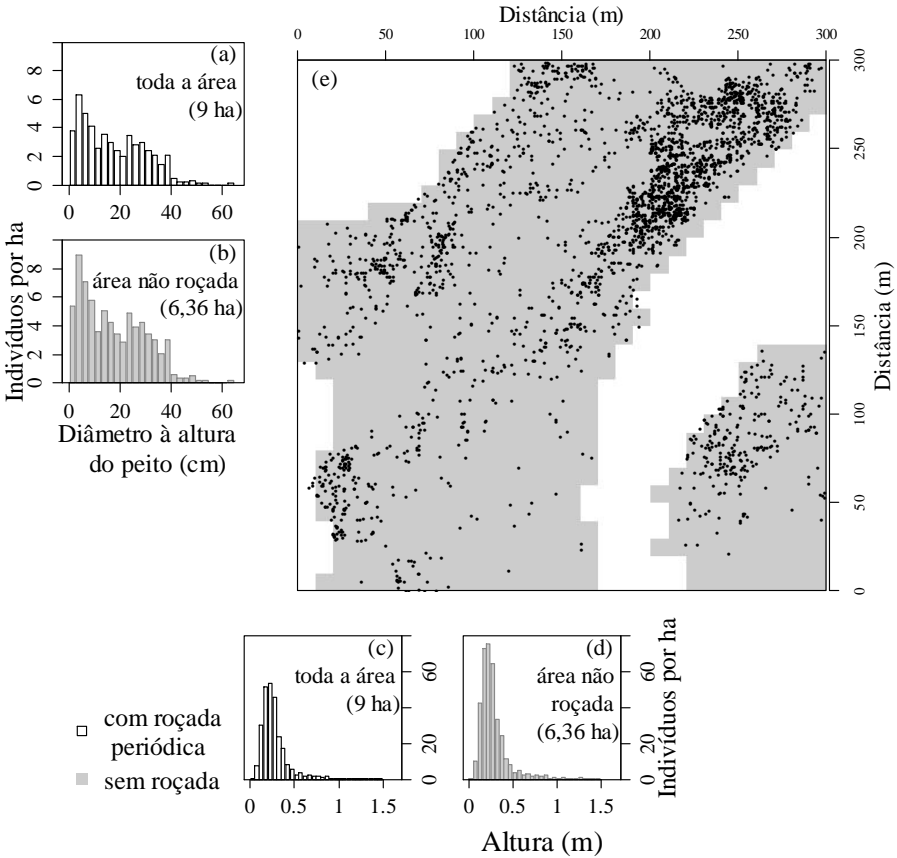


Figura 15. Distribuição de tamanhos em toda área (a,c) e apenas na área não roçada (b,d). Onde (a,b) é a estrutura de diâmetros dos indivíduos grandes (indivíduos com altura > 1,5 m) e (c,d) estrutura de alturas dos indivíduos pequenos (indivíduos com altura < 1,5 m) e o (e) mapa da população diferenciando a área roçada da não roçada. No mapa temos os indivíduos de *Araucaria angustifolia* (pontos pretos) em uma parcela de 9 ha (300 x 300 m) na paisagem de campo. As estruturas a) e c) corresponde à estrutura juntando as áreas de roçada e não roçada (áreas de cor branco no mapa). As estruturas b) e d) corresponde a apenas as áreas não roçadas (áreas de cor cinza claro).

CAPÍTULO IV. PADRÃO ESPACIAL DA MORTALIDADE DE PLÂNTULAS DE *Araucaria angustifolia* (ARAUCARIACEAE)



SÍTIO DE FLORESTA, SITUADO NA RESERVA GENÉTICA FLORESTAL DE CAÇADOR, MUNICÍPIO DE CAÇADOR, SC, BRASIL

Resumo: As mudanças no padrão espaciais em populações de espécies arbóreas são importantes para a dinâmica de populações e de comunidades. É amplamente reconhecido que em indivíduos de tamanhos grandes, a mortalidade gera padrões espaciais mais uniformes. Mas pouco é conhecido sobre como são as mudanças no padrão espacial em estágios mais iniciais de desenvolvimento em espécies arbóreas. O acompanhamento do padrão espacial em plântulas em parcelas grandes é pouco conhecido. O objetivo deste trabalho foi verificar mudanças no padrão espacial ao longo do tempo em estágios iniciais de desenvolvimento em uma população de uma espécie arbórea. Foi utilizado a espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze como modelo de estudo. Como ainda não foram elucidadas as principais causas de morte das plântulas em *A. angustifolia*, adicionalmente foi procurado: (ii) investigar os padrões de mortalidade dependente da densidade intracoorte e da distância de adultos e; (iii) investigar os padrões de sobrevivência das coortes de ingressantes. Seis levantamentos foram feitos no mês de fevereiro de 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 e 2012, em uma parcela contínua de 5,1 ha (170 m x 300 m). Sendo que toda a população (inclusive as plântulas) foram acompanhados em todos os 5,1 ha. O padrão espacial, os padrões de dependência da distância e densidade foram avaliados com a função K de Ripley, contra intervalos construídos por, respectivamente, modelo nulo de completa aleatoriedade espacial, aleatorização de marcas em pontos fixados, e pelo desbaste aleatório de indivíduos. Como resultado: (i) a mortalidade nos estágios iniciais levou a redução de agregação das coortes de indivíduos ingressantes de *A. angustifolia* sob floresta desenvolvida. Coortes foram espacialmente agregadas mas o tempo (e mortalidade) direcionou a um arranjo aleatório de indivíduos. (ii) Padrões de mortalidade dependente da densidade não existiram e o padrão espacial dos sobreviventes foi praticamente todo explicado pelo desbaste aleatório de indivíduos. Ao contrário, existiu dependência negativa da distância de adultos na sobrevivência das coortes de plântulas, mas diferiu entre os sexos e não foi consistente nas escalas espaciais ao longo dos anos. (iii) A taxa de sobrevivência ao primeiro ano após o ingresso foi de 0,210 até 0,542 sendo que existiu um aumento da taxa de sobrevivência ao longo dos anos e uma tendência à manutenção de poucos indivíduos de cada coorte. Como conclusão, foi encontrado que a dependência negativa da distância é o padrão chave estruturando a formação do padrão espacial dos estágios iniciais de desenvolvimento de *Araucaria angustifolia* sob floresta. Mas chama-se

a atenção que mesmo a mortalidade espacialmente aleatória, quando não existem dependências da distância de adultos e nem da densidade de indivíduos, também reduziu a agregação das coortes de plântulas.

Palavras-chave: dependencia da densidade, regeneração natural, desbaste aleatório, Araucariaceae, formação do padrão espacial.

1. INTRODUÇÃO

O padrão espacial é uma característica muito importante no estudo de populações. Padrões espaciais são associados intimamente com os processos ecológicos (BAROT; GIGNOUX; MENAUT, 1999; NANAMI; KAWAGUCHI; YAMAKURA, 2011) e também os padrões podem influenciar nesses processos. Em geral, os estudos de formação ou mudanças temporais no padrão espacial têm sido conduzidos de três formas: pela comparação entre os padrões de diferentes classes de indivíduos observados num mesmo instante do tempo (como em STERNER; RIBIC; SCHATZ, 1986); pela comparação entre o padrão espacial de indivíduos vivos e mortos, também observados num mesmo instante de tempo (como em DUNCAN, 1991) e ainda; pela comparação do padrão espacial dos indivíduos vivos e mortos obtidos através de censos (como em NANAMI; KAWAGUCHI; YAMAKURA, 2011). Esta última forma é aquela que traz resultados mais precisos, entretanto, geralmente necessita acompanhamentos de vários anos.

Considerando o efeito da mortalidade numa população em um certo intervalo de tempo, o efeito pode não alterar o padrão espacial (GETZIN et al., 2006), pode tornar o padrão mais agregado (NANAMI; KAWAGUCHI; YAMAKURA, 2011) e o mais comumente documentado é que a mortalidade pode levar ao aumento da regularidade (STERNER; RIBIC; SCHATZ, 1986; GETZIN et al., 2006; GAZOL; IBANEZ, 2010; NANAMI; KAWAGUCHI; YAMAKURA, 2011). Em se tratando de indivíduos grandes (ou em estágios mais avançados de desenvolvimento, por exemplo, para indivíduos com DAP > 5 cm) mudanças no padrão espacial para um padrão mais regular têm sido atribuída principalmente a competição intraespecífica (DUNCAN, 1991; GRAY; HE, 2009; NANAMI; KAWAGUCHI; YAMAKURA, 2011).

Mas as mudanças temporais do padrão espacial em indivíduos pequenos e recém germinados de espécies arbóreas subtropicais não são bem conhecidas. Em geral não se tem levantamento de plântulas completamente mapeadas em parcelas grandes, portanto, pouco foi investigado à respeito do padrão espacial (nos aspectos: tipo de padrão que pode ser aleatório, agregado ou uniforme; intensidade e extensão de um padrão). A grande maioria das investigações nos estágios iniciais de desenvolvimento, procuram encontrar padrões de dependência da densidade e da distância de adultos (BAGCHI et al., 2010; SWAMY; TERBORGH, 2010; MATTHESIUS; CHAPMAN; KELLY, 2011; PARADA; LUSK, 2011). Entretanto, são raras as investigações para acompanhar a mudança da estrutura espacial nos estágios iniciais.

Como os padrões espaciais geralmente são intimamente ligados aos processos ecológicos (DALE, 1999), o conhecimento do padrão espacial dos indivíduos sobreviventes pode trazer noções do processo envolvido na mortalidade. Entre os processos indicados como causadores da mortalidade de plântulas estão a competição, predação ou herbivoria (ALVAREZ-CLARE; KITAJIMA, 2008), doenças causadas por fungos (PACKER; CLAY, 2000; RODRIGUEZ-MOLINA et al., 2005; BELL; FRECKLETON; LEWIS, 2006) e estresse hídrico (MASAKI et al., 2005; PARADA; LUSK 2011).

Processos que afetam a sobrevivência, conseqüentemente também afetam o padrão espacial dos indivíduos. Em geral, diferentes padrões espaciais podem ser encontrados de acordo com o processo causador da mortalidade (BUNKER; CARSON, 2005; DE-LA-CRUZ et al., 2008). Quando por exemplo a mortalidade é causada pela seca, a resposta da mortalidade não dependeu espacialmente da densidade de indivíduos (GILBERT et al., 2001; BUNKER; CARSON, 2005). Entretanto, quando o processo é um patógeno como um fungo, a mortalidade é agregada no espaço e exibe padrões de dependência de densidade ou distância (RODRIGUEZ-MOLINA et al., 2005; YAMAZAKI; IWAMOTO; SEIWA, 2009). A mortalidade por herbivoria mostrou padrão negativo de associação com indivíduos adultos (DE-LA-CRUZ et al., 2008)

Além de que são raras as investigações sobre mudanças no padrão espacial nos estágios iniciais de desenvolvimento de plantas arbóreas. Também quando são avaliados padrões dependentes da densidade e distância de adultos, muitas vezes são utilizadas pequenas parcelas e sem trazer informações multi-escala (BUNKER; CARSON 2005; BELL; FRECKLETON; LEWIS, 2006; YAMAZAKI;

IWAMOTO; SEIWA, 2009). E mesmo assim, quando utilizam dados todos mapeados e a estrutura espacial de plântulas é estudada por funções espaciais multi-escala (como o K de Ripley), os trabalhos com plântulas (indivíduos recém germinados) dificilmente ultrapassam pequenas extensões (ex.: DE-LA-CRUZ et al., 2008).

Portanto o objetivo deste trabalho foi de: (i) investigar as mudanças no padrão espacial em indivíduos de estágios iniciais de desenvolvimento quanto ao tipo e extensão de um padrão. Para isso foi utilizada a espécie modelo de estudo *Araucaria angustifolia* e, particularmente, indivíduos pequenos com idade conhecida.

Considerando que não são conhecidas as principais causas da mortalidade de plântulas em *A. angustifolia* e também não é conhecido se a mortalidade de plântulas exhibe padrões dependente da densidade intracoorte ou da distância de adultos, também foi objetivo do presente estudo: (ii) investigar a existência de padrões de mortalidade dependentes da densidade intracoorte de plântulas ou da distância de adultos nos indivíduos nos estágios iniciais de desenvolvimento (basicamente plântulas); (iii) descrever os padrões de sobrevivência de indivíduos de *A. angustifolia* em estágios iniciais de desenvolvimento sob cobertura florestal; e adicionalmente procurou-se (iv) testar se a cobertura do dossel da floresta ou a altura das plântulas estão associadas a maiores taxas de sobrevivência dos indivíduos.

Espera-se que a sobrevivência durante a transição do estágio plântulas para juvenil seja favorecida por maiores entradas de luz. Estudos têm indicado que sombreamento moderado nos primeiros meses de desenvolvimento favorece o crescimento de plântulas de *A. angustifolia* (DUARTE; DILLENBURG, 2000), em geral dentro de período que a plântula utiliza as reservas das grandes sementes (LÖWE; DILLENBURG, 2011). Mas na transição entre o estágio de plântula (apenas eixo principal) e juvenil (presença de ramificações laterais) o papel da cobertura permanece desconhecido. É conhecido que para espécies tropicais, a luz é um fator limitante para a performance de plântulas de árvores, mesmo para as tolerantes a sombra (SCHUPP et al., 1989; COATES, 2000).

Estudos em *A. angustifolia* indicam ser espécie micotrófica, pois associações micorrízicas mostraram efeitos positivos no crescimento de plântulas (MOREIRA-SOUZA; CARDOSO, 2002; ZANDAVALLI; DILLENBURG; SOUZA, 2004). Por outro lado, o consumo das reservas da semente por animais tem sido indicada como um dos fatores

importantes causadores da mortalidade de plântulas (SANQUETTA et al., 2005; PALUDO; MANTOVANI; REIS, 2011). Por isso espera-se encontrar padrão de dependência positivo para a distância de adultos por espécie micotrófica e espera-se também encontrar padrão negativamente dependente da densidade de plântulas em *A. angustifolia* por conta da predação das plântulas.

Na biologia de populações, existe uma grande aceitação que sugere que processos dependentes da densidade reduzem a agregação e são importantes na formação do padrão espacial (HUTCHINGS, 1997; BAROT; GIGNOUX; MENAUT, 1999). Em *A. angustifolia*, os indivíduos com menos de um ano são mais agregados do que indivíduos juvenis mais velhos (até 5 cm de DAP) (PALUDO et al., 2009; PALUDO; MANTOVANI; REIS, 2011). Assim, espera-se encontrar a existência de processos dependentes da densidade e que a mortalidade ao longo do tempo reduz a agregação das coortes de indivíduos que ingressam na população anualmente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Espécie de estudo

Araucaria angustifolia é uma pioneira longeva emergente (SOUZA et al., 2008), possui sementes recalcitrantes e sua estratégia de regeneração é pela formação de banco de plântulas (DUARTE; DILLENBURG; ROSA, 2002). É uma conífera dióica, anemófila, barocórica com sementes grandes, com cerca de 7 g e alto teor de amido (MANTOVANI; MORELLATO; REIS, 2004) e de ocorrência subtropical. Constitui um dos elementos mais característicos da Floresta Ombrófila Mista, e esta floresta também chamada de floresta com Araucárias está inserida dentro dos limites do hotspot Bioma Mata Atlântica (MYERS et al., 2000). Além disso, *A. angustifolia* é considerada como criticamente ameaçada de extinção devido à redução de suas populações naturais e a massiva coleta de suas sementes (FARJON, 2012; IUCN, 2012).

2.2 Sítio de estudo

Este estudo foi desenvolvido em uma parcela permanente de acompanhamento de longo prazo instalada na Reserva Genética Florestal de Caçador, estado de Santa Catarina. Localizada entre as

coordenadas latitudes 26°49' e 26°53' S de latitude e 50°59' e 50°53' longitude ao Oeste de Greenwich, a reserva compreende altitudes de 900 a 1.104 m e uma área de 1.157,48 ha (KURASZ et al., 2008). O clima, segundo a classificação de Köppen é Cfa (KOTTEK et al., 2006), ou seja, zona temperada quente, sempre húmida e com verões quentes (“warm temperate, fully humid”). Esta floresta tem características de mata secundária em avançado estado de sucessão ou mata primária (PUCHALSKI; MANTOVANI; REIS, 2006).

2.3 Coleta de dados

Foi instalada uma parcela de 170 m x 300 m (5,1 ha) subdividida em 510 subparcelas de 10 x 10 m. Em fevereiro de 2007 todos os indivíduos, desde plântulas até adultos, presentes nas 510 subparcelas foram marcados e identificados. Em fevereiro de 2008 foi realizado um novo levantamento, onde foram marcados e identificados os indivíduos *ingressantes* (correspondentes a uma coorte), que representam indivíduos de mesma “idade” que ingressaram no período entre 2007 e 2008. Este procedimento foi repetido em fevereiro de 2009, 2010, 2011 e em 2012 em todas as 510 subparcelas de 10 x 10 m. De todos os indivíduos que ingressaram, aproximadamente 90% pertenciam ao estágio ontogenético plântula (indivíduo constituído apenas por um eixo principal, sem ramificações). Os 10% restantes apresentavam ramificações laterais plagiotrópicas, o que caracterizava-os como indivíduos *juvenis* (SOUZA et al., 2008). Neste trabalho indivíduos de uma *coorte* foram entendidos como os indivíduos provindos de um evento reprodutivo que ocorre uma vez a cada ano.

A cobertura do dossel foi avaliada por meio de densiômetro esférico convexo (LEMON, 1956). A parcela foi então subdividida em 2040 subparcelas 5 x 5 m, e ao centro de cada subparcela de 25 m² a cobertura do dossel foi estimada. Quatro vezes foram contados os pontos (norte, leste, sul, e oeste), multiplicado por 1.04 e feita a média das 4 leituras. Foi assumida que a cobertura do dossel sobre um indivíduo considerado, era exatamente a medição do respectivo quadrado de 5 x 5 m em que indivíduo estava situado.

Valores de precipitação (Figura 16) foram adquiridos junto a EPAGRI/CIRAM. No gráfico são sumarizados os valores de chuva acumulada sendo que foram considerados sempre partindo de 1º de fevereiro, e o período de um ano. De fevereiro de 2008 ao final de janeiro de 2009 a quantidade acumulada de chuva foi de 1497 mm. Já

entre 2009 e 2010 foi de 1600 mm. Entre 2010 e 2011 foi de 1938 mm. E por último, entre 2011 e 2012 foi de 1653 mm, sendo que neste último não foram obtidos dados referentes ao último mês.

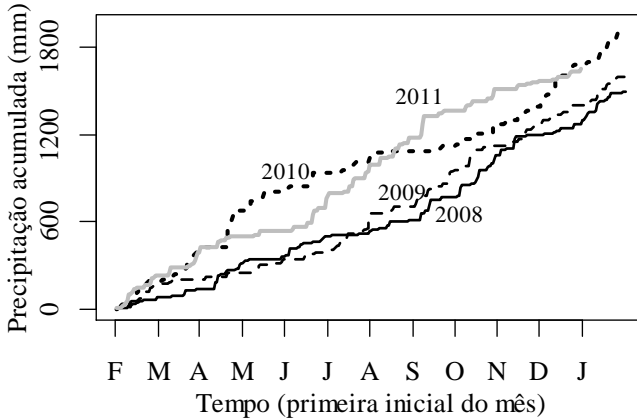


Figura 16. Chuva acumulada na Estação Experimental da Epagri de Caçador (aproximadamente ~4 Km de distância da parcela de estudo). Foi considerado o início da linha de chuva acumulada o mês de fevereiro do ano correspondente e o término foi considerado como o final de janeiro do ano seguinte, uma vez que os levantamentos de campo ocorreram entre janeiro e fevereiro.

2.4 Análise dos dados

Para avaliar o efeito da distância de adultos na sobrevivência de ingressantes foram utilizados os ingressantes de 2008, 2009, 2010 e 2011, comparados contra três classes de *árvores focais* uma a uma. A primeira classe de *árvores focais* foi composta pelos *indivíduos femininos*, a segunda de *indivíduos masculinos*, a terceira de *indivíduos com DAP > 30 cm*. A comparação foi feita entre os *sobreviventes* de cada grupo de ingressantes e cada classe de árvore focal utilizando o K de Ripley bivariedade (DE-LA-CRUZ et al., 2008). O teste de hipótese foi realizado por meio do intervalo empírico de confiança construído por *marcação independente* (DE-LA-CRUZ et al., 2008). Cada simulação da marcação independente consiste na fixação dos pontos das árvores focais e na aleatorização das marcas (*sobreviventes* e *mortos*) sobre os pontos dos ingressantes também fixados e na mesma proporção de mortes que foi observado à campo. Assim, criou-se um intervalo de confiança com os possíveis padrões aleatórios de dependência da distância. O intervalo de confiança foi construído com 2000 simulações

de Monte Carlo e a um nível de significância de 5%. Valores de K positivos e acima do intervalo empírico de confiança superior indicam que em uma classe de distância considerada existe maior sobrevivência observada do que se a mortalidade fosse causada pela aleatoriedade. Se o valor de K é negativo e abaixo do intervalo inferior, então existe maior mortalidade do que se a mortalidade fosse devido ao acaso na classe considerada.

Para testar se a mortalidade exibe padrões dependentes da densidade de indivíduos, foi calculada a função K de Ripley univariada para os *sobreviventes* de um ano considerado. A hipótese foi testada através de intervalos de confiança com base no desbaste aleatório de indivíduos (KENKEL, 1988). O desbaste aleatório de indivíduos consiste na distribuição aleatória das marcas (vivos e mortos) sobre os indivíduos ingressantes e na mesma proporção que a observada para cada ano. Sendo que o intervalo foi construído com 1000 simulações de Monte Carlo e a um nível de significância de 5%. Se em uma classe considerada o valor de K é maior que o intervalo de confiança superior, então, a sobrevivência é maior do que a esperada se as mortes ocorressem puramente pelo acaso, ou seja, onde a mortalidade depende positivamente da densidade.

Para entender o efeito da mortalidade ao longo dos anos no padrão espacial do grupo de indivíduos ingressantes foi utilizada a função K de Ripley na forma univariada. Sendo que o teste de hipótese foi baseado na construção de intervalos empíricos de confiança com base na distribuição da mesma quantidade de indivíduos, mas sob completa aleatoriedade espacial. Ou seja, o padrão observado foi comparado com um modelo nulo construído utilizando-se um processo homogêneo de Poisson. Os intervalos de confiança foram construídos com base em 5000 simulações de Monte Carlo a um nível de significância de 5%. Foi utilizado o pacote 'ads' do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012) para o cálculo da função e dos intervalos de confiança. Vale uma ressalva que mesmo existindo recomendações que com um número inferior a 15 indivíduos não é indicado o uso de análises espaciais como o Ripley, mesmo assim a análise foi utilizada para descrever o padrão observado e compará-lo ao modelo nulo.

Nas três análises, valores de K foram transformados pela fórmula $L(h) = ((K/\pi)^{1/2} - h)$, sendo que h é o raio de análise e K é a função K de Ripley, L é uma forma linearizada da Função K, para melhor visualização dos resultados. Onde h é o raio utilizado, sendo que foi de 1

m e até os 45 m. Foi utilizado o pacote ‘ecspa’ (DE-LA-CRUZ 2008) e o pacote ‘ads’ (PÉLISSIER; GOREAUD, 2010) do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012) para o cálculo da função e dos intervalos empíricos de confiança.

Para testar a existência de um aumento na probabilidade de sobrevivência com o aumento da porcentagem de cobertura do dossel ou do aumento da altura das plântulas, foi utilizada a regressão logística binária (CRAWLEY, 2007), um caso especial dos modelos lineares generalizados (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). Nesta análise é comparada uma variável resposta binária, que para nós foi se o indivíduo estava vivo ou morto um ano após seu ingresso, contra uma variável explicativa contínua, que foi a altura da plântula medida no momento do ingresso e a porcentagem de cobertura da sua respectiva sub-parcela de 5 x 5 m. A significância foi dada pelo método da máxima verossimilhança da função linear z também calculados utilizando algoritmos escritos no programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

3. RESULTADOS

Nos 5,1 ha amostrados, o número de ingressantes encontrado em 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 foi, respectivamente, 124, 57, 23, 226 e 168, (Coeficiente de Variação (CV) = 68,6% entre anos; Figura 17). Sendo que em 2007 a população foi constituída de 534 indivíduos (105 ind.ha⁻¹) considerando desde plântulas até adultos. Indivíduos femininos foram 76 (14 ind.ha⁻¹).

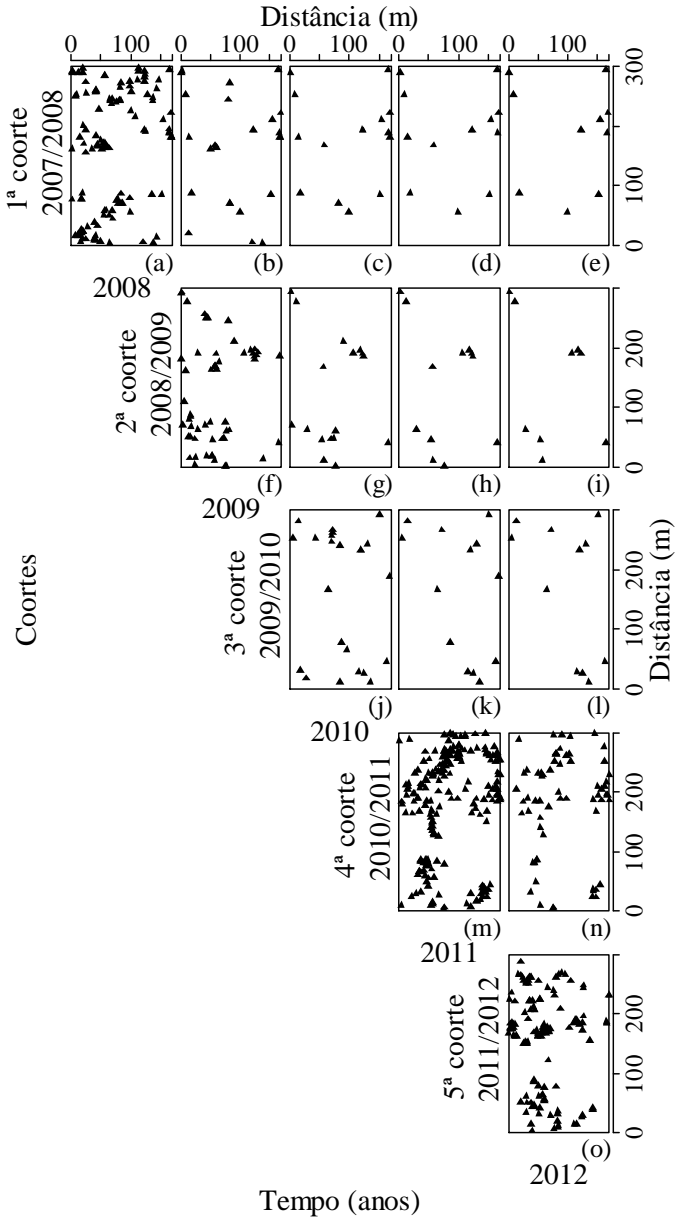


Figura 17. Representação da distribuição espacial das coortes de ingressantes: (a) 1ª coorte de ingressantes que corresponde aos indivíduos que ingressaram no

primeiro censo em 2008; (b) sobreviventes em 2009 da 1ª coorte de ingressantes; (c) sobreviventes em 2010 da 1ª coorte de ingressantes; (d) sobreviventes em 2011 da primeira coorte de ingressantes; (e) sobreviventes em 2012 da primeira coorte de ingressantes; (f) 2ª coorte de ingressantes que se substituí nos indivíduos que ingressaram na população no censo de 2009; (g) sobreviventes em 2010 da 2ª coorte de ingressantes; (h), (i) da mesma forma; (j), (m) e (o) correspondem a 3ª, 4ª e 5ª coorte de ingressantes, e (k), (l) e (n) seus sobreviventes. Cada retângulo representa a área de 5,1 ha (170 x 300 m) em que foi realizado o censo e os cinco censos.

Entre as coortes, a sobrevivência após o primeiro ano de seu ingresso variou de 0,210 até 0,565 (CV = 47,0% entre anos; Tabela 4). Sendo que existiu uma tendência de aumento da sobrevivência com a idade da coorte (Figura 18).

Tabela 4. Proporção de sobreviventes e abundância em 5,1 ha (entre parênteses) de cada grupo de ingressantes em cada ano (linhas).

Ano	Grupos de ingressantes				
	2007/2008	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012
2008	1,000 (124)	-	-	-	-
2009	0,210 (26)	1,000 (57)	-	-	-
2010	0,121 (15)	0,281 (17)	1,000 (23)	-	-
2011	0,105 (13)	0,211 (12)	0,565 (13)	1,000 (226)	-
2012	0,089 (11)	0,158 (9)	0,478 (11)	0,283 (64)	1,000 (168)

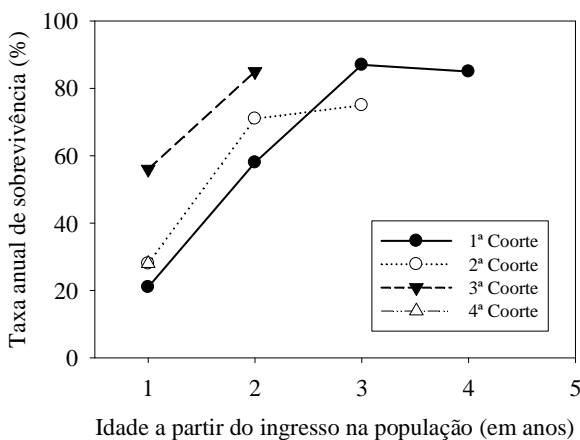


Figura 18. Taxas anuais de sobrevivência por tempo que o indivíduo ingressou em uma população natural conservada de *Araucaria angustifolia* sob uma floresta desenvolvida. Trata-se de todas as plântulas avaliadas em 6 censos (5 anos) em uma parcela de 5,1 ha em área de Floresta Ombrófila Mista de Santa Catarina, Brasil.

O padrão espacial predominante de ingressantes foi o agregado: quatro das cinco coortes de plântulas mostraram a agregação em toda a extensão da análise, isto é, de 0 a 50 m (Figura 19). A exceção foi a coorte que ingressou entre 2009 e 2010 (terceiro grupo), com padrão agregado em algumas escalas e não superando a distância de 22 m. Passado um ano, a agregação da 1ª coorte foi reduzida até a distância ~20 m, enquanto a da 2ª coorte foi entre ~13 e 50 m. A 3ª coorte mostrou arranjo dos indivíduos totalmente aleatório. A 4ª coorte apenas manteve-se com padrão espacial agregado em toda a extensão da análise, mas com redução na agregação principalmente nas distâncias de 1 a ~15 m. Passado dois anos do ingresso, a 1ª e a 3ª coorte já apresentaram um arranjo predominantemente aleatório dos indivíduos. A 2ª coorte mostrou agregação ainda entre ~15 e ~40 m.

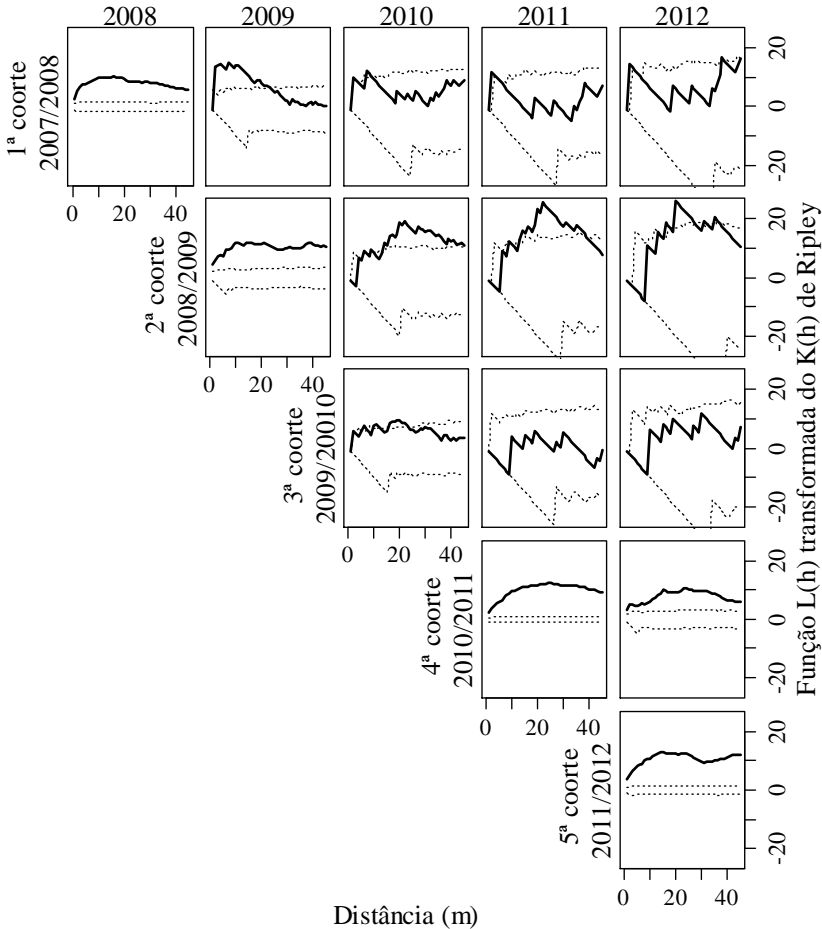


Figura 19. Padrão espacial dos ingressantes ao longo do tempo é o que mostra a função K de Ripley observada (linhas contínuas) quando comparada a um intervalo empírico de confiança construído sob um modelo nulo de completa aleatoriedade espacial (linhas pontilhadas). O modelo nulo foi construído através de 5.000 simulações de Monte Carlo de pontos em completa aleatoriedade espacial a um nível de significância de 5%. Trata-se de indivíduos de *Araucaria angustifolia* predominantemente no estágio plântula, que ingressaram em cada um dos intervalos de um ano em uma parcela de 5,1 ha na Reserva Genética Florestal de Caçador, Santa Catarina.

A dependência da distância de adultos na sobrevivência de ingressantes foi diferente entre os sexos, foi diferente nas escalas espaciais e ao longo do tempo (Tabela 5). A distância de indivíduos masculinos influenciou negativamente apenas uma classe de distância da coorte de 2008 (15-20 m). Já a distância de indivíduos femininos influenciou negativamente a sobrevivência de ingressantes de 2008 nas escalas espaciais de 20-50 m e na coorte de ingressantes de 2011 entre 5-30 m. Quando foi testada a sobrevivência de ingressantes contra a distância dos indivíduos com $DAP > 30$ cm, a dependência foi semelhante àquela dos indivíduos femininos (negativa entre 15-40 m e 45-50 m na coorte de 2008, e negativa entre 5-20 e 25-30 m na coorte de 2011). Não existiu dependência de adultos nas coortes que ingressaram em 2009 e 2010. Considerando os indivíduos ingressantes de todos os anos, estes estavam distribuídos com uma proximidade média dos indivíduos femininos de 9,9 m e mediana = 8,3 m (1º quartil = 5,6 m; 3º quartil = 12,4 m; min = 0,2 m; máx = 38,7 m), e com uma proximidade média dos indivíduos masculinos de 12,5 m e mediana igual a 14 m (1º quartil = 8,2 m; 3º quartil = 14,1 m; min = 0,5 m; máx = 34 m).

Tabela 5. Síntese das análises do K de Ripley contra um intervalo empírico de confiança construído através da distribuição independente das marcas (vivos e mortos) sobre os indivíduos ingressantes para testar a dependência da distância de uma árvore focal (fêmea, macho e $> 0,3$ m de diâmetro altura do peito), por ano de ingresso. A significância foi obtida por 2000 simulações de Monte Carlo a um nível de significância 5%.

Ano de ingresso da coorte	Classes de árvores focais	Distância (m)									
		0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
2008	femea	ns	ns	ns	ns	-*	-*	-*	-*	-*	-*
	macho	ns	ns	ns	-*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	>30 cm	ns	ns	ns	-*	-*	-*	-*	-*	ns	-*
2009	femea	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	macho	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	>30 cm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
2010	femea	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	macho	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	>30 cm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
2011	femea	ns	-*	-*	-*	-*	-*	ns	ns	ns	ns
	macho	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	>30 cm	ns	-*	-*	-*	ns	-*	ns	ns	ns	ns

“ns” – não significativo a 5%;

“-*” significativo com sobrevivência negativamente dependente da distância;

“+*” significativo com sobrevivência positivamente dependente da distância.

Já em termos da dependência da densidade, em apenas um dos quatro anos o padrão espacial observado não foi explicado pelo desbaste aleatório de indivíduos e ainda em distância restrita (Figura 20). Os ingressantes de 2007/2008 em 2009 mostraram uma sobrevivência maior do que aquela esperada se as mortes fossem provocadas pelo acaso nas distâncias de 1,5 a 3 m.

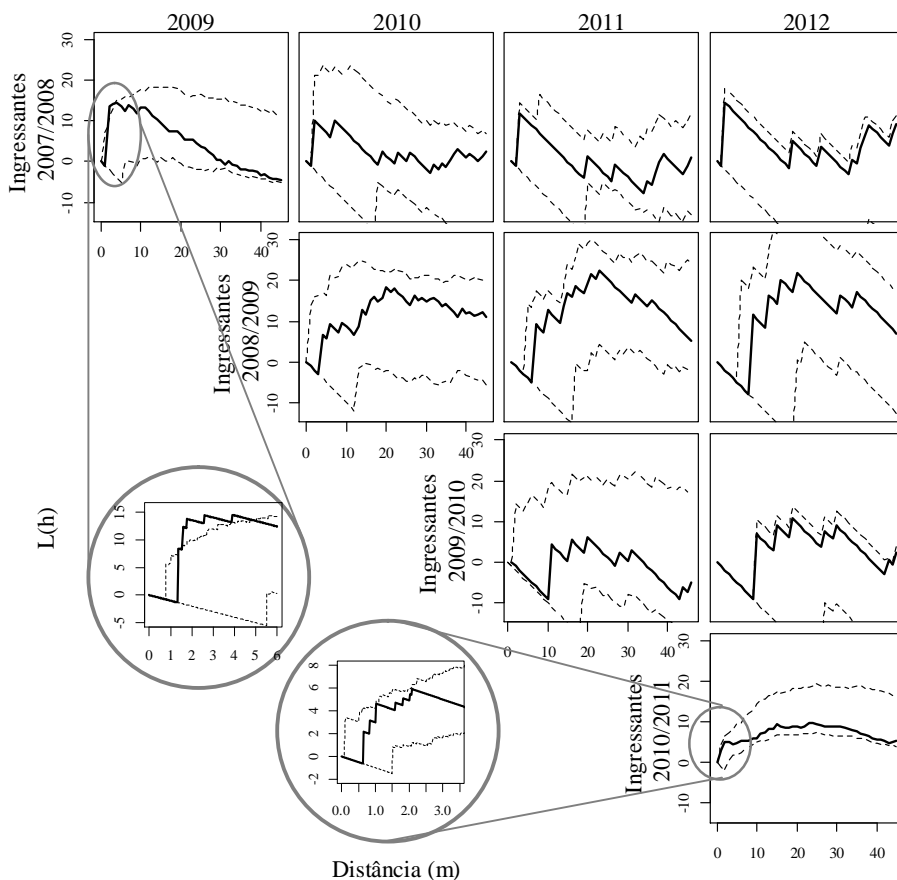


Figura 20. Teste de mortalidade dependente da densidade. O padrão espacial de indivíduos sobreviventes (linhas contínuas) comparados contra um intervalo empírico de confiança (linhas pontilhadas) construído por simulações de desbaste aleatório de indivíduos. Os intervalos foram construídos por meio de 1.000 iterações em que os indivíduos eram aleatoriamente mortos na mesma proporção que a observada. O nível de significância utilizado foi de 5%. Indivíduos ingressantes de cada período em população natural conservada de *Araucaria angustifolia* na Reserva Genética Florestal de Caçador, Santa Catarina.

A cobertura do dossel não foi associada com a mortalidade de plântulas quando analisada para cada ano e quando analisada em todos

os anos conjuntamente. Já a altura esteve associada positivamente com a sobrevivência apenas das plântulas ingressantes do período 2010/2011 (*Sobrevivência (0/1) = 1/(1 + e^{-(-3,4515⁵ + 11,948 * altura)})*); Pseudo R = 0,22; z = 5,55; P < 0,001). Quando a análise utilizou todos os anos, a altura esteve associada positivamente à sobrevivência (*Sobrevivência (0/1) = 1/(1 + e^{-(-2,4460 + 6,6754 * altura)})*); Pseudo R = 0,09; z = 5,02; P < 0,001). O resultado da equação varia entre 0 e 1, onde o 0 indica a morte e 1 a sobrevivência.

4. DISCUSSÃO

4.1 Sobrevivência das coortes de ingressantes

As coortes de ingressantes de *A. angustifolia* foram compostas principalmente por plântulas (90% plântulas e 10% juvenis), sendo que após o primeiro ano todos os indivíduos apresentaram ramificações, o que caracteriza o estágio juvenil. Assim, a taxa de sobrevivência no primeiro ano, que basicamente significa a transição entre plântula e juvenil foi de 0,210 até 0,565, semelhante aos valores encontrados por outro estudo também para *A. angustifolia*, de 0,436 e 0,643 (VALENTE; NEGRELLE; SANQUETTA, 2010). A taxa anual de sobrevivência aumentou positivamente com o aumento da idade dos indivíduos (Figura 18), sendo que este padrão é bem estabelecido para espécies de plantas (DE-STEVEN, 1994; HUCHTINGS, 1997). Este aumento nas taxas de sobrevivência levou à permanência de poucos indivíduos das primeiras coortes, mas com uma tendência de persistência de indivíduos em todas as coortes e cada coorte com poucos indivíduos representativos, ou seja, cada coorte com uma pequena contribuição para a população. Como exemplo, no ano final do presente estudo (2012) estavam vivos 11 indivíduos da 1ª coorte (de 2008) e 9 indivíduos da 2ª coorte (de 2009; Figura 17).

Quando foram reunidas todas as plântulas numa mesma análise, a sobrevivência após o primeiro ano do ingresso foi positivamente associada com a altura das plântulas (Pseudo-R explicando 9% da variação na mortalidade). Embora o tamanho da semente tenha sido frequentemente associado a maiores taxas de sobrevivência de plântulas (MOLES; WESTOBY, 2004; ITÔ, 2009), em nosso estudo provavelmente nenhuma planta ainda dependia das reservas da semente em virtude da época que foi feito nosso levantamento de campo

(LÖWE; DILLENBURG, 2011). Em contrapartida, plântulas maiores dentro de uma coorte podem ser os indivíduos mais vigorosos ou mais velhos, uma vez que existe oferta de sementes maduras por pelo menos 3 meses para *A. angustifolia* (MANTOVANI; MORELLATO; REIS, 2004). Para outras espécies de plantas, no estudo da estrutura e dinâmica de populações, é bem estabelecido que a idade e o tamanho são associados positivamente com maiores taxas de sobrevivência de plântulas (GERHARDT, 1996; HUTCHINGS, 1997; GILBERT et al., 2001; DE-LA-CRUZ et al., 2008). Desta forma, a baixa relação entre o tamanho (altura) e o estágio de vida dos indivíduos (vivo ou morto) sugere que a sobrevivência é menos influenciada pela variação de idade ou vigor de indivíduos de dentro de uma mesma coorte do que quando comparado a indivíduos de coortes diferentes (idades diferentes).

A luz é um dos maiores fatores que limita a performance de plântulas, tanto para espécies tolerantes como para intolerantes à sombra (SCHUPP, 1989; COATES, 2000), mas, ao contrário de nossa predição, a cobertura do dossel (que variou de 69,8 a 100%) não esteve associada à mortalidade de plântulas. Em Pináceas foi encontrada influência de clareiras e da posição dentro de clareiras na sobrevivência de plântulas (GRAY; SPIES, 1997). Abertura de copa também esteve relacionada positivamente com a sobrevivência de plântulas de duas espécies de folhas-largas (ITÔ, 2009). Mas no gênero *Araucaria*, os autores não têm conhecimento de estudos que acompanharam a mortalidade de plântulas em relação à cobertura do dossel sob floresta. Em *A. angustifolia* investigações nos primeiros meses de desenvolvimento (apenas dentro do estágio plântula) indicam influência positiva do sombreamento moderado no crescimento (INOUE; GALVÃO; TORRES, 1978; INOUE; TORRES, 1980; DUARTE; DILLENBURG, 2000), mas o papel da cobertura na mortalidade durante a transição entre os estágios plântulas e juvenil permanecia desconhecido, estágio até então considerado como crítico para a regeneração de *A. angustifolia* (PALUDO; MANTOVANI; REIS, 2011). De acordo com nossos resultados, a variação na cobertura do dossel na ordem de 69,8-100% não influenciou na mortalidade de plântulas, o que vem de acordo com Duarte, Dillenburg e Rosa (2002) que sugeriram que para estágios maiores o sombreamento não limita o desenvolvimento. O conhecimento desta característica é importante, como por exemplo, para a classificação da espécie em grupos ecológicos, sendo que existe uma reconhecida classificação com base nos requerimento de luz para o estabelecimento de plântulas (SWAINE; WHITMORE, 1988). Este

resultado contribui para um melhor entendimento da estratégia de regeneração desta espécie. Contudo, é necessário ter um cuidado nessa conclusão, pois a variação na porcentagem de cobertura do dossel encontrada foi pequena, o que traz uma limitação ao resultado.

4.2 Padrões espaciais da sobrevivência de plântulas: o que poderia explicar os padrões de mortalidade encontrados?

A mortalidade de plântulas foi maior do que o esperado pelo acaso nas distâncias entre 20-45 m dos indivíduos femininos e dos indivíduos com DAP > 30 cm no ano com a menor precipitação acumulada (em 2008 e na 1ª coorte de ingressantes, com 1497 mm de chuva em 12 meses) e a mortalidade de plântulas foi maior do que o esperado pelo acaso nas distâncias de 5-30 m de indivíduos femininos e de indivíduos com DAP > 30 cm em um dos anos mais chuvosos (em 2011 na 4ª coorte de ingressantes, com 1.653 mm de chuva em 11 meses). Além disso, não existiram padrões dependentes nos dois anos com menores densidades de indivíduos, na 2ª e 3ª coortes de ingressantes. Este padrão de dependência da distância na mortalidade poderia ser explicado por:

- (i) explicando apenas o padrão da 4ª coorte de ingressantes, estaria a atração de predadores pelas sementes embaixo das fêmeas causando maior mortalidade na proximidade dos indivíduos femininos. Uma vez que as pesadas sementes de *Araucaria angustifolia* (cerca de 7 g; MANTOVANI; MORELLATO; REIS, 2004) são barocóricas, e concentram-se em torno dos indivíduos femininos. Como a semente permanece anexada à plântula por alguns meses (LÖWE; DILLENBURG, 2011), a morte seria causada pela fauna, que na busca das sementes arrancariam as plântulas (MELLO-FILHO; STOEHR; FABER, 1981; SANQUETTA et al., 2005; PALUDO; MANTOVANI; REIS, 2011). Como indivíduos masculinos praticamente não interferiram na chance de sobrevivência de plântulas, então torna a hipótese de atração de predadores plausível.
- (ii) a interação entre clima, fungos patogênicos e micorrízicos. Hersh, Vilgalys e Clark (2012) mostram que a umidade do solo pode potencialmente alterar a natureza da interação entre planta e fungos de neutra para detrimental, onde a seca pode provocar mudança no tipo de processo atuante. Também se considerar o que trazem Bunker e Carson (2005) que, por meio de experimentos com plântulas de espécies lenhosas, mostraram

que o estresse por seca fez a morte ser predita pela mortalidade aleatória, mas em parcelas irrigadas, a mortalidade mostrou padrão dependente da densidade. Como *Araucaria angustifolia* é considerada como altamente dependente de associações micorrízicas para o crescimento (ZANDEVALLI; DILLENBURG; SOUZA, 2004), então, a proximidade com as fêmeas poderia ter efeito positivo na sobrevivência em anos secos. Já na época chuvosa, fungos teriam impacto negativo na sobrevivência, uma vez que há indicações de vários fungos que atacam inclusive estágios iniciais de desenvolvimento de *A. angustifolia* (OLIVEIRA, 1981; CORRÊA; AUER; SANTOS, 2012), e na época chuvosa, provavelmente seus efeitos sejam mais acentuados. Então, em um ano seco, micorrízicas favoreceram a sobrevivência próximo aos indivíduos adultos e em anos chuvosos, micorrizas tem pouco efeito na sobrevivência, e nesse caso outros são os fatores determinantes na mortalidade de plântulas como os fungos causadores de danos. Contudo, a mortalidade não teve influência dos indivíduos masculinos, mesmo que as plântulas estiveram distribuídas apenas a uma distância de 5,7 m mais próximas dos indivíduos femininos do que dos masculinos.

- (iii) pode ser que não existam efeitos de dependência da distância de adultos em *A. angustifolia* em baixas densidades de indivíduos sob cobertura florestal, explicando os padrões da 2ª e 3ª coorte de ingressantes;
- (iv) vários outros fatores não considerados aqui podem estar causando variações na probabilidade de sobrevivência das plântulas como: o padrão espacial dos nutrientes (DAY; HUTCHINGS; JOHN, 2003); a fertilidade do solo (PALMIOTTO et al., 2004); variações de microsítios para disponibilidade hídrica; entre outros. Fatores genéticos provavelmente tem pouco efeito, já que a mortalidade neste estágio geralmente é causada por outros fatores e não poupa aqueles genótipos que conferem maior sobrevivência e fecundidade (HUTCHINGS, 1997).

O estabelecimento de experimentos para avaliar estas hipóteses sugeridas seria um próximo passo para verificar o papel de cada uma delas nos padrões de mortalidade de plântulas de *A. angustifolia* sob floresta desenvolvida.

Inesperadamente, neste estudo não foi encontrada dependência negativa da densidade na sobrevivência de plântulas de *Araucaria angustifolia*. O padrão espacial dos sobreviventes encontrado neste trabalho foi praticamente todo explicado pelas simulações de desbaste aleatório de indivíduos (KENKEL, 1988). Padrões dependentes da densidade podem ser causados pela competição intraespecífica e inimigos naturais como herbívoros e patógenos. Em geral, o papel da competição intraespecífica na mortalidade de plântulas é tido como muito fraco (BELL; FRECKLETON; LEWIS, 2006; PAINE et al., 2008; PARADA; LUSK, 2011) e competição interespecífica geralmente não tem efeito na mortalidade de plântulas (SVENNING; FABBRO; WRIGHT, 2008; PARADA; LUSK, 2011). Além disso, o consumo das reservas dos cotilédones é outro importante fator na mortalidade de plântulas (ALVAREZ-CLARE; KITAJIMA, 2008). E como foi encontrado que mortalidade por herbivoria é agregada (DE-LA-CRUZ et al., 2008) poderia ser esperado que fosse gerado um padrão dependente da densidade em *A. angustifolia* pelo arranque de plântulas causado pelo consumo das reservas dos cotilédones por vertebrados (SANQUETTA et al., 2005; PALUDO; MANTOVANI; REIS, 2011). Neste trabalho é possível estabelecer as seguintes proposições explicando o padrão observado:

- (i) a resolução temporal não foi suficiente para detectar este padrão de mortalidade. É conhecido que o padrão de mortalidade dependente da densidade pode ser transitório, verificado apenas nos primeiros meses após a germinação (ALVAREZ-CLARE; KITAJIMA, 2008) ou mesmo em questão de dias (BELL; FRECKLETON; LEWIS, 2006). E a metodologia deste trabalho teve uma baixa resolução temporal, uma vez que o primeiro levantamento de campo foi feito aproximadamente 6 meses após a germinação e o segundo levantamento de campo foi feito aproximadamente 18 meses após a germinação;
- (ii) inimigos naturais causadores de padrão de mortalidade dependente da densidade podem não ter efeito na mortalidade;
- (iii) a densidade dos indivíduos das coortes de plântulas foi muito baixa para exibir este efeito (densidade de 23 ind.ha⁻¹). Por exemplo Bell, Freckleton e Lewis (2006) estudando uma espécie que exibe padrão negativamente dependente da densidade causado por fungo, demonstram que é mínima a mortalidade causada pelo fungo quando a densidade de

plântulas é baixa. E obviamente, mortalidade dependente da densidade é baixa em baixas densidades;

- (iv) a densidade da mesma coorte não influencia, e como não foi avaliado se a mortalidade de plântulas de uma coorte dependia espacialmente da densidade do restante da população, então não é possível distinguir se existe uma associação neste caso;
- (v) quando plântulas ocorrem em altas densidades em algumas pequenas escalas, algum outro processo como queda de galhos ou escavações por javalis pode estar causando padrões de densidade dependente espúrios (GILBERT et al., 2001). Entretanto, as plântulas de *A. angustifolia* se mostraram bem espalhadas (pelo padrão espacial não tão agregado; Figura 19) nos 5,1 ha, sugerindo pouco efeito coincidente de outro processo qualquer.

Além disso, nem sempre estudos que verificam estes padrões procuram investigar se são consistentes no tempo. Mas foi encontrado que a probabilidade de sobrevivência dos indivíduos ingressantes nas distâncias mudou ao longo do tempo, fato que frequentemente é ignorado (HUTCHINGS, 1997). Ausência de efeitos dependentes da densidade, mas efeitos dependentes da distância presentes, também foram encontrados por Franklin e Santos (2011) para uma conífera. Foi sugerido que o efeito de fungos, tanto os que agem como micorrizas ou como patógenos, deveria ser estudado a partir de experimentos conduzidos em diferentes condições de umidade de solo, a fim de verificar se esta não é uma das principais causas da morte de plântulas. Ao fim, foram estabelecidas prováveis causas a partir dos padrões de dependência. O próximo passo seria moldar experimentos descobrir o mecanismo dos padrões observados.

4.3 Formação do padrão espacial: mortalidade reduziu a agregação dos indivíduos

Foi encontrado que as coortes de *A. angustifolia* são bem agregadas no momento do ingresso. Baixa capacidade de dispersão é a explicação mais frequente para agregação em plântulas em outras espécies (STERNER; RIBIC; SCHATZ, 1986; NANAMI; KAWAGUCHI; YAMAKURA, 1999). Em *Podocarpus nagi*, espécie também dióica ocorrente em floresta mista no Japão, foi sugerida que a restrita dispersão de sementes (dispersas pela gravidade) explicou o recrutamento em agregados (NANAMI; KAWAGUCHI;

YAMAKURA, 1999). Processo semelhante deve ser responsável para *A. angustifolia*, pois possui sementes pesadas e barocóricas. Iob e Vieira (2008) corroboram com essa ideia quando encontram que a remoção de sementes em *A. angustifolia* ocorreu principalmente entre 2 e 7 m de distância com média de 3 m. Mas divergem de informações trazidas por Sant'Anna (2011)¹, que sugere dispersão média de sementes de 131 m, com mínimo de 6 m e máximo de 318 m.

No presente estudo, a agregação das coortes foi reduzida ao longo do tempo, em função da idade da coorte. Quando as coortes atingem dois anos após seu ingresso, o padrão espacial predominante passa de agregado para aleatório, e com o passar do tempo a agregação tende a desaparecer. Embora as mudanças no padrão espacial ao longo do tempo possam ser diferentes para diferentes espécies (STERNER; RIBIC; SCHATZ, 1986; DUNCAN, 1991; SZWAGRZYK; CZERWCZAK, 1993), existe uma tendência de que a mortalidade pré-reprodutiva reduz a agregação (POWELL, 1990), ou agregação tende a ser reduzida com o avanço da ontogenia (WELLS; GETIS, 1999; GETZIN et al., 2006; GAZOL; IBANEZ, 2010; NANAMI; KAWAGUCHI; YAMAKURA, 2011), mas que algumas vezes não ocorre (FRANKLIN; SANTOS, 2011; NANAMI; KAWAGUCHI; YAMAKURA, 2011). Contudo, estudos que acompanham o desenvolvimento e formação de padrão espacial desde plântulas em parcelas completamente mapeadas são raros. Este trabalho traz uma prova empírica de como é a mudança do padrão espacial nos primeiros anos de desenvolvimento de uma população natural de *Araucaria angustifolia* sob floresta desenvolvida.

Como não existiu dependência significativa da densidade, apenas o padrão dependente da distância agiu modificando o padrão espacial em duas coortes. Processos dependentes da distância são indicados como os que reduzem a agregação (HUTCHINGS, 1997) e muitas vezes a redução da agregação é atribuída aos papéis da mortalidade dependente da densidade (DUNCAN, 1991; GRAY; HE, 2009). Mas aqui nós trazemos uma prova empírica: as duas coortes que

¹ Sant'Anna (2011) encontra este resultado através de marcadores moleculares e utilizando a comparação entre indivíduos pequenos, não-reprodutivos e já estabelecidos contra indivíduos grandes aqueles e reprodutivos, o que pode incluir indivíduos de eventos reprodutivos muito distantes temporalmente. Já Iob e Vieira (2008) utiliza método de acompanhamento de remoção à campo, com sementes amarradas a um ponto fixo por meio de carretéis de linhas.

apresentaram padrão dependente da distância de adultos, apresentaram redução da extensão da agregação (1ª coorte) e redução da intensidade de agregação nas distâncias menores (4ª coorte). Duas coortes (2ª e 3ª coortes) não tiveram processos nem dependente da densidade nem da distância, mas mesmo assim, a mortalidade reduziu a agregação. Esta é a novidade trazida por este trabalho: não só a mortalidade dependente da distância reduziu a agregação, mas a mortalidade espacialmente aleatória reduz o número de indivíduos dentro de uma mesma coorte e estes ganham uma maior uniformidade na distribuição. A redução do número de indivíduos também faz com que o padrão espacial comece a ser mais aleatório com o passar do tempo, ou seja, o avanço da idade reduz a agregação das coortes. Este poderia ser um efeito de diluição provocado pela mortalidade. Poucos indivíduos de cada coorte remanescem ao longo dos anos e o padrão espacial a cada ano que passa fica mais próximo do padrão esperado sobre completa aleatoriedade espacial de um processo homogêneo de Poisson.

Este padrão pode ter importantes implicações na estruturação genética de uma população quando suas coortes tem estrutura genética interna. A redução no número de indivíduos e a consequente redução na agregação encontrada pelo presente trabalho poderia ser uma explicação para o padrão de diminuição da estrutura genética interna com o avanço da ontogenia ou de classes de tamanho comum em espécies arbóreas (ALVAREZ-BUYLLA et al., 1996; CHUNG; EPPERSON; CHUNG, 2003; ou para arbusto AYRE et al., 2009). Em geral, dentro de um mesmo evento reprodutivo, grande parte dos pais não contribui com plântulas, o que induz a uma desuniformidade na contribuição de plântulas por parte dos pais, sugerindo a existência de um favorecimento de certos genótipos (MORAN; CLARK, 2012). Então contribuições desiguais de árvores-mãe proporcionariam coortes com maior estrutura genética interna do que o conjunto de árvores-mães, principalmente em uma fina escala espacial. Por exemplo, ao estudar um arbusto, Ayre e colaboradores (2009) encontraram estrutura genética interna em três coortes de indivíduos novos, e ausência de estrutura genética interna em adultos. Assim, a formação do padrão estudada pelo presente estudo poderia ser uma explicação de como a estrutura genética interna é perdida ao longo da ontogenia.

Em *A. angustifolia* a estrutura genética interna nos estágios de plântula e chuva de sementes não foi estudada, mas há indicações que em indivíduos em estágios mais desenvolvidos, existe uma redução da estrutura genética na medida em que aumentam as classes de tamanho

em diâmetro (SANT'ANNA, 2011). A mortalidade encontrada neste estágio seria uma oportunidade para modificações na estrutura genética, o que mereceria estudos futuros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho traz um estudo observacional de longo prazo, procurando ver persistência de padrões espaciais na mortalidade de plântulas. Estudos deste tipo são necessários para conhecer a contribuição dos fatores que operam determinando quais sementes geram indivíduos reprodutivos (GILBERT et al., 2001).

A partir dos padrões encontrados, a cobertura do dossel não esteve associada à sobrevivência. Ademais, foi encontrado o padrão dependente da distância de adultos como o principal padrão de mortalidade nos estágios iniciais desta pioneira longeva, na população estudada. Provavelmente não são processos dependentes da densidade que atuam na mortalidade neste estágio. Contudo, não existiram padrões claros e repetitivos (no tempo, nas diferentes extensões espaciais e entre os sexos) da mortalidade durante a transição dos indivíduos entre os estágios plântula e juvenil em relação à distância de adultos. Sendo que a descrição destes padrões foi um primeiro passo abrindo portas para os prováveis mecanismos que podem explicar os padrões observados (FORTIN; DALE, 2005). Assim, esta descrição poderá contribuir no planejamento de pesquisas futuras que procurem identificar as causas da morte de plântulas em *A. angustifolia*. Como sugestão, trabalhos futuros deveriam conduzir um acompanhamento em menor resolução temporal (várias avaliações num mesmo ano).

Este estudo foi observacional e associativo, trazendo apenas em linhas gerais as prováveis causas inferidas pelos padrões de dependência. Foi um primeiro passo estudando a causa da morte neste estágio e sugere-se que estudos experimentais sejam conduzidos com estes fatores para elucidar as causas do padrão observado. Entre os dois tipos de padrões dependentes amplamente citados na literatura, foram os padrões dependentes da distância os que atuaram nos estágios iniciais na população estudada. Com padrões dependentes ou mesmo na ausência destes, a mortalidade sempre agiu reduzindo a agregação, provavelmente imposta pela simples redução do número de indivíduos.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos pesquisadores do NPFT - Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais da UFSC e ao Grupo de Pesquisa Uso e Conservação dos Recursos Florestais UDESC/CAV pelo auxílio; Ao PROBIC, CNPq e à CAPES, pela concessão de bolsa aos autores; à EPAGRI/Çaçador-SC e a Embrapa Florestas pela autorização do uso da área do experimento e alojamentos; À Eduardo Velazquez pelas contribuições no desenvolvimento do trabalho; e a FAPESC pelo auxílio financeiro.

7. REFERENCIAS

As referências foram adicionadas ao final do manuscrito.

8. APÊNDICE

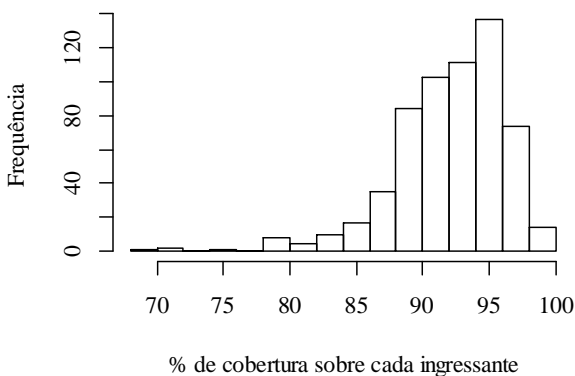


Figura 21. Cobertura do dossel na quadrícula correspondente a cada indivíduo ingressante. Estão incluídos os indivíduos ingressantes de 2008,2009, 2010, 2011 e 2012.

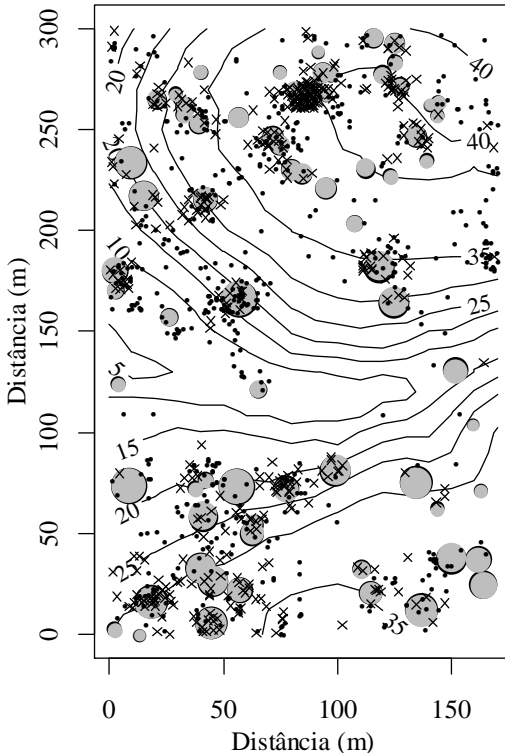


Figura 22. Distribuição de pinhas verdes derrubadas no chão registradas em fevereiro dos anos de 2008 a 2012 (x) e de todos os indivíduos que ingressaram na parcela (pontos pretos) de 5,1 ha (170 x 300 m) entre os levantamentos de fevereiro de 2007 a fevereiro de 2012. Os círculos em cinza são os indivíduos femininos e o tamanho do círculo é proporcional ao diâmetro à altura do peito. As linhas representam as curvas de nível do terreno, sendo que os valores representam as cotas de cada curva de nível com base em plano arbitrário de referência. Trata-se de uma população conservada de *Araucaria angustifolia* na Reserva Genética Florestal de Caçador, Santa Catarina.

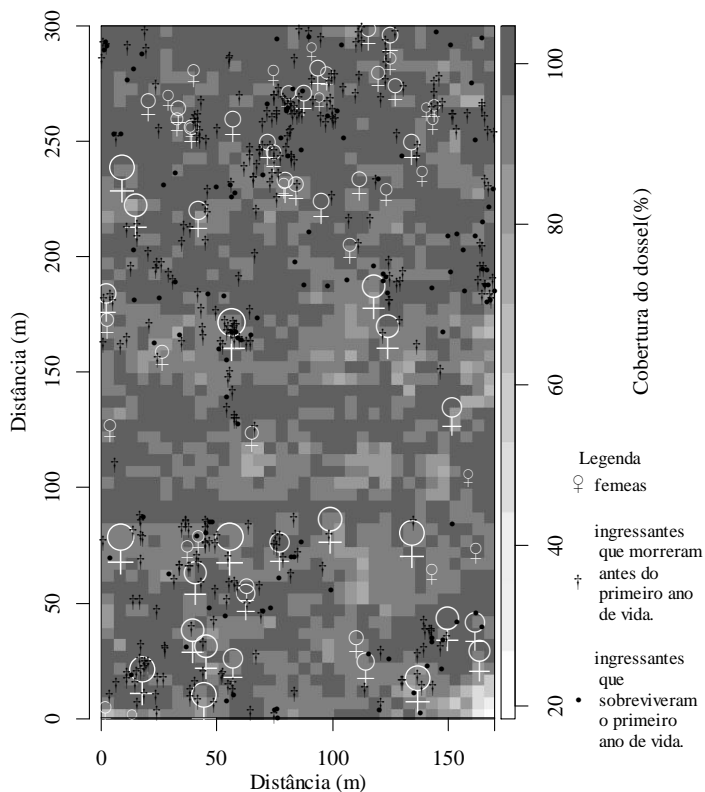


Figura 23. Distribuição dos indivíduos femininos, indivíduos que ingressaram na parcela de 5,1 ha (170 x 300 m) entre os levantamentos de fevereiro de 2007 a fevereiro de 2012. O tamanho do símbolo do indivíduo feminino é proporcional ao diâmetro à altura do peito. Sendo que a quadrícula ao fundo representa a porcentagem estimada de cobertura do dossel. Trata-se de uma população conservada de *Araucaria angustifolia* na Reserva Genética Florestal de Caçador, Santa Catarina.

CAPÍTULO V. CONSIDERAÇÕES FINAIS E REFERÊNCIAS



PLÂNTULA DE *Araucaria angustifolia* SOB COBERTURA FLORESTAL NA RESERVA GENÉTICA FLORESTAL DE CAÇADOR, MUNICÍPIO DE CAÇADOR, SC, BRASIL

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho foi de trazer elementos para contribuir com uma das metas e com o Projeto “Fundamentos para Conservação da Araucária e Manejo do Pinhão” e, portanto, foram trazidas informações de ocupação e abundância de duas populações situadas em paisagens contrastantes em que *Araucaria angustifolia* ocorre naturalmente. Dentro deste projeto, a presente dissertação já contribuiu com as discussões apresentadas na dissertação de Zechini (2012) e na dissertação de Caroline Cristofolini, intitulada “Diversidade e estrutura genética espacial de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em campo no estado de Santa Catarina” (CRISTOFOLINI, 2013). Ainda irá contribuir com fundamentos para o projeto de tese de Glauco Schussler intitulada “Fundamentos para a coleta sustentável de sementes (pinhões) da *Araucaria angustifolia*”.

Sobre as maneiras de como os estudos em biologia podem contribuir com as atividades de manejo ou conservação de recursos nativos, considerando várias espécies florestais e considerando o caso de PFNMs, foram estabelecidos cinco argumentos. Sobre o primeiro deles, aquele que se refere a quais recursos nativos que tem potencial de utilização e quando considerado para o caso de uso das sementes de *A. angustifolia*, o Capítulo II trouxe elementos para esta discussão entre o sítio localizado em uma região onde predominam os campos na paisagem e em uma paisagem onde as áreas conservadas de vegetação nativa exibem uma formação florestal. Na floresta existiram mais indivíduos femininos e uma maior produção de sementes, características positivas ao manejo do recurso, neste caso as sementes. Já no sítio na paisagem predominantemente de campo, o padrão espacial dos indivíduos foi mais intensamente agregado, indicando a existência de uma maior concentração de indivíduos numa mesma área, característica que poderia conferir maior facilidade para a coleta de sementes. Outra característica positiva do sítio de campo foi a maior capacidade de deixar descendentes, que, embora os fatores relacionados ao maior ingresso de indivíduos no campo não foram esclarecidos, o sítio situado na paisagem de campo se mostrou como sítio com maior potencial de regeneração, e consequentemente, o sítio com maior potencial para a extração de sementes.

O segundo argumento se referiu às estimativas de oferta em condições atuais/naturais e sem um manejo humano intencional e direto. Nesse argumento, os Capítulos II e III trouxeram alguns aspectos sobre o caso das sementes de *A. angustifolia*. No Capítulo II, as comparações e informações de ocupação e abundância, formaram uma base necessária para estimativa do potencial de produção de sementes no âmbito do projeto maior. Nesta mesma linha podemos citar que o Capítulo III trouxe uma maneira de trabalhar com os indivíduos dentro da paisagem de campo, ainda que de forma incipiente e com necessidade de maiores estudos, mas permitiu trabalhar questões biológicas dentro da paisagem de campo. Como por exemplo, pode facilitar estudos como aqueles que investigam a existência de variações na produção de sementes entre indivíduos situados nos capões ou no campo.

O terceiro argumento se referiu a quais são os caminhos que podem melhorar a oferta e/ou modificar o estado atual/natural para melhorar a capacidade produtiva de um recurso. Sendo que no caso de *A. angustifolia*, os Capítulos II e IV trouxeram alguns aspectos relacionados a este argumento. Foi trazido no Capítulo II que o ingresso de indivíduos é uma questão crítica à extração de sementes de *A. angustifolia* no sítio de floresta. No presente estudo foi possível identificar que este é um ponto chave para o manejo dos pinhões. Poucos indivíduos ingressam na floresta frente uma maior produção de sementes do que no sítio de campo. Estudar a mortalidade entre a transição da semente para plântula, ou a própria mortalidade de plântulas é algo relevante para o entendimento das populações. Nesta mesma linha de raciocínio, o Capítulo IV trouxe um estudo sobre os padrões espaciais da mortalidade de plântulas. Sendo que o estudo dos padrões espaciais é um primeiro passo para identificação das causas de mortalidade.

O quarto argumento, sobre as bases científicas para que o uso não seja destrutivo ou para conservar a floresta, o Capítulo III apresentou um aspecto: um sistema de classificação do que é campo e capão. Esse sistema já foi utilizado num estudo de caracterização da estrutura genética num sítio de paisagem campo, estudo para a conservação da espécie. Além disso, o sistema de classificação pode ser utilizado para estudos inclusive da regeneração natural e da manutenção da populações frente a heterogeneidade ambiental e diferentes situações de cobertura do dossel nos campos do planalto catarinense.

Além disso, o Capítulo II trouxe informações de abundância e ocupação da população e dos indivíduos femininos num sítio de floresta,

num sítio de campo e dentro de um sítio de campo. São informações básicas de padrões naturais de ocorrência, contudo, até hoje não completamente respondidas. A estrutura das populações quando investigada num sítio na paisagem de campo e num sítio da paisagem de floresta foram estruturalmente diferentes. Principalmente referente à intensidade de agregação da população, densidade da população e densidade de indivíduos femininos. A cobertura do dossel também foi bastante contrastante nas duas situações.

Já em relação às considerações sobre as possibilidade de manejo do pinhão nas duas paisagens, foram estabelecidos alguns padrões que contribuirão para o aumento da nossa base de informação a cerca dos processos ecológicos de *A. angustifolia*. Um destes padrões é a menor produção de sementes no sítio de campo, apesar de que o campo deixou um número maior de descendentes (indivíduos que ingressaram na população anualmente). Contudo, várias possibilidades podem estar obscurecendo e influenciando os padrões encontrados, tanto providas de interferências humanas, como provenientes de processos ecológicos naturais. Uma vez que a resposta da estrutura de população de *A. angustifolia* às interferências humanas (como o uso de área para o gado, ou a coleta de pinhões) não é bem conhecida. Assim, são indicados prováveis processos que futuramente devem ser estudados detalhadamente para saber quais são os principais processos responsáveis pela estrutura encontrada em cada local. Por exemplo, o número de indivíduos que ingressaram foi 3,4 vezes maior no sítio de floresta. Para a explicação do padrão encontrado foram apontados 9 prováveis fatores (página 37): na floresta podemos ter maior remoção das sementes (pela fauna e pelo homem), maior interferência provocada pela presença da vegetação do subosque, diminuindo a possibilidade de sítios adequados para a germinação e; predação pré-dispersão. Já no sítio de campo a germinação pode ser favorecida pela maior disponibilidade de luz; *A. angustifolia* pode ter adaptações para tolerar restrição hídrica diferente de outras espécies coexistentes; favorecimento promovido pelo gado na liberação de microsítios adequados para a germinação e; o histórico mais recente de exploração. Assim, o próximo passo seria elaborar experimentos para estabelecer quais destes fatores potencialmente estão formando os padrões encontrados. Os padrões puderam aumentar a nossa base de informação sobre a espécie, mas estes experimentos seriam importantes, pois promoveriam o aumento do entendimento do comportamento da espécie.

Em relação ao conhecimento de campo e capão, são apresentadas bases para afirmar que indivíduos grandes de *Araucaria angustifolia* no sítio de estudo foram predominantemente associados ao capão e bordas, e pouco ao campo. A proporção que habita o campo é baixa em relação à proporção de indivíduos grandes que habitam as áreas mais sombreadas como os capões. Já os indivíduos pequenos estão em proporção considerável no campo. Além destas questões, também foi trazido um critério para a classificação do que é campo, capão e borda. Assim, futuros estudos podem utilizar esse critério e verificar se a produção de sementes varia entre essas áreas, bem como estudos envolvendo outras espécies e também outros tipos de estudos como aqueles de genética de populações, fisiologia, entre outros. Principalmente verificar se o incremento (em diâmetro e em altura) e a mortalidade dos indivíduos pequenos é diferenciado no capão ou no campo.

Em relação a um processo biológico-espacial são trazidas importantes informações sobre o início da organização espacial de uma população de uma espécie arbórea longeva. A formação espacial tem rápidas transformações no início do desenvolvimento. Foi visto também que um padrão dependente da distância forma padrões espaciais mais regulares ao longo do tempo. Mas mesmo sem padrões dependentes da distância ou densidade significativos, o envelhecimento de uma coorte de plântulas torna o padrão espacial menos agregado. Ou seja, a redução do número de indivíduos também gerou maior regularidade no padrão espacial dos indivíduos. Esta parte do trabalho contribuiu para o entendimento de como os estágios iniciais da população se organizam espacialmente ao longo do tempo. Contudo, seria importante abrir os horizontes e procurar investigar estas relações com o restante da comunidade, para assim aumentar o entendimento sobre como uma comunidade se organiza, no sentido de encontrar os processos predominantes na formação da estrutura encontrada.

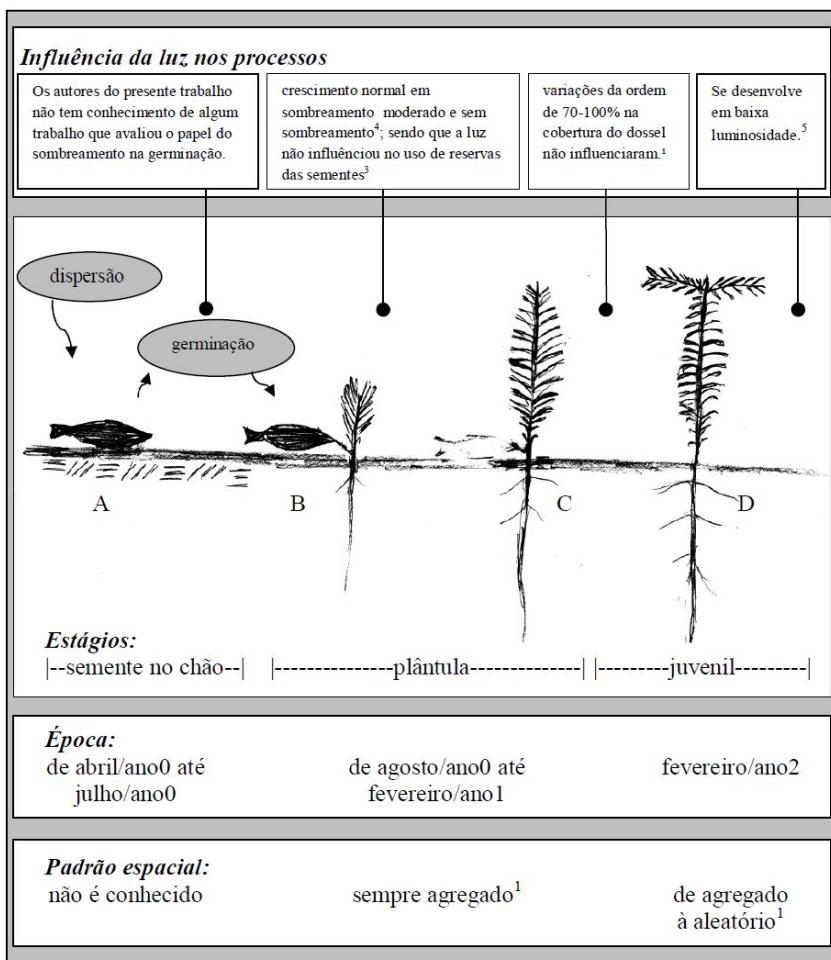
Não foi possível concluir sobre o que causa a mortalidade na transição entre plântulas e indivíduos juvenis, uma vez que a mortalidade não exibiu um padrão claro e repetitivo nas dimensões espaciais e temporais em função da densidade de indivíduos intracoorte e da distância dos indivíduos adultos. Uma das questões que contribui para isso foi o espaçamento temporal utilizado, que foi de um ano, insuficiente para obter informações sobre o que causou a mortalidade na transição entre plântulas e juvenis. Recomenda-se a investigação deste processo com uma maior resolução temporal. Seguindo dessa maneira,

será mais fácil associar a mortalidade de plântulas ao pisoteamento, à herbivoria, ao arranque de plântulas, à seca, queda de galhos ou algum outro fator. Futuras pesquisas poderiam: procurar testar com experimentos o que efetivamente está associado aos padrões de mortalidade de plântulas na floresta.

Ademais, as variações encontradas na porcentagem de cobertura do dossel na ordem de 70 a 100% não estiveram associadas com a mortalidade dos indivíduos entre a transição de plântula para juvenis. Contudo, a variação na porcentagem de cobertura do dossel foi pequena. Procurar encontrar maiores variações na porcentagem de cobertura do dossel sobre os indivíduos numa situação de floresta seria um próximo passo para verificar mais efetivamente o papel da cobertura do dossel na sobrevivência durante a transição entre plântulas e juvenis. Uma síntese dos resultados deste e de outros trabalhos a cerca do comportamento de *A. angustifolia* é apresentada no Quadro 2.

Ao final, com base na revisão de literatura feita no presente trabalho e um melhor conhecimento do contexto de *A. angustifolia*, ficou evidente a necessidade de serem priorizados trabalhos que visem obter respostas para algumas questões. Basicamente elas constituem uma próxima etapa de pesquisa com necessidade imediata para fundamentar estratégias de coleta de pinhão e seria: (i) investigar se o ingresso de novas plantas tem o número de sementes como limitante e (ii) quais são as respostas (ou regras de resposta) da população a partir da retirada de diferentes parcelas da quantidade produzida de sementes.

Uma outra linha de estudos que deverá ser explorada seria sobre a variação temporal da abundância de indivíduos. É sabido que predições acerca da manutenção ou alteração da distribuição de abundância constitui uma das metas principais do manejo de recursos naturais (MCPHERSON; DESTEFANO, 2003). Portanto, existe uma lacuna no conhecimento científico onde não é conhecido se as populações de *A. angustifolia* estão em avanço ou declínio no número de indivíduos e existe também esta demanda de informações para continuar com o manejo das sementes que ocorre atualmente. Um estudo importante seria investigar as mudanças na dinâmica (aumento ou declínio do número de indivíduos e da área basal) em resposta a diferentes intensidades de coletas de sementes. Espera-se que assim, estudos científicos de ecologia de populações possam contribuir com o manejo de *A. angustifolia*, e este contribua para a manutenção na paisagem à longo prazo tanto da própria *A. angustifolia*, quanto do ecossistema associado.



Quadro 2. Modelo ilustrativo sobre o desenvolvimento de *Araucaria angustifolia* nos estágios iniciais de desenvolvimento: semente no chão (A); plântula (B e C) e; juvenil (D). Trata-se de uma síntese de resultados sobre o padrão espacial e influência da luz em processos. Esses resultados foram obtidos no presente trabalho e em trabalhos já publicados sobre *A. angustifolia* nos estágios iniciais de desenvolvimento. ¹Presente dissertação; ² Mantovani, Morellato e Reis (2004); ³Löwe e Dillenburg (2011); ⁴Duarte e Dillenburg (2000); ⁵Duarte, Dillenburg e Rosa (2002).

6. REFERÊNCIAS

AKÇAKAYA, H. R.; BURGMAN, M. A.; GINZBURG, L.R. **Applied Population Ecology**. 2ª ed. Sunderland: Sinauer, 1999.

ALEXIADES, M. N. SHANLEY, P. **Productos Forestales, Medios de Subsistencia y Conservación: Estudios de Caso Sobre Sistemas de Manejo de Productos Forestales No Maderables. Volumen 3 – America Latina**. Bogor: Center for International Forestry Research (CIFOR), 2004.

ALVAREZ-BUYLLA, E. R.; CHAOS, A.; PIÑERO, D.; GARAY, A. A. Demographic genetics of a pioneer tropical tree species: patch dynamics, seed dispersal, and seed banks. **Evolution**, v. 50, n. 3, p.1155-1166, 1996.

ALVAREZ-CLARE, S.; KITAJIMA, K. Susceptibility of Tree Seedlings to Biotic and Abiotic Hazards in the Understory of a Moist Tropical Forest in Panama. **Biotropica**, v. 41, n. 1, p. 57-56, 2008.

ANJOS, A.; MAZZA, M. C. M.; SANTOS, A. C. M. C.; DELFINI, L. T. Análise do padrão de distribuição espacial da araucária (*Araucaria angustifolia*) em algumas áreas no Estado do Paraná, utilizando a função K de Ripley. **Scientia Forestalis**, v. 66, n. 50, p. 38-45, 2004.

AYRE, D. J.; OTTEWELL, K. M.; KRAUSS, S. L.; WHELAN, R. J. Genetic structure of seedling cohorts following repeated wildfires in the fire-sensitive shrub *Persoonia mollis* ssp. *nectens*. **Journal of Ecology**, v. 97, p.752-760, 2009.

BAGCHI, R.; SWINFIELD, T.; GALLERY, R. E.; GRIPENBERG, S.; NRAYAN, L.; FRECKLETON, R. P. Testing the Janzen-Connell mechanism: pathogens cause overcompensating density dependence in a tropical tree. **Ecology Letters**, v. 13, p. 1262-1269, 2010.

BAROT, S.; GIGNOUX, J.; MENAUT, J. C. Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. **Ecology**, v. 80, n. 6, p. 1987-2005, 1999.

BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; ORLÓCI, L.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (Campos), fire and climate

dynamics, studied by high-resolution pollen charcoal and multivariate analysis of the Camará do Sul core in southern Brazil.

Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology, v. 203, p. 277-297, 2004.

BELL, T.; FRECKLETON, R. P.; LEWIS, O. T. Plant pathogens drive density-dependent seedling mortality in a tropical tree. **Ecology Letters**, v. 9, p. 569-574, 2006.

BITENCOURT, A. L. V.; KRAUSPENHAR, P. M. Possible prehistoric anthropogenic effect on *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze expansion during the late Holocene. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 9, n. 1, p. 109-116, 2006.

BOWMAN, D. M. J. S; et al. Fire in the Earth System. **Science**, v. 324, p. 481-484, 2009.

BRUM, F. T.; DUARTE, L. S.; HARTZ, S. M. Seed removal patterns by vertebrates in different successional stages of *Araucaria* forest advancing over southern Brazilian grasslands. **Community Ecology**, v. 11, n. 1, p. 35-40, 2010.

BUNKER, E.; CARSON, W. P. Drought stress and tropical forest woody seedlings: effect on community structure and composition. **Journal of Ecology**, v. 93, p. 794-806, 2005.

CALDATO, S. L. et al. Estudo da regeneração natural, banco de sementes e chuva de sementes na reserva genética florestal de Caçador, SC. **Ciência Florestal**, v. 6, n. 1, p. 27-38, 1996.

CARVALHO, M. M. X. **Uma grande empresa em meio à floresta: A história da devastação da floresta com Araucária e a Southern Brazil Lumber and Colonization (1870-1970)**. 2010. 262 f. Tese (Doutorado em História) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

CHUNG, M. Y.; EPPERSON, B. K.; CHUNG, M. G. Genetic structure of age classes in *Camellia japonica* (Theaceae). **Evolution**, v. 57, n. 1, p. 62-73, 2003.

- CIELO-FILHO, R.; GNERI, M. A.; MARTINS, F. R. Sampling effort and factors influencing the precision of estimates of tree species abundance in a tropical forest stand. **Phytocoenologia**, v. 39, n. 4, p. 377-388, 2001.
- CLEMENT, C. R.; JUNQUEIRA, A. B. Between a Pristine Myth and an Impoverished Future. **Biotropica**, v. 42, n. 5, p. 534-536, 2010.
- COATES, K. D. Conifer seedling response to northern temperate forest gaps. **Forest Ecology and Management**, v. 127, p. 149-269, 2000.
- CORANDIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial: Plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: MMA, 2011.
- CORRÊA, P. R. R.; AUER, C. G.; SANTOS, A. F. Patogenicidade de *Sphaeropsis sapinea* em árvores jovens de *Araucaria angustifolia*. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 1, p. 84-86, 2012.
- CRAWLEY, M. J. **The R Book**. West Sussex: Wiley, 2007.
- CRAWLEY, M. J. The population dynamics of plants. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B**, v. 330, p. 125-140, 1990.
- CRISTOFOLINI, C. **Diversidade e estrutura genética espacial de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em campo no estado de Santa Catarina**. 2013. [1--?] f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2013.
- DALE, M. R. T. **Spatial pattern analysis in plant ecology**. Cambridge: Cambridge University, 1999.
- DAY, K. J.; HUTCHINGS, M. J.; JOHN, E. A. The effects of spatial pattern of nutrient supply on the early stages of growth in plant populations. **Journal of Ecology**, v. 91, p. 305-315, 2003.
- DEAN, W. **A ferro e fogo: A história da devastação da Mata Atlântica**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DE-LA-CRUZ, M.; ROMAO, R.L.; ESCUDERO, A.; MAESTRE, F.T. Where do seedlings go? A spatio-temporal analysis of seedling mortality in a semi-arid gypsophyta. **Ecography**, v. 31, p. 720-730, 2008.

DE-LA-CRUZ, M. Metodos para analizar datos puntuales. In: MAESTRE, F. T.; ESCUDERO, A.; BONET, A. (Org.). **Introduccion al Analisis Espacial de Datos en Ecologia y Ciencias Ambientales**. Madrid: Asociacion Espanola de Ecologia Terrestre, Universidad Rey Juan Carlos y Caja de Ahorros del Mediterraneo, 2008. p. 76-127.

DENEVAN, W. M. The pristine myth: The landscape of the Americas in 1492: **Ann. Assoc. Am. Geogr.**, v. 82, p. 369-385, 1992.

DE-STEVEN, D. Tropical tree seedling dynamics: recruitment patterns and their population consequences for three canopy species in Panama. **Journal of Tropical Ecology**, v. 10, n. 3, p. 369-383, 1994.

DUARTE, L. S.; 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 in the regeneration of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Australian Journal of Botany**, v. 50, n. 6, p. 741-751, 2002.

DUARTE, L. S.; DOS SANTOS, M. M. G.; HARTZ S. M.; PILLAR, V. D. The role of nurse plants on Araucaria Forest expansion over grassland in south Brazil. **Austral Ecology**, v. 31, p. 520-528, 2006.

DUARTE, R. I.; SILVA, F. A. L. S.; SCHULTZ, J.; SILVA, J. Z.; REIS, M. S. Características de Desenvolvimento Inicial em Teste de Progênie de uma População de Araucária na Flona de Três Barras-SC. **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, n. 2, p. 114-123, 2012.

DUNCAN, R. P. Competition and the coexistence of species in a mixed Podocarp stand. **Journal of Ecology**, v. 79, p. 1073-1084, 1991.

DUTRA, T. L.; STRANZ, A. Biogeografia, evolução e ecologia da família Araucariaceae: o que mostra a Palinologia. In: FONSECA, C.R;

SOUZA, A. F.; LEAL-ZANCHET, A. M.; DUTRA, T. L.; BACKES, A.; GANADE, G. **Floresta com Araucária**: Ecologia, Conservação e Desenvolvimento Sustentável. Ribeirão Preto: Holos Editora. 2009.

ENRIGHT, N. J. The ecology of *Araucaria* species in New Guinea. III. Population dynamics of sample stands. **Australian Journal of Ecology**, v. 7, p. 227-237, 1982.

ENRIGHT, N. J.; MILLER, B. P.; PERRY, G. L. W. Demography of the long-lived conifer *Agathis ovata* in maquis and rainforest, New Caledonia. **Journal of Vegetation Science**, v. 14, p. 625-636, 2003.

ENRIGHT, N. J.; OGDEN, J.; RIGG, L. S. Dynamics of Forests with Araucariaceae in the Western Pacific. **Journal of Vegetation Science**, v. 10, n. 6, p. 793-804, 1999.

ENRIGHT, N. J.; WATSON, A. D. A matrix population model analysis for the tropical tree *Araucaria cunninghamii*. **Australian Journal of Ecology**, v. 16, p. 506-520, 1991.

FANTINI, A. F.; REIS, A.; REIS, M.S.; GUERRA, M.P. Sustained yield management in tropical forest: a proposal based on autoecology of the species. **Sellowia**, n. 42-44, p. 25-33, 1992.

FARJON, A. *Araucaria angustifolia*. In: **IUCN Red List of Threatened Species**. IUCN 2012: Version 2012. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 06 April 2013.

FEELEY, K. J.; DAVIES, S. J.; NOOR, M. N. S.; KASSIM, A. R.; TAN, S. Do current stem size distributions predict future population changes? An empirical test of intraspecific patterns in tropical trees at two spatial scales. **Journal of Tropical Ecology**, v. 23, p. 191-198, 2007.

FIGUEIREDO-FILHO A., et al. Produção de sementes de *Araucaria angustifolia* em plantio e em floresta natural no centro-sul do estado do Paraná. **Floresta**, v. 41, p. 155-162, 2011.

FORTIN, M. J.; DALE, M. **Spatial Analysis**: A Guide for Ecologists. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

FRANKLIN, J.; SANTOS, E. V. A spatially explicit census reveals population structure and recruitment patterns for a narrowly endemic pine, *Pinus torreyana*. **Plant Ecology**, v. 212, p. 293-306, 2011.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remascentes florestais da Mata Atlântica período 2000-2005**. São Paulo: INPE, 2008.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remascentes florestais da Mata Atlântica período 2005-2008**. São Paulo: INPE, 2009.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remascentes florestais da Mata Atlântica período 2008-2010**. São Paulo: INPE, 2011.

GAZOL, A.; IBÁÑEZ, R. Scale-specific determinants of a mixed beech and oak seedling-sapling bank under different environmental and biotic conditions. **Plant Ecology**, v. 2011, p.37-48, 2010.

GERHARDT, K. Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings in a tropical seasonal dry forest. **Forest Ecology and Management**, v. 82, p. 33-48, 1996.

GETZIN, S.; DEAN, C.; HE, F.; TROFYMOW, J. A.; WIEGAND, K.; WIEGAND, T. Spatial patterns and competition of tree species in a Douglas-fir chronosequence on Vancouver Island. **Ecography**, v. 29, p. 671-682, 2006.

GILBERT, G. S.; HARMS, K. E.; HAMILL, D. N.; HUBBELL, S. P. Effects of seedling size, El Niño drought, seedling density, and distance to nearest conspecific adult on 6-year survival. **Oecologia**, v. 127, p. 509-516, 2001.

GRAY, A. N.; HE, F. Spatial point-pattern analysis for detecting density-dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 98-106, 2009.

- GRAY, A. N.; SPIES, T. A. Microsite Controls on Tree Seedling Establishment in Conifer Canopy Gaps, **Ecology**, v. 78, n. 8, p. 2458-2473, 1997.
- HARPER, J. L. **Population biology of plants**. London: Academic Press, 1977.
- HERRERA, H. A. R.; ROSOT, N. C.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. Análise florística e fitossociológica do componente arbóreo da floresta ombrófila mista presente na Reserva Florestal Embrapa/Epagri, Caçador, SC – Brasil. **Floresta**, v. 39, n. 3, p. 485-500, 2009.
- HERSH, M. H.; VILGALYS, R.; CLARK, J. S. Evaluating the impacts of multiple generalist fungal pathogens on temperate tree seedling survival. **Ecology**, v. 93, n. 3, p. 511-520, 2012.
- HUTCHINGS, M. J. The Structure of Plant Populations. In: Crawley, M.J. **Plant Ecology**. 2ed. Oxford: Blackwell Publishing, 1997.
- INOUE, M. T.; GALVAO, F.; TORRES, D. V. Estudo ecofisiológico sobre *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.: Fotossíntese em dependência a luz no estágio juvenil. **Floresta**, v. 10, p. 5-9, 1978.
- INOUE, M. T.; TORRES, D. V. Comportamento do crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Kuntze. em dependência da intensidade luminosa. **Floresta**, v. 11, n. 1, p.7-11, 1980.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Rio de Janeiro: IBGE, vol. 25. (www.ibge.gov.br/ acessado em 21 de março de 2012).
- 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, p. 185-196, 2008.
- ITÔ, H. A comparison of seedling emergence and survival between *Quercus glauca* and *Symplocos prunifolia*. **Journal of Forest Research**, v. 14, p. 245-250, 2009.

IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 29 November 2012.

KAINER, K. A.; WADT, L. H. O.; STAUDHAMMER, C. L. Explaining variation in Brazil nut fruit production. **Forest ecology and management**, v. 250, p. 244-255, 2007.

KANIESKI, M. R. et al. Diversidade e padrões de distribuição de espécies no estágio de regeneração natural em São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Floresta**, v. 42, n. 3, p. 509-518, 2012.

KENKEL, N. C. Pattern of self-thinning in Jack Pine: Testing the random mortality hypothesis. **Ecology**, v. 69, n. 4, p. 1017-1024, 1988.

KERSHAW, P.; WAGSTAFF, P. The southern conifer family Araucariaceae: history, status and value for paleoenvironment reconstruction. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 32, p. 397-414, 2001.

KLEIN, R. Mapa Fitogeográfico de Estado de Santa Catarina. In: REITZ, R. (Ed.). **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. p.1-24.

KLEIN, R. M. Os tipos florestais com Araucária em Santa Catarina. In: Congresso Nacional de Botânica, 36, 1985, Curitiba. Anais do XXV Congresso Nacional de Botânica. Curitiba: Ibama: 101-119, 1985.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

KREBS, C.J. **Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance**. New York: Harper & Row, 1972.

KURASZ, G. et al. Caracterização do entorno da Reserva Florestal Embrapa/Epagri de Caçador (SC) usando imagem Ikonos. **Floresta**, v. 38, p. 641-649, 2008.

LEFKOVITCH, L. P. The Study of Population Growth in Organisms Grouped by stages. **Biometrics**, v. 21, n. 1, p. 1-18, 1965.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 2 ed. Amsterdam: Elsevier, 1998.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geografia do Brasil: Região Sul**. Vol. 2. Rio de Janeiro: IBGE, 1990.

LEMON, P. E. A Spherical Densiometer For Estimating Forest Overstorey Density. **Forest Sci.** v. 2, p. 314-320, 1956.

LINGNER, D. V.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, N. C.; DLUGOSZ, F. L. Caracterização da estrutura e da dinâmica de um remanescente de Floresta com Araucária no Planalto Catarinense. **Pesq. Flor. Bras. Colombo**, v. 55, p. 55-66, 2007.

LÖWE, T. R.; DILLENBURG, L. R. Changes in light and nutrient availabilities do not alter the duration of use of seed reserves in *Araucaria angustifolia* seedlings. **Australian Journal of Botany**, v. 59, p. 32-37, 2011.

MACHADO, S. A.; SANTOS, A. A. P.; ZAMIN, N. T.; NASCIMENTO, R. G. M. Distribuição espacial de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana. **Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p. 1013-1019, 2012.

MAGALHÃES, M. N.; LIMA, A. C. P. **Noções de Probabilidade e Estatística**. 7ª ed. São Paulo: Edusp. 408 p, 2010.

MANTOVANI, A. **Fenologia reprodutiva e estrutura genética de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze (Araucariaceae)**. 2003. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, L. P. C.; REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 787-796, 2004.

MASAKI, T.; OSUMI, K.; TAKAHASHI, K.; HOZSHIZAKI, K. Seedling dynamics of *Acer mono* and *Fagus crenata*: an environmental filter limiting their adult distribution. **Plant Ecology**, v. 177, p. 189-199, 2005.

MATTHESIUS, A.; CHAPMAN, H.; KELLY, D. Testing for Janzen-Connell Effects in a West African Montane Forest. **Biotropica**, v. 43, n. 1, p. 77-83, 2011.

MATTOS, J. R. 2011. **O pinheiro brasileiro**. Florianópolis: Editora UFSC. 700 p.

MCPHERSON, G. R.; DESTEFANO, S. **Applied Ecology and Natural Resource Management**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

MELLO-FILHO, J. A.; STOEHR, G. W. D.; FABER, J. Determinação dos danos causados pela fauna a sementes e mudas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze nos processos de regeneração natural e artiúcial. **Floresta**, v. 12, n. 1, p. 26-43, 1981.

MILNER-GULLAND, E. J.; ROWCLIFFE, M. **Conservation and Sustainable Use: A Handbook of Techniques**. Oxford: Oxford University Press, 2007.

MOLES, A. T.; WESTOBY, M. Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. **Journal of Ecology**, v. 92, p. 372-383, 2004.

MORAN, E. V.; CLARK, J. S. Causes and consequences of unequal seedling production in forest trees: a case study in red oaks. **Ecology**, v. 93, n. 5, p. 1082-1094, 2012.

MOREIRA-SOUZA, M.; CARDOSO, E. J. B. N. Dependência micorrízica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. KUNTZE. Sob doses de Fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 905-912, 2002.

MOU, P.; JONES, R. H.; GUO, D.; LISTER, A. Regeneration strategies, disturbance and plant interactions as organizers of vegetation spatial patterns in a pine forest. **Landscape Ecology**, v. 20, p. 971-987, 2005.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 1, p. 853-858, 2000.

NANAMI, S.; KAWAGUCHI, H.; YAMAKURA, T. Dioecy-induced spatial patterns of two codominant tree species, *Podocarpus nagi* and *Neolitsea aciculata*. **Journal of Ecology**, v. 87, p. 678-687, 1999.

NANAMI, S.; KAWAGUCHI, H.; YAMAKURA, T. Spatial pattern formation and relative importance of intra- and interspecific competition in codominant tree species, *Podocarpus nagi* and *Neolitsea aciculata*. **Ecological Research**, v. 26, p. 37-46, 2011.

NARVAES, I. S.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Estrutura da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 331-342, 2005.

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 Pesquisa Floresta**, v. 24/25, p. 37-54, 1992.

NEGRELLE, R. R. B.; LEUCHTENBERGER, R. Composição e estrutura do componente arboreo de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, v. 31, p. 42-51, 2001.

ODUM, E.P. **Fundamentos em Ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Goulbenkian, 2004.

OFFORD, C. A.; MEAGHER, P. F. Effects of temperature, light and stratification on seed germination of Wollemi pine (*Wollemia nobilis*, Araucariaceae). **Australian Journal of Botany**, v. 49, p. 699-704, 2001.

OGDEN, J. An introduction to plant demography with special reference to New Zealand trees. **New Zealand Journal of Botany**, v. 23, n. 4, p. 751-772, 1985.

OGDEN, J.; STEWART, G. H. Community Dynamics of the New Zealand Conifers. In: ENRIGHT, N.; HILL, R.S. (Eds.), **Ecology of the southern conifers**. Washington: Smithsonian Institution Press. 1995. p. 120-155.

OLIVEIRA, O. S. Fungos causadores de danos em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Floresta**, v. 12, n. 2, p. 23-27, 1981.

PACKER, A.; CLAY, K. Soil pathogens and spatial patterns of seedling mortality in a temperate tree. **Nature**, v. 404, p. 278-281, 2000.

PAINE, C. E. T.; HARMS, K. E.; SCHNITZER, S.; CARSON, W. P. Weak competition among tropical tree seedlings: implications for species coexistence. **Biotropica**, v. 40, p. 432-440, 2008.

PALMIOTTO, P. A. et al. Soil-related habitat specialization in dipterocarp rain forest tree species in Borneo. **Journal of Ecology**, v. 92, p. 609-623, 2004.

PALUDO, G. F.; DUARTE, R. I.; BERNARDI, A. P.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S. The size of *Araucaria angustifolia* entering into reproductive stages as a basis for seed management projects. **Revista Árvore**, artigo submetido para publicação.

PALUDO, G. F.; KLAUBERG, C; MANTOVANI, A; REIS, M. S. Estrutura demográfica e padrão espacial de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae) em Santa Catarina. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1109-1121, 2009.

PALUDO, G. F.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S. Regeneração de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 1107-1119, 2011.

PANDEY, S. K.; SHUKLA, R. P. Regeneration strategy and plant diversity status in degraded sal forests. **Current Science**, v. 81, n. 1, p. 95-103, 2001.

PARADA, T.; LUSK, C. Patterns of tree seedling mortality in a temperate-mediterranean transition zone forest in Chile. **Gayana Bot.**, v. 68, n. 2, p. 236-243, 2011.

PÉLISSIER, R.; GOREAUD, F. 2010 . ads: Spatial point patterns analysis. R package version 1.2-10. <http://CRAN.R-project.org/package=ads>

PERES, C. A. et al. Demographic Threats to the Sustainability of Brazil Nut Exploitation. **Science**, v. 302, p. 2112-2114, 2003.

POWELL, R. D. The Role of Spatial Pattern in the Population Biology of *Centaurea diffusa*. **Journal of Ecology**, v. 45, n. 2, p. 374-388, 1990.

PUCHALSKY, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S. Variação em populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze associada a condições edafo-climáticas. **Scientia Forestalis**, v. 70, p. 137-148, 2006.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

REIS, M. S.; FANTINI, A. F.; NODARI, R. O.; REIS, A.; GUERRA, M. P.; MANTOVANI, A. Management and Conservation of Natural Populations in Atlantic Rain Forest: The Case of Palm Heart (*Euterpe edulis* Martius). **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p.894-902, 2000.

REIS, M. S.; LADIO, A. 2012. Paisajes con Araucarias en Sudamérica: construcciones culturales pre-colombinas y del presente para producción de alimento. In: NAVARRO, V.; ESPINOSA, S. **Paisajes Culturales: memorias de las Jornadas de reflexión acerca de los paisajes culturales de Argentina y Chile, en especial los situados en la región Patagónica**. Rio Gallegos, AR. ICOMOS / UNPA / UMAG, 2012. p 224-244.

REITZ, R.; KLEIN, R. Araucariáceas. In: REITZ, R. (Ed.). **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. p.1-65.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira de Santa Catarina**: levantamento das espécies florestais nativas em Santa Catarina com a possibilidade de incremento e desenvolvimento. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. 320 p.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining Forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141-1153, 2009.

RODRIGUEZ-MOLINA, M. C. et al. Seasonal and spatial mortality patterns of holm oak seedlings in a reforested soil infected with *Phytophthora cinnamomi*. **For. Path.**, v. 35, p. 411-422, 2005.

SAMPAIO, M. B.; GUARINO, E. S. G. Efeitos do pastoreio de bovinos na estrutura populacional de plantas em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 1035-1046, 2007.

SANGUINETTI, J. **Producción y predación de semillas, efectos de corto y largo plazo sobre el reclutamiento de plántulas - Caso de estudio: *Araucaria araucana***. Tese de Doutorado. 2008. 141 f. Universidad de Comahue, San Carlos de Bariloche, Argentina, 2008.

SANQUETTA, C. R. et al. Sobrevivência de mudas de *Araucaria angustifolia* perante o controle de taquaras (Bambusoideae) no Paraná, Brasil. **Revista Floresta**, v. 35, p. 127-135, 2005.

SANT'ANNA, C. S. 2011. **Diversidade genética, estrutura genética espacial e dispersão realizada de pólen e sementes em uma população contínua de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no planalto norte de Santa Catarina**. 2011. 89 f. Dissertação (Mestre em Ciências) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO-FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETTA, C. R.; LONGHI, S. J. Modificações florístico-estruturais de um remanescente de floresta ombrófila mista montana no período entre 1979 e 2000. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p. 271-291, 2006.

SCHUPP, E. W.; HOWE, H. F.; AUGSPURGER, C. K.; LEVEY, D. J. 1989. Arrival and survival in tropical treefall gaps. **Ecology**, v. 70, n. 3, p. 562-564.

SHIMIZU, J. Y. Variação entre procedências de araucária em Ribeirão Branco (SP) aos vinte e três anos de idade. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 38, p 89-102, 1999.

SILVA, J. A.; SALOMÃO, A. N.; GRIPP, A.; LEITE, E.J. Phytosociological survey in Brazilian forest genetic reserve of Caçador. **Plant Ecology**, v. 133, p. 1-11, 1997.

SIMINSKI, A. **A Floresta do Futuro: Conhecimento, valorização e perspectivas de uso das formações florestais secundárias no estado de**

Santa Catarina. 2009. 140 f. Tese de Doutorado em Ciências – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C. A mata atlântica cede lugar a outros usos da terra em Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 23, n. 2, p. 51-59, 2010.

SOLÓRZANO-FILHO, J. A. 2001. **Demografia, Fenologia e Ecologia da Dispersão de Sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze (Araucariaceae), numa População Relictual em Campos do Jordão, SP.** 2001. 156 f. Dissertação (Mestre em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SOMMER, J. A. P.; SALDANHA, D. L. Análise Temporal do Uso e Cobertura dos Solos no Município de São José dos Ausentes, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia e Física**, v. 1, p. 18-32, 2012.

SONEGO, R. C.; BACKES, A.; SOUZA, A. F. Descrição da Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Acta bot. bras.**, v. 21, n. 4, p. 943-955, 2007.

SOUZA, A. F. Estrutura de populações de *Araucaria angustifolia*. In: FONSECA, C. R.; SOUZA, A.F.; LEAL-ZANCHET, A.M.; DUTRA, T.L.; BACKES, A.; GANADE, G. (eds.), **Floresta com Araucária: Ecologia, Conservação e Desenvolvimento sustentável**. Ribeirão Preto: Holos Editora. 2009. p. 67-74.

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.

SOUZA, A. F.; FORGIARINI, C.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Regeneration patterns of a long-lived dominant conifer and the effects of logging in southern South America. **Acta Oecologica**, v. 34, p. 221-232, 2008.

SOUZA, A. F.; MATOS, D. U.; FORGIARINI, C.; MARTINEZ, J. Seed crop size variation in the dominant South American conifer *Araucaria angustifolia*. **Acta Oecologica**, v. 36, n. 1, p. 126-134, 2010.

STERNER, R. W.; RIBIC, C. A.; SCHATZ, G. E. Testing for life historical changes in spatial patterns of four tropical tree species. **Journal of Ecology**, 74: 621-633, 1986.

STILING, P. **Ecology: Theories and Applications**. 3a ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

STOCKDALE, M. **Steps to Sustainable and Community-based NTFP Management**: A manual written with special reference to South and Southeast Asia. Quezon City: Non Timber Forest Products - Exchange Programme NTFP-EP. 2005.

SUN, D.; DICKINSON, G. R.; BRAGG, A. L. Effect of Cattle Grazing and Seedling Size on the Establishment of *Araucaria cunninghamii* in a Silvo-pastoral System in Northeast Australia. **Journal of Environmental Management**, v. 49, p. 435-444, 1997.

SVENNING, J. C.; FABBRO, T.; WRIGHT, S. J. Seedling interactions in a tropical forest in Panama. **Oecologia**, v. 155, p. 143-150, 2008.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v. 75, p. 81-86, 1988.

SWAMY, V.; TERBORGH, J. W. Distance-responsive natural enemies strongly influence seedling establishment patterns of multiple species in an Amazonian rain forest. **Journal of Ecology**, 98: 1096-1107, 2010.

SZWAGRZYK, J.; CZERWCZAK, M. Spatial patterns of trees in natural forests of East-Central Europe. **Journal of Vegetation Science**, v. 4, p. 469-476, 1993.

VALENTE, T. P.; NEGRELLE, R. R. B.; SANQUETTA, C. R. Regeneração de *Araucaria angustifolia* em três fitofisionomias de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Iheringia**, v. 65, n. 1, p. 17-24, 2010.

VEBLEN, T. T., R. B. BURNS, T. KITZBERGER, A. LARA, R. VILLALBA. The ecology of the conifers of southern South America. In: ENRIGHT, N.; HILL, R. (Ed.). **Ecology of the Southern Conifers**. Melbourne: Melbourne University Press, Parkville. 1995. p. 120-155.

VEBLEN, T. T. Regeneration patterns in *Araucaria araucana* Forests in Chile. **Journal of Biogeography**, v. 9, n. 1, p. 11-28, 1982.

VIEIRA-DA-SILVA, C.; REIS, M. S. Produção de pinhão na região de Caçador, SC: Aspectos da obtenção e sua importância para comunidades locais. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, p. 363-374, 2009.

VIRILLO, C. B.; MARTINS, F. R.; TAMASHIRO, J. Y.; SANTOS, F. A. M. A estrutura de tamanho é uma boa medida de tendências futuras em populações de plantas? Uma abordagem empírica com cinco espécies lenhosas do Cerrado. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 3, p. 593-600, 2011.

WELLS, M. L.; GETIS, A. The spatial characteristics of stand structure in *Pinus torreyana*. **Plant Ecology**, v. 143, p. 153-170, 1999.

WIENS, J. A. Spatial scaling in Ecology. **Functional Ecology**, v. 3, p. 385-397, 1989.

WRIGHT, S. J.; MULLER-LANDAU, H. C.; CONDIT, R.; HUBBELL. Gap-dependent recruitment, realized vital rates, and size distributions of tropical trees. **Ecology**, v. 84, p. 3174-3185, 2003.

YAMAZAKI, M.; IWAMATO, S.; SEIWA, K. Distance- and density dependent seedling mortality caused by several diseases in eight tree species co-occurring in a temperate forest. **Plant Ecology**, v. 201, p. 181-196, 2009.

ZAMORANO-ELGUETA, C.; CAUYELA, L.; GONZÁLEZ-ESPINOSA, M.; LARA, A.; PARRA-VÁSQUEZ, M. R. Impacts of cattle on the South American temperate forests: Challenges for the conservation of endangered monkey puzzle tree (*Araucaria araucana*) in Chile. **Biological Conservation**, v. 152, p. 110-118, 2012.

ZANDAVALLI, R. B.; DILLENBURG, L. R.; SOUZA, P. V. D. Growth responses of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) to inoculation with the mycorrhizal fungus *Glomus clarum*. **Applied Soil Ecology**, v. 25, p. 245-255, 2004.

ZECHINI, A. A. Morfometria, produção, fenologia e diversidade genética: subsídios para conservação da *Araucaria angustifolia*

(Bert.) O. Ktze e coleta sustentável do pinhão no Planalto Catarinense. 2012. 191 f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ZECHINI, A. A.; PALUDO, G.F.; REIS, M.S. Conectando a produção de sementes com a quantidade de regenerantes sob a copa em *Araucaria angustifolia* de paisagem floresta e de campo. Manuscrito em Preparação.