Dissertação de Mestrado

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub. EM RESTINGA NO SUL DO BRASIL

Polliana Zocche de Souza

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em
Ecologia

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub. EM RESTINGA NO SUL DO BRASIL

Polliana Zocche de Souza

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

Orientadora: Prof.ª Drª.
Tânia Tarabini Castellani

Florianópolis, SC
Julho de 2010

"Dinâmica espaço-temporal de *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub. em restinga no sul do Brasil"

Por

POLLIANA ZOCCHE DE SOUZA

Dissertação julgada e aprovada em sua forma final pelos membros titulares da Banca Examinadora (Port. 10/PPGECO/2010) do Programa de Pós-Graduação em Ecologia - UFSC, composta pelos Professores Doutores:

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Tânia Tarabini Castellani (Presidente/Orientadora)

Prof. Dr. Flavio Antônio Mães dos Santos (UNICAMP)

Prof. Dr. Nivaldo Peroni (UFSC)

Prof. Dr. Mauricio Mello Petrucio
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Florianópolis, 05 de julho de 2010.

Abstract

Aiming to understand the expansion of *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub. (Fabaceae) in a foredune system in South Brazil, in different time scales and also its effect on the community structure, studies were performed which included, in the first chapter, the analysis of aerial images from 1994, 1998, 2002, 2007, climatological series and vegetation samples in permanent transects (T1, T2, T3) in 1988 and 2004, which were used to verify the expansion of the species in the long term, its relation to the temperature and rainfall and how its growth influences other species. In 1994, the species occupied an area of 10.313m^2 in the studied dune sector and it has expanded gradually until 2007, when it reached an area of 22.476m^2, representing an increment of 117%. This growth tended to happen in warmer periods. The expansion of *D. ecastaphyllum* occurred in T2 and T3 and had a negative influence on herbaceous and subshrubs species, whose richness was smaller in 2004. The non-occupied sector (T1) has shown, in the same period, an increment in the number of species. There was a significant loss of species (H') between 1988 and 2004 in T2 ($t_{calc\ 0,05,\infty}$ = 22,86) and T3 ($t_{calc\ 0,05,\infty}$ = 20,82), but not in T1 ($t_{calc\ 0,05,\infty}$ = 1,63). The cluster analysis has revealed that the composition of species in the transects has changed from 1988 to 2004, separating the occupied and the non-occupied sectors. The floristic similarity between T2 and T3 was greater due to the coverage of *D. ecastaphyllum* in the sector. In the second chapter, it was evaluated whether *D. ecastaphyllum* keeps expanding and what are the effects of this expansion on the community in the short-term. To accomplish these goals, six samples were performed in a year, in which the coverage of all species found in 120 permanent plots (1m^2 each) was measured. The plots were located under the canopy of *D. ecastaphyllum* (60) and in adjacent areas (60), equally divided between the protected sector of the dune (back) and the fore sector. Regarding the initial composition of species, there was a greater similarity between the occupied and non-occupied area in the fore sector. In relation to the species coverage, the occupied sectors were more similar than the adjacent ones. The number of species.m^{-2}, as well as their coverage, were greater in the adjacent sectors than in the sectors occupied by *D. ecastaphyllum* in the beginning of the study. After one year, *D. ecastaphyllum* has colonized 27% of the adjacent plots from the fore sector and 80% of the plots from the protected sector, which has shown a greater increase in coverage. There was a tendency to retraction in

growth between March and October. In the fore adjacent sector there was an increase in the number of species.m^{-2} and in the coverage of other species when compared to the beginning of the study. The increment rates in the number of species.m^{-2} and in the coverage of other species in the occupied sector from the back have shown reduction in comparison to the fore adjacent sector. Considering only the sectors that were colonized during the study year, the coverage of other species were negatively related to the final coverage of *D. ecastaphyllum*. After one year, when values of other species coverage are considered, the adjacent areas have shown greater changes, partly as a result of the partial colonization by *D. ecastaphyllum*, with more expressive alterationsin the back adjacent sector. These studies have confirmed the great expansion of *D. ecastaphyllum* in a foredune system in the last decades, possibly favored by high temperatures, and also that its presence in this environment interferes negatively on the presence of herbaceous and subshrubs species under its canopies. However, nothing can be affirmed about its role (inhibitor or facilitator) in relation to other shrubs and arboreal species, suggesting that the study area should be monitored in the forthcoming years in order to verify the continuity of the successional process and whether it will advance to a more shrubby formation or retrogress to herbaceous formations.

Keywords: coastal environment; foredunes; long-term changes; dune succession; negative interactions.

Resumo

Visando entender a expansão de *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub. (Fabaceae) em um sistema de duna frontal no sul do Brasil, em diferentes escalas de tempo e também seu efeito na estrutura da comunidade foram realizados estudos que envolveram, no capítulo 1, a análise de aerofotografias de 1994, 1998, 2002 e 2007, séries climatológicas e amostragens da vegetação em transecções permanentes (T1, T2, T3) em 1988 e 2004, que foram empregadas para verificar a expansão da espécie em longo prazo, sua relação com a temperatura e pluviosidade e influência de seu crescimento sobre outras espécies. Em 1994 a espécie ocupava 10.313m² do setor de duna estudado e expandiu-se progressivamente até 2007, atingindo 22.476m², representando um incremento de 117%. Este crescimento tendeu a ocorrer em períodos de maiores temperaturas. A expansão de *D. ecastaphyllum* ocorreu em T2 e T3 e influenciou negativamente as espécies herbáceas e subarbustivas da comunidade, que mostrou menor riqueza em 2004. O setor não ocupado (T1) mostrou incremento de espécies no mesmo período. Houve perda significativa de diversidade (H') entre 1988 e 2004 para as transecções T2 ($t_{calc\ 0,05,\infty}$ = 22,86) e T3 ($t_{calc\ 0,05,\infty}$ = 20,82), mas não para T1 ($t_{calc\ 0,05,\infty}$ = 1,63). O agrupamento da composição das espécies presentes nas transecções em 1988 foi modificado em 2004, segregando entre os setores ocupados e não ocupados pela espécie. A similaridade quanto à composição florística em T2 e T3, foi maior devido à elevada cobertura de *D. ecastaphyllum* no setor. No capítulo 2, foi avaliado se *D. ecastaphyllum* mantém-se em expansão e quais os efeitos desse aumento na comunidade em curto prazo. Para isso foram realizadas seis amostragens durante um ano, onde mensurou-se a cobertura das espécies presentes em 120 quadrados permanentes de 1m² sob as copas de *D. ecastaphyllum* (60) e áreas adjacentes (60), metade desses situados no setor frontal (frente) e a outra metade no setor protegido da duna (fundo). Quanto à composição inicial de espécies presentes houve maior similaridade entre a área com e sem *Dalbergia* no setor de frente. Quanto à cobertura das espécies, os setores com esta planta foram mais similares do que os setores adjacentes. O número de espécies.m^{-2}, assim como suas coberturas, foram maiores nos setores adjacentes que nos setores de *Dalbergia* no início do estudo. *D. ecastaphyllum*, após um ano, colonizou 27% dos quadrados adjacentes do setor frontal e 80% dos quadrados do setor mais protegido, que apresentou a maior taxa de incremento de cobertura. Houve uma tendência a retração de

crescimento entre os períodos de março a outubro. No setor adjacente frente houve aumentos quanto ao número de espécies.m^{-2} e a cobertura das outras espécies em relação ao início do estudo. As taxas de incremento no número de espécies.m^{-2} e na cobertura das outras espécies do setor *Dalbergia* fundo mostraram redução em relação ao setor adjacente frente. Considerando-se apenas os quadrados colonizados ao longo do ano, a cobertura das outras espécies foram inversamente relacionadas com a cobertura alcançada por *D. ecastaphyllum*. Após um ano, ao se considerar os valores de cobertura das espécies, as áreas adjacentes mostraram maiores mudanças, em parte, pela colonização parcial de *D. ecastaphyllum*, com alterações mais expressivas no setor adjacente fundo. Estes estudos comprovam a expansão elevada de *D. ecastaphyllum* em um sistema de dunas frontais nas duas últimas décadas, possivelmente beneficiada por altas temperaturas, e que sua presença neste ambiente interfere negativamente na presença de espécies herbáceas e subarbustivas sob suas copas. Entretanto nada se pode afirmar do seu papel (inibidor ou facilitador) sobre espécies arbustivas e arbóreas, sugerindo-se que a área de estudo seja monitorada pelos próximos anos para verificar a continuidade do processo sucessional, se esta progredirá a uma formação mais arbustiva ou retrocederá novamente para formações herbáceas.

Palavras chave: ambiente costeiro; duna frontal; mudanças de longo prazo; sucessão em dunas; interações negativas.

Sumário

Abstract 5
Resumo 7
Lista de Tabelas 11
Lista de Figuras 13
Anexos 16
Agradecimentos 19
Introdução Geral 21
Objetivo Geral 24
Objetivos específicos 25
Material e Métodos 25
Área e espécie em estudo 25
Métodos de coleta de dados 27
Mapeamento da cobertura vegetal de *D. ecastaphyllum* nas duas últimas décadas 28
Avaliação da mudança de cobertura vegetal em longo prazo 30
Análise da dinâmica de expansão atual da cobertura de D. ecastaphyllum e demais espécies 31
Referências Bibliográficas 33
CAPÍTULO 1 - Mudanças de longo prazo em vegetação de restinga no sul do Brasil: A expansão de *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub. 40
Resumo 40
Introdução 42
Material e Métodos 44
Área de estudo 44
Mapeamento da cobertura de *D. ecastaphyllum* nas duas últimas décadas 45
Séries climáticas de temperatura e pluviosidade 46
Avaliação da mudança de cobertura vegetal em longo prazo 47
Análise dos dados 48
Resultados 48
Mapeamento da cobertura de *D. ecastaphyllum* nas duas últimas décadas 48
Séries climáticas de temperatura e pluviosidade 54
Avaliação da mudança de cobertura vegetal em longo prazo 58

Discussão 67
Referências bibliográficas 71
Anexo 76
CAPÍTULO 2 - Dinâmica de expansão de *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub. e influência na comunidade vegetal em restinga no sul do Brasil 81
Resumo 81
Introdução 83
Material e Métodos 85
Área de estudo 85
Procedimento de campo 86
Análise de dados 87
Caracterização florística dos setores estudados 87
Análise da expansão de *D. ecastaphyllum* e relação com o número de espécies.m^{-2} e cobertura das outras espécies 88
Resultados 90
Caracterização florística inicial dos setores estudados 90
Expansão de *D. ecastaphyllum* e as alterações no número de espécies.m^{-2} e cobertura das outras espécies 98
Discussão 106
Referências bibliográficas 110
Considerações finais 117

Lista de Tabelas

Tabela 1: Escalas, extensão de cada *pixel* (m) e intervalos de *Digital Numbers* (DNs) que representam *Dalbergia ecastaphyllum* em área de duna frontal, Praia da Joaquina, Florianópolis, nos diferentes anos estudados. * Área de estudo distribuída em diferentes faixas de vôo, necessitando duas aerofotografias para abranger todo setor. 29

Tabela 2: Intervalos de classe e valor mediano de cobertura (%) utilizado na amostragem de cobertura das espécies. 33

Capítulo 1

Tabela 1: Área ocupada por *Dalbergia ecastaphyllum* de 1994 a 2007, em setor de duna frontal da Praia da Joaquina, Florianópolis, SC, e respectivas taxas de variação (%). 49

Tabela 2: Médias de pluviosidade (mm) e temperatura (°C) nos intervalos de quatro anos anteriores aos registros aerofotográficos de 1994, 1998, 2002 e 2007 e das amostragens da vegetação em campo realizadas em 1988 e 2004, no setor de duna frontal, Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. 54

Tabela 3: Lista florística, hábitos e valores percentuais de cobertura das espécies registradas em 1988 e em 2004, em três transecções permanentes estabelecidas na duna frontal, Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Em negrito, espécies cujo aporte ou saída, em cobertura, foram significativos ($p < 0,05$). Hábito: A: arbustivo; H: herbáceo; SA: subarbustivo; T: trepadeira. 59

Tabela 4: Número de espécies que não ocorreram em 1988 e ocorreram em 2004 (aporte) e de espécies que ocorriam em 1988 e não foram encontradas em 2004 (saída), em três transecções permanentes estabelecidas na duna frontal, Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Entre parênteses o número de espécies que apresentaram aporte ou saída em que houve mudança significativa de cobertura. 62

Capítulo 2

Tabela 1: Famílias, espécies, hábitos e médias de cobertura (%) encontradas por setor (n = 30) em janeiro de 2009 e janeiro de 2010, em área de duna frontal, Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo. Hábito: A: arbustivo; H: herbáceo; SA: subarbustivo; T: trepadeira. 90

Tabela 2: Mediana, máximo e mínimo dos valores de % de cobertura de *Dalbergia ecastaphyllum* nos setores de estudo. Letras distintas indicam diferenças significativas (p<0,05, teste de Dunn). AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo. 98

Tabela 3: Número de quadrados ocupados (n=30) por *Dalbergia ecastaphyllum* nos setores adjacentes frente e fundo e valores de qui-quadrado (χ^2) obtidos nas tabelas de contingência com correção de Yates. 100

Tabela 4: Número de espécies.m^{-2} (n=30) nos setores de estudo na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Valores de t-calculados (teste pareado). * indicam diferenças significativas (p < 0,05). 102

Tabela 5: Número mediano, máximo e mínimo das somas de cobertura das outras espécies nos setores de estudo na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. * indicam diferenças significativas (p < 0,05). 104

Tabela 6: Medianas, valores máximos e mínimos de taxas de incremento anual no número de espécies.m^{-2} e da cobertura das outras espécies nos setores de estudo na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. 105

Lista de Figuras

Figura 1: Localização da área de estudo, em setor de duna frontal, na Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. Fonte: Google Earth (2010). 26

Figura 2: Valores médios de temperaturas (—) e pluviosidade total (barras) mensais para uma série de 30 anos, Ilha de Santa Catarina, SC. Fonte: CIRAM – EPAGRI. 28

Figura 3: Esquema ilustrativo de disposição dos pontos amostrais sobre linhas paralelas ao mar ao longo de uma transecção de 100m, sentido mar-interior. O esquema ilustra a ocupação hipotética da espécie estudada, onde neste caso 20 linhas seriam incluídas para a análise (1000) pontos, sendo estas linhas comparadas aos dados de 1988 neste mesmo setor. 31

Figura 4: Esquema da disposição dos quadrados amostrais ao longo da área ocupada por *Dalbergia ecastaphyllum* na duna frontal, no setor voltado para o mar (frente) e no reverso da duna (fundo), sob sua mancha e em área adjacente. Em destaque, exemplo da localização em área adjacente. 32

Capítulo 1

Figura 1: Valores médios de temperaturas (—) e pluviosidade total (barras) mensais para uma série de 30 anos, Ilha de Santa Catarina, SC. Fonte: CIRAM – EPAGRI. 45

Figura 2: a) Setor da duna frontal com *Dalbergia ecastaphyllum*, outras formações vegetais e areia nua. b) Reclassificação do intervalo de DN que representa áreas ocupadas por *Dalbergia ecastaphyllum* em 1994, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras x e y representam as duas aerofotografias utilizadas no processo. 50

Figura 3: a) Setor da duna frontal com *Dalbergia ecastaphyllum*, outras formações vegetais e areia nua. b) Reclassificação do intervalo de DN que representa áreas ocupadas por *Dalbergia ecastaphyllum* em 1998, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. 51

Figura 4: a) Setor da duna frontal com Dalbergia *ecastaphyllum*, outras formações vegetais e areia nua. b) Reclassificação do intervalo de DN

que representa áreas ocupadas por *Dalbergia ecastaphyllum* em 2002, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. 52

Figura 5: a) Setor da duna frontal com *Dalbergia ecastaphyllum*, outras formações vegetais e areia nua. b) Reclassificação do intervalo de DN que representa áreas ocupadas por *Dalbergia ecastaphyllum* em 2007, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. 53

Figura 6: Pluviosidade total anual (mm) entre 1977 e 2007 para a Ilha de Santa Catarina, SC. Média dos 31 anos (—), valores acima (◊) e abaixo (♦) da média. Anos em que ocorreram as amostragens da vegetação (↑) e de registros aerofotográficos (↓). Em cinza, intervalos de tempo quatro anos anteriores as amostragens de campo. Fonte: CIRAM – EPAGRI. 55

Figura 7: Pluviosidade (mm, barras) e temperatura (ºC, linhas) médias mensais, para intervalos de quatro anos anteriores aos registros aerofotográficos e das amostragens de campo da vegetação, realizadas no setor de duna frontal, Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Intervalos prévios referentes aos anos de: a) 1988, b) 1994, c) 1998, d) 2002, e) 2004, f) 2004. Figuras a) e f) relativas as amostragens da vegetação e as restantes relativas as aerofotografias. 56

Figura 8: Temperatura média anual (mm) entre 1977 e 2007 para a Ilha de Santa Catarina, SC. Média dos 31 anos (—), valores acima (□) e abaixo (■) da média. Anos em que ocorreram as amostragens da vegetação (↑) e de presença de registros aerofotográficos (↓). Em cinza, intervalos de quatro anos anteriores às amostragens de campo. Fonte: CIRAM – EPAGRI. 57

Figura 9: Curva de riqueza acumulada (Mao Tau) e intervalo de confiança (95%) obtida na transecção T1, disposto em uma duna frontal da Praia da Joaquina, Santa Catarina, SC, nos anos de 1988 e 2004. 63

Figura 10: Curva de riqueza acumulada (Mao Tau) e intervalo de confiança (95%) obtida na transecção T2, disposto em uma duna frontal da Praia da Joaquina, Santa Catarina, SC, nos anos de 1988 e 2004. 64

Figura 11: Curva de riqueza acumulada (Mao Tau) e intervalo de confiança (95%) obtida na transecção T3, disposto em uma duna frontal da Praia da Joaquina, Santa Catarina, SC, nos anos de 1988 e 2004. 65

Figura 12: Análise de agrupamento UPGMA (Sørensen) referente à composição florística amostrada nas transecções T1, T2 e T3, em 1988 e

2004, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. 66

Figura 13: Análise de agrupamento UPGMA (Bray-Curtis) referente à composição e cobertura vegetal das espécies amostradas nas transecções T1, T2 e T3, em 1988 e 2004, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. 68

Capítulo 2

Figura 1: Valores médios de temperaturas (—) e pluviosidade total (barras) mensais para uma série de 30 anos, Ilha de Santa Catarina, SC. Fonte: CIRAM – EPAGRI. 86

Figura 2: Representação esquemática da disposição dos quadrados de *Dalbergia* (em cinza) e quadrados adjacentes (em preto) ao longo da área ocupada por *Dalbergia ecastaphyllum* (mancha irregular) localizados em setor voltado para o mar (frente) e no reverso da duna (fundo). 87

Figura 3: Número médio de espécies.m^{-2} (n=30) e intervalo de 95% de confiança para janeiro de 2009 (a) e janeiro de 2010 (b), nos setores estudados na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras distintas indicam diferenças significativas ($p<0,05$, teste de Fisher). AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo. 93

Figura 4: Análise de agrupamento UPGMA (Sørensen) referente à composição florística registrada nos setores estudados em janeiro de 2009 (C1) e janeiro 2010 (C6) na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo. 95

Figura 5: Análise de agrupamento UPGMA (Bray-Curtis) referente à composição e cobertura vegetal das espécies encontradas nos setores estudados em janeiro de 2009 (C1) e janeiro 2010 (C6) na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo. 96

Figura 6: Valores de mediana (—) e intervalos com 5, 10, 25, 75, 90 e 95% dos valores de cobertura das outras espécies nos setores de estudo

para janeiro 2009 (a) e janeiro 2010 (b), na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras distintas indicam diferenças significativas (p<0,05, teste de Dunn). AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo. 97

Figura 7: Fitofisionomia de uma mancha de *Dalbergia ecastaphyllum*, com destaque para os galhos secos presentes no setor frente (a) e setor fundo (b) da área de estudo, duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. 99

Figura 8: Valores de mediana (—) e intervalos com 5, 10, 25, 75, 90 e 95% das taxas de incremento, em um ano, de cobertura de *Dalbergia ecastaphyllum* nos setores de estudo na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras distintas indicam diferenças significativas (p<0,05, teste de Dunn). AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo. 100

Figura 9: Valores de mediana (—) e intervalos com 5, 10, 25, 75, 90 e 95% das taxas de incremento anual de cobertura de *Dalbergia ecastaphyllum*, por setor, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. (a) Setor adjacente frente; (b) adjacente fundo; (c) *Dalbergia* frente; (d) *Dalbergia* fundo. Letras distintas indicam diferenças significativas (p<0,05, teste de Dunn). 102

Figura 11: Valores de mediana (—) e intervalos com 5, 10, 25, 75, 90 e 95% das taxas de cobertura de outras espécies nos setores de estudo na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras distintas indicam diferenças significativas (p<0,05, teste de Dunn). AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo. 104

Anexos

Anexo 1: Sistema de dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, em 1977 (1:25.000). Fonte: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF). 76

Anexo 2: Sistema de dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, em 1994 (1:8.000). Junção das aerofotografias a e b, utilizadas no processo de fotointerpretação. Presença de manchas de *Dalbergia*

ecastaphyllum nas dunas frontais. Fonte: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF). 77

Anexo 3: Sistema de dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, em 1998 (1:15.000). Presença de manchas de *Dalbergia ecastaphyllum* nas dunas frontais. Fonte: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF). 78

Anexo 4: Sistema de dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, em 2002 (1:15.000). Presença de manchas de *Dalbergia ecastaphyllum* nas dunas frontais. Fonte: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF). 79

Anexo 5: Sistema de dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, em 2007 (1:15.000). Presença de manchas de *Dalbergia ecastaphyllum* nas dunas frontais. Fonte: Aeroconsult Aerolevantamentos e Consultoria. 80

"Qualquer caminho é apenas um caminho e não constitui insulto algum – para si mesmo ou para os outros – abandoná-lo quando assim ordena seu coração. (...) Olhe cada caminho com cuidado e atenção. Tente-o tantas vezes quantas julgar necessárias... Então, faça a si mesmo e apenas a si mesmo uma pergunta: possui esse caminho um coração? Em caso afirmativo, o caminho é bom. Caso contrário, esse caminho não possui importância alguma".

(Carlos Castañeda, The Teachings of Don Juan)

Agradecimentos

Quantos caminhos percorri, laboratórios frequentei, professores e verdadeiros mestres conheci e amizades formei para chegar até aqui... Muitas pessoas participaram desse trabalho e me ajudaram nestes dois anos (e meio, mero detalhe) e espero que consiga agradecer a cada um de vocês.

Agradeço por todos os contratempos que aconteceram para que eu acabasse no laboratório da Prof.ª Tânia Tarabini Castellani. Obrigada por ter aceitado me orientar e compartilhar comigo todo seu grande conhecimento, por todo seu apoio, críticas e sugestões, sempre proporcionadas nos momentos certos.

Ao Luiz Antônio Paulino por seu indispensável auxílio na compreensão e uso dos programas de fotointerpretação, por sua disponibilidade em ajudar e ensinar, sempre com muita paciência.

À Karla Z. Scherer e Nivaldo Peroni pela participação na pré-banca e banca e por todas as contribuições, auxílios e ensinamentos pessoais e acadêmicos durante esta caminhada.

Ao Flavio Antônio Mäes dos Santos por prontamente aceitar participar da banca e contribuir com esse trabalho.

À minha mãe Isa, por me apoiar e estar ao meu lado em todas as minhas decisões, em seguir na formação acadêmica, inclusive me acompanhar em todos os dias de campo e ainda se divertir em carregar estacas, procurar os quadrados, identificar espécies e entrar nos emaranhados de *Dalbergia*. Esse trabalho é tão meu quanto seu.

Ao meu irmão, por sua companhia, amizade e ajuda. À minha cunhada Camilla e sua família, pelos finais de semana de descontração, por tentar me tirar da frente do computador e espairecer nos momentos necessários.

Aos professores da Escola Supletiva da “Penita” por compartilhar esta experiência que foi lecionar, pelas amizades de Paula Cabral, Déa Nakayama, Maria da Graça, Cristiano Neves, Rosana Paschoal, Paulinha B., Rosane Fioravante e principalmente pelos momentos de descontração na sala dos professores!

Ao pessoal do Laboratório de Ecologia Vegetal e dos corredores, pelas conversas e vários cafezinhos.

Ao Benedito Cortês Lopes por seus conselhos, palavras de apoio e ajuda quando necessário, sempre com muito bom humor.

Aos amigos do mestrado pelas conversas nos corredores, discussões, ajudas e, claro, pelos momentos nos barzinhos, Ninas, festinhas e passeios por Florianópolis. Não tenho uma forma tão expressiva quanto os meus sentimentos para demonstrar o quanto foi muito bom conhecer vocês.

À Mariana Paz, Aurea Lemes, Fernando Mayer por todos os bate-papos engraçados, de chorar de rir (!) após as aulas e tardes de trabalho... Vocês foram e continuarão sendo muito importantes para mim.

À Tatiane Beduschi, Luiz Carlos Soares, Fernando Mayer pelos auxílios com os programas estatísticos e por suas amizades.

Ao setor de transportes da Universidade Federal de Santa Catarina.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que encontrei nesse período que contribuíram direta ou indiretamente para que eu chegasse até aqui e poder dizer: sim, valeu a pena! Obrigada!

Introdução Geral

A sucessão é descrita como um processo não sazonal e contínuo de colonização e extinção de populações em um determinado local (Begon; Townsend; Harper, 2007). Este processo pode ser diferenciado quanto à existência ou não de ocupação prévia no local colonizado, fator este que influencia grandemente o decorrer da sucessão.

Assim, define-se como sucessão primária aquela caracterizada por ocorrer em locais não ocupados anteriormente por plantas e que pode ser observada em dunas de areia recém depositadas (Doing, 1985; Lubke, 2004). A sucessão secundária ocorre em ambientes que possuíam uma cobertura vegetal e que foi suprimida de forma natural ou antropicamente, como observado em ambientes costeiros de dunas e restinga após a ação de desmatamentos (Sá, 2002), fogo (Cirne; Zaluar; Scarano, 2003; Menezes; Araújo, 2004) ou furacões (Snyder; Boss, 2002).

No processo de sucessão em sistemas de dunas o vento e a movimentação da areia são importantes para a distribuição das espécies, sendo que poucas são capazes de se estabelecer em areias móveis (Olff; Huisman; van-Tooren, 1993; Martínez; Vázquez; Sánchez-Colón, 2001). No entanto, diferentes tipos de espécies pioneiras podem ser observadas. Em clima subtropical, na África do Sul, Lubke; Avis (2000) observaram gramíneas e outras herbáceas como pioneiras e Martínez; Vázquez; Sánchez-Colón (2001) relataram que no golfo do México, em clima tropical, as colonizadoras podem ser pequenos arbustos. No México, a espécie arbustiva *Chamaecrista chamaecristoides* coloniza a areia nua de dunas móveis e tem seu crescimento beneficiado pela movimentação de areia (Moreno-Casasola, 1986), ao contrário de espécies de gramíneas mais tardias localizadas em áreas mais estáveis. Após se estabilizar, as dunas são ocupadas por vegetação arbustiva densa (*thicket*) e florestal, incluindo a presença de espécies de floresta tropical como as palmeiras (Moreno-Casasola; Espejel, 1986).

No estudo de Lubke; Avis (2000), na África do Sul, os autores afirmaram que o processo de sucessão em dunas frontais acompanhado seguiu modelos de facilitação. Iniciou-se principalmente nas baixadas, com espécies de gramíneas, ciperáceas e juncáceas, que ao longo de cinco anos modificaram as condições de umidade local e favoreceram a invasão de espécies arbustivas como, por exemplo, *Myrcia cordifolia*. As arbustivas passaram então a dominar grandes áreas e diminuíram, até excluir, a presença de herbáceas ao fim de quatro anos. Entretanto, o

progresso para formações mais complexas depende fortemente das condições climáticas favoráveis, como grandes pluviosidades. Em condições desfavoráveis (poucas chuvas) essa formação pode ser soterrada, devido sua baixa velocidade de crescimento, e regredir para comunidades pioneiras (Avis; Lubke, 1996; Lubke, 2004).

As dunas costeiras respondem em diferentes escalas de tempo aos processos ambientais. Enquanto mudanças na paisagem devido à mobilidade da areia são rápidas e aparentes depois de um ou dois anos, as mudanças associadas com a estabilização da areia e sucessão da vegetação apenas podem ser reconhecidas depois de décadas (Seeliger et al., 2000).

Estudos iniciais sobre sucessão primária em dunas assumiam que as condições ambientais no início da sucessão eram geralmente uniformes para grandes áreas (Morrison; Yarranton, 1974). Recentemente, autores sugeriram que a topografia heterogênea de dunas causa variações suficientes no movimento de areia e de drenagem para influenciar a distribuição de plantas e o processo de sucessão (Olff; Huisman; van-Tooren, 1993; Martínez; Vázquez; Sánchez-Colón, 2001).

A vegetação dos ambientes costeiros é influenciada diretamente por diversos agentes que atuam em gradientes de intensidade que diminuem enquanto nos distanciamos do mar (Hesp, 1991; Novo et al., 2004). A ação do vento (Bresolin, 1979) e do *spray* salino (Wilson; Sykes, 1999) são alguns dos fatores que determinam o estabelecimento da vegetação no ambiente de dunas, pois pode causar dessecação e a poda das partes aéreas dos ramos (Maun, 1998; Beduschi; Castellani, 2008). Outros fatores são a alta intensidade luminosa e temperatura (Hesp, 1991), a baixa disponibilidade de água (Bresolin, 1979) e nutrientes (Bresolin, 1979; Olff; Huisman; van-Tooren, 1993), escassos em solos arenosos.

Para ocupar este ambiente adverso, as espécies precisam acumular biomassa rapidamente para conseguir vencer o distúrbio associado à movimentação do sedimento arenoso. Por consequência as espécies de dunas possuem uma baixa cobertura vegetal nas áreas próximas ao mar (Ripley; Pammenter, 2004).

Além deste mecanismo de crescimento, as plantas de dunas desenvolveram adaptações morfológicas e fisiológicas para conseguirem sobreviver neste local, como resistência ou tolerância à salinidade, suculência, aumento na tolerância ao calor, eficiência no uso da água (Bresolin, 1979), adaptações radiculares, associações com fungos e

bactérias fixadoras de nitrogênio, variação no ciclo de floração, redução da área foliar, formas de crescimento aerodinâmicas, adaptações osmóticas, entre outras (Hesp, 1991).

Não só as adaptações das espécies são importantes no estabelecimento das plantas num processo sucessional, mas também as interações interespecíficas entre elas. Connell; Slatyer (1977), por exemplo, propõem três modelos de sucessão: a facilitação, que dá a explicação clássica mais utilizada em anos passados; a tolerância e a inibição, estas últimas sendo mais abordadas atualmente (Callaway; Walker, 1997; Holmgren; Scheffer; Huston, 1997; Brooker et al., 2008).

Apesar de, na maioria das vezes, serem estudadas isoladamente, as interações positivas e negativas que influenciam diretamente os processos sucessionais ocorrem simultaneamente (Berkowitz; Canham; Kelly, 1995; Holmgren; Scheffer; Huston, 1997). O grau de estresse abiótico no local, o estágio de vida do espécime, a densidade da população, são algumas das variáveis que determinam o grau de facilitação ou competição que são encontrados nas comunidades (Callaway, 1995; Holmgren; Scheffer; Huston, 1997; Zaluar; Scarano, 2000).

Na facilitação, as espécies de estágios sucessionais iniciais (pioneiras) alteram as condições ou viabilizam recursos em um habitat, o que permite o estabelecimento de outras espécies (Connell; Slatyer, 1977). Este processo é particularmente importante na sucessão primária, onde as condições são severas (Holmgren; Scheffer; Huston, 1997). A facilitação foi considerada durante muito tempo como um aspecto relevante que rege os processos sucessionais (Clements, 1916; Connell; Slatyer, 1977; Callaway, 1995), inclusive em áreas de dunas (Avis; Lubke, 1996).

A colonização momentânea promovida pelas espécies de plantas existentes e a habilidade competitiva das espécies nos diferentes habitats ajudam a explicar a sucessão em dunas (Lichter, 2000). Alguns estudos afirmam que a competição torna-se frequente à medida que a cobertura vegetal aumenta (Martínez; García-Franco, 2004), e outros que esta é mais esperada nos primeiros estágios de sucessão, já que neste momento os recursos são limitados (Bertness; Callaway, 1994). Esta última ideia é contrária àquela em que processos de interações positivas são mais esperados em condições adversas (Bertness; Callaway, 1994), como nos períodos iniciais de sucessão, e que a competição é mais observada quando há maior estabilidade ambiental (Lichter, 2000).

Trabalhos de longo prazo desenvolvidos na Praia da Joaquina, litoral de Santa Catarina, mostraram um incremento de cobertura de *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub. (Fabaceae) no sistema de duna frontal, que em 1988 apresentava menos de 1% de cobertura vegetal passando para mais de 35% em 2004 em perfis de 100m de extensão amostrados (Castellani; Peixoto; Lopes, 2004; 2005). Estes autores sugeriram, inclusive, que a expansão desta espécie inibiu o desenvolvimento das demais plantas nas áreas onde se estabeleceram.

No Brasil, *D. ecastaphyllum* ocorre desde o litoral norte até Palhoça (SC), limite sul de distribuição da espécie (Camargo, 2005). É uma espécie encontrada em formações subarbustiva e arbustiva sobre cordões arenosos de dunas frontais (Brasil, 1999). A espécie por vezes chega a dominar a vegetação, formando um emaranhado de ramos (Carvalho, 1997), característica esta observada nas dunas frontais da Praia da Joaquina (Guimarães, 2006).

Pelo quadro de mudanças temporais que ocorreram na área de estudo, pretende-se avaliar a expansão de *D. ecastaphyllum* no sistema de dunas frontais da Praia da Joaquina, em diferentes escalas de tempo, e verificar possíveis implicações na composição da comunidade vegetal. O estudo pretende também analisar o comportamento de expansão da espécie no gradiente ambiental que se estabelece no sentido mar-interior, onde fatores como intensidade de vento e mobilidade de substrato, *spray* salino são mais intensos próximo ao mar.

As hipóteses do trabalho são de que a população de *D. ecastaphyllum* expandiu nas dunas da Praia da Joaquina nas últimas décadas e que as áreas ocupadas por ela contêm menor ocorrência de espécies do que as áreas não ocupadas pela espécie. Espera-se também, diferenciar a expansão de *D. ecastaphyllum* em relação ao gradiente ambiental mar-interior, com menor taxa de ocupação nas áreas mais próximas que as mais afastadas do mar.

Objetivo Geral

Analisar a expansão de *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub. em um sistema de duna frontal do sul do Brasil, em diferentes escalas de tempo, bem como verificar seus efeitos na estrutura da comunidade.

Objetivos específicos

a. Calcular a expansão da área de ocupação de *D. ecastaphyllum* no sistema de duna frontal nas duas últimas décadas;
b. Analisar, em longo prazo, a variação na composição de espécies vegetais em trechos de duna ocupados e não ocupados por *D. ecastaphyllum*;
c. Diferenciar a dinâmica de expansão atual de *D. ecastaphyllum* nas bordas de suas manchas quanto aos setores mais próximos e mais distantes ao mar;
d. Avaliar a composição atual de espécies sob a copa de *D. ecastaphyllum* e em áreas adjacentes;
e. Relacionar a variação da cobertura vegetal de *D. ecastaphyllum* com a riqueza e cobertura vegetal de outras espécies no prazo de um ano.

Material e Métodos

Área e espécie em estudo

Localizado na Praia da Joaquina, setor centro-oriental da Ilha de Santa Catarina, SC, o trecho de duna estudado situa-se entre as coordenadas 27°37’ S e 48°27’ O e 27°38’ S e 48°27’ O (Figura 1). A delimitação da área de estudo baseou-se nas referências e marcações feitas no estudo realizado por Castellani (1989), que avaliou a vegetação das dunas da Praia da Joaquina, quantificando a cobertura das espécies em dunas embrionárias, frontal e baixadas associadas.

As restingas de Santa Catarina podem apresentar fisionomias herbácea/subarbustiva, arbustiva ou arbórea, que se desenvolvem nos habitats de praia, dunas frontais, dunas internas (móveis, semifixas e fixas), baixadas secas e úmidas (Falkenberg, 1999). Segundo Falkenberg (1999), em Santa Catarina, a duna frontal é composta por espécies herbáceas estoloníferas ou rizomatosas, sendo também observadas espécies lenhosas de subarbustos que podem formar densos aglomerados, cobrindo grandes extensões de areia. Por localizar-se na região de maior proximidade com o mar, ocorre influencia direta do vento e da salinidade e, geralmente, os indivíduos não ultrapassam a altura de 1m.

Figura 1: Localização da área de estudo, em setor de duna frontal, na Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. Fonte: Google Earth (2010).

Na Praia da Joaquina, a área de duna frontal caracteriza-se como a primeira duna após a faixa de areia, contendo superfície irregular atingindo até 5m, largura entre 15 e 20m e comprimento de aproximadamente 2km (Guimarães, 2006). A autora ainda afirmou que em alguns locais da duna é impossível distinguir a duna frontal das dunas internas, pois estão cobertas densamente por *D. ecastaphyllum*. A área possui uma riqueza em torno de 100 espécies vegetais e alguns arbustos isolados podem ser observados na face posterior e no topo da duna (Guimarães, 2006). Dentre as espécies vegetais estão: *Ipomoea*

pes-caprae, Panicum racemosum, Spartina ciliata, Senecio crassiflorus, Blutaparon portulacoides, Polygala ciparissias, Alternanthera maritima, D. ecastaphyllum, Porophyllum ruderale. O setor de duna ora estudado envolveu a restinga herbácea/subarbustiva localizada nas dunas frontais e dunas internas adjacentes.

D. ecastaphyllum distribui-se na América, da Flórida (EUA) ao Brasil, e no país, desde o litoral Norte até o seu limite sul de distribuição, em Palhoça, SC (Camargo, 2005), ocorrendo também no continente africano (Doing, 1985). É uma espécie escandente ou semi-prostrada, associada a estuários, mangues e dunas, onde, com seu hábito semi-prostrado, auxilia na fixação da areia. É bem adaptada a condições de alta salinidade e seus frutos possuem forma alada, possivelmente sendo capazes de flutuar (Carvalho, 1997). A espécie por vezes chega a dominar a vegetação, formando um emaranhado de ramos (Carvalho, 1997), característica esta observada nas dunas frontais da Praia da Joaquina (Guimarães, 2006). Nas últimas duas décadas *D. ecastaphyllum* expandiu rapidamente ocupando grandes áreas no sistema de duna frontal estudado (Castellani; Peixoto; Lopes, 2004; 2005).

As dunas da Praia da Joaquina são consideradas Área de Preservação Permanente (APP) e são protegidas por efeito da lei 4.771 que institui o Código Florestal (Brasil, 1965). A área faz parte do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, abrangendo desde a parte sul da Lagoa da Conceição até a Praia do Campeche, com cerca de 563 ha (CECCA, 1997).

O clima da região é classificado em subtropical úmido (Cfa) (CECCA, 1997) com temperatura média anual de 21°C, sendo a média inferior entre junho e agosto, em torno de 16°C, e a média máxima entre janeiro e março, 24°C. A maior pluviosidade é encontrada no verão, em janeiro e fevereiro, e a menor de junho a agosto, com média anual de 1.726mm (Figura 2).

Métodos de coleta de dados

Os estudos de campo foram desenvolvidos entre os meses de setembro de 2008 e janeiro de 2010 e envolveram a delimitação da área de estudo e amostragens da vegetação sob manchas de *D. ecastaphyllum* e áreas adjacentes (jan/2009-jan/2010), além de georreferenciamento das manchas monitoradas. A fotogrametria ocorreu em laboratório ao longo

do período de estudo. Foi também utilizado o banco de dados de Tânia T. Castellani para analisar a composição de espécies vegetais em 2004 e em 1988 em trechos de duna frontal ocupados e não ocupados por *D. ecastaphyllum.*

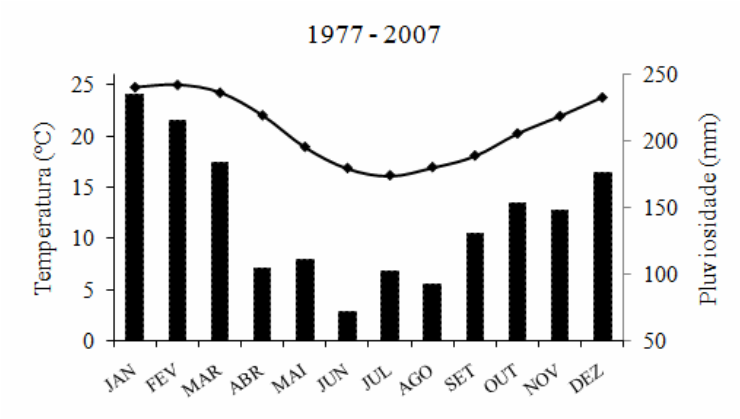


Figura 2: Valores médios de temperaturas (—) e pluviosidade total (barras) mensais para uma série de 30 anos, Ilha de Santa Catarina, SC. Fonte: CIRAM – EPAGRI.

Mapeamento da cobertura vegetal de** D. ecastaphyllum **nas duas últimas décadas

Os procedimentos metodológicos empregados ocorreram no Laboratório de Geoprocessamento da UFSC, com o auxílio e supervisão do Prof. Msc. Luiz Antônio Paulino. O mapeamento da ocupação de manchas de *D. ecastaphyllum* foi realizado através da análise de aerofotografias de 1994, sendo utilizadas duas para este ano (a e b), 1998, 2002 e 2007 (Anexo 1 ao 5) das dunas frontais da Praia da Joaquina. A aerofotografia de 2007 foi cedida pela empresa Aeroconsult Aerolevantamentos e Consultoria, já digitalizada (600 dpi), e as restantes foram cedidas pelo Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF) e digitalizadas em 600 dpi. As aerofotografias foram analisadas por meio de programas que utilizam Sistemas Geográficos de Informação (SIGs). Uma aerofotografia de 1977 foi avaliada, mas não foi utilizada no mapeamento das manchas (Anexo 1).

Utilizou-se a aerofotografia de 2002 previamente georreferenciada, como base para o georreferenciamento das demais, empregando-se o programa Microstation Descartes (Bentley, 1995) e o método de transformação *Afine*. As fotografias foram digitalizadas no formato *joint photographic experts group* (.jpeg) – com tamanhos de *pixel* variando de 0,25m a 0,76m, no modelo RGB 256 cores (Tabela 1). O tamanho de *pixel* obtido nos anos analisados é inerente ao georreferenciamento efetuado em cada aerofotografia, logo os tamanhos são diferentes, mas a localização geográfica não é influenciada por isso. Essas imagens, assim geradas na forma digital, foram convertidas através do programa Idrisi 32 (Eastman, 2001) para um modelo de *Digital Number* (DN), no qual respostas espectrais semelhantes dos elementos da paisagem seriam identificadas por um mesmo número. Cada superfície apresenta um comportamento espectral influenciado pelos componentes que a constituem e, em consequência, apresentam reflectâncias diferentes (Paulino; Santos, 1998), permitindo que cada *pixel* possua um DN que representa a resposta radiométrica das diferentes fisionomias da área analisada.

Tabela 1: Escalas, extensão de cada *pixel* (m) e intervalos de *Digital Numbers* (DNs) que representam *Dalbergia ecastaphyllum* em área de duna frontal, Praia da Joaquina, Florianópolis, nos diferentes anos estudados. * Área de estudo distribuída em diferentes faixas de vôo, necessitando duas aerofotografias para abranger todo setor.

Ano	Escala (m)	*Pixel* (m)	DNs *Dalbergia*
1977	1:25.000	1,0	–
1994*	1:8.000	0,25	a. 15 – 76/ b. 3 – 23
1998	1:15:000	0,75	4 – 60
2002	1:15:000	0,76	15 – 59
2007	1:15:000	0,41	2 – 27

As áreas consideradas ocupadas, ou por manchas densas ou por galhos em expansão, foram definidas no programa Idrisi 32, a partir do DN de tonalidade mais clara (clareiras) encontrado no interior de manchas da espécie, sendo então empregado como limite de ocorrência para a borda externa da população de *D. ecastaphyllum* (Tabela 1). Este parâmetro foi adotado levando-se em conta os diferentes tipos de respostas espectrais que podem ser dados em decorrência dos estágios de vida da espécie, ou seja, desde tons escuros, quando encontram-se

folhas adultas, à tons mais claros, quando *D. ecastaphyllum* encontra-se desfolhada.

Cabe ressaltar que os intervalos de DN de cada aerofotografia são diferentes (Tabela 1), embora representando a mesma espécie, devido às condições relacionadas ao processo de sensoriamento remoto (condições climáticas no dia de vôo, visibilidade, altura) e geoprocessamento das imagens (agrupamento de áreas contínuas em *pixels*). Após analisar os intervalos de DNs, considerados como respostas radiométricas de presença de *D. ecastaphyllum*, foi realizada a classificação supervisionada através do modo *Reclass* do Idrisi 32, agrupando-se as classes com valores de DN correspondentes a presença de *D. ecastaphyllum* em um único DN (1) e valores que não pertenciam a essa classe em outro DN (0) para obter-se a área geral ocupada.

Por fim, utilizando-se *GIS Analysis* /*Data base Query*/*Area* do Idrisi 32, foram calculados os valores das áreas ocupadas pela espécie. Para os diferentes anos e em que direções da duna a população de *D. ecastaphyllum* se expandiu ou regrediu. Estimou-se também a variação percentual de cobertura ($(A_{t2} - A_{t1})/A_{t1}*100$) nos intervalos temporais avaliados entre os 13 anos analisados.

Avaliação da mudança de cobertura vegetal em longo prazo

Esta análise foi realizada com base em banco de dados de Tânia T. Castellani, que realizou a avaliação da vegetação de duna em 1988 e em 2004, ao longo de três transecções permanentes (T1, T2 e T3) estabelecidas no setor norte da Praia da Joaquina. Estas transecções foram marcadas com estacas no reverso da duna frontal em 1988 e posteriormente as coordenadas foram registradas com GPS Garmin 12-XL.

O “método do ponto” (Goodall, 1952; Mantovani; Martins, 1990) foi utilizado para a análise de cobertura vegetal em cada transecção. Estas foram estabelecidas perpendicularmente ao mar, do início da vegetação de praia até 100m de distância. A cada 2m, foram marcadas linhas de 10m paralelas ao mar onde foram amostrados 50 pontos dispostos a cada 20cm (Figura 3). Um pino de 0,5cm de diâmetro e 1,5m de altura foi projetado verticalmente a cada ponto, registrando-se as espécies por ele interceptadas (Castellani; Folchini; Scherer, 1995).

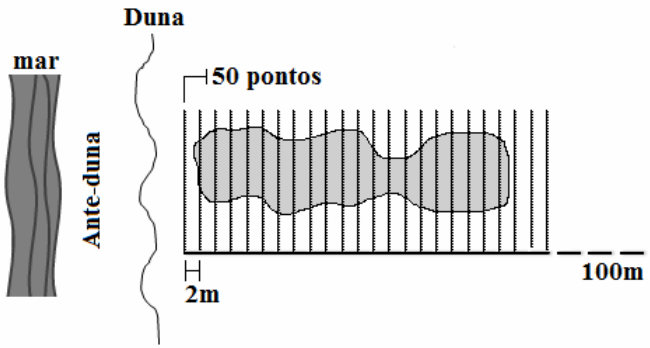


Figura 3: Esquema ilustrativo de disposição dos pontos amostrais sobre linhas paralelas ao mar ao longo de uma transecção de 100m, sentido mar-interior. O esquema ilustra a ocupação hipotética da espécie estudada, onde neste caso 20 linhas seriam incluídas para a análise (1000) pontos, sendo estas linhas comparadas aos dados de 1988 neste mesmo setor.

Para o presente estudo foram analisados apenas os dados das linhas de 10m que continham pelo menos um registro de *D. ecastaphyllum* em 2004. A composição da vegetação nos setores ocupados foi comparada à composição inicial destes trechos em 1988. Desta forma, analisou-se 1050 pontos (21 linhas) em T2 e 1000 pontos (20 linhas) em T3. Como não ocorreu colonização de *D. ecastaphyllum* em T1, amostrou-se 1000 pontos (20 linhas) nesta transecção para comparações com as demais. As linhas analisadas em T1 mostravam distâncias ao mar semelhantes às ocupadas por *D. ecastaphyllum* em T2 e T3. A porcentagem de cobertura de cada espécie (PC_i) foi calculada considerando-se o total de pontos com ocorrência da espécie (n_i) sobre o total de pontos (N) amostrados para cada transecção, ou seja, $PC_i = (n_i/N)*100$ (Goodall, 1952).

Análise da dinâmica de expansão atual da cobertura de *D. ecastaphyllum* ***e demais espécies***

Para avaliar a expansão de *D. ecastaphyllum*, assim como a variação da composição e cobertura das espécies presentes sob sua copa e em áreas adjacentes, 120 quadrados permanentes de 1 m^2 foram estabelecidos, sendo 60 sob *D. ecastaphyllum* e 60 em áreas adjacentes. Metade deste total situou-se no setor frontal da duna (frente), voltada

para o mar, e a outra metade no setor de reverso (fundo) da duna (Figura 4).

Figura 4: Esquema da disposição dos quadrados amostrais ao longo da área ocupada por *Dalbergia ecastaphyllum* na duna frontal, no setor voltado para o mar (frente) e no reverso da duna (fundo), sob sua mancha e em área adjacente. Em destaque, exemplo da localização em área adjacente.

Foi considerada como mancha de *D. ecastaphyllum* áreas contínuas formadas pela copa desta espécie onde esta exerce predomínio fisionômico. Foi denominado de borda o limite abrupto de sua ocorrência. Nas áreas adjacentes, nenhum ramo desta espécie era encontrado no início do monitoramento, permitindo avaliar a sua ocupação. Os quadrados dispostos sob a copa de *D. ecastaphyllum* foram marcados a 20cm da borda para o interior e no setor adjacente a 40cm da borda.

As amostragens foram realizadas em intervalos de dois meses e meio para evitar que o crescimento dos ramos de *D. ecastaphyllum*

dificultasse o encontro das unidades amostrais. Em cada quadrado eram estimadas as porcentagens de cobertura vegetal de cada espécie presente de acordo com intervalos de classe (Tabela 2) propostos por Assumpção; Nascimento (2000).

Tabela 2: Intervalos de classe e valor mediano de cobertura (%) utilizado na amostragem de cobertura das espécies.

Classes	Intervalo (%)	Valor Mediano (%)
1	0 – 5	2,5
2	5 – 15	10
3	15 – 25	20
4	25 – 50	37,5
5	50 – 75	62,5
6	75 – 100	87,5

As espécies amostradas foram coletadas, prensadas e classificadas com auxílio de especialistas do Departamento de Botânica (CCB, UFSC), chaves taxonômicas, e do material de referência do Laboratório de Ecologia Vegetal (CCB, UFSC). As famílias botânicas foram confirmadas de acordo com a APG II – *Angiosperm Phylogeny Group* II (Souza; Lorenzi, 2005).

Referências Bibliográficas

ASSUMPÇÃO, J.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no Complexo Lagunar Grusaí/Iquipari, São João da Barra , RJ, Brasil. **Acta Botânica Basílica.** v.14, n.3, p.301-315, 2000.

AVIS, A.M.; LUBKE, R.A. Dynamics and succession of coastal dune vegetation in the Eastern Cape, South África. **Landscape and Urban Planning**, v.34, p.237 - 254, 1996.

BEDUSCHI, T.; CASTELLANI, T. T. Estrutura populacional de *Clusia criuva* Cambess. (Clusiaceae) e a relação espacial com espécies de bromélias do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC. **Biotemas,** v.20, n.2, p.41-50, 2008.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecologia de indivíduos a ecossistemas.** 4 ed. Porto Alegre:Artmed, 2007. 740 p.

BERKOWITZ, A. R.; CANHAM, C. D.; KELLY, V. R. Competition vs facilitation of tree seedling growth and survival in early successional communities. **Ecology**. v.76, p.1156–1168, 1995.

BERTNESS, M. D.; CALLAWAY, R. Positive interactions in communities. **Trends in Ecology and Evolution**. v.9, p.191-193, 1994.

BRASIL. **Lei nº 4771,** 15 de setembro de 1965**.** Institui o novo Código Florestal. **Lex:** Coletânea de Legislação Ambiental, Constituição Federal. 6 ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1965. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res26199.html>. Acesso em 17 de maio de 2010.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 261**, 30 de junho de 1999. Define os parâmetros básicos para análise dos estágios sucessionais de vegetação de restinga para o Estado de Santa Catarina. **Lex:** Coleção de leis do Ministério do Meio Ambiente,1999. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res26199.html>. Acesso em 25 de maio de 2010.

BRESOLIN, A. Flora da restinga da Ilha de Santa Catarina. **Insula,** v. 10, p.1-54, 1979.

BROOKER, J.R.; MAESTRE, F.T.; CALLAWAY, R.M.; LORTIE, C.L.; CAVIERES, L.A.; KUNSTLER, G.; LIANCOURT, P.; TIELBOERGE, K.; TRAVIS, J.M.J.; ANTHELME, F.; ARMAS, C.; COLL, L.; CORCKET, E.; DELZON, S.; FOREY, E.M.; KIKVIDZE, Z.; OLOFSSON, J.; PUGNAIRE, F.; QUIROZ, C.L.; SACCONE, P.; SCHIFFERS, K.; SIFAN, M.; TOUZARD, B.; MICHALET, R. Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. **Journal of Ecology,** v.96, p.18-34, 2008.

CALLAWAY, R. M. Positive interactions among plants. **The Botanical Review**, v. 61, n. 4, p.306-349, 1995.

CALLAWAY, R.M.; WALKER, L. R. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology,** v. 78, p.1958-1965, 1997.

CAMARGO, R. A. **A tribo Dalbergieae (Leguminosae - Faboideae) no estado de Santa Catarina, Brasil.** 2005. 153f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Pós-Graduação em Botânica, Departamento de Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CARVALHO, A. M. A synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae: Dalbergiae) in Brazil. **Brittonia**, v. 49, n. 1, p. 87-109, 1997.

CASTELLANI, T. T. **Análise quantitativa da vegetação das dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC.** Florianópolis:UFSC. 1989. (Relatório Técnico, CNPq, 404.380/87-5).

CASTELLANI, T. T.; FOLCHINI, R.; SCHERER, K. Z. Variação temporal da vegetação em um trecho de baixada úmida entre dunas, Praia da Joaquina, Florianópolis, SC. **Insula**, v.24, p.37-70, 1995.

CASTELLANI, T. T.; PEIXOTO, J. R. V.; LOPES, B. C. Mudança da vegetação de duna frontal após 16 anos (Praia da Joaquina, Florianópolis, SC). In: Congresso Nacional de Botânica, 56, 2005, Curitiba. **Anais...** 2005.

CASTELLANI, T. T.; PEIXOTO, J. R. V.; LOPES, B. C. Variação de longo prazo na vegetação da duna frontal da Praia da Joaquina, SC. In: Semana Nacional de Oceanografia, 16, 2004, Itajaí. **Anais...** 2004.

CECCA – Centro de Estudos Cultura e Cidadania. **Unidades de conservação e áreas protegidas da Ilha de Santa Catarina:** caracterização e legislação. Florianópolis: Editora Insular, 160p. 1997.

CIRNE, P.; ZALUAR, H. L. T.; SCARANO, F. R. Plant diversity, interespecific association, and postfire resprouting on a sandy spit in a brazilian coastal plain. **Ecotropica,** v.9, p.33-38, 2003.

CLEMENTS, F. E. **Plant Succession**: An Analysis of the Development of Vegetation. Carnegie Institute Publication, Washington, v.242, 1916.

CONNELL, J. H.; SLATYER, R. O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **American Naturalist.** v.111, p.1119-1144. 1977.

DOING, H. Coastal fore-dune zonation and succession in various parts of the world. **Vegetatio**. v.61, p.65-75, 1985.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows**. Versão:32, Clark University, Worcester, MA, USA, 2001.

FALKENBERG, D. B. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula**, v.28, p.1-30, 1999.

GOODALL, D. W. Some considerations of the use of point quadrats for the analysis of vegetation. **Australian Journal of Scientific Research, Series B, Biological Sciences**, v.5, p.1-41, 1952.

GUIMARÃES, T. B. **Florística e fenologia reprodutiva de plantas vasculares na restinga do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC**. 2006. 107f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2006.

HESP, P.A. Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. **Journal of Arid Environments**, v.21, p.165-191, 1991.

HOLMGREN, M.; SCHEFFER, M.; HUSTON, M. A. The interplay of facilitation and competition in plant communities. **Ecology**, v. 78, n. 7, p. 1966-1975, 1997.

LICHTER J. Colonization constraints during primary succession on coastal Lake Michigan sand dunes. **Journal of Ecology**, v.88, p.825–839, 2000.

LUBKE, R. A.; AVIS, A. M. 17 years of change in a dune slack community in the Eastern Cape. In: **Proccedings IAVS Symposium.** Uppsala:Opulus Press. p.35-38, 2000.

LUBKE, R.A. Vegetation dynamics and succession on sand dunes of the eastern coasts of Africa. In: MARTÍNEZ, M.L.; PSUTY, N.P. (Eds.) **Coastal Dunes, Ecology and Conservation.** Berlin: Springer-Verlag, Ecological studies, v.171, p.66-83, 2004.

MANTOVANI, W.; MARTINS, F. R. O método dos pontos. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 95-122. 1990.

MARTÍNEZ, M. L.; GARCÍA-FRANCO, J. G. Plant-plant interactions in coastal dunes. In: Martínez, M.L. and Psuty, N.P. (eds) **Coastal Dunes. Ecology and Conservation**. Berlin: Springer, v.171, p.205-220, 2004.

MARTÍNEZ, M.L.; VÁZQUEZ, G.; SÁNCHEZ -COLÓN, S. Spatial and temporal dynamics during primary succession on tropical coastal sand dunes. **Journal of Vegetation Science**, v.12, p.361-372, 2001.

MAUN, M.A. Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. **Canadian Journal of Botany**, v.76, p.713-738, 1998.

MENEZES, L. F. T.; ARAÚJO, D. S. D. Regeneração e riqueza da formação arbustiva de Palmae em uma cronoseqüência pós-fogo na Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasílica,** v.18, n.4, p.771-780, 2004.

MORENO-CASASOLA, P. Sand movement as a factor in the distribution of plant communities in a coastal dune system. **Vegetatio**, v.65, p.67–76, 1986.

MORENO-CASASOLA, P.; ESPEJEL, I. Classification and ordination of coastal sand dune vegetation along the Gulf and Carribbean Sea of Mexico. **Vegetatio**, v.66, p.147-182, 1986.

MORRISON, R. G.; YARRANTON, G. A. Vegetation heterogeneity during a primary dune succession. **Canadian Journal of Botany,** v.52, p.397-410, 1974.

NOVO, F. G.; DÍAZ-BARRADAS, M.C.; ZUNZUNEGUI, M.; GARCÍA-MORA, R.; GALLEGO-FERNÁNDEZ, J.B. Plant functional types in coastal dune habitats. In: Martínez, M.L. and Psuty, N.P. (eds) **Coastal Dunes. Ecology and Conservation**. Berlin: Springer, v.171, p.155 – 168, 2004.

OLFF, H.; HUISMAN, J.; Van-TOOREN, B.F. Species dynamics and nutrient accumulation during early primary succession in coastal sand dunes. **Journal of Ecology**, v.81, n.4, p.693-706, 1993.

PAULINO, L. A.; SANTOS, G. T. A utilização de fotografias aéreas no mapeamento geotécnico em grandes escalas In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 3, 1998, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis,SC, v.1, p.13, 1998.

RIPLEY, B.S.; PAMMENTER, N.W. Physiological characteristics of coastal dune pioneer species from the eastern Cape, South Africa, in relation to stress and disturbance. In: Martínez, M.L. and Psuty, N.P. (eds) **Coastal Dunes. Ecology and Conservation**. Berlin: Springer, v.171, p.137-154, 2004.

SÁ, C.F.C. 2002. Regeneração de um trecho de floresta de restinga na Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Saquarema Estado do Rio de Janeiro: II – Estrato arbustivo. **Rodriguésia**, v.53, n.82, p. 5-23, 2002.

SEELIGER, U.; CORDAZZO C.V.; OLIVEIRA C.P. L.; SEELIGER, M. Long-term changes of coastal foredunes in the southwest Atlantic. **Journal of Coastal Research**. v.16, n.4, p.1068-1072, 2000.

SNYDER, R. A.; BOSS, C. L. Recovery and stability in barrier island plant communities. **Journal of Coastal Research**, v.18, n.3, p.530–536, 2002.

SOUZA**,** V. C.; LORENZI**,** H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640p.

WILSON, J. B.; SYKES, M. T. Is zonation on coastal sand dunes determined primarily by sand or salt spray? A test in New Zealand dunes. **Ecology Letters**, v.2, p.233-236. 1999.

ZALUAR, H. L. T.; SCARANO, F. R. Facilitação em restingas de moitas: um século de buscas por espécies focais. In: F. A. Esteves; L. D. Lacerda. (eds.) **Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras**. Macaé: NUPEM/UFRJ, p.03-23, 2000.

CAPÍTULO 1

Mudanças de longo prazo em vegetação de restinga no sul do Brasil: A expansão de *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub.

Zocche-de-Souza, P.[1]; Castellani, T. T.[2]; Paulino, L. A.[3]

[1]Pós-Graduação em Ecologia – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina
[2]Laboratório de Ecologia Vegetal – Departamento de Ecologia e Zoologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina
[3]Laboratório de Geoprocessamento – Departamento de Geociências, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina

Resumo

Alterações na paisagem dos ambientes costeiros, como formação de dunas e sucessão vegetal, podem demorar muitos anos e estes processos podem ser influenciados pelas condições climáticas. O presente estudo teve como objetivos avaliar a expansão de *Dalbergia ecastaphyllum* entre 1994 e 2007 em sistema de duna frontal no sul do Brasil e a relação dessa expansão a períodos de maior pluviosidade e temperatura. O estudo se propôs a avaliar também a variação da composição de espécies vegetais nos anos de 1988 e 2004 em função da ocupação desta espécie. Foram analisadas aerofotografias de 1994, 1998, 2002 e 2007, séries climatológicas entre 1977 a 2007 e amostragens de vegetação em 1988 e 2004 em transecções permanentes, designadas T1, T2 e T3. Em 2007 *D. ecastaphyllum* passou a ocupar 22.476m² do setor de duna frontal estudado, representando um incremento de 117% em relação à área em 1994. Esse aumento concentrou-se nos últimos anos, de temperatura mais elevada. A ocupação de *D. ecastaphyllum* influenciou negativamente espécies herbáceas e subarbustivas sob sua copa. De 1988 a 2004, nas transecções T2 e T3, houve aumento da porcentagem de cobertura de *D. ecastaphyllum* de 1,6 a 73,5% e de 0,1 a 92,8% com redução de 13 e 10 espécies, das 36 (T2) e 29 (T3) espécies amostradas em 1988. Na transecção T1, não colonizada, houve incremento de 11 espécies no mesmo período, totalizando 40 espécies em 2004. Houve perda significativa de diversidade (H') entre 1988 e 2004 para as

transecções T2 ($t_{calc\ 0,05,\infty}$ = 22,86) e T3 ($t_{calc\ 0,05,\infty}$ = 20,82), mas não para T1 ($t_{calc\ 0,05,\infty}$ = 1,63) que apresentou aumento de diversidade. Análises de agrupamento mostram mudanças de 1988 a 2004, segregando os setores que passaram a ser ocupados e não ocupados pela espécie. Confere-se a *D. ecastaphyllum* a perda de riqueza nos setores em que ela esteve presente e relaciona-se o seu maior crescimento ocorrido nos últimos anos com as elevações na temperatura média.

Palavras chave: duna frontal; sucessão vegetal; clima; interações negativas.

Introdução

Em diversos ambientes costeiros alterações de longo prazo, como a estabilização de dunas e a sucessão da vegetação, estão relacionadas às condições climáticas (Seeliger et al., 2000; Martínez; Vázquez; Sánchez-Colón, 2001; Avis; Lubke, 1996). O estabelecimento e permanência de espécies vegetais em dunas são dificultados por fatores limitantes como a falta de umidade e o acúmulo de areia e, para recrutar, os indivíduos dessas espécies se estabelecem nos períodos de umidade elevada e em anos com pluviosidades altas e bem distribuídas (Maun, 1998). Elevadas pluviosidades e períodos quentes são fatores que subsidiam a expansão das espécies vegetais (Seeliger et al., 2000), por outro lado, a redução dessa expansão e, por vezes, a regressão de estágios sucessionais podem ocorrer em períodos onde essas condições não ocorrem (Martínez; Vázquez; Sánchez-Colón, 2001).

Essa relação entre altas pluviosidades e expansão vegetal foi observada por Lubke; Avis (2000) em região ao sul da África, em um processo de sucessão iniciado em baixadas de dunas. Neste, o ambiente ocupado por herbáceas tornou-se menos úmido e, em torno de cinco anos, modificou as condições locais facilitando a ocupação por espécies arbustivas. Essas espécies passaram a dominar grandes áreas e excluíram plantas herbáceas após quatro anos. Entretanto, as formações arbustivas precisam de condições climáticas favoráveis, como grandes pluviosidades, para progredir. Caso contrário estas formações, que possuem baixa velocidade de crescimento, acabam sendo soterradas abrindo espaço para o crescimento de comunidades pioneiras (Avis; Lubke, 1996; Lubke, 2004). Porém, havendo condições favoráveis a vegetação arbustiva pode expandir para outros setores da duna (Lubke; Avis, 2000).

Em alguns ambientes, a expansão dessa vegetação se dá por espécies arbustivas que formam densos agrupamentos, como observado em sucessão primária de dunas (Lubke; Avis, 2000) e em processo de sucessão secundária em restinga, com crescimento pós-fogo (Cirne; Scarano, 2001; Cirne; Zaluar; Scarano, 2003). Espécies de leguminosas arbustivas como *Andira legalis* (Cirne; Scarano, 2001), *Chamaecrista chamaecristoides* (Martínez; Vázquez; Sánchez-Colón, 2001), *Hippophae rhamnoides* (Olff; Huisman; van-Tooren, 1993) formaram aglomerados, tanto em estágios iniciais quanto em estágios avançados de colonização.

As leguminosas (Fabaceae) são espécies importantes na fixação do nitrogênio atmosférico, um nutriente limitante em muitos ecossistemas, mas que é assimilado por este grupo de plantas. Estas espécies contêm associações com bactérias simbiontes capazes de fixar o nitrogênio através de nódulos em suas raízes (Begon; Towsend; Harper, 2007), entretanto a disponibilidade deste nitrogênio para outras espécies ocorre somente quando há morte ou perda de grande quantidade de galhos ou folhas da espécie simbionte (Cirne; Zaluar; Scarano, 2003). No caso relatado por Cirne; Zaluar; Scarano (2003) as espécies *Andira legalis* e *Swartzia apetala* parecem não ter interações positivas com outras espécies de plantas mesmo sendo leguminosas. Inclusive o número de espécies registradas sob suas copas tende a ser menor do que sob a copa de outra espécie dominante.

Dalbergia ecastaphyllum (L.) Taub. (Fabaceae), uma espécie escandente ou semi-prostrada, é encontrada associada a dunas e auxilia na fixação da areia. Por vezes, a espécie chega a dominar a vegetação, formando um emaranhado de ramos (Carvalho, 1997), o que também foi observado nas dunas frontais da Praia da Joaquina (Guimarães, 2006). Estudos efetuados nessas dunas indicam que a espécie vem se expandindo nos últimos anos (Castellani; Peixoto; Lopes, 2004; 2005) e seu estabelecimento parece afetar o desenvolvimento de outras espécies (Peixoto et al., 2006).

Transformações na estrutura de vegetação geram alterações na paisagem em longo prazo que podem ser observadas em outras escalas espaciais por meio de aerofotografias, imagens de satélite, sobrevôos (Jamel, 2004). Os avanços tecnológicos dos conjuntos de ferramentas de sistemas de informações geográficas (SIGs) em conjunto com o sensoriamento remoto permitem quantificar e classificar grandes ecossistemas em categorias mais específicas, além de analisar possíveis alterações na vegetação ao longo dos anos (Jamel, 2004). A avaliação das mudanças espaciais ao longo de séries temporais pela observação de registros em SIGs possibilita que estudos de gestão ambiental sejam realizados (Espinoza; Rosa, 2009). Algumas pesquisas já utilizaram o sensoriamento remoto para caracterizar ambientes ou avaliar alterações em restingas (Seeliger et al., 2000; Jamel, 2004; Silva, 2006; Espinoza; Rosa, 2009).

O estudo tem como hipótese que a população de *D. ecastaphyllum* expandiu nas dunas frontais da Praia da Joaquina nas últimas décadas e que seu incremento de área de cobertura ocorreu nos períodos de maiores pluviosidades e temperaturas. Além disso, espera-

se que a ocupação da espécie interfira negativamente na ocorrência e no aporte de outras espécies vegetais sob as áreas onde se estabelece.

Desta forma, este estudo tem como objetivos a) mensurar a área de expansão de *D. ecastaphyllum* nas duas últimas décadas no sistema de duna frontal no sul do Brasil; b) relacionar a expansão com períodos de maior pluviosidade e temperatura; c) Identificar variações na composição de espécies vegetais em trechos ocupados e não ocupados pela expansão de *D. ecastaphyllum*.

Material e Métodos

Área de estudo

Localizado na Praia da Joaquina, setor centro-oriental da Ilha de Santa Catarina, SC, o trecho de duna estudado situa-se entre as coordenadas 27°37’ S e 48°27’ O e 27°38’ S e 48°27’ O. Nesta praia, a área de duna frontal caracteriza-se como a primeira duna após a faixa de areia, contendo superfície irregular atingindo até 5m de altura e largura entre 15 e 20m (Guimarães, 2006). Em alguns locais é impossível distinguir a duna frontal das dunas internas, pois estão cobertas densamente por *D. ecastaphyllum*. Desta forma, esta pesquisa envolveu tanto a duna frontal como dunas internas adjacentes.

D. ecastaphyllum distribui-se na América desde a Flórida (EUA) até o Brasil, onde ocorre do litoral norte ao limite sul em Palhoça (SC) (Camargo, 2005), assim como no continente africano (Doing, 1985). É uma espécie escandente ou semi-prostrada, bem adaptada a condições de alta salinidade, que auxilia na fixação da areia (Carvalho, 1997).

Castellani (2003) relatou intensa erosão na duna frontal desta praia de janeiro a agosto de 1996, com destruição de pelo menos 8m da duna. Esta erosão continuou em 1997 e 1998 alterando o perfil topográfico destas dunas, que em 2004 se mostravam muito íngremes na face voltada ao mar (Castellani; Lopes; Peixoto, 2004).

O clima da região é classificado em subtropical úmido (Cfa) (CECCA, 1997) com temperatura média anual de 21°C, sendo as médias inferiores entre junho e agosto, em torno de 16°C, e as médias máximas entre janeiro e março, 24°C. As maiores pluviosidades são encontradas no verão, em janeiro e fevereiro, e as menores de junho a agosto, com média anual de 1.726mm (Figura 1).

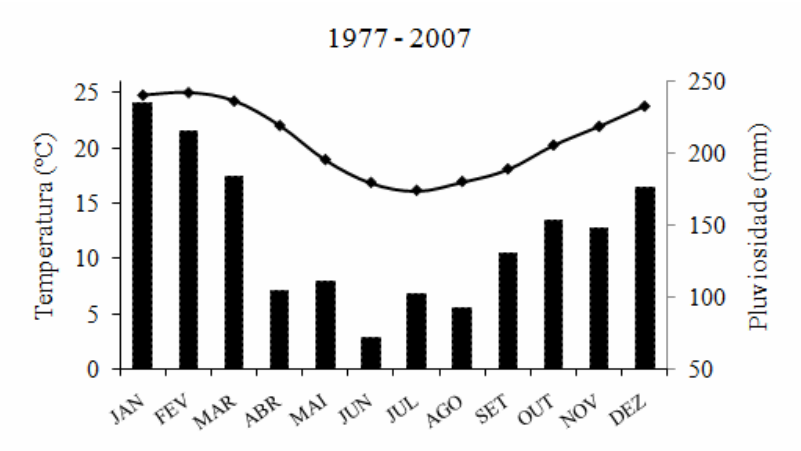


Figura 1: Valores médios de temperaturas (—) e pluviosidade total (barras) mensais para uma série de 30 anos, Ilha de Santa Catarina, SC. Fonte: CIRAM – EPAGRI.

*Mapeamento da cobertura de **D. ecastaphyllum** nas duas últimas décadas*

O mapeamento da ocupação de moitas de *D. ecastaphyllum* foi realizado através da análise de aerofotografias de 1994 (escala 1:8.000), 1998 (1:15.000), 2002 (1:15.000) e 2007 (1:15.000) das dunas frontais da Praia da Joaquina (Anexo 2 ao 5). Todas as aerofotografias foram digitalizadas em 600 dpi, georreferenciadas e analisadas por meio de programas que utilizam Sistemas Geográficos de Informação (SIGs). Uma aerofotografia de 1977 foi avaliada para observar as fitofisionomias existentes na época, mas não foi utilizada no mapeamento das manchas (Anexo 1).

Devido às diferentes escalas nas aerofotografias, as digitalizações resultaram em tamanhos de *pixel* diferenciados entre os anos, sendo de 0,25m em 1994, 0,75m em 1998, 0,76m em 2002 e 0,41 em 2007. As imagens foram digitalizadas no formato *joint photographic experts group* (.jpeg), modelo RGB 256 cores, e convertidas através do programa Idrisi 32 (Eastman, 2001) para um modelo de *Digital Number* (DN), no qual respostas espectrais semelhantes dos elementos da paisagem foram identificadas por um único número, de acordo com as

características singulares das diversas fitofisionomias ou áreas nuas do local.

As áreas consideradas ocupadas, ou por agrupamentos monoespecíficos ou por galhos em expansão foram definidas no programa Idrisi 32, a partir do DN de tonalidade mais clara (clareiras) encontrados no interior de um agrupamento da espécie, sendo então empregado como limite de ocorrência para a borda externa da população de *D. ecastaphyllum*. Este parâmetro foi adotado levando-se em conta os diferentes tipos de respostas espectrais que podem ser dados em decorrência dos estágios de vida da espécie, ou seja, desde tons escuros, quando encontram-se folhas adultas, à tons mais claros, quando *D. ecastaphyllum* encontra-se desfolhada. Desta forma, os intervalos de DNs que representam *D. ecastaphyllum* para 1994 foram 15 – 76 (a) e 3 – 23 (b), 1998 de 4 – 60, 2002 de 15 – 59 e 2007 de 2 – 27.

Após analisar o intervalo de DNs foi realizada a classificação supervisionada através do modo *Reclass* do Idrisi 32. Agrupou-se em uma classe de valor único cada um dos intervalos de DN anteriormente citados para cada aerofotografia, que representou *D. ecastaphyllum* (DN 1). Em outra classe (DN 0) reuniram-se os valores restantes correspondentes a outras formações vegetais e areia nua. Por fim, utilizando-se *GIS Analysis* /*Data base Query*/*Area* do Idrisi 32, foram calculados os valores das áreas ocupadas pela espécie. Para os diferentes anos e em que direções da duna a população de *D. ecastaphyllum* se expandiu ou regrediu estimou-se também a variação percentual de cobertura ($(A_{t2} – A_{t1})/A_{t1}*100$) nos intervalos temporais avaliados entre os 13 anos analisados.

Séries climáticas de temperatura e pluviosidade

Foram calculados valores de temperatura média anual e de pluviosidade total para os quatro anos anteriores às datas de cada uma das aerofotografias, ou seja, de 1990 a 1993 para a aerofotografia de 1994, de 1994 a 1997 para 1998, de 1998 a 2001 para 2002 e de 2003 a 2006 para 2007, a fim de avaliar se houve relação entre a expansão de *D. ecastaphyllum* e as condições climáticas anteriores. Foi efetuado o mesmo procedimento para os anos em que a vegetação foi amostrada em campo, sendo analisados os intervalos de 1984 a 1987 para o ano de 1988 e de 2000 a 2003 para o ano de 2004. Além da média anual, para esses intervalos de tempo, calcularam-se as médias mensais para

analisar a distribuição das variáveis ao longo do ano. Os dados de temperatura e pluviosidade dos anos de 1977 a 2009 foram cedidos pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Higrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM).

Avaliação da mudança de cobertura vegetal em longo prazo

A avaliação da vegetação de duna foi realizada em 1988 e em 2004, ao longo de três transecções permanentes (T1, T2 e T3) estabelecidas no setor norte da Praia da Joaquina. Essas transecções foram marcadas com estacas no reverso da duna frontal em 1988 e posteriormente as coordenadas foram registradas com GPS Garmin 12-XL. O "método do ponto" (Goodall, 1952; Mantovani; Martins, 1990) foi utilizado para a análise de cobertura vegetal em cada transecção. Essas foram estabelecidas perpendicularmente ao mar, do início da vegetação de praia até 100m de distância. A cada 2m, foram marcadas linhas de 10m paralelas ao mar onde foram amostrados 50 pontos dispostos a cada 20cm. Um pino de 0,5cm de diâmetro e 1,5m de altura foi projetado verticalmente em cada ponto, registrando-se as espécies por ele interceptadas (Castellani; Folchini; Scherer, 1995).

Para o presente estudo foram analisados apenas os dados das linhas de 10m que continham pelo menos um registro de *D. ecastaphyllum* em 2004 a fim de comparar a composição da vegetação nos setores ocupados pela espécie nesses trechos em 1988. Desta forma, analisou-se 1050 pontos (21 linhas) em T2 e 1000 pontos (20 linhas) em T3. Como não ocorreu colonização de *D. ecastaphyllum* em T1, amostrou-se 1000 pontos (20 linhas) nessa transecção para comparações com as demais transecções que apresentaram cobertura de *D. ecastaphyllum*. As linhas analisadas em T1 mostravam distâncias ao mar semelhantes às ocupadas por *D. ecastaphyllum* em T2 e T3. A porcentagem de cobertura de cada espécie (PC_i) foi calculada considerando-se o total de pontos com ocorrência da espécie (n_i) sobre o total de pontos (N) amostrados para cada transecção, ou seja, $PC_i = (n_i/N)*100$ (Goodall, 1952).

Com base nos critérios de descrição da vegetação de dunas frontais presentes em Falkenberg (1999), as espécies amostradas foram classificadas como herbácea ou subarbustiva (com altura inferior a 1m) e arbustiva (com altura superior a 1m). Foram consideradas como trepadeiras as plantas que se desenvolviam usando outras espécies como suporte.

Análise dos dados

Para avaliar a similaridade da composição florística e cobertura vegetal das espécies presentes nas transecções estudadas em 1988 e sua variação em 2004, efetuaram-se análises de agrupamento (CLUSTER). Utilizou-se associação por Sørensen para a análise qualitativa (presença de espécies) e associação por Bray-Curtis (Legendre; Legendre, 1998) para análise com o valor porcentual de cobertura de cada espécie. O agrupamento dos dendrogramas ocorreu pelo método aglomerativo da média aritmética não ponderada (UPGMA) (Valentin, 2000). Para comparar a riqueza de espécies registrada nos anos de estudo em cada transecção foram elaboradas curvas cumulativas de espécies (Mao Tau) e intervalos de confiança (95%) (Colwell, 2006). Para avaliar a diversidade das áreas amostradas em cada ano foi calculado o índice de Shannon-Wiener (H'), com log10, e posterior comparação entre os valores de cada transecção por teste t, conforme procedimentos em Brower; Zar; Von-Ende (1998). Para avaliar se cobertura das espécies que apresentaram aporte (entrada) ou saída nas três transecções amostradas foi significativa calculou-se o teste não-paramétrico de G com correção de Yates ($p<0,05$), no programa Bioestat 5.0 (Ayres et al., 2007). Para a realização do cluster foi utilizado o programa Primer 6β (Clarke; Gorley, 2006) e para a acumulação de espécies o programa Estimates 8.0 (Colwell, 2006).

Para observar se a área de cobertura de *D. ecastaphyllum* mensurada nas quatro aerofotografias e a pluviosidade média dos quatro anos anteriores aos registros aerofotográficos apresentou correlação significativa efetuou-se a correlação de Spearman. O mesmo procedimento foi realizado quanto à temperatura média para estes mesmos períodos.

Resultados

*Mapeamento da cobertura de **D. ecastaphyllum** nas duas últimas décadas*

No ano de 1994 (Figura 2) a área ocupada por *D. ecastaphyllum* nas dunas frontais da Praia da Joaquina era de 10.313m² (28,5%) em 36.135m² do setor analisado. Quatro anos depois, em 1998, houve um pequeno acréscimo de cobertura de 275m² em relação à área total

ocupada por *D. ecastaphyllum* anteriormente (Tabela 1). Após este mesmo intervalo de tempo, *D. ecastaphyllum* ampliou sua cobertura em 2.022m² (Figura 4) e em 2007 (Figura 5) ocorreu uma grande elevação na sua cobertura, chegando a 22.476m², o que representa 62,2% do setor analisado (Tabela 1).

Apesar da classificação dos setores ocupados por *D. ecastaphyllum* no ano de 1998 ser apenas 2,7% maior que em 1994 ocorreu uma inversão dos setores de estudo mais ocupados. No ano de 1994, a porção sul da área analisada apresentou maior cobertura da espécie (Figura 2), já em 1998 *D. ecastaphyllum* distribuiu-se nesse setor de forma dispersa e em pequenas manchas, mas cobriu grande parte da porção norte da área de estudo (Figura 3), mostrando não só um aumento das manchas já existentes, mas a conexão de algumas delas em aglomerados únicos. Além disso, em 1994 a espécie ocupava as áreas mais próximas ao mar e em 1998 suas manchas ocuparam os locais próximos ao limite estudado contrário ao mar, principalmente no setor sul.

Tabela 1: Área ocupada por *Dalbergia ecastaphyllum* de 1994 a 2007, em setor de duna frontal da Praia da Joaquina, Florianópolis, SC, e respectivas taxas de variação (%).

Ano	Área (m²)	Taxa de variação (%)
1994	10.313	-
1998	10.588	2,7
2002	12.610	19,1
2007	22.476	78,2

Em 2002, *D. ecastaphyllum* retornou a expandir sobre o setor sul (Figura 4), com o aumento de suas manchas remanescentes e pelo crescimento de novas manchas ao longo de toda área de estudo. Ainda assim, *D. ecastaphyllum* não voltou a ocupar o setor de duna frontal mais próximo ao mar, como em 1994. No ano de 2007 a distribuição de cobertura de *D. ecastaphyllum* apresenta-se de forma homogênea por toda a área, compondo densas e extensas manchas (Figura 5). Assim como em 1998 e 2002, estas manchas estavam afastadas do limite mais próximo ao mar na porção sul da área de estudo.

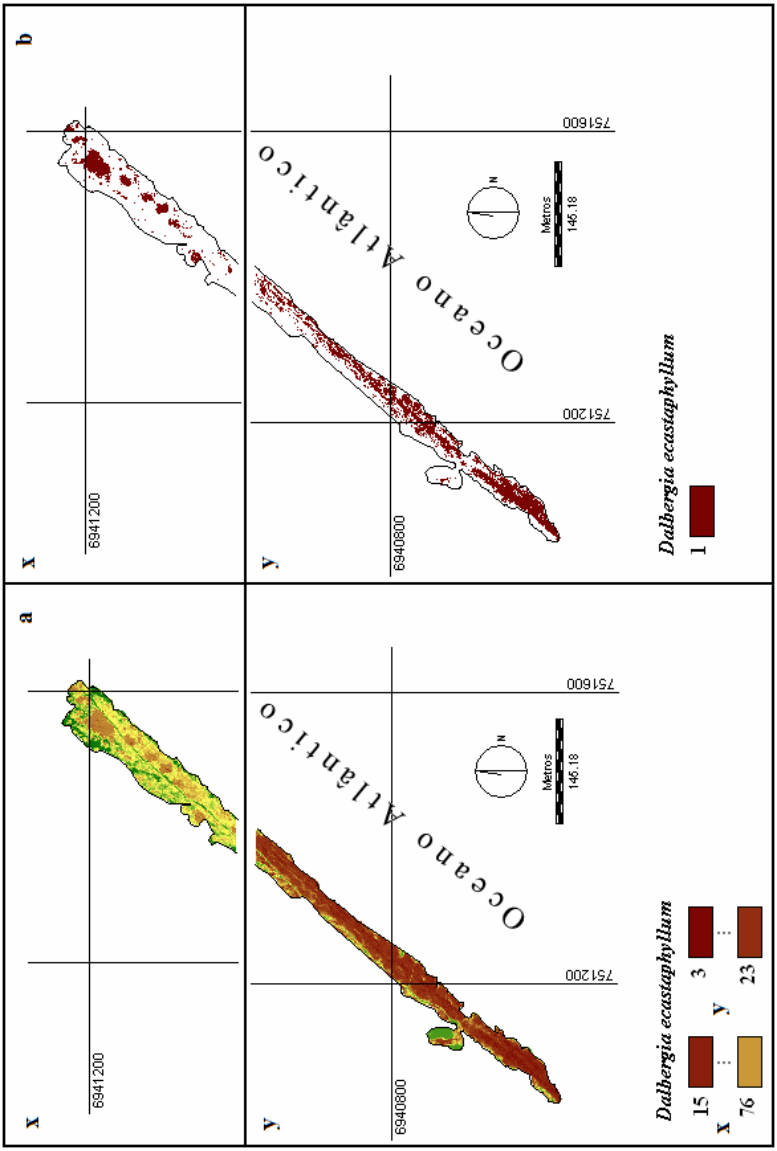


Figura 2: a) Setor da duna frontal com *Dalbergia ecastaphyllum*, outras formações vegetais e areia nua. b) Reclassificação do intervalo de DN que representa áreas ocupadas por *Dalbergia ecastaphyllum* em 1994, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras x e y representam as duas aerofotografias utilizadas no processo.

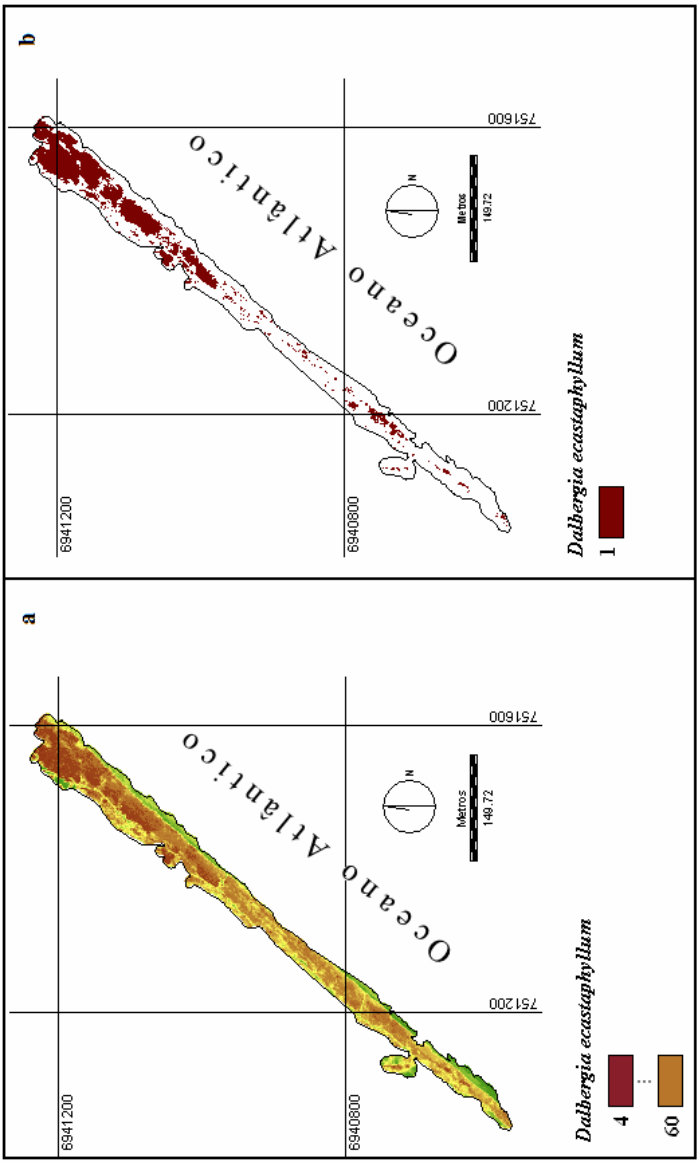


Figura 3: a) Setor da duna frontal com *Dalbergia ecastaphyllum*, outras formações vegetais e areia nua. b) Reclassificação do intervalo de DN que representa áreas ocupadas por *Dalbergia ecastaphyllum* em 1998, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC.

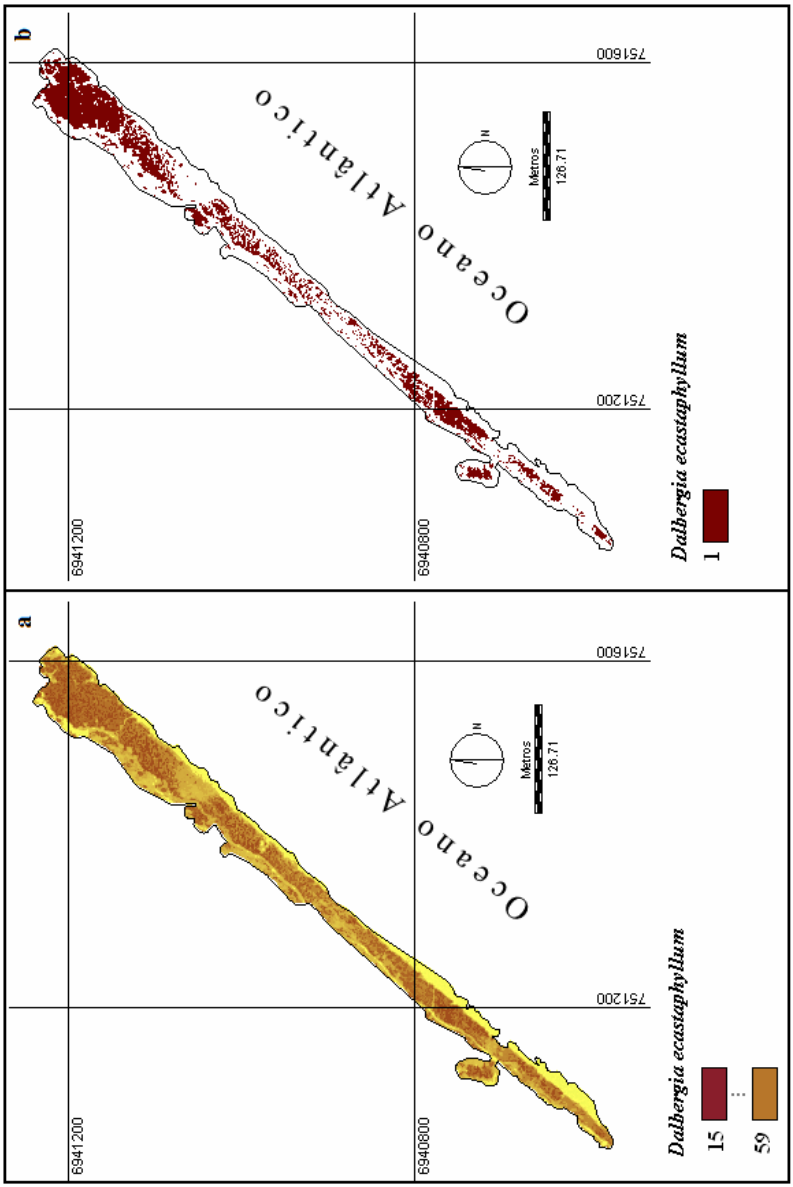


Figura 4: a) Setor da duna frontal com Dalbergia *ecastaphyllum*, outras formações vegetais e areia nua. b) Reclassificação do intervalo de DN que representa áreas ocupadas por *Dalbergia ecastaphyllum* em 2002, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC.

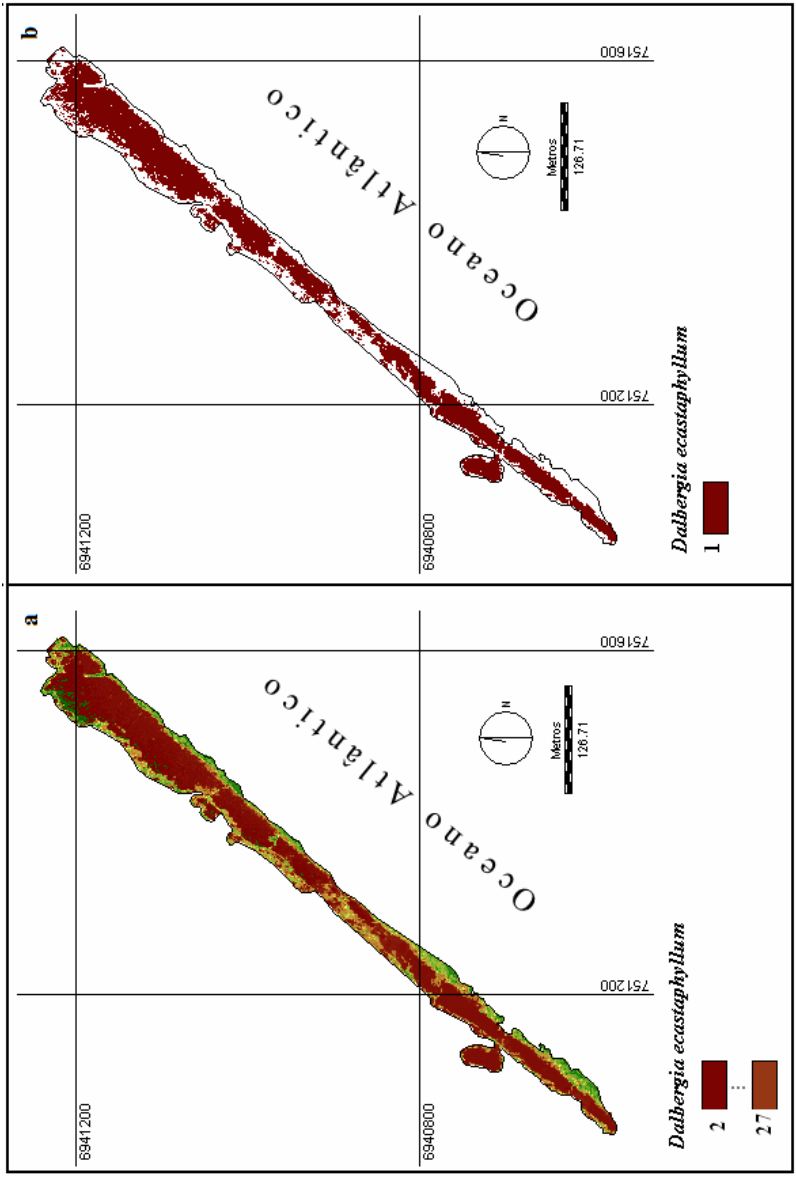


Figura 5: a) Setor da duna frontal com *Dalbergia ecastaphyllum*, outras formações vegetais e areia nua. b) Reclassificação do intervalo de DN que representa áreas ocupadas por *Dalbergia ecastaphyllum* em 2007, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC.

Séries climáticas de temperatura e pluviosidade

A pluviosidade total anual média entre 1977 e 2007 foi de 1.726mm, sendo que nesse período, houve uma variação entre 2674mm em 1983 e 1047mm em 1988 (Figura 6).

As médias obtidas para os intervalos de quatro anos anteriores às aerofotografias avaliadas foram relativamente semelhantes (Figura 7), com a menor média registrada no período de 2003 a 2006 (1.537mm) e a maior no período de 1994 a 1997 (1.967mm de chuva). Os períodos anteriores às amostragens de campo, 1988 e 2004, apresentaram, respectivamente, pluviosidade média anual acima e abaixo do valor obtido para a série temporal (Tabela 2).

A pluviosidade média mensal para os períodos analisados mostrou que os menores valores estiveram entre os meses de maio e agosto, sendo as menores médias descritas para o período de 2003 - 2006. As maiores chuvas concentraram-se entre os meses de janeiro e fevereiro para a maioria das séries, atingindo os maiores valores no período de 1994 – 1997 (Figura 7).

Tabela 2: Médias de pluviosidade (mm) e temperatura (°C) nos intervalos de quatro anos anteriores aos registros aerofotográficos de 1994, 1998, 2002 e 2007 e das amostragens da vegetação em campo realizadas em 1988 e 2004, no setor de duna frontal, Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC.

Intervalos	Pluviosidade (mm)	Temperatura (°C)
1984 – 1987	1.831	20,6
1990 – 1993	1.705	20,7
1994 – 1997	1.967	20,8
1998 – 2001	1.875	20,9
2000 – 2003	1.673	21,2
2003 – 2006	1.537	21,2

Não houve correlação significativa (rs = -0,4, p = 0,6) entre a área de cobertura de *D. ecastaphyllum* mensurada nas quatro aerofotografias e a pluviosidade média dos quatro anos anteriores aos registros aerofotográficos. Já para esta mesma cobertura e a temperatura média para este mesmo período houve correlação significativa (rs = 1, p = 0,0001).

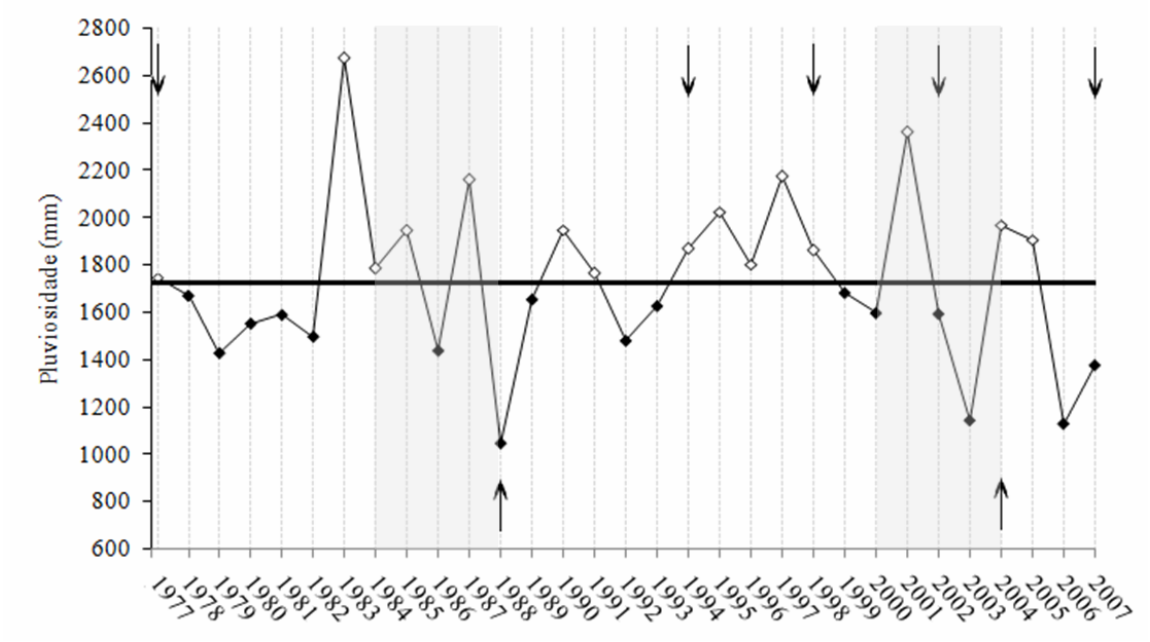


Figura 6: Pluviosidade total anual (mm) entre 1977 e 2007 para a Ilha de Santa Catarina, SC. Média dos 31 anos (—), valores acima (◊) e abaixo (♦) da média. Anos em que ocorreram as amostragens da vegetação (↑) e de registros aerofotográficos (↓). Em cinza, intervalos de tempo quatro anos anteriores as amostragens de campo. Fonte: CIRAM – EPAGRI.

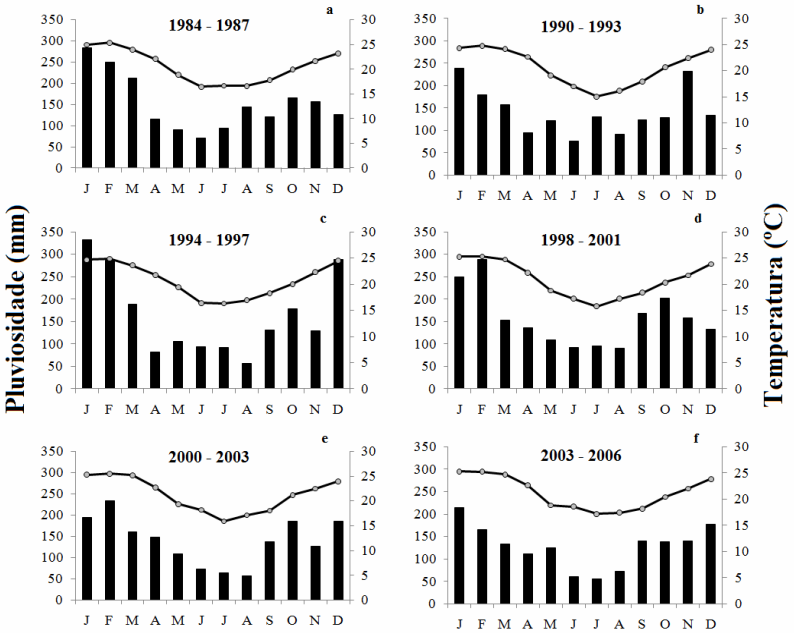


Figura 7: Pluviosidade (mm, barras) e temperatura (ºC, linhas) médias mensais, para intervalos de quatro anos anteriores aos registros aerofotográficos e das amostragens de campo da vegetação, realizadas no setor de duna frontal, Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Intervalos prévios referentes aos anos de: a) 1988, b) 1994, c) 1998, d) 2002, e) 2004, f) 2004. Figuras a) e f) relativas as amostragens da vegetação e as restantes relativas as aerofotografias.

A temperatura anual média para a mesma série temporal foi de 20,7ºC e, nesse período, houve uma variação entre 19,7ºC em 1979 e 21,6ºC em 2001 (Figura 8). As médias de temperatura dos intervalos anteriores às análises aerofotográficas assim como das amostragens de campo, mostraram um aumento progressivo da temperatura (Tabela 2).

As temperaturas médias mensais mostraram o mesmo padrão em todos os períodos analisados (Figura 7), sendo que as médias mais altas, por volta de 25ºC, foram encontradas nos meses de janeiro e fevereiro onde declinam constantemente até o mês de junho e julho, que apresentam menores médias de temperatura, em torno de 16ºC.

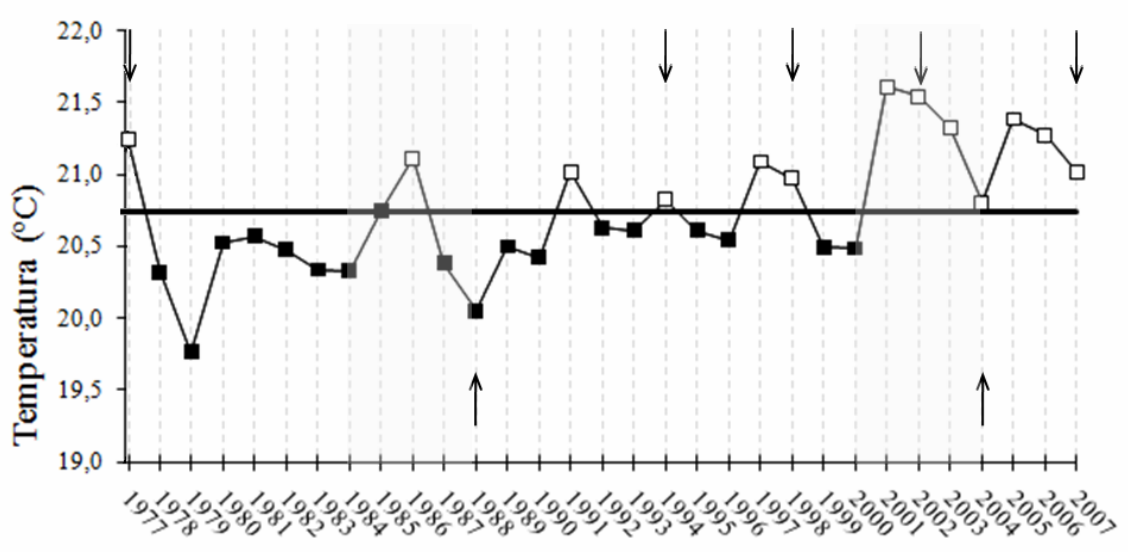


Figura 8: Temperatura média anual (mm) entre 1977 e 2007 para a Ilha de Santa Catarina, SC. Média dos 31 anos (—), valores acima (□) e abaixo (■) da média. Anos em que ocorreram as amostragens da vegetação (↑) e de presença de registros aerofotográficos (↓). Em cinza, intervalos de quatro anos anteriores às amostragens de campo. Fonte: CIRAM – EPAGRI.

Um total de 63 espécies e morfo-espécies distribuídas entre 26 famílias foram registrados nos três perfis ao longo do estudo, sendo classificadas como herbáceas (36), subarbustivas (16), arbustivas (9) e trepadeiras (2) (Tabela 3).

Em 1988, *D. ecastaphyllum* expandia-se por 6m ao longo de T2, sendo registrada em 4 linhas de amostragem, já em 2004 a espécie expandia-se por 40m (21 linhas). Em T3 a espécie expandia-se por cerca de 2m (1 linha), atingindo 38m (20 linhas) em 2004. A espécie não ocorreu em T1 em nenhuma das datas.

Em 1988 os setores que em 2004 foram ocupados por *D. ecastaphyllum* apresentaram 36 espécies em T2 e 29 em T3, o mesmo número encontrado em T1 (Tabela 3). As espécies de maior cobertura em T1 no ano de 1988 eram *Spartina ciliata* (18%), *Noticastrum malmei* (10,4%), *Panicum racemosum* (10,3%), *Blutaparon portulacoides* (5,9%) e *Hydrocotyle bonariensis* (4,5%). Em T2 também se destacavam *S. ciliata* (28%), *P. racemosum* (11,5%), *N. malmei* (10,4%) além de *Remiria maritima* (6%), *Cenchrus incertus* e *H. bonariensis* (4,6%) com a mesma cobertura. Na transecção T3, *S. ciliata* (39,5%), *P. racemosum* (21,4%), *R. maritima* (21,2%), *Canavalia rosea* (13,7%) e *Polygala cyparissias* (4,2%) apresentavam as maiores coberturas (Tabela 3).

Após 16 anos, em 2004 houve mudanças na riqueza das transecções sendo que T1 apresentou um aumento no número de espécies enquanto T2 e T3 mostraram redução (Tabela 3). Em T1 foram encontradas *P. racemosum* (22,5%), *Ipomoea pes-caprae* (13,5%), *S. ciliata* (7,6%), *N. malmei* (7,4%) e *Dodonea viscosa* (4,1%). Em T2 houve um expressivo adensamento de *D. ecastaphyllum* (73,5%) além da presença das espécies *S. ciliata* (8,4%), *Paspalum vaginatum* (3,5%), *Sebastiania corniculata* (2,9%) e *N. malmei* (2,6%). Em T3, assim como T2, *D. ecastaphyllum* (92,8%) cobriu quase totalmente a área amostrada, mas ainda observou-se a presença de *P. racemosum* (5,8%), *N. malmei* (4,7%), *H. bonariensis* (3,3%) e *S. corniculata* (2,6%) (Tabela 3).

Considerando os intervalos de confiança de 95%, o número de espécies observadas (Mao Tau) nas transecções em 1988 e 2004 foi significativamente diferente em T2 (Figura 10) e T3 (Figura 11), com decréscimo na riqueza para estes setores. Isso não ocorreu para T1 (Figura 9), que apresentou um aumento.

Tabela 3: Lista florística, hábitos e valores percentuais de cobertura das espécies registradas em 1988 e em 2004, em três transecções permanentes estabelecidas na duna frontal, Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Em negrito, espécies cujo aporte ou saída, em cobertura, foram significativos ($p < 0,05$). Hábito: A: arbustivo; H: herbáceo; SA: subarbustivo; T: trepadeira.

			T1		T2		T3	
		Hábito	1988	2004	1988	2004	1988	2004
Polypodiaceae	*Polypodium lepidopteris*	H	**-**	**1,8**	**-**	**-**	**-**	**-**
Agavaceae	*Agave* sp.	H	-	0,3	-	-	-	-
Amaranthaceae	*Blutaparon portulacoides*	H	**5,9**	**-**	**-**	**-**	0,3	-
	Chenopodium retusum	H	0,9	0,2	-	-	-	-
Anacardiaceae	*Lithrea brasiliensis*	A	**-**	**3,8**	**-**	**-**	**-**	**-**
Apiaceae	*Hydrocotyle bonariensis*	H	4,5	0,9	4,6	0,9	3,3	3,3
	Indeterminada 1	H	-	-	-	-	**1,9**	-
	Indeterminada 2	H	-	-	**1,1**	-	-	-
Apocynaceae	*Oxypetalum tomentosum*	H	3,7	1,2	2,1	1,2	1,0	0,9
Asteraceae	*Achyrocline satureioides*	SA	-	-	0,3	-	0,4	-
	Baccharis radicans	H	0,6	2,5	2,0	0,5	**-**	**1,9**
	Baccharis spicata	A	-	-	**-**	**0,9**	-	-
	Conyza sp.	SA	-	-	**1,7**	**-**	**1,7**	**-**
	Eupatorium betoniciforme	SA	**-**	**2,0**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Eupatorium casarettoi	SA	0,2	-	0,1	-	-	-

	Gamochaeta americana	H	0,2	0,2	-	-	0,1	-
	Mikania sp.	T	-	-	-	-	-	0,2
	Noticastrum malmei	SA	10,4	7,4	6,0	2,6	-	**4,7**
	Porophyllum ruderale	SA	0,1	0,6	**0,9**	-	3,9	1,4
	Senecio crassiflorus	H	-	**2,1**	0,9	0,1	0,3	0,4
	Senecio platensis	A	-	-	0,1	-	-	-
Boraginaceae	*Cordia curassavica*	A	-	0,3	-	**0,9**	-	-
Calyceraceae	*Acicarpha spathulata*	H	-	**0,9**	-	-	-	-
Caryophyllaceae	*Cardionema ramosissima*	H	-	0,1	0,2	-	-	-
Convolvulaceae	*Ipomoea imperati*	H	**3,0**	-	3,5	0,1	**3,9**	-
	Ipomoea pes-caprae	H	0,9	13,5	2,5	0,1	1,6	1,2
	Merremia sp.	T	-	-	-	**1,2**	-	-
Cyperaceae	*Androtrichum trigynum*	H	0,4	-	**1,8**	-	-	**2,4**
	Cyperus obtusatus	H	-	0,2	-	-	0,1	0,3
	Remirea maritima	H	0,3	3,4	11,5	1,3	21,2	1,9
Euphorbiaceae	*Sebastiania corniculata*	SA	0,3	0,2	0,3	2,9	-	**2,6**
Fabaceae	*Canavalia rosea*	H	0,2	-	**1,0**	-	**13,7**	-
	Dalbergia ecastaphyllum	A	-	-	1,6	73,5	0,1	92,8
	Desmodium barbatum	SA	-	0,3	-	-	-	-
	Lupinus sp.	SA	-	0,1	-	-	-	-
	Sophora tomentosa	A	-	0,2	-	**1,3**	-	**0,6**

	Stylosanthes viscosa	SA	-	0,1	0,1	-	-	-
Goodeniaceae	*Scaevola plumieri*	SA	-	-	**1,2**	-	**3,7**	-
Lamiaceae	*Vitex megapotamica*	SA	-	0,5	-	-	-	-
Myrtaceae	*Eucalyptus* sp.	A	-	-	3,4	2,2	**0,8**	-
Nyctaginaceae	*Guapira opposita*	A	-	**0,7**	-	-	-	-
Onagraceae	*Oenothera mollissima*	SA	-	0,2	**1,2**	-	0,4	-
Orchidaceae	*Epidendrum fulgens*	SA	-	**0,6**	0,1	-	-	-
Poaceae	*Andropogon* cf. *arenarius*	H	-	0,2	-	-	-	-
	Briza macrostachya	H	-	0,1	-	-	-	-
	Cenchrus incertus	H	**0,8**	-	**4,6**	-	**3,5**	-
	Eustachys retusa	H	2,1	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1
	Eragrostis purpurascens	H	0,1	-	0,3	-	-	-
	Gymnopogon legrandii	H	1,3	0,4	-	-	0,2	-
	Panicum racemosum	H	10,3	22,5	10,1	0,9	21,4	5,8
	Panicum sabulorum	H	0,1	0,1	-	-	-	-
	Paspalum arenarium	H	-	0,4	-	-	-	-
	Paspalum vaginatum	H	4,1	1,3	1,1	3,5	0,3	-
	Schizachyrium sp.	H	**1,1**	-	**1,0**	-	**1,5**	-
	Setaria geniculata	H	0,1	-	0,6	1,9	-	-
	Spartina ciliata	H	18,0	7,6	28,9	8,4	39,5	0,9
	Indeterminada	H	-	-	-	-	0,1	0,2

Polygalaceae	*Polygala cyparissias*	H	0,3	-	**4,2**	-	**4,2**	-
Rubiaceae	*Richardia* sp.	H	-	0,5	-	-	-	-
Sapindaceae	*Dodonaea viscosa*	A	0,8	4,1	3,7	1,8	**2,5**	-
Smilacaceae	*Smilax campestris*	SA	-	**0,9**	1,0	0,5	-	0,1
Solanaceae	*Petunia littoralis*	H	2,0	0,8	2,0	1,6	**0,8**	-
	Solanum americanum	SA	**1,1**	-	-	-	-	-
	Total		29	40	36	23	29	19

T1 apresentou maior aporte de espécies (22) que não ocorriam em 1988 e passaram a ocorrer em 2004 sendo que dessas oito aumentaram significativamente suas coberturas. Já em T2 (17) e T3 (17) houve as maiores saídas de espécies, ou seja, que não ocorreram na amostragem de 2004, sendo que para estas transecções, respectivamente, 10 e 11 espécies mostraram perda significativa de cobertura (Tabela 4).

Tabela 4: Número de espécies que não ocorreram em 1988 e ocorreram em 2004 (aporte) e de espécies que ocorriam em 1988 e não foram encontradas em 2004 (saída), em três transecções permanentes estabelecidas na duna frontal, Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Entre parênteses o número de espécies que apresentaram aporte ou saída em que houve mudança significativa de cobertura.

	Aporte	Saída
T1	22 (8)	11 (5)
T2	4 (4)	17 (10)
T3	7 (5)	17 (11)

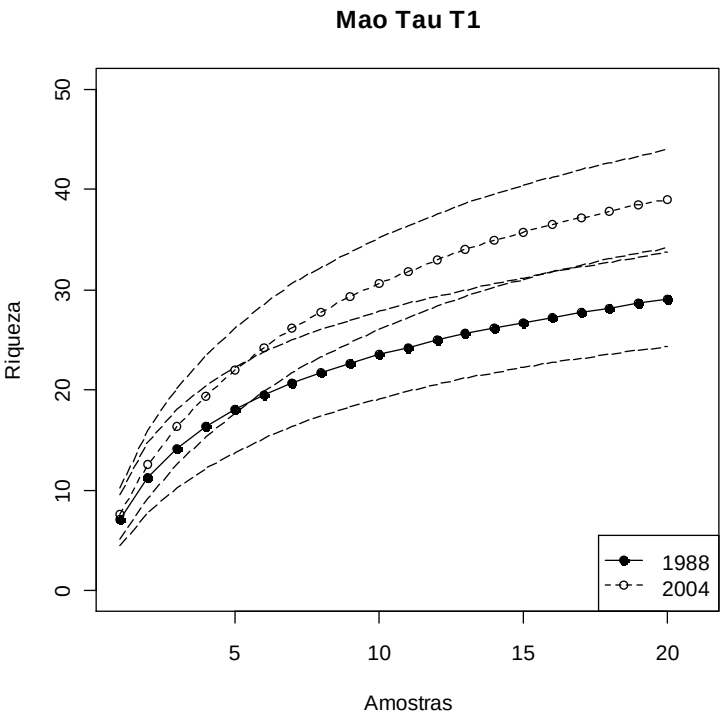


Figura 9: Curva de riqueza acumulada (Mao Tau) e intervalo de confiança (95%) obtida na transecção T1, disposto em uma duna frontal da Praia da Joaquina, Santa Catarina, SC, nos anos de 1988 e 2004.

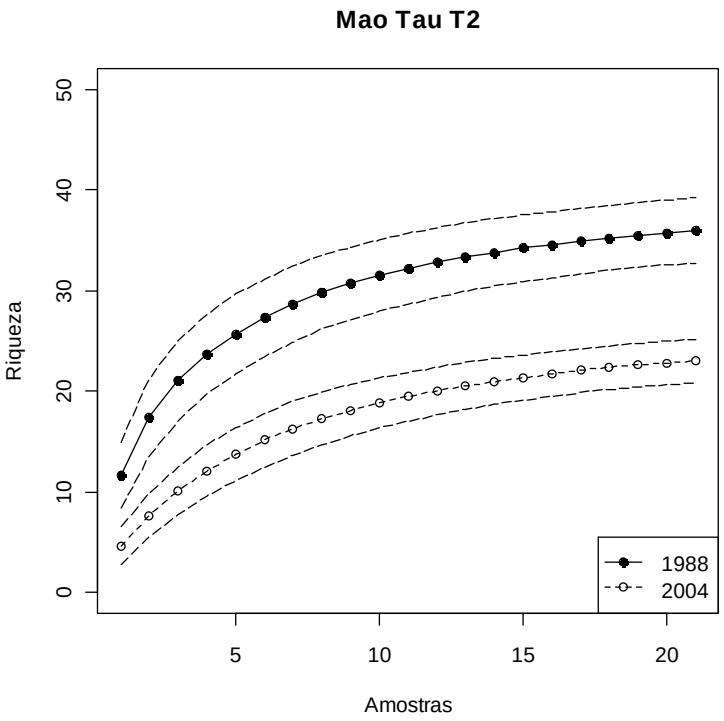


Figura 10: Curva de riqueza acumulada (Mao Tau) e intervalo de confiança (95%) obtida na transecção T2, disposto em uma duna frontal da Praia da Joaquina, Santa Catarina, SC, nos anos de 1988 e 2004.

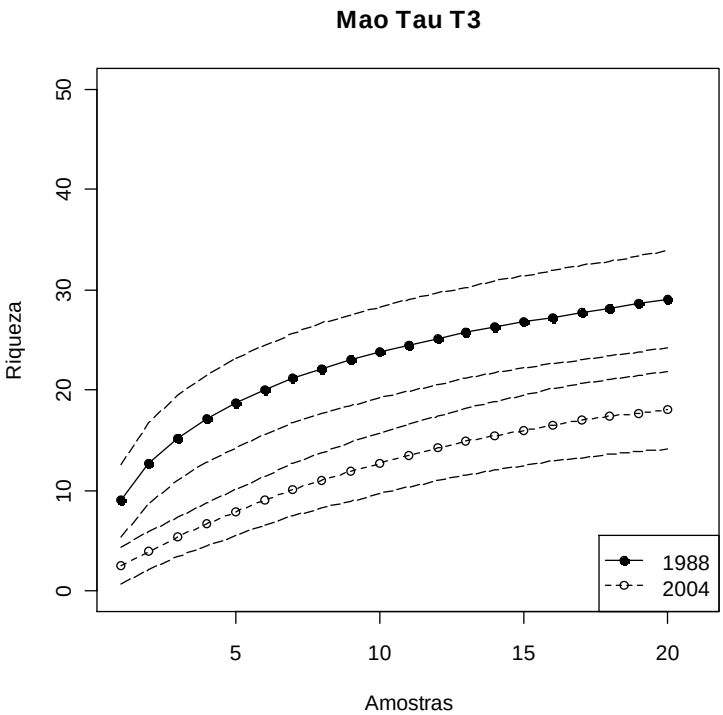


Figura 11: Curva de riqueza acumulada (Mao Tau) e intervalo de confiança (95%) obtida na transecção T3, disposto em uma duna frontal da Praia da Joaquina, Santa Catarina, SC, nos anos de 1988 e 2004.

Considerando a composição de espécies no ano de 1988, o dendrograma obtido através da matriz de similaridade de Sørensen (Figura 12) mostrou que as transecções foram muito semelhantes, havendo ainda uma maior similaridade entre T1 e T2. Ao observar esta composição em 2004 notou-se a segregação de T1 do restante dos grupos, uma vez que esta transecção não foi ocupada por *D. ecastaphyllum*. As outras duas transecções apresentaram semelhanças em 2004, sendo, no entanto, muito distintas da composição original.

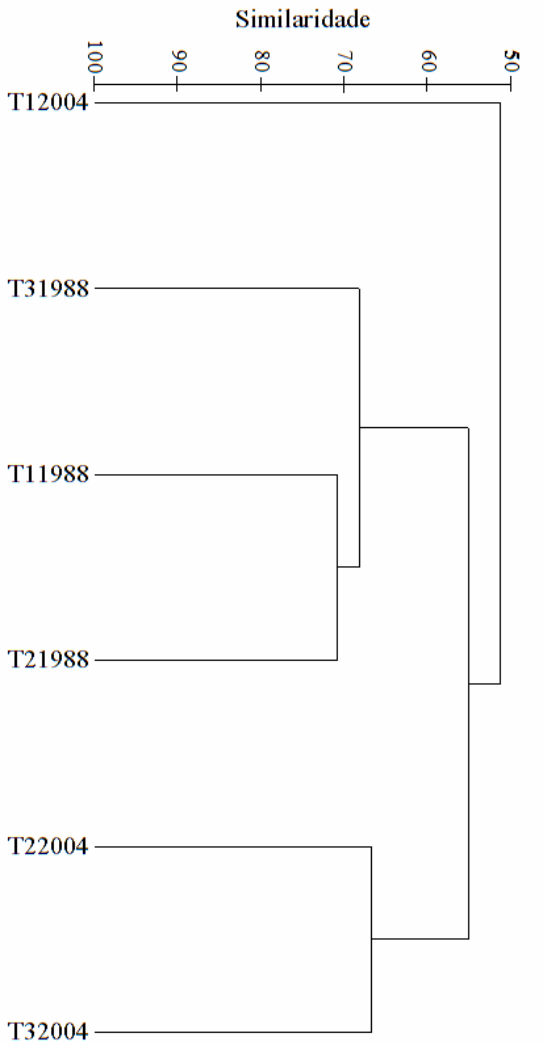


Figura 12: Análise de agrupamento UPGMA (Sørensen) referente à composição florística amostrada nas transecções T1, T2 e T3, em 1988 e 2004, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC.

Quanto aos valores de cobertura das espécies em 1988, o agrupamento formado entre as três transecções também foram similares, entretanto T2 e T3 obtiveram as maiores similaridades (Figura 13). Em

2004, a composição apresentou-se ainda mais semelhante para as transecções T2 e T3, possivelmente devido à alta cobertura de *D. ecastaphyllum* que passou a ocupar estas áreas, enquanto que T1 agrupou-se às composições encontradas em 1988.

Houve diferença significativa de diversidade (H') entre 1988 e 2004 para as transecções T2 ($t_{calc\ 0,05,\infty}$ = 22,86) e T3 ($t_{calc\ 0,05,\infty}$ = 20,82), mas não para T1 ($t_{calc\ 0,05,\infty}$ = 1,63). Os índices encontrados em T1 foram 1,09 em 1988 e 1,14 em 2004; em T2 foi 1,20 em 1998 e 0,64 em 2004 e; em T3 foi 1,0 em 1988 e 0,48 em 2004.

Discussão

A ocorrência de *D. ecastaphyllum* foi observada em pequenas manchas distantes umas das outras nas dunas frontais da Praia da Joaquina, na aerofotografia de 1977 (Anexo 1). No fim da década de 80, sua ocorrência na vegetação já era registrada, embora ainda com baixa cobertura. De 1994 a 2007 *D. ecastaphyllum* expandiu-se por mais 12.000m² além da área já ocupada o que representou um incremento de 117%. Seeliger et al. (2000) descreveram um aumento de 6% para 18% de ocupação da vegetação, em uma área de 10.500m², por habitats úmidos densamente ocupados por vegetação herbácea. Este aumento relatado pelos autores representou um incremento de 200% em um período de 20 anos. Lubke; Avis (2000) observando a sucessão em baixadas úmidas relataram um aumento de cobertura de espécies arbustivas de zero a 90% em 17 anos em uma área de 441m². Estes estudos, no entanto, não trataram de uma única espécie, como o apresentado para *D. ecastaphyllum* o que mostra um grande potencial de expansão da espécie em dunas frontais, cobrindo em 13 anos de 28,5% para 62,2% da área de 36.135m².

A influência positiva de altas pluviosidades e temperaturas sobre o crescimento de espécies de plantas é ressaltado em muitos trabalhos (Lubke; Avis, 2000; Martínez; Vázquez; Sánchez-Colón, 2001; Castellani, 2003). *D. ecastaphyllum* expandiu sua cobertura nos últimos anos e apresentou correlação positiva com as temperaturas médias anuais mais elevadas de toda a série. Embora o número de amostras correlacionadas seja baixo, ao observar as médias anuais de temperatura dos últimos 30 anos, nota-se que até o início da década de 90 as temperaturas estiveram abaixo da média do período (1977 – 2007), já entre 1990 a 2000 a temperatura oscilou em torno da média,

mostrando uma tendência ao aumento das temperaturas nos últimos sete anos.

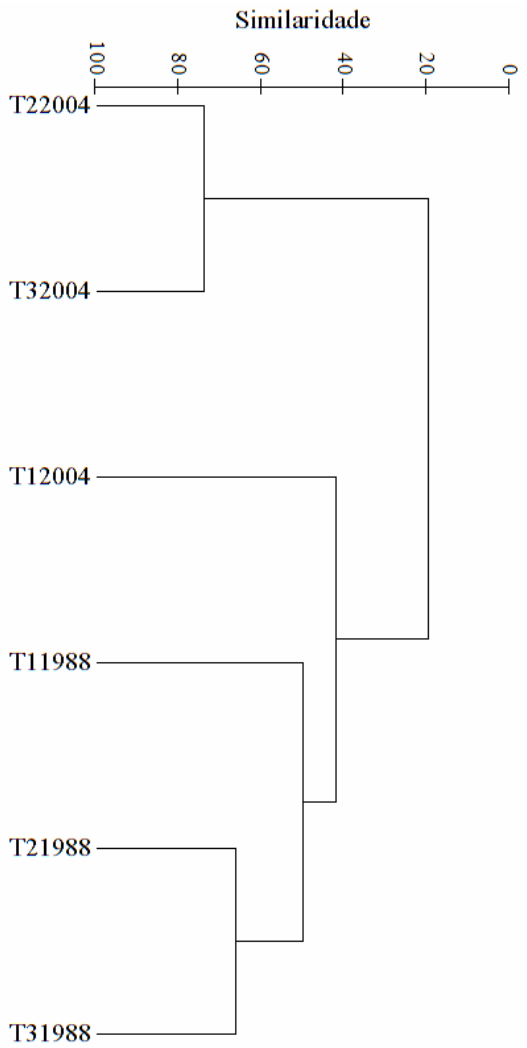


Figura 13: Análise de agrupamento UPGMA (Bray-Curtis) referente à composição e cobertura vegetal das espécies amostradas nas transecções T1, T2 e T3, em 1988 e 2004, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC.

No entanto, esta expansão mostrou uma tendência inversa em relação à pluviosidade, havendo maior incremento de temperatura no período menos úmido. Esse intervalo final mostrou a menor média anual de 1.537mm, mesmo assim, caracteriza um período efetivamente úmido, com a menor média mensal igual a 50mm.

D. ecastaphyllum foi encontrada em Porto Rico, em locais com pluviosidades anuais entre 1200 e 2200mm, mas também sobrevive a períodos secos (Francis, 2004). Estudos de sucessão em dunas afirmam que em períodos de baixas pluviosidades, e consequentes aumentos na mobilidade do substrato, podem resultar no retorno a formações pioneiras (Avis; Lubke, 1996). As associações entre o processo sucessional em dunas e aumentos de temperatura não foram abordadas pelos estudos. No entanto, sabe-se que em geral, as espécies apresentam aumento de eficiência fotossintética com o aumento de temperatura até um ponto de saturação, sendo que quando este é alcançado, há novamente uma baixa nesta eficiência (Gurevitch; Scheiner; Fox, 2009).

Eventos erosivos foram relatados para os períodos de 1996 a 1998, chegando a erodir a duna frontal da Praia da Joaquina (Castellani, 2003; Castellani; Lopes; Peixoto, 2004). A redução da cobertura de *D. ecastaphyllum* no setor sul da área de estudo pode ter sido influenciado por este evento. No setor norte, onde a espécie expandiu neste mesmo período, essa erosão pode não ter afetado *D. ecastaphyllum* por suas manchas localizarem-se mais distantes da faixa de praia. Em 2002, após esta redução no setor sul, as manchas ali existentes voltaram a expandir na região mais distante do mar. Entretanto observa-se que, até 2007, os locais mais próximos ao mar onde *D. ecastaphyllum* esteve presente em 1994 não foram novamente ocupados.

Nas áreas ocupadas por *D. ecastaphyllum* nas últimas décadas a riqueza de espécies tendeu a diminuir. Este fato é evidenciado nas transeções T2 e T3, ao contrário de T1, que não apresentou ocupação por esta espécie, tendo inclusive incremento no número de espécies. Além disso, *D. ecastaphyllum* pode estar interferindo sobre a entrada de espécies em áreas ocupadas por ela, uma vez que em T1, sem sua ocorrência, houve a entrada duas vezes maior de espécies que T2 e T3, onde a espécie ocorre. Já quanto as espécies que deixaram de ocorrer no ano de 2004, T2 e T3 apresentaram as maiores perdas. Cabe ressaltar que algumas espécies continham baixas coberturas (< 1%), o que pode estar relacionado ao método amostral adotado, sendo que isso também deve ser levado em conta quanto ao aporte ou saída de espécies nas transecções amostradas.

Peixoto et al. (2006) sugerem essa interferência negativa de *D. ecastaphyllum* sobre as outras espécies herbáceas nas dunas da Praia do Santinho, registrando a ocorrência de apenas duas espécies, *Panicum racemosum* e *Hydrocotyle bonariensis*, sob a copa desta leguminosa.

Modificações na estrutura da vegetação alteram o microclima, o grau de proteção física local e a composição do substrato (Seeliger et al., 2000). Tais alterações podem permitir o estabelecimento de espécies vegetais de maior porte. Algumas dessas espécies podem facilitar a germinação e crescimento de novas espécies, enquanto outras acabam impedindo esse crescimento (Callaway; Walker, 1997; Cirne; Scarano, 2001).

O efeito do sombreamento das copas de plantas sobre algumas espécies em ambientes severos é relatado como facilitador (Callaway; Walker, 1997), principalmente em ambientes com baixa pluviosidade e que passam por sequências de anos mais secos (Holmgren; Scheffer; Huston, 1997). Seu sombreamento, neste caso, ao invés de beneficiar com a diminuição da incidência de radiação solar estaria limitando a entrada de luz necessária para o crescimento das espécies sob sua copa.

Embora o ambiente de dunas seja um local regido pela forte influência dos fatores abióticos (Bresolin, 1979), *D. ecastaphyllum* pode não estar exercendo um papel facilitador devido às condições de altas pluviosidades existentes nesta região do Brasil, sendo outras variáveis como mobilidade do substrato, viabilidade de água ou interações bióticas mais determinantes no processo de sucessão.

Olff; Huisman; van-Tooren (1993) afirmaram que espécies mais altas são favorecidas em estágios mais avançados de sucessão quando competem por luz e relatam a influência de *Hippophae rhamnoides* sobre espécies de gramíneas, que desapareciam assim que eram fortemente cobertas pela mesma. A redução de incidência de luz diminui a taxa fotossintética das espécies e a competição por água com a planta de maior porte podem ser alguns dos motivos que levam a este efeito negativo (Holmgren; Scheffer; Huston, 1997).

Além disso, as mudanças na topografia de dunas (Moreno-Casasola, 1986), bem como o enriquecimento de matéria orgânica no solo são relevantes para o processo sucessional (Lane et al., 2008) e podem ocorrer devido ao aporte de nutrientes liberados após a morte de indivíduos ou por partes dos mesmos. No entanto, a disponibilização destes nutrientes não ocorre nos estágios iniciais de sucessão, o nitrogênio, por exemplo, é um agente limitante do crescimento em ambientes de dunas (Olff; Huisman; van-Tooren, 1993).

D. ecastaphyllum é uma leguminosa e apresenta relações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio. Essa característica, que foi observada por Cirne; Scarano (2003) para *Andira legallis* e *Swartzia apelata* e por Olff; Huisman; van-Tooren (1993) para *Hippophae rhamnoides*, pode ter auxiliado a expansão e sucesso competitivo de *D. ecastaphyllum* sobre outras espécies ao longo das duas últimas décadas. Cirne; Zaluar; Scarano (2003) sugeriram que *Andira legalis* e *Swartzia apetala* não têm interações positivas com outras espécies de plantas, ocorrendo inclusive um menor número de espécies sob suas copas.

Embora não se possa afirmar sobre a relação entre as condições de temperatura e pluviosidade e o crescimento de *D. ecastaphyllum* notou-se que sua expansão ocorreu principalmente nessa última década, onde houve uma tendência de aumento na temperatura média anual. A hipótese de que *D. ecastaphyllum* influencia negativamente espécies desta comunidade herbácea-subarbustiva é confirmada, mas nada se pode afirmar se esta, em longo prazo, favorecerá o estabelecimento de uma comunidade arbustivo-arbórea. Sugere-se que o monitoramento do setor ora colonizado por *D. ecastaphyllum* seja acompanhado pelos próximos anos para verificar a continuidade do processo sucessional e se este progredirá a uma formação mais arbustiva ou regredirá.

Referências bibliográficas

AVIS, A. M.; LUBKE, R. A. Dynamics and succession of coastal dune vegetation in the Eastern Cape, South África. **Landscape and Urban Planning**, v.34, p.237 - 254, 1996.

AYRES, M. AYRES-JR, M. AYRES, T.L. SANTOS, A.S. **BioEstat 5.0**: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Editora do Instituo de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá. Belém, PA. 2007

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia de indivíduos a ecossistemas.** 4 ed. Porto Alegre:Artmed, 2007. 740 p.

BRESOLIN, A. Flora da restinga da Ilha de Santa Catarina. **Insula.** v.10, p.1-54. 1979.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H.; ENDE, C. N. V. **Field and laboratory methods for general ecology**. 4. ed. Boston: McGraw-Hill, 1998. 273p.

CALLAWAY, R. M.; WALKER, L. R. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology,** v. 78, p.1958-1965, 1997.

CAMARGO, R. A. **A tribo Dalbergieae (Leguminosae - Faboideae) no estado de Santa Catarina, Brasil.** 2005. 153f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Pós-Graduação em Botânica, Departamento de Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CARVALHO, A. M. A synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae: Dalbergiae) in Brazil. **Brittonia**, v. 49, n. 1, p. 87-109, 1997.

CASTELLANI, T. T. **Estrutura e dinâmica populacional de *Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Brown (Convolvulaceae) na Ilha de Santa Catarina.** 2003. 203 f. Tese (Doutorado em Ecologia) Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CASTELLANI, T. T.; LOPES, B. C.; PEIXOTO, J. R. **Variação temporal da vegetação das dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina.** Florianópolis: UFSC, 2004. 16 p. (Relatório FUNPESQUISA).

CASTELLANI, T. T.; FOLCHINI, R.; SCHERER, K. Z. Variação temporal da vegetação em um trecho de baixada úmida entre dunas, Praia da Joaquina, Florianópolis, SC. **Insula**, v.24, p.37-70, 1995.

CASTELLANI, T. T.; PEIXOTO, J. R. V.; LOPES, B. C. Mudança da vegetação de duna frontal após 16 anos (Praia da Joaquina, Florianópolis, SC). In: Congresso Nacional de Botânica, 56, 2005, Curitiba. **Anais...** 2005.

CASTELLANI, T. T.; PEIXOTO, J. R. V.; LOPES, B. C. Variação de longo prazo na vegetação da duna frontal da Praia da Joaquina, SC. In: Semana Nacional de Oceanografia, 16, 2004, Itajaí. **Anais...** 2004.

CECCA – Centro de Estudos Cultura e Cidadania. **Unidades de conservação e áreas protegidas da Ilha de Santa Catarina:** caracterização e legislação. Florianópolis: Editora Insular, 160p. 1997.

CIRNE, P.; ZALUAR, H. L. T.; SCARANO, F. R. Plant diversity, interespecific association, and postfire resprouting on a sandy spit in a brazilian coastal plain. **Ecotropica,** v.9, p.33-38, 2003.

CIRNE,P.; SCARANO, F. R. Resprouting and growth dynamics after fire of the clonal shrub Andira legalis (Leguminosae) in a sandy coastal plain in southeastern Brazil. **Journal of Ecology**, v.89, p. 351–357, 2001.

CLARKE, K. R., GORLEY, R. N. **PRIMER**. Versão: 6 beta. PRIMER-E,Plymouth, UK. 2006.

COLWELL, R. K. **Estimates**: statistical estimation of species richness and shared species for samples. Versão:8.0. 2006. Dísponível em: <http://purl.org/estimates>. Acesso em: 18/09/2009.

DOING, H. Coastal fore-dune zonation and succession in various parts of the world. **Vegetatio,** v.61, p.65-75, 1985.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows**. Versão:32, Clark University, Worcester, MA, USA, 2001.

ESPINOZA, H.C.F.; ROSA, M.M.P.T. Evolução temporal da cobertura vegetal do manguezal do rio Tavares (Florianópolis-SC) empregando técnicas de sensoriamento remoto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009. Natal, Brasil. **Anais…** p.2705-2712, 2009.

FALKENBERG, D. B. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula**, v.28, p.1-30, 1999.

FRANCIS, J. K. **Wildland Shrubs of the United States and its territories**: Thamnic descriptions. U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, 2004. Disponível em: < http://www.fs.fed.us/global/iitf/wildland_shrubs.htm>. Acessado em: abril de 2009.

GOODALL, D. W. Some considerations of the use of point quadrats for the analysis of vegetation. **Australian Journal of Scientific Research, Series B, Biological Sciences**, v.5, p.1-41, 1952.

GUIMARÃES, T. B. **Florística e fenologia reprodutiva de plantas vasculares na restinga do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC.** 2006. 107f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2006.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. **Ecologia vegetal**. 2 ed. São Paulo: Artmed, 2009. 574 p.

HOLMGREN, M.; SCHEFFER, M.; HUSTON, M. A. The interplay of facilitation and competition in plant communities. **Ecology**, v. 78, n. 7, p. 1966-1975, 1997.

JAMEL, C. E. Caracterização da vegetação da restinga de Jurubatiba com base em sensoriamento remoto e sistema de informação geográfico: estado atual e perspectivas. In: C. F. D. ROCHA; F. A. ESTEVES; F. R. SCARANO (Eds) **Pesquisas de longa duração na restinga de Jurubatiba**: Ecologia, história natural e conservação. São Carlos: Rima, p.25-42, 2004.

LANE, C.; WRIGHT, S. J.; RONCAL, J.; MASCHINSKI, J. Characterizing environmental gradients and their influence on vegetation zonation in a subtropical coastal sand dune system. **Journal of Coastal Researsh**. West Palm Beach, Florida. v.24, p.213-224. 2008.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 2. ed. Amsterdam:Elsevier, 1998. 853 p.

LUBKE, R. A.; AVIS, A. M. 17 years of change in a dune slack community in the Eastern Cape. In: **Proccedings IAVS Symposium.** Uppsala:Opulus Press. p.35-38, 2000.

LUBKE, R. A. Vegetation dynamics and succession on sand dunes of the eastern coasts of Africa. In: MARTÍNEZ, M. L.; PSUTY, N. P.

(Eds.) **Coastal Dunes, Ecology and Conservation.** Berlin: Springer-Verlag, Ecological studies, v.171, p.66-83, 2004.

MANTOVANI, W.; MARTINS, F. R. O método dos pontos. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 95-122. 1990.

MARTÍNEZ, M. L.; VÁZQUEZ, G.; SÁNCHEZ -COLÓN, S. Spatial and temporal dynamics during primary succession on tropical coastal sand dunes. **Journal of Vegetation Science**, v.12, p.361-372, 2001.

MAUN, M. A. Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. **Canadian Journal of Botany**, v.76, p.713-738, 1998.

MORENO-CASASOLA, P. Sand movement as a factor in the distribution of plant communities in a coastal dune system. **Vegetatio**, v.65, p.67–76, 1986.

OLFF, H.; HUISMAN, J.; Van-TOOREN, B. F. Species dynamics and nutrient accumulation during early primary succession in coastal sand dunes. **Journal of Ecology**, v.81, n.4, p.693-706, 1993.

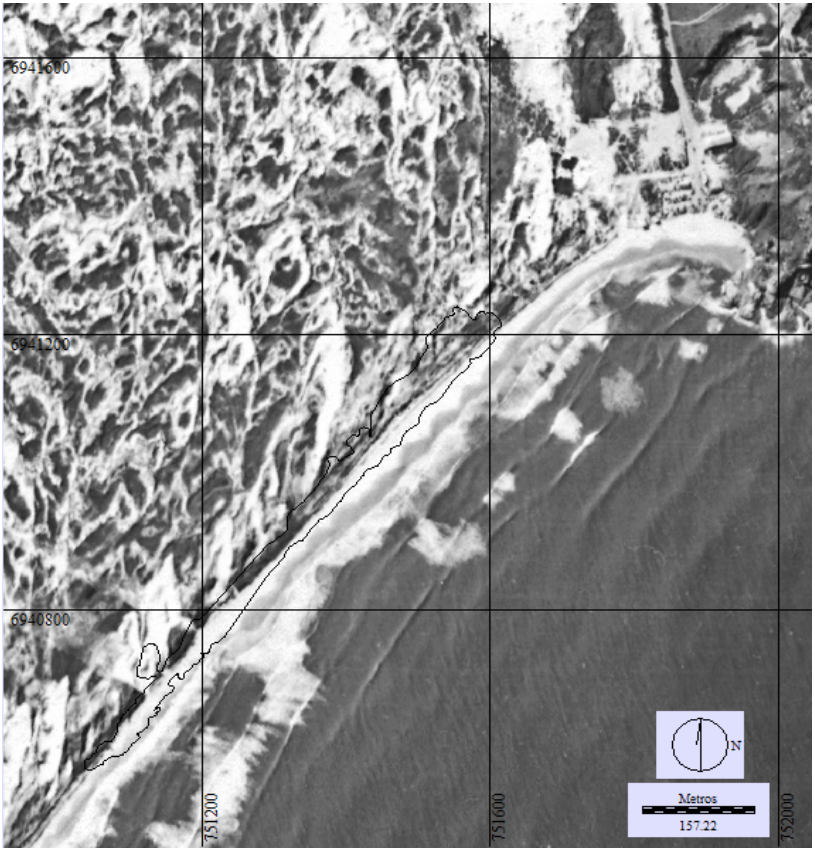
PEIXOTO, J. R.; FILHO, N. O.; CASTELLANI, T. T.; OLIVEIRA, U. R. Summer Variations of the Morphology and the Pionner Vegetation of the Foredune in the Santinho Beach, Santa Catarina Island , SC , Brazil. **Journal of Coastal Research**, n.39, 2006.

SEELIGER, U.; CORDAZZO, C. V.; OLIVEIRA, C. P. L.; SEELIGER, M. Long-term changes of coastal foredunes in the southwest Atlantic. **Journal of Coastal Research**. v.16, n.4, p.1068-1072, 2000.

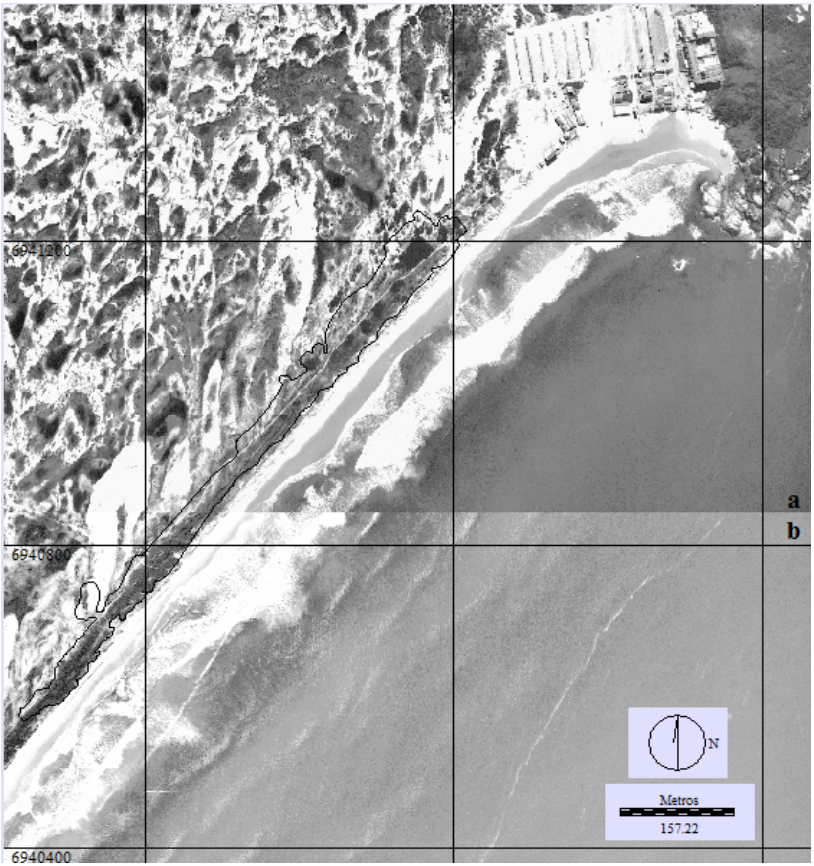
SILVA, G. M. **Orientação da linha costeira e dinâmica dos sistemas praia e duna: Praia de Moçambique, Florianópolis, SC.** 2006. 290f. Tese (Doutorado em Ciências), Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 2006.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica:** uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Ed. Interciência. 2000. 117p.

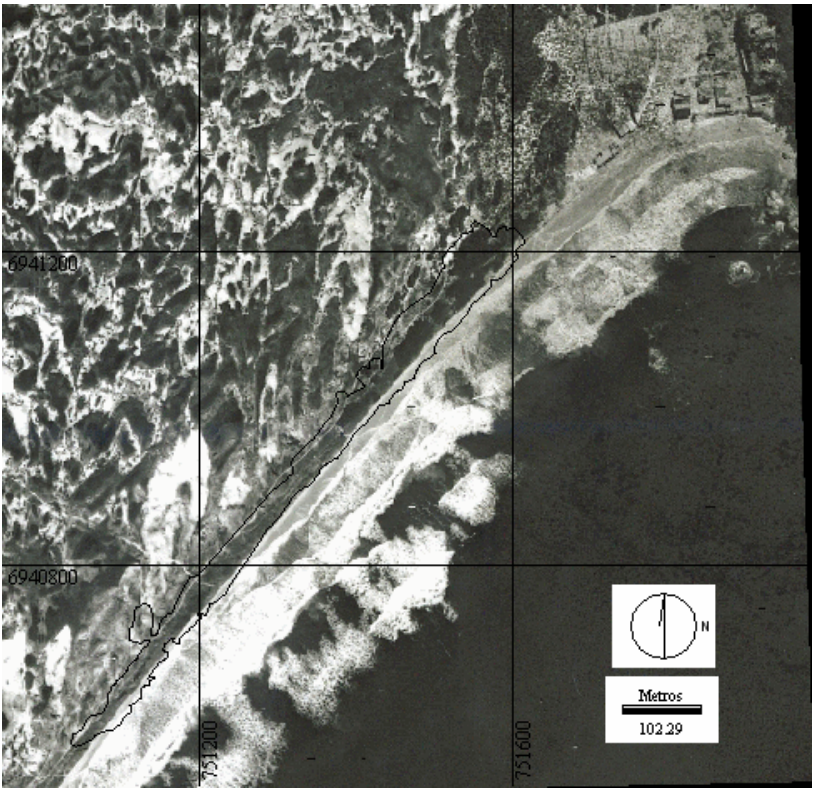
Anexo



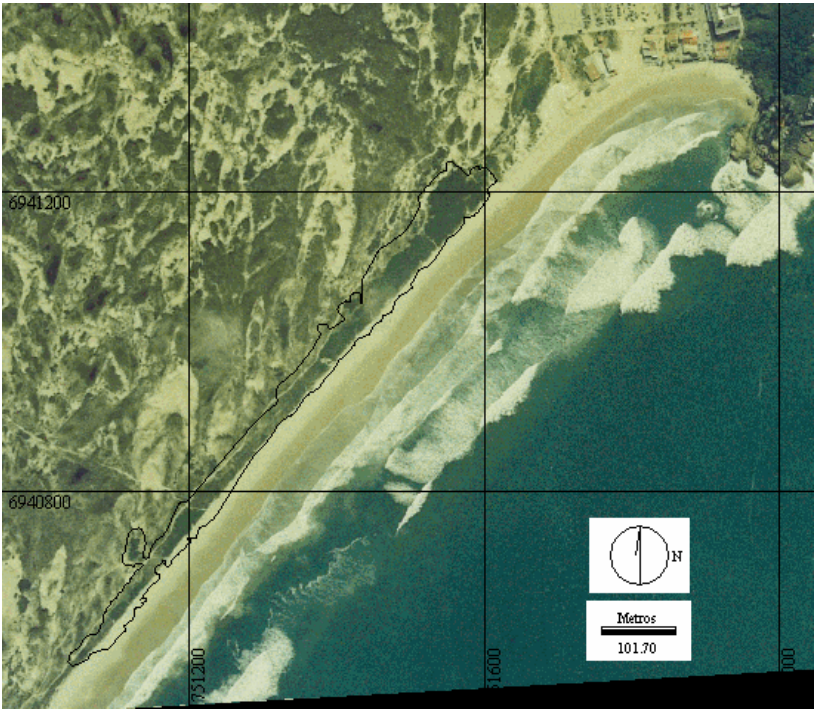
Anexo 1: Sistema de dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, em 1977 (1:25.000). Fonte: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF).



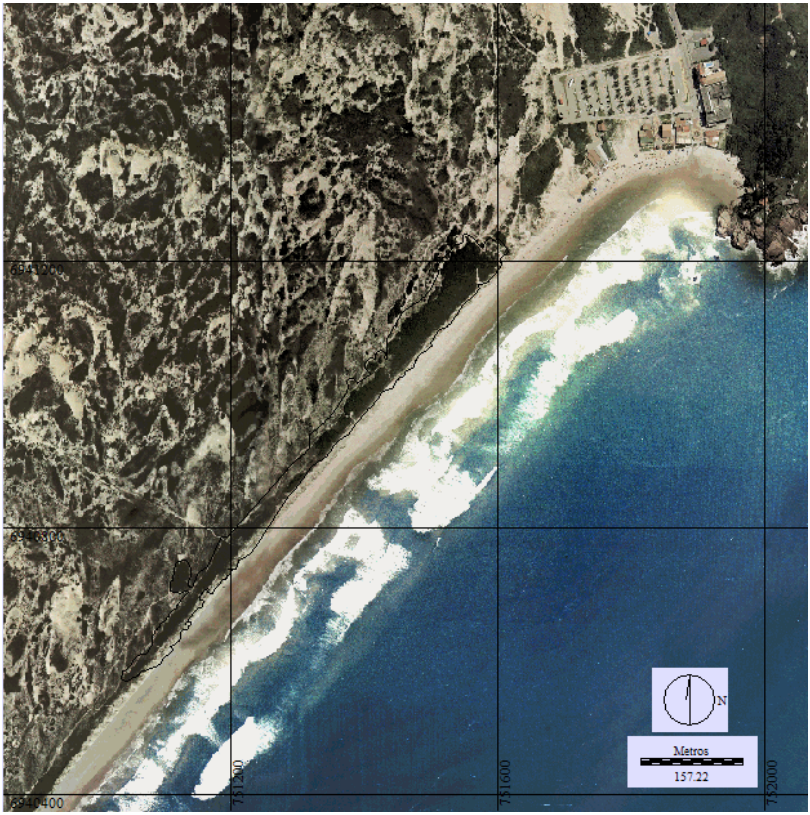
Anexo 2: Sistema de dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, em 1994 (1:8.000). Junção das aerofotografias a e b, utilizadas no processo de fotointerpretação. Presença de manchas de *Dalbergia ecastaphyllum* nas dunas frontais. Fonte: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF).



Anexo 3: Sistema de dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, em 1998 (1:15.000). Presença de manchas de *Dalbergia ecastaphyllum* nas dunas frontais. Fonte: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF).



Anexo 4: Sistema de dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, em 2002 (1:15.000). Presença de manchas de *Dalbergia ecastaphyllum* nas dunas frontais. Fonte: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF).



Anexo 5: Sistema de dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, em 2007 (1:15.000). Presença de manchas de *Dalbergia ecastaphyllum* nas dunas frontais. Fonte: Aeroconsult Aerolevantamentos e Consultoria.

CAPÍTULO 2

Dinâmica de expansão de *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub. e influência na comunidade vegetal em restinga no sul do Brasil

Zocche-de-Souza, P.[1]; Castellani, T. T.[2]

[1]Pós-Graduação em Ecologia – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina
[2]Laboratório de Ecologia Vegetal – Departamento de Ecologia e Zoologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina

Resumo

Dalbergia ecastaphyllum é uma espécie que vem mostrando expressiva expansão em sistemas de duna frontal nas últimas décadas no sul do Brasil, exercendo uma aparente interferência negativa sobre as espécies herbáceas e subarbustivas. Sabe-se que a vegetação das dunas costeiras é influenciada diretamente por fatores como vento, mobilidade do substrato, dessecação, e que estes diminuem em intensidade no sentido mar-interior. Este estudo avaliou a dinâmica atual de expansão de *D. ecastaphyllum* nas bordas de suas manchas, analisando se esta dinâmica difere entre setores mais próximos e mais distantes ao mar. Avaliou-se também se a composição de espécies sob a copa de *D. ecastaphyllum* e em áreas adjacentes é distinta, e se, em curto prazo, a ocupação de *D. ecastaphyllum* se relacionaria com mudanças na riqueza e cobertura vegetal de outras espécies. Foram realizadas seis amostragens durante um ano, onde se mensurou a cobertura das espécies presentes em 120 quadrados permanentes de 1m² sob as copas de *D. ecastaphyllum* (60) e áreas adjacentes (60). Metade desses quadrados situava-se no setor frontal (frente) e a outra metade no setor protegido da duna (fundo). O número de espécies e a cobertura das outras espécies foram maiores nos setores adjacentes que nos setores com *Dalbergia*. Após um ano, a espécie colonizou 80% dos quadrados do setor adjacente fundo e 27% dos quadrados do setor adjacente frente. A taxa de incremento de cobertura desta espécie, em um ano, foi significativamente maior no setor fundo ($p < 0,00$) e houve uma tendência à retração de crescimento entre os períodos de março a outubro. No setor adjacente frente houve aumentos significativos quanto ao número de espécies. m^{-2} ($p = 0,021$) e

porcentagem de cobertura de outras espécies ($p = 0,008$) em relação ao início do estudo. As taxas anuais de incremento no número de espécies.m^{-2} ($p = 0,01$) e na cobertura das outras espécies ($p < 0,00$) sob a mancha de *Dalbergia* no setor fundo mostraram redução em relação ao setor adjacente frente. Considerando-se apenas os quadrados colonizados ao longo do ano, a cobertura de outras espécies mostrou-se inversamente relacionada com a cobertura alcançada por *D. ecastaphyllum* ($R^2 = 0,2$; $p = 0,009$). Após um ano, ao se considerar os valores de cobertura das espécies, as áreas adjacentes mostraram maiores mudanças, em parte, pela colonização parcial de *D. ecastaphyllum*, com alterações mais expressivas no setor adjacente fundo. Observou-se que *D. ecastaphyllum* mantém em expansão, principalmente no setor protegido da duna, e que a composição de espécies sob sua copa é diferente dos setores adjacentes. Além disso, afirma-se que o crescimento da espécie diminui a porcentagem de cobertura de demais espécies sob sua copa.

Palavras chave: duna frontal; zonação da vegetação; sucessão vegetal; interações negativas.

Introdução

A vegetação de dunas costeiras participa da formação destes ambientes aprisionando o sedimento transportado pelo vento. No entanto, estas dunas também são afetadas por erosão marinha e eólica, observando-se mudanças nos perfis topográficos e na vegetação associada em função desta dinâmica de acreção e erosão (Doing, 1985; Santos; Castellani; Horn-Filho, 1996; Peixoto et al., 2006). Algumas mudanças são observadas em escalas curtas de tempo, como a movimentação arenosa (Seeliger et al., 2000), e outras até em décadas, como a estabilização do sedimento e sucessão ecológica (Avis; Lubke, 1996; Martínez; Vázquez; Sánchez-Colón, 2001). Nos estágios iniciais de sucessão vegetal em dunas encontram-se principalmente espécies de rápido crescimento (Martínez; Vázquez; Sánchez-Colón, 2001). Para se estabelecer com sucesso nestes ambientes as plantas devem ser capazes de sobreviver à ação do vento, baixa disponibilidade de água (Bresolin, 1979) e de nutrientes (Olff; Huisman; van-Tooren, 1993), soterramento (Maun, 1998), *spray* salino (Wilson; Sykes, 1999), dessecação (Maun, 1998), alta intensidade luminosa e temperatura (Hesp, 1991), sendo alguns destes fatores mais intensos com a maior proximidade do mar (Hesp, 1991; Novo et al., 2004) e em depósitos arenosos recentes onde se inicia uma sucessão vegetal (Martínez; Vázquez; Sánchez-Colón, 2001).

No processo de sucessão em sistemas de dunas, fatores como o vento e a movimentação da areia são determinantes para o estabelecimento e distribuição de espécies em areias móveis (Olff; Huisman; van-Tooren, 1993; Martínez; Vázquez; Sánchez-Colón, 2001). No entanto, podem ser encontrados diferentes tipos de espécies pioneiras como, por exemplo, gramíneas e outras herbáceas, em clima subtropical (Lubke; Avis, 2000) ou pequenos arbustos observados em clima tropical (Martínez; Vázquez; Sánchez-Colón, 2001). No México, a espécie arbustiva *Chamaecrista chamaecristoides* coloniza a areia nua de dunas móveis (Moreno-Casasola, 1986) e cresce quando há grande mobilidade de areia, ao contrário de espécies de gramíneas mais tardias, encontradas em áreas mais estáveis. Depois da estabilização as dunas são ocupadas por vegetação arbustiva densa (*thicket*) e florestal observando-se até espécies da floresta tropical como as palmeiras (Moreno-Casasola; Espejel, 1986).

Já em região ao sul da África, a sucessão em dunas frontais, inicia-se principalmente nas baixadas, com espécies de gramíneas,

ciperáceas e juncáceas, que ao longo de cinco anos alteram condições de umidade local. Isso favorece a colonização de espécies como *Myrcia cordifolia* (Lubke; Avis, 2000) e outras arbustivas que passam a dominar grandes áreas e excluem herbáceas após quatro anos. Essas formações arbustivas precisam de condições climáticas favoráveis, como grandes pluviosidades, para progredir ou acabam sendo soterradas, devido sua baixa velocidade de crescimento, e regridem para comunidades pioneiras (Avis; Lubke, 1996; Lubke, 2004).

Algumas espécies precisam de luz para germinar e não conseguem estabelecer-se sob densa vegetação (Meijden; Waals-Kooi, 1979). Isto pode ocorrer sob densos agrupamentos monoespecíficos, como observado em processo de sucessão secundária em restinga (Cirne; Scarano, 2001; Cirne; Zaluar; Scarano, 2003), assim como em sucessão primária em dunas, sob densos agrupamentos com mais de uma espécie arbustiva (Lubke; Avis, 2000). A riqueza sob estas copas pode sofrer redução (Cirne; Zaluar; Scarano, 2003; Peixoto et al., 2006), o que caracterizaria um processo competitivo (Martínez; Garcia-Franco, 2004).

Nas dunas frontais da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC, encontram-se densos agrupamentos de *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub. (Fabaceae) que, por vezes, chega a dominar a vegetação, formando um emaranhado de ramos (Guimarães, 2006).

D. ecastaphyllum distribui-se no continente americano da Flórida (EUA) ao Brasil, e no país, desde o litoral norte até ao sul, em Palhoça (SC) e também em região costeira do continente africano (Doing, 1985). É uma espécie subarbustiva ou arbustiva escandente ou semi-prostrada, adaptada a condições de alta salinidade, seus frutos possuem forma alada, possivelmente sendo capazes de flutuar e pode ser encontrada associada a estuários, mangues e dunas, onde auxilia na fixação da areia (Carvalho, 1997).

Estudos de longo prazo na Praia da Joaquina, litoral de Santa Catarina, mostraram um incremento de cobertura de *D. ecastaphyllum* no sistema de duna frontal, que em 1988 apresentava menos de 1% de cobertura vegetal passando para mais de 35% em 2004 em perfis de 100m de extensão amostrados (Castellani; Peixoto; Lopes, 2004; 2005). Peixoto et al. (2006) também sugerem um comportamento competitivo de *D. ecastaphyllum* representado pela diminuição da riqueza de espécies em setores ocupados por ela.

Pelo quadro de mudanças acima citado, o presente estudo pretende avaliar a expansão atual de *D. ecastaphyllum* no sistema de

dunas frontais da Praia da Joaquina e verificar possíveis implicações na composição da comunidade vegetal.

As hipóteses sustentadas pelo presente trabalho são que a população de *D. ecastaphyllum* encontra-se em expansão e que sua ocupação interfere negativamente na ocorrência e permanência de outras espécies vegetais sob sua copa. Espera-se, também, que haja uma expansão diferenciada de *D. ecastaphyllum* em relação ao gradiente ambiental mar-interior, com menor taxa de ocupação em áreas mais próximas que as afastadas do mar.

Este estudo tem como objetivos a) descrever a dinâmica atual de expansão de *D. ecastaphyllum* nas bordas de suas manchas; b) analisar essa variação de expansão entre setores mais próximos e mais distantes ao mar; c) avaliar a composição de espécies sob a copa de *D. ecastaphyllum* e em áreas adjacentes e d) analisar a relação entre a variação da cobertura de *D. ecastaphyllum* com a riqueza e cobertura vegetal de outras espécies.

Material e Métodos

Área de estudo

Localizado na Praia da Joaquina, setor centro-oriental da Ilha de Santa Catarina, SC, o trecho de duna estudado situa-se entre as coordenadas 27°37’ S e 48°27’ O e 27°38’ S e 48°27’ O. Nesta praia, a área de duna frontal caracteriza-se como a primeira duna após a faixa de areia, contendo superfície irregular atingindo até 5m de altura e largura entre 15 e 20m (Guimarães, 2006). Em alguns locais é impossível distinguir a duna frontal das dunas internas, pois estão cobertas densamente por *D. ecastaphyllum*. Desta forma, esta pesquisa envolveu tanto a duna frontal como dunas internas adjacentes.

O clima da região é classificado em subtropical úmido (Cfa) (CECCA, 1997) com temperatura média anual de 21°C, sendo as médias inferiores entre junho e agosto, em torno de 16°C, e as médias máximas entre janeiro e março, 24°C. A maior pluviosidade é encontrada no verão, em janeiro e fevereiro, e a menor de junho a agosto, com média anual de 1.726mm (Figura 1).

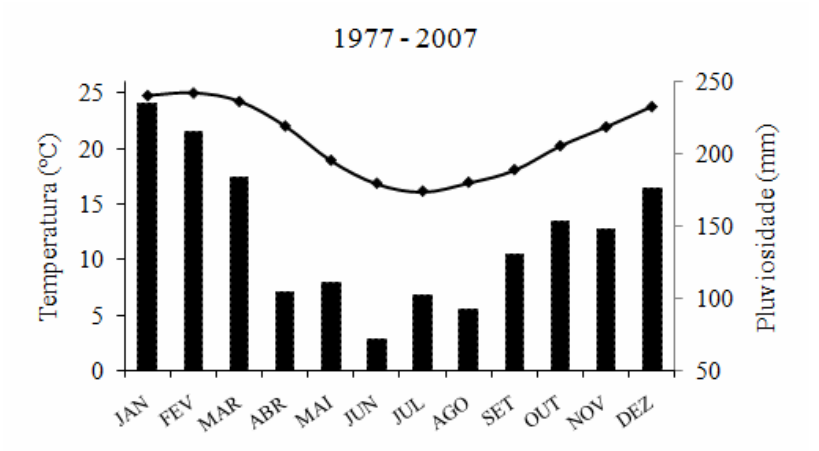


Figura 1: Valores médios de temperaturas (—) e pluviosidade total (barras) mensais para uma série de 30 anos, Ilha de Santa Catarina, SC. Fonte: CIRAM – EPAGRI.

Procedimento de campo

Para avaliar a expansão ou retração de *D. ecastaphyllum*, assim como a variação da composição e cobertura das espécies presentes sob sua copa e em áreas adjacentes, 120 quadrados permanentes de $1m^2$ foram estabelecidos, sendo 60 sob *D. ecastaphyllum* e 60 em áreas adjacentes. Metade do total de 120 quadrados situou-se no setor frontal da duna (frente), voltada para o mar, e a outra metade no setor de reverso (fundo) da duna (Figura 2). Os setores frente e fundo distanciam-se entre si de forma variável, em razão da área de ocorrência de *D. ecastaphyllum*, sendo essas distâncias entre 15 e 50m.

Foi considerada como mancha de *D. ecastaphyllum* áreas contínuas formadas pela copa dessa espécie onde essa exerce predomínio fisionômico. Foi denominado de borda, o limite abrupto de sua ocorrência. Nas áreas adjacentes, nenhum ramo desta espécie era encontrado no início do monitoramento, permitindo avaliar a sua ocupação. Os quadrados foram colocados acompanhando o desenho da borda de *D. ecastaphyllum*, a 20cm da borda sob sua copa e no setor adjacente a 40cm de sua borda.

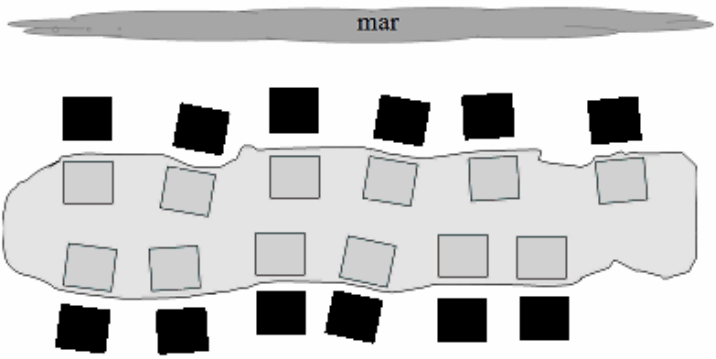


Figura 2: Representação esquemática da disposição dos quadrados de *Dalbergia* (em cinza) e quadrados adjacentes (em preto) ao longo da área ocupada por *Dalbergia ecastaphyllum* (mancha irregular) localizados em setor voltado para o mar (frente) e no reverso da duna (fundo).

Classificaram-se as espécies amostradas como herbácea ou subarbustiva (com altura inferior a 1m) e arbustiva (com altura superior a 1m), conforme os critérios de descrição da vegetação de dunas frontais presentes em Falkenberg (1999). Foram consideradas como trepadeiras as plantas que se desenvolviam usando outras espécies como suporte.

De janeiro de 2009 a janeiro de 2010, foram realizadas seis amostragens em intervalos de dois meses e meio para evitar que o crescimento dos ramos de *D. ecastaphyllum* dificultasse o encontro das unidades amostrais. Em cada quadrado eram estimadas as porcentagens de cobertura vegetal de cada espécie presente de acordo com os seguintes intervalos: 1) >0 a 5%; 2) >5 a 15%; 3) >15 a 25%; 4) >25 a 50%; 5) >50 a 75%; 6) >75 a 100% (Assumpção; Nascimento, 2000), sendo que a mediana do intervalo foi utilizada para a construção dos bancos de dados e análises de cobertura vegetal.

Análise de dados

Caracterização florística dos setores estudados

Para avaliar a similaridade da composição florística e cobertura vegetal das espécies presentes nos setores estudados (sob mancha e adjacente a *D. ecastaphyllum*, no setor de frente e fundo da duna frontal)

e sua variação após um ano, efetuaram-se análises de agrupamento (CLUSTER). Utilizou-se associação por Sørensen para a análise qualitativa (presença de espécies) e associação por Bray-Curtis (Legendre; Legendre, 1998) para análise com o valor médio de porcentagem de cobertura (m^2) de cada espécie. O agrupamento dos dendrogramas ocorreu pelo método aglomerativo da média aritmética não ponderada (UPGMA) (Valentin, 2000).

Testes de ANOVA e *pos-hoc* de Fisher (Zar, 1999) foram aplicados para avaliar se o número de espécies.m^{-2} (sem contar *D. ecastaphyllum*) diferia entre os setores tanto no início como após um ano. Para avaliar se essa mudança em cada setor foi significativa foi realizado o teste t pareado ($p < 0,05$) (Zar, 1999). Os dados foram analisados previamente quanto à normalidade (Shapiro-Wilk, $p < 0,05$) e homocedasticidade (Levene, $p > 0,05$), sendo feitas transformação para LOG, indicada para curvas assimétricas para a direita (Sokal; Rohlf, 1997). Como os dados apresentaram-se homocedásticos após a transformação, as análises foram feitas, pois essa premissa é mais relevante para análises de variâncias (ANOVA) que a normalidade (Vieira, 2006).

Para avaliar se a cobertura vegetal das outras espécies (somatório, exceto *D. ecastaphyllum*) diferia entre setores, tanto no início quanto após um ano, foram realizados teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) e teste *pos-hoc* de Dunn (Callegari-Jacques, 2003). Para avaliar se a mudança em cada setor foi significativa foram feitos testes pareados de Wilcoxon ($p < 0,05$) (Callegari-Jacques, 2003). Nesta e em demais análises de cobertura, como se tratavam de dados não contínuos, sem homocedasticidade e, por vezes, sem normalidade, optou-se pela estatística não-paramétrica (Zar, 1999).

Análise da expansão de** D. ecastaphyllum **e relação com o número de espécies.m^{-2} e cobertura das outras espécies

Para avaliar a diferença inicial da cobertura de *D. ecastaphyllum* entre os setores foi feito o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), seguido do teste de Dunn. O mesmo foi feito após um ano, e para analisar se estas mudanças foram significativas em cada setor, aplicou-se o teste pareado de Wilcoxon ($p < 0,05$).

Foi empregado o teste de qui-quadrado (χ^2) com tabela de contingência e correção de Yates (Callegari-Jacques, 2003) para avaliar se a colonização dos quadrados adjacentes por *D. ecastaphyllum* diferiu entre os setores de frente e fundo da duna frontal. Para isso considerou-se o número de quadrados onde ocorreu e não ocorreu a colonização, sendo feita uma análise para cada uma das cinco amostragens que continham alguma ocupação pela espécie.

As taxas de incremento anual de cobertura de *D. ecastaphyllum* nos quatro setores foram calculadas, sendo estas obtidas subtraindo-se dos valores de cobertura de janeiro 2010, os valores de janeiro 2009. Também foi analisado se estas taxas diferiam ao longo do ano. Da mesma forma avaliou-se as taxas de incremento anual no número de espécies.m^{-2} e cobertura das demais espécies. Utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) e teste de Dunn para as análises.

Diferenças no número de espécies.m^{-2} e na cobertura de outras espécies nos quadrados adjacentes colonizados e não colonizados por *D. ecastaphyllum* foram avaliadas pelo teste de Mann-Whitney (Zar, 1999). Os quadrados colonizados no setor frente e no setor fundo foram unidos nesta análise e comparados ao conjunto de quadrados não colonizados, devido ao baixo número amostral para uma análise por setor. Esse procedimento foi também adotado na análise de regressão linear para avaliar se a taxa de incremento anual de cobertura das outras espécies variou em função da cobertura de *D. ecastaphyllum* alcançada no final do estudo.

As análises estatísticas foram executadas no programa Statistica v.7 (Statsoft, 2004), Primer 6 β (Clarke & Gorley, 2006) e Biostat 5.0 (Ayres et al., 2007) e os gráficos confeccionados no Sigmaplot 10.0 (Systat Software, 2006).

Resultados

Caracterização florística inicial dos setores estudados

Um total de 49 espécies e morfo-espécies distribuídas entre 19 famílias foram registrados nos quatro setores ao longo do estudo, sendo classificadas como herbáceas (32), subarbustivas (9), arbustivas (4) e trepadeiras (4) (Tabela 1).

Foram chamados de setor "*Dalbergia*" os setores ocupados previamente pela espécie no início do estudo e setor "adjacente" aqueles inicialmente não ocupados. Em janeiro de 2009, os setores com *Dalbergia* (frente e fundo) mostraram um menor número de espécies em relação aos setores imediatamente adjacentes (Tabela 1)

.Tabela 1: Famílias, espécies, hábitos e médias de cobertura (%) encontradas por setor (n = 30) em janeiro de 2009 e janeiro de 2010, em área de duna frontal, Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo. Hábito: A: arbustivo; H: herbáceo; SA: subarbustivo; T: trepadeira.

			Janeiro de 2009				**Janeiro de 2010**			
Família	**Espécie**	**Hábito**	**AFr**	**AFu**	**DFr**	**DFu**	**AFr**	**AFu**	**DFr**	**DFu**
Polypodiaceae	*Polypodium lepidopteris*	H	-	-	0,1	0,1	-	-	0,1	0,3
Amaranthaceae	*Alternanthera maritima*	H	1,2	4,5	1,8	2,8	3,2	4,3	3,0	4,0
	Blutaparon portulacoides	H	1,9	-	1,0	-	2,0	0,1	1,3	-
	Chenopodium cf. *retusum*	H	-	0,2	0,1	-	0,1	0,4	0,3	-
Apiaceae	*Hydrocotyle bonariensis*	H	4,5	4,1	3,7	4,1	6,3	2,0	4,0	2,4
Apocynaceae	*Oxypetalum tomentosum*	H	0,3	0,6	0,1	1,0	1,6	1,8	0,6	1,3
Asteraceae	*Baccharis radicans*	H	-	1,5	-	0,4	-	1,1	-	0,1

	Conyza sp.	SA	1,8	0,8	0,5	0,4	3,1	1,6	0,8	-
	Gamochaeta americana	H	0,3	0,3	0,1	-	-	0,3	-	-
	Mikania cordifolia	T	-	-	-	-	-	-	0,1	-
	Noticastrum malmei	SA	1,0	7,0	-	3,1	2,5	11,8	-	1,8
	Porophyllum ruderale	SA	1,3	1,3	0,1	0,2	0,8	3,6	0,1	0,1
	Senecio crassiflorus	H	8,0	9,2	0,4	1,1	2,8	3,1	0,8	0,2
	Vernonia scorpioides	SA	0,7	-	0,2	0,3	0,6	0,3	2,1	0,4
Boraginaceae	*Cordia curassavica*	A	0,1	0,1	-	0,1	2,1	-	0,1	0,1
Caryophyllaceae	*Cardionema ramosissima*	H	-	0,5	-	-	-	0,3	-	0,1
Convolvulaceae	*Dichondra* sp.	H	0,2	-	0,1	-	0,3	-	0,4	0,4
	Evolvulus cf. *sericeus*	H	-	0,6	-	0,7	-	-	-	-
	Ipomoea cairica	T	0,2	-	0,1	-	-	-	-	-
	Ipomoea imperati	H	1,7	3,4	0,3	0,5	1,1	4,3	0,2	0,4
	Ipomoea pes-caprae	H	3,3	0,5	0,4	-	0,4	-	-	-
Cucurbitaceae	Cucurbitaceae 1	T	0,1	0,1	-	0,2	-	-	0,7	-
	Cucurbitaceae 2	T	0,2	-	0,3	-	0,4	-	0,1	-
Cyperaceae	*Androtrichum trigynum*	H	-	0,5	-	0,1	-	0,7	-	-
	Cyperus obtusatus	H	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	-
	Cyperus sesquiflorus	H	-	-	-	0,1	-	0,2	-	0,2
	Remirea maritima	H	3,8	2,4	1,3	2,6	6,2	2,0	3,2	2,0
Euphorbiaceae	*Euphorbia hyssopifolia*	SA	-	0,2	-	-	-	0,8	-	0,1
	Sebastiania corniculata	SA	0,3	2,2	0,4	1,8	1,3	3,5	3,3	6,1
Fabaceae	*Canavalia rosea*	H	0,5	0,6	0,2	0,3	0,6	0,7	0,6	1,2
	Dalbergia ecastaphyllum	A	-	-	68,3	80,8	4,3	39,1	71,6	78,0
	Sophora tomentosa	A	0,8	-	0,2	0,3	1,9	-	0,4	0,1

Onagraceae	*Oenothera mollissima*	SA	-	0,4	-	0,3	2,1	1,0	-	-
Orchidaceae	*Epidendrum fulgens*	SA	-	0,1	-	-	-	0,1	-	0,1
Poaceae	*Cenchrus incertus*	H	-	0,8	-	1,1	0,1	1,4	0,2	0,3
	Eustachys retusa	H	-	0,1	-	0,8	-	1,0	-	-
	Ischaemum minus	H	1,3	-	-	-	2,1	0,1	0,3	-
	Panicum racemosum	H	0,1	0,1	0,1	0,2	-	4,8	-	0,2
	Paspalum arenarium	H	-	0,3	-	-	-	0,1	-	-
	Paspalum vaginatum	H	4,8	-	0,3	-	5,8	-	0,5	-
	Schizachyrium microstachyum	H	-	0,1	-	-	-	0,1	0,3	-
	Spartina ciliata	H	32,8	11,4	7,3	3,7	35,3	1,7	4,9	1,9
Polygalaceae	*Polygala cyparissias*	H	0,4	2,9	-	0,8	1,2	0,8	-	0,2
Sapindaceae	*Dodonaea viscosa*	A	-	-	-	0,7	-	0,7	-	-
Smilacaceae	*Smilax campestris*	SA	0,4	2,8	0,3	0,4	0,1	0,7	0,5	0,5
Solanaceae	*Petunia littoralis*	H	-	1,1	-	0,5	-	0,8	-	0,3
	Solanum americanum	H	-	-	0,1	-	-	-	-	-
Indeterminadas	Indeterminada 1	H	-	-	-	-	0,1	-	-	-
	Indeterminada 2	H	-	-	-	-	-	0,1	-	-
Total de espécies			**27**	**33**	**26**	**31**	**28**	**36**	**27**	**27**

Diferenças significativas quanto ao número de espécies.m^{-2} ($F_{3, 116}$= 13,1; $p < 0,001$) foram encontradas entre os setores, havendo um maior número nos setores adjacentes, em especial no adjacente fundo (Figura 3a). Nessa última análise, *D. ecastaphyllum* não foi incluída.

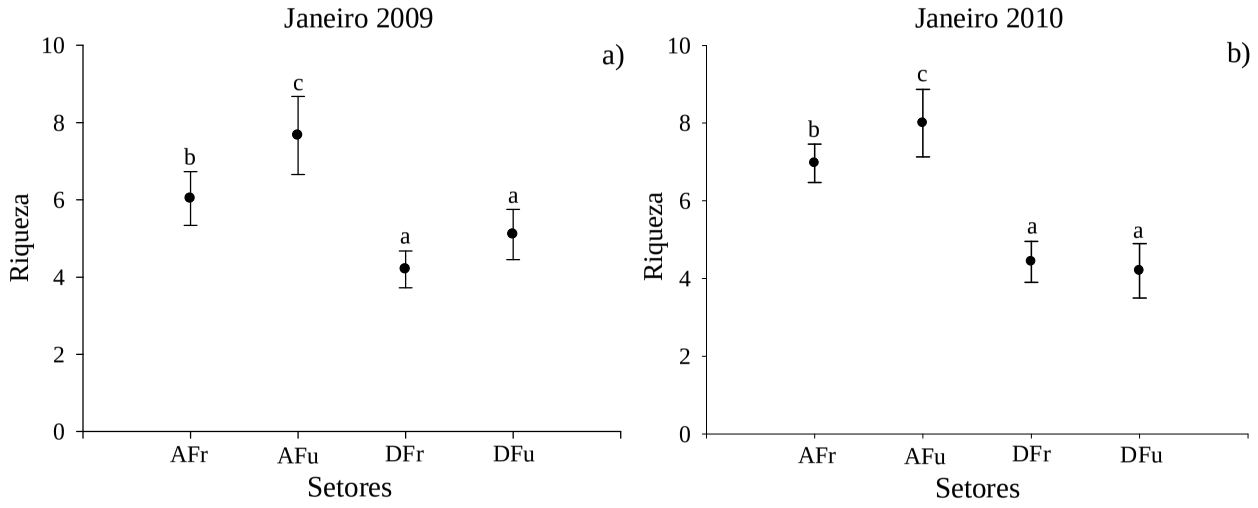


Figura 3: Número médio de espécies.m^{-2} (n=30) e intervalo de 95% de confiança para janeiro de 2009 (a) e janeiro de 2010 (b), nos setores estudados na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras distintas indicam diferenças significativas ($p<0,05$, teste de Fisher). AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo.

Quanto à composição inicial de espécies, o dendrograma obtido através da matriz de similaridade de Sørensen (Figura 4) mostrou que a agregação ocorreu principalmente em função dos setores frente e fundo, havendo, porém, no setor de frente, maior similaridade entre a área com e sem *Dalbergia*, do que no setor de fundo. Ao se considerar os valores de cobertura das espécies, a agregação ocorreu principalmente em função da presença de *Dalbergia.* No entanto, a similaridade entre os setores (frente e fundo) ocupados por esta planta foi maior do que a existente entre os setores adjacentes (frente e fundo) (Figura 5). Em Janeiro de 2009, as cinco espécies com maiores valores de cobertura no setor adjacente frente foram *Spartina ciliata* (32,8%), *Senecio crassiflorus* (8%), *Paspalum vaginatum* (4,8%), *Hydrocotyle bonariensis* (4,5%) e *Remirea maritima* (3,8%). No setor adjacente fundo, *S. ciliata* (11,4%), *S. crassiflorus* (9,2%) e *H. bonariensis* (4,1%) também estiveram entre as mais expressivas, além de *Noticastrum malmei* (7,0%) e *Alternanthera maritima* (4,5%). No setor *Dalbergia* frente, essa espécie apresentou 68,3% de cobertura, seguida por *S. ciliata* (7,3%), *H. bonariensis* (3,7%), *A. maritima* (1,8%) e *R. maritima* (1,3%). No setor *Dalbergia* fundo, além de *D. ecastaphyllum* com 80,8%, *S. ciliata* (3,7%), *H. bonariensis* (4,1%) e *A. maritima* (2,8%) registrou-se *N. malmei* (3,1%) dentre as de maior cobertura (Tabela 1).

Semelhante ao padrão inicial encontrado quanto ao número de espécies.m^{-2}, os setores adjacentes também mostraram maiores coberturas de outras espécies ($H_{3, 120}$= 62,3; $p < 0,001$) do que os setores de *Dalbergia* (Figura 6a).

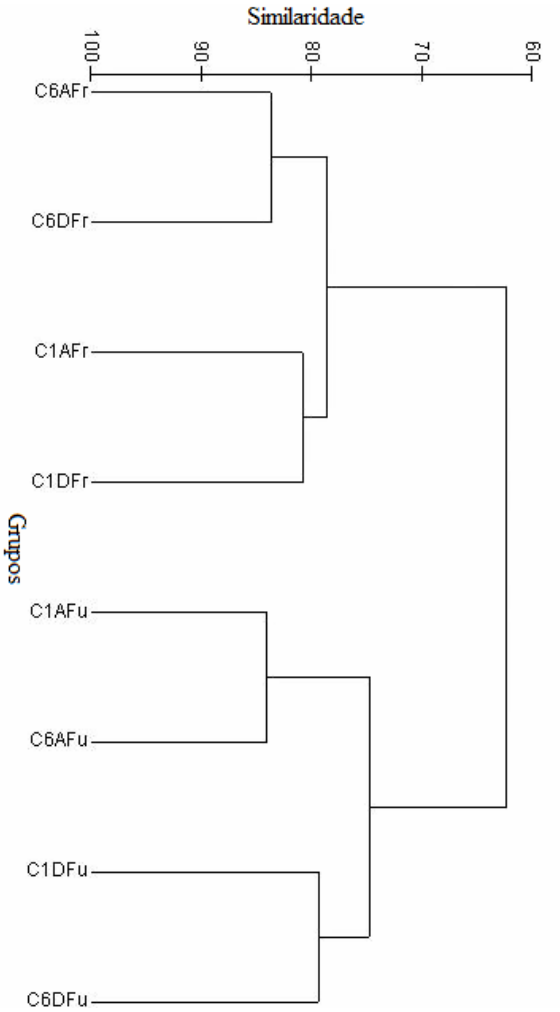


Figura 4: Análise de agrupamento UPGMA (Sørensen) referente à composição florística registrada nos setores estudados em janeiro de 2009 (C1) e janeiro 2010 (C6) na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo.

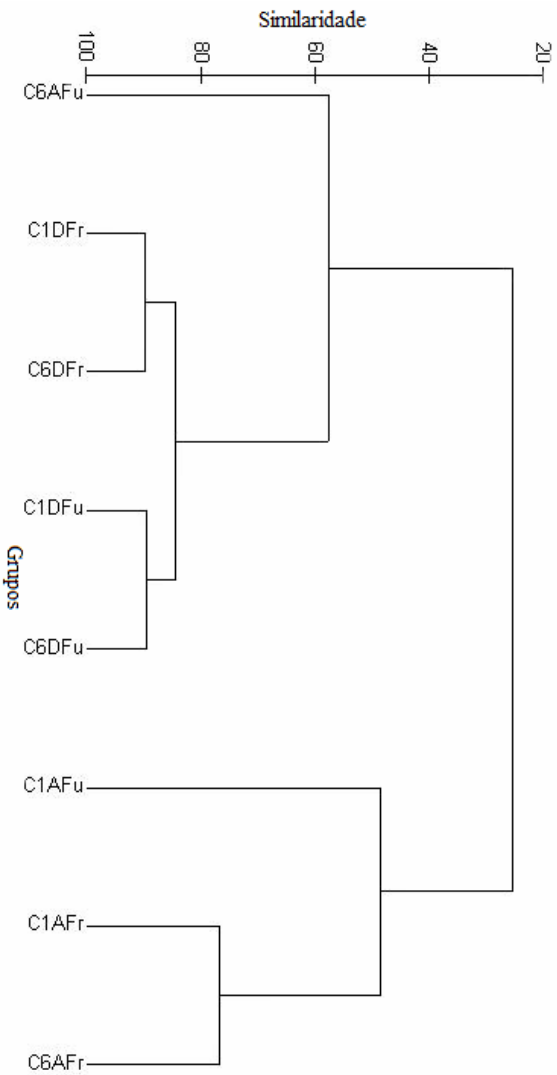


Figura 5: Análise de agrupamento UPGMA (Bray-Curtis) referente à composição e cobertura vegetal das espécies encontradas nos setores estudados em janeiro de 2009 (C1) e janeiro 2010 (C6) na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo.

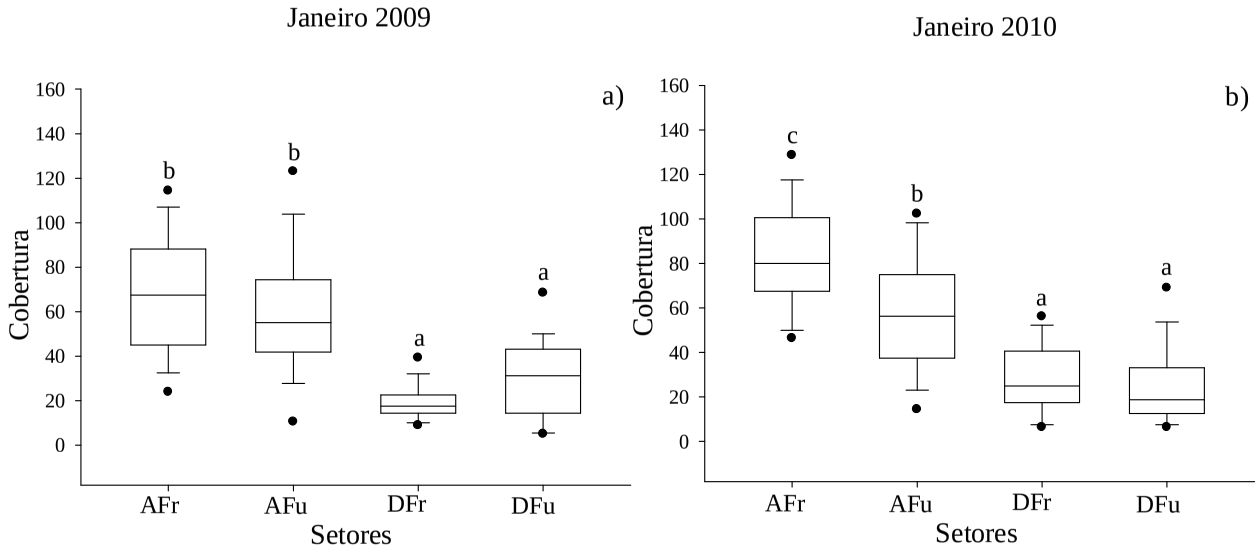


Figura 6: Valores de mediana (—) e intervalos com 5, 10, 25, 75, 90 e 95% dos valores de cobertura das outras espécies nos setores de estudo para janeiro 2009 (a) e janeiro 2010 (b), na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras distintas indicam diferenças significativas ($p<0,05$, teste de Dunn). AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo.

*Expansão de **D. ecastaphyllum** e as alterações no número de espécies.m^{-2} e cobertura das outras espécies*

Em janeiro de 2009, observava-se uma diferença na fitofisionomia das manchas de *D. ecastaphyllum* entre o setor frontal (Figura 7a), que continha folhas mais dessecadas e, por vezes, galhos sem folhas, em contraste com o setor mais protegido que, embora também possuísse galhos sem folhas, continha mais folhas verdes (Figura 7b). Apesar do aspecto ressecado, ocorreu expansão de *D. ecastaphyllum* ao longo do ano, com ocupação parcial dos setores adjacentes. Após um ano, 80% (n=30) dos quadrados do setor adjacente fundo foram colonizados e 27% dos quadrados do setor frontal (Tabela 3). Tanto no setor adjacente frontal ($Z_{0,05;\ 30}$= 2,5; p= 0,011) quanto no fundo ($Z_{0,05;\ 30}$= 4,3; p < 0,0001) o aumento de cobertura vegetal ocorrido foi significativo, se comparado ao valor de cobertura inicial (Tabela 2). Os valores alcançados no setor adjacente de fundo, no entanto, foram superiores ($H_{3,\ 120}$= 71,4; p < 0,0001) (Tabela 2).

Tabela 2: Mediana, máximo e mínimo dos valores de % de cobertura de *Dalbergia ecastaphyllum* nos setores de estudo. Letras distintas indicam diferenças significativas (p<0,05, teste de Dunn). AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo.

	Janeiro 2009	Mín-Máx	Janeiro 2010	Mín-Máx
AFr	0	0-0	0 [b]	0-62,5
AFu	0	0-0	20 [c]	0-87,5
DFr	62,5	62,5-87,5	87,5 [a]	20-87,5
DFu	87,5	62,5-87,5	87,5 [a]	20-87,5

Durante todo o ano, a ocupação por *D. ecastaphyllum* não se deu igualmente entre os setores frente e fundo, sendo sempre significativamente superior no setor mais protegido (Tabela 3).

Figura 7: Fitofisionomia de uma mancha de *Dalbergia ecastaphyllum*, com destaque para os galhos secos presentes no setor frente (a) e setor fundo (b) da área de estudo, duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC.

Tabela 3: Número de quadrados ocupados (n=30) por *Dalbergia ecastaphyllum* nos setores adjacentes frente e fundo e valores de qui-quadrado (χ^2) obtidos nas tabelas de contingência com correção de Yates.

Amostragens	Frente	Fundo	χ^2Yates	(p)
Mar/Mai	4	17	10,55	0,0012
Mai/Jun	8	21	9,61	0,0019
Jun/Ago	6	22	15,07	0,0001
Ago/Out	5	20	13,44	0,0002
Out/Jan	8	24	15,07	0,0001

Ao consideramos a taxa de incremento de cobertura de *D. ecastaphyllum* nos quatro setores, em um ano, esta mostrou diferenças significativas ($H_{3, 120}$= 32,5, p < 0,0001), sendo maior no setor adjacente fundo. Nos setores previamente ocupados por *Dalbergia*, com coberturas iniciais em torno de 70%, o incremento foi menor, tendo, inclusive, ocorrido redução em algumas parcelas (Figura 8).

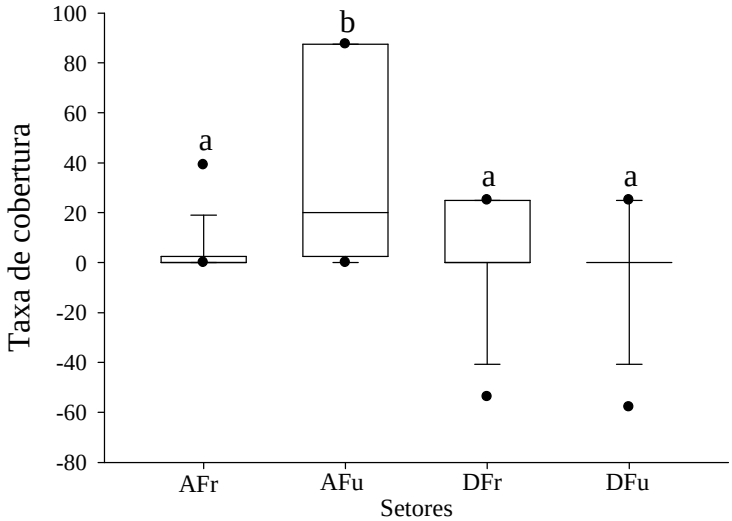


Figura 8: Valores de mediana (—) e intervalos com 5, 10, 25, 75, 90 e 95% das taxas de incremento, em um ano, de cobertura de *Dalbergia ecastaphyllum* nos setores de estudo na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras distintas indicam diferenças significativas (p<0,05, teste de Dunn). AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo.

A expansão de *D. ecastaphyllum* não foi diferenciada ao longo do ano no setor adjacente frente (Figura 9a) ($H_{4, 150}$= 6,2; p= 0,1839), o que tendeu a ocorrer no setor do fundo ($H_{4, 150}$= 19,9; p= 0,0005), com maiores taxas de expansão de outubro a janeiro em relação ao período anterior (agosto-outubro) (Figura 9b). No setor de frente, previamente ocupado por *Dalbergia*, as variações foram mais expressivas e observou-se uma retração significativa da cobertura entre os períodos de março a outubro de 2009, com períodos de expansão de outubro a março ($H_{4, 150}$= 66,0; p < 0,0001) (Figura 9c). O setor *Dalbergia* fundo (Figura 9d) também mostrou uma tendência de retração de cobertura no período de agosto a outubro em relação a outubro a janeiro ($H_{4, 150}$= 23,5; p = 0,0001).

Após um ano de estudo, o número de espécies.m^{-2} nos setores monitorados foi ligeiramente maior, exceto no setor *Dalbergia* fundo, que evidenciou tendência de redução (Tabela 4). O padrão encontrado inicialmente não modificou-se, havendo maiores valores nas áreas adjacentes, em especial no setor de fundo, que sob as manchas de *Dalbergia* ($F_{3, 116}$= 33,6; p < 0,0001) (Figura 3b). Considerando-se o valor inicial e final nesse número de espécies.m^{-2}, houve aumento significativo no setor adjacente frente e marginalmente significativo para redução no setor *Dalbergia* fundo (Tabela 4).

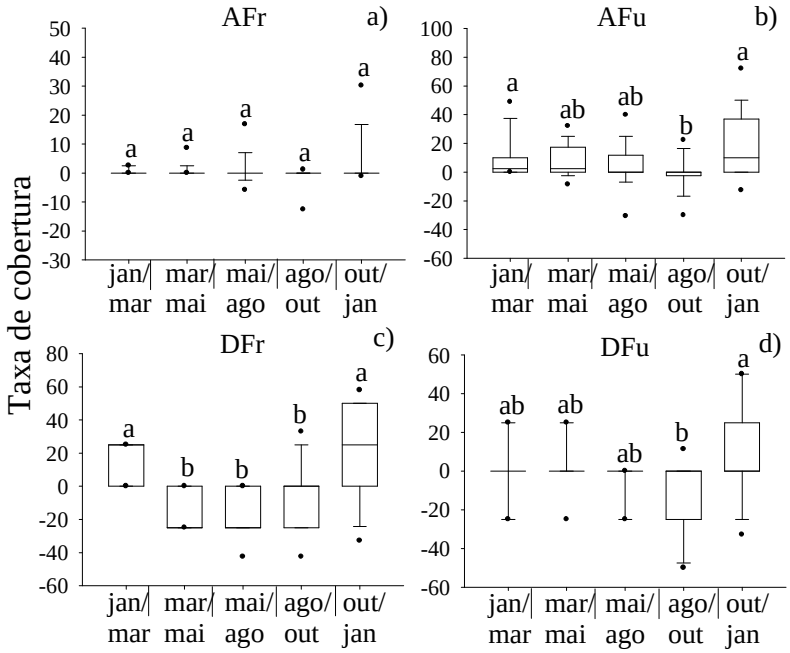


Figura 9: Valores de mediana (—) e intervalos com 5, 10, 25, 75, 90 e 95% das taxas de incremento anual de cobertura de *Dalbergia ecastaphyllum*, por setor, na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. (a) Setor adjacente frente; (b) adjacente fundo; (c) *Dalbergia* frente; (d) *Dalbergia* fundo. Letras distintas indicam diferenças significativas ($p<0,05$, teste de Dunn).

Tabela 4: Número de espécies.m^{-2} (n=30) nos setores de estudo na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Valores de t-calculados (teste pareado). * indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

	Janeiro 2009	Janeiro 2010	T_{calc}	P
AFr	6,03	6,96	2,43	0,021*
AFu	7,66	8,00	0,91	0,366
DFr	4,20	4,43	1,04	0,304
DFu	5,10	4,20	2,00	0,054

Em um ano, a taxa de incremento no número de espécies.m^{-2} diferiu entre os setores ($H_{3,\ 120}$= 11,15; p= 0,0109), mostrando uma

redução significativa no setor *Dalbergia* Fundo quando comparado ao aumento observado no adjacente frente (Figura 10).

Quanto à cobertura das outras espécies, após um ano, o padrão se modificou parcialmente. Apesar dos setores inicialmente ocupados por *Dalbergia* mostrarem os menores valores, passou a ocorrer diferença entre os setores adjacentes (Figura 6b) ($H_{3,\ 120}$= 68,7; p < 0,0001) com menores coberturas no setor do fundo. As taxas anuais de incremento de cobertura das outras espécies diferiram ($H_{3,\ 120}$= 13,3; p= 0,004), sendo maior no setor adjacente frente, em relação aos dois setores de fundo que mostraram redução (Figura 11).

Avaliando as coberturas das outras espécies quando comparados os valores iniciais e finais observou-se que a área frontal, tanto do setor adjacente quanto de *Dalbergia*, apresentaram aumento significativo (Tabela 5).

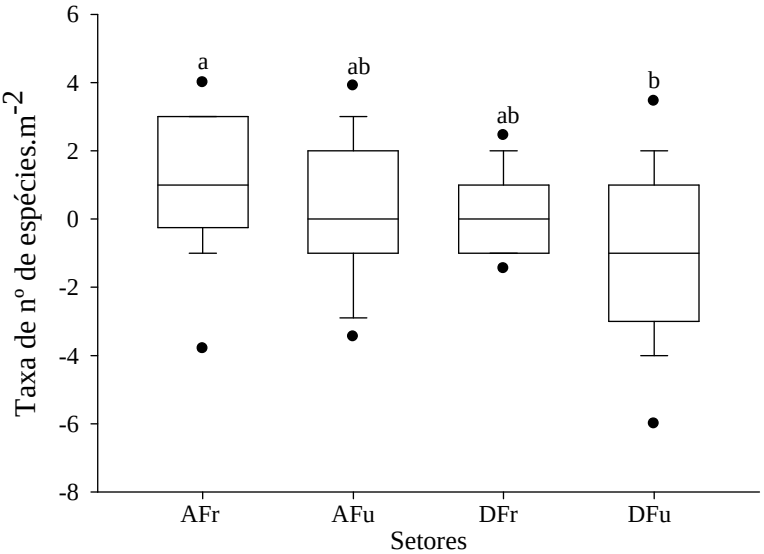


Figura 10: Valores de mediana (—) e intervalos com 5, 10, 25, 75, 90 e 95% das taxas anuais de incremento do número de espécies.m^{-2} nos setores de estudo na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras distintas indicam diferenças significativas (p<0,05, teste de Dunn). AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo.

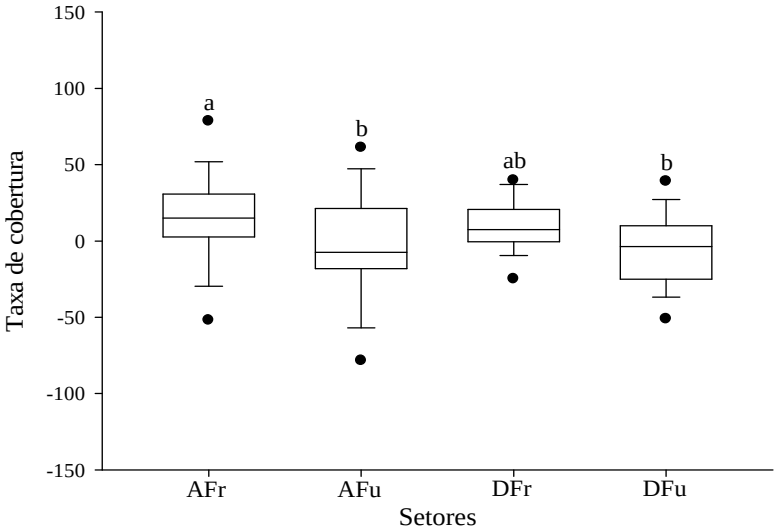


Figura 11: Valores de mediana (—) e intervalos com 5, 10, 25, 75, 90 e 95% das taxas de cobertura de outras espécies nos setores de estudo na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. Letras distintas indicam diferenças significativas (p<0,05, teste de Dunn). AFr: adjacente frente, AFu: adjacente fundo, DFr: *Dalbergia* frente, DFu: *Dalbergia* fundo.

Tabela 5: Número mediano, máximo e mínimo das somas de cobertura das outras espécies nos setores de estudo na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. * indicam diferenças significativas (p < 0,05).

	Janeiro 2009	Máx-Mín	Janeiro 2010	Máx-Mín	Z_{calc}	p
AFr	67,5	22,5-122,5	80	45-130	2,63	0,008*
AFu	55	5-145	56,2	7,5-105	0,54	0,585
DFr	17,5	7,5-47,5	25	5-57,5	2,99	0,002*
DFu	31,2	5-72,5	18,7	5-80	1,27	0,202

Considerando os quadrados colonizados e não colonizados por *D. ecastaphyllum* nas duas áreas adjacentes, obteve-se taxas de incremento no número de espécies.m^{-2} semelhantes (Tabela 6) ($Z(U)_{0,05,32,32}$ = 0,4; p-unilateral = 0,33). Já as taxas de cobertura das outras espécies observadas em áreas colonizadas e não colonizadas por *D.*

ecastaphyllum mostraram variações maiores (Tabela 6) e observou-se uma significativa redução de cobertura nos quadrados colonizadas por *D. ecastaphyllum* ($Z(U)_{0,05,32,32} = 3,2$; p-unilateral = 0,0006).

Tabela 6: Medianas, valores máximos e mínimos de taxas de incremento anual no número de espécies.m^{-2} e da cobertura das outras espécies nos setores de estudo na duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC.

	Número de espécies.m^{-2}	Cobertura
Colonizados	0,5 [-6 a 5]	-10 [-95 a 62,5]
Não Colonizados	1 [-2 a 4]	30 [-57 a 82,5]

Nas áreas adjacentes ocupadas por *D. ecastaphyllum*, houve relação significativa inversa ($R^2 = 0,2$, $p = 0,009$) entre a cobertura de *D. ecastaphyllum* em janeiro de 2010 e a taxa de incremento anual de cobertura das outras espécies (Figura 12).

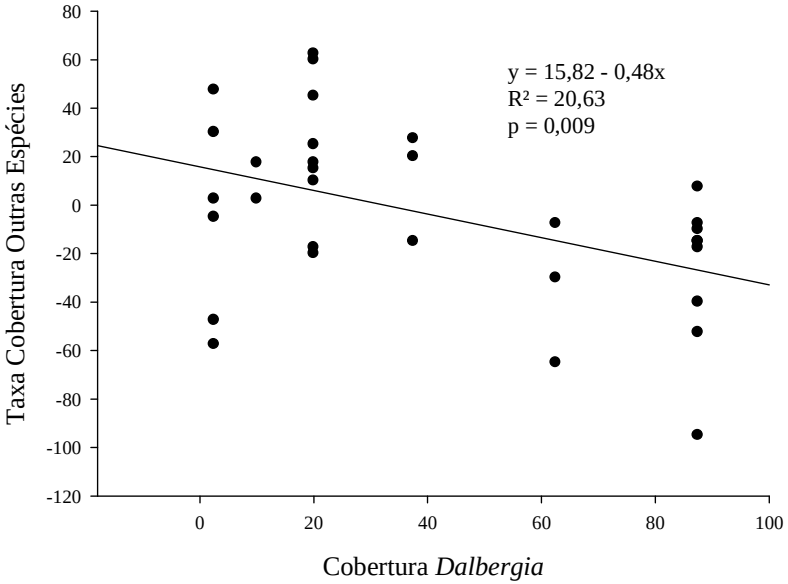


Figura 12: Regressão linear entre a taxa de incremento anual de cobertura das outras espécies em função da cobertura de *Dalbergia ecastaphyllum* em janeiro de 2010 nos quadrados adjacentes (frente e fundo) colonizadas pela espécie, em duna frontal da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC.

Quanto à similaridade dos setores estudados ao final do monitoramento, o dendrograma obtido com a matriz de Sørensen, manteve a agregação em relação aos setores frente e fundo (Figura 4). No setor de frente, o adjacente ficou ainda mais semelhante ao setor de *Dalbergia*. Já no fundo, o setor Dalbergia apresentou maior mudança em relação à composição inicial sendo mantidas as maiores diferenças existentes entre os setores com e sem *Dalbergia*. Ao se considerar os valores de cobertura das espécies as áreas adjacentes mostraram maiores mudanças, em parte, pela colonização parcial de *D. ecastaphyllum*, com alterações mais expressivas no setor adjacente fundo. Este setor apresentou 39% de cobertura de *D. ecastaphyllum* em janeiro de 2010 (Tabela 1), aproximando-o dos agrupamentos formados pelos setores de *Dalbergia* (Figura 5). As cinco espécies que tiveram as maiores coberturas em janeiro de 2010 no setor adjacente frente foram, na maioria, as mesmas de 2009, com exceção de *D. ecastaphyllum* (4,3%), tendo-se *S. ciliata* (35,3%), *H. bonariensis* (6,3%), *R. maritima* (6,2%) e *P. vaginatum* (5,8%). No setor adjacente fundo ocorreu maior alteração tendo-se *D. ecastaphyllum* (39,1%), *N. malmei* (11,8%), *Panicum racemosum* (4,8%), *A. maritima* (4,3%) e *Ipomoea imperati* (4,3%). Nos setores com *Dalbergia*, obteve-se *D. ecastaphyllum* (71,6%), *S. ciliata* (4,9%), *H. bonariensis* (4,0%), *R. maritima* (3,3%) e *Sebastiania corniculata* (3,2%) no setor de frente e no setor de fundo obteve *D. ecastaphyllum* (78,0%), *S. corniculata* (6,1%), *H. bonariensis* (2,4%) e *R. maritima* (2,0%), também presentes na frente além de *A. maritima* (4,0%) (Tabela 1).

A espécie que apresentou o maior aumento de cobertura em relação ao início do estudo nos setores adjacente frente (4,3%), adjacente fundo (39,1%) e *Dalbergia* frente (3,3%) foi *D. ecastaphyllum* e *S. corniculata* (4,3%) para o setor *Dalbergia* fundo. *S. crassiflorus* (-5,2%) sofreu a maior perda de cobertura no setor adjacente frente, bem como *S. ciliata* (-9,7%) no setor adjacente fundo e *Dalbergia* frente (-2,4%) e *D. ecastaphyllum* (-2,8%) no setor *Dalbergia* fundo.

Discussão

D. ecastaphyllum apresenta expansão atual no sistema de duna estudado, com crescimento mais pronunciado no setor adjacente mais protegido da duna, conforme esperado. A presença de galhos secos,

desfolhados e retorcidos no setor frontal ressalta a ação dos fatores abióticos mais intensos nestes locais, o que possivelmente foi determinante na baixa ocupação do setor adjacente frente por *D. ecastaphyllum*. Formações arbustivas em setores protegidos da duna já foram observadas (Doing, 1985; Avis; Lubke, 1996; Lubke, 2004; Guimarães, 2006). Doing (1985) também assinalou a presença de *D. ecastaphyllum* em setores da duna frontal mais protegidos em uma região no oeste da África e Camargo et al. (2009) relataram a presença predominante de *D. ecastaphyllum* em uma restinga de estágio médio de regeneração (escrube), no litoral de São Paulo. Isto permite inferir que a área do presente estudo encontra-se em estágio intermediário de sucessão, já que a constituição vegetal entre as áreas foi semelhante.

A expansão da espécie não ocorreu da mesma forma em todos os setores ao longo do ano, mas foi possível notar que seu crescimento ocorreu nos períodos mais quentes. Uma maior expansão nos períodos de maior temperatura e retrações nos períodos frios também foram evidenciadas por Peixoto (2005) na Praia do Santinho para *D. ecastaphyllum* e outras espécies que apresentaram maior crescimento na primavera e/ou verão. A variação climática sazonal pode atuar positivamente sobre o desenvolvimento da vegetação (Hueck, 1955; Bernardi; Seeliger, 1989; Peixoto, 2005), como em períodos em que ocorrem grandes chuvas e elevações na temperatura (Bernardi, Seeliger, 1989, Castellani, 2003). Do mesmo modo, a redução de crescimento de espécies perenes durante o inverno (Cordazzo; Seeliger, 1988) é relacionada tanto às condições ambientais sub-ótimas quanto a processos naturais de indução a períodos de repouso (Seeliger, 1998).

O padrão inicial do número espécies.m^{-2}, maiores nos setores adjacentes que nos de *Dalbergia*, manteve-se similar após um ano, apesar de terem ocorrido mudanças, como a tendência de redução no número de espécies no setor *Dalbergia* fundo e do aumento no setor adjacente frente. Sugere-se que, com a maior taxa de expansão de *Dalbergia* ao fundo, pode ter ocorrido maior sombreamento e isto esteja atuando negativamente sobre o crescimento de outras espécies no setor anteriormente colonizado. A competição por luz em estágios sucessionais mais avançados favorece espécies mais altas e que investem recursos em caules e folhas (Olff; Huisman; van-Tooren, 1993). Por outro lado, houve aumento no número de espécies no setor adjacente frente, onde foi baixa a ocupação de *D. ecastaphyllum*, observando-se tanto neste setor como em *Dalbergia* frente um aumento na cobertura destas espécies. A baixa ocorrência de *D. ecastaphyllum* no

setor adjacente frente e as aberturas em sua copa no setor *Dalbergia* frente, devido à estrutura dos ramos com folhas menos vigorosas, possivelmente possibilitaram um aumento na cobertura das outras espécies no setor *Dalbergia* frente.

Espécies de pioneiras como herbáceas apresentam menores quantidades de tecidos de sustentação, o que propicia um crescimento rápido, ao contrário de espécies tardias que são de crescimento lento, entretanto essas alcançam maior altura, dominam o espaço e bloqueiam a entrada de luz para espécies mais baixas (Begon; Townsend; Harper, 2007).

Corrobora a ideia da influência negativa da cobertura de *D. ecastaphyllum* sobre as outras espécies sob sua copa, a regressão negativa obtida entre a porcentagem de cobertura de *Dalbergia* e a variação na cobertura das demais espécies nas parcelas efetivamente colonizadas por *Dalbergia* nos setores adjacentes. No entanto a regressão também mostra que sua presença não é o único fator relevante para este decréscimo.

O padrão observado de menor número de espécies nos setores frontais de duna quando comparados aos respectivos setores de fundo, também podem estar relacionados a fatores limitantes como o vento, dessecação, alta salinidade (Hesp, 1991), soterramento e erosão (Moreno-Casasola, 1986; Crawford, 1989), que atuam em um gradiente abiótico de comprovada existência nos ecossistemas costeiros (Bresolin, 1979; Hesp, 1991). Somente poucas espécies herbáceas halófilas conseguem resistir a estas condições severas existentes em ambientes próximos ao mar nos estágios iniciais de sucessão (Bresolin, 1979). A presença de crescimento rizomatoso, que permite uma ocupação rápida e a fixação de dunas, além de diversos mecanismos morfológicos (Seeliger, 1998) ou fisiológicos aumentam a capacidade de tolerar condições extremas (Hesp, 1991).

No presente estudo a riqueza nas áreas adjacentes à *D. ecastaphyllum* foram maiores que nos setores ocupados pela espécie. Cirne; Scarano (2001) e Cirne; Zaluar; Scarano (2003) relataram a presença de *Andira legalis* (Fabaceae) formando agrupamentos monoespecíficos com galhos entrelaçados ou co-ocorrendo com *Allagoptera arenaria* e *Swartzia apetala* de forma dominante e afetando negativamente a diversidade do local. Em um estudo desenvolvido nas dunas frontais da Praia do Santinho, Peixoto et al. (2006) mostraram que *D. ecastaphyllum* atuou de maneira semelhante sobre a diversidade local, onde de um total de 25 espécies levantadas sob o seu dossel,

apenas *Hydrocotile bonariensis* e *Panicum racemosum* ocorreram com baixa cobertura. O hábito arbustivo e de grande adensamento de *D. ecastaphyllum* modifica o ambiente, pois causa sombreamento, diminuição de irradiação solar, incidência de ventos, movimentação de areia e aumento de serapilheira. Wisheu; Keddy (1994) sugeriram que setores protegidos favorecem a colonização de espécies arbustivas, reduzindo, em parte, a ocorrência de espécies herbáceas, que são adaptadas às áreas de maior dinamismo.

Lubke; Avis (2000) estudando a sucessão de dunas da África do Sul por 17 anos encontraram que nas etapas sucessionais que ocorrem nos sistemas de dunas, espécies pioneiras como gramíneas, ciperáceas e herbáceas em geral ocupam áreas úmidas com baixas coberturas. Posteriormente, a riqueza aumenta ao longo do tempo, até que espécies arbustivas tornam-se mais abundantes provocando a queda da riqueza de herbáceas e consequente estabilização da vegetação.

O papel de espécies tardias na sucessão em condições extremas ainda é discutido e estudos indicam que algumas espécies podem atuar como facilitadoras, amenizando estas condições e promovendo o estabelecimento de espécies (Bertness; Callaway, 1994; Zaluar; Scarano, 2000; Beduschi, 2010). Outros trabalhos afirmam que espécies arbustivas atuam de forma negativa sobre herbáceas (Olff; Huisman; van-Tooren, 1993). Contudo, processos antagônicos podem ocorrer simultaneamente (Callaway; Walker, 1997) uma vez que estas inter-relações dependem de quais espécies estão em questão (Holmgren; Scheffer; Huston, 1997). *D. ecastaphyllum* diminuiu a riqueza de espécies na formação herbácea-subarbustiva da duna frontal da Praia da Joaquina ao longo das últimas décadas ao passo que expandiu sua cobertura (Capítulo 1), mas não se sabe ao certo seu possível efeito sobre o estabelecimento de uma formação arbustivo-arbórea. O caráter competitivo de *D. ecastaphyllum* segue as tendências observadas em processos competitivos, como a consequente perda de peso, decréscimo da cobertura ou crescimento dos indivíduos (Martínez; García-Franco, 2004).

Uma possível alteração na arquitetura dominante encontrada atualmente poderia ocorrer por efeitos de distúrbios abióticos ou pela presença herbívoros e parasitas (Pickett; Collins; Armesto, 1987). Isso diminuiria o domínio de *D. ecastaphyllum* e poderia causar um retorno a formações de estágios iniciais de sucessão. Em contrapartida, outra etapa sucessional possível se estabeleceria se *D. ecastaphyllum*

desempenhasse um papel facilitador para as espécies arbustivas e arbóreas, o que levaria a evolução de complexidade do sistema.

O crescimento vegetativo auxilia na fixação do substrato (Bernardi; Seeliger, 1989) e permite ocupar extensas áreas. Isso pode ter favorecido a grande expansão de *D. ecastaphyllum* em menos de uma década sobre o setor de duna frontal em estudo (Capítulo 1). *D. ecastaphyllum* encontra-se em expansão sobre as dunas frontais da Praia da Joaquina, ocupando em 2007 mais de 22.000 m² (Capítulo 1).

O presente estudo, em curto prazo, e o desenvolvido por Zocche-de-Souza (Capítulo 1) dão indícios de que *D. ecastaphyllum* está influenciando negativamente a presença de espécies sob sua copa. Também pode se confirmar a existência de comunidades diferentes entre os setores mais próximos do mar e os mais protegidos da duna, possivelmente devido ao gradiente de fatores abióticos no sentido mar-continente atuante em áreas costeiras. Além disso, a espécie mostrou uma retração de cobertura nos meses frios do ano e expansão nos meses quentes, característica observada em plantas perenes de dunas.

Referências bibliográficas

ASSUMPÇÃO, J.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no Complexo Lagunar Grusaí/Iquipari, São João da Barra , RJ, Brasil. **Acta Botânica Basílica.** v.14, n.3, p.301-315, 2000.

AVIS, A. M.; LUBKE, R. A. Dynamics and succession of coastal dune vegetation in the Eastern Cape, South África. **Landscape and Urban Planning**, v.34, p.237 - 254, 1996.

AYRES, M.; AYRES Jr, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **BioEstat**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém; Sociedade Civil Mamirauá: MCT-CNPq, 2007.

BEDUSCHI, T. **Demografia de *Clusia criuva* Cambess. (Clusiaceae) e a influência das interações positivas para seu estabelecimento e sobrevivência no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC**. 2010. 101 f. Dissertaçao (Mestrado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia de indivíduos a ecossistemas.** 4 ed. Porto Alegre:Artmed, 2007. 740 p.

BERNARDI, H.; SEELIGER, U. Population biology of *Blutaparon Portulacoides* (St. Hill) Mears on Southern Brazilian backshores. Ciência e Cultura, v.41, n.1, p.1110 - 1113, 1989.

BERTNESS, M. D.; CALLAWAY, R. Positive interactions in communities. **Trends in Ecology and Evolution**. v.9, p.191-193, 1994.

BRESOLIN, A. Flora da restinga da Ilha de Santa Catarina. **Insula,** v. 10, p.1-54, 1979.

CALLAWAY, R. M.; WALKER, L. R. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology,** v. 78, p.1958-1965, 1997.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre:Artmed, 2003. 256 p.

CAMARGO, T. C. C.; NOVAES, L. L.; MAGENTA, M. A. G.; MOURA, C.; PASTORE, J. A. Caracterização do estágio sucessional da vegetação da restinga da Vila Barra do Una, Peruíbe – SP. **IF Série Registros**, São Paulo, n. 40, p. 83-87, 2009.

CARVALHO, A. M. A synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae: Dalbergiae) in Brazil. **Brittonia**, v. 49, n. 1, p. 87-109, 1997.

CASTELLANI, T. T. **Estrutura e dinâmica populacional de *Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Brown (Convolvulaceae) na Ilha de Santa Catarina.** 2003. 203 f. Tese (Doutorado em Ecologia) Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CASTELLANI, T. T.; PEIXOTO, J. R. V.; LOPES, B. C. Mudança da vegetação de duna frontal após 16 anos (Praia da Joaquina, Florianópolis, SC). In: Congresso Nacional de Botânica, 56, 2005, Curitiba. **Anais...** 2005.

CASTELLANI, T. T.; PEIXOTO, J. R. V.; LOPES, B. C. Variação de longo prazo na vegetação da duna frontal da Praia da Joaquina, SC. In: Semana Nacional de Oceanografia, 16, 2004, Itajaí. **Anais...** 2004.

CECCA – Centro de Estudos Cultura e Cidadania. **Unidades de conservação e áreas protegidas da Ilha de Santa Catarina:** caracterização e legislação. Florianópolis: Editora Insular, 160p. 1997.

CIRNE, P.; ZALUAR, H. L. T.; SCARANO, F. R. Plant diversity, interespecific association, and postfire resprouting on a sandy spit in a brazilian coastal plain. **Ecotropica,** v.9, p.33-38, 2003.

CIRNE,P.; F. R. SCARANO. Resprouting and growth dynamics after fire of the clonal shrub Andira legalis (Leguminosae) in a sandy coastal plain in southeastern Brazil. **Journal of Ecology**, v.89, p. 351–357, 2001.

CLARKE, K. R., R. N. GORLEY. **PRIMER**. Versão: 6 beta. PRIMER-E,Plymouth, UK. 2006.

CORDAZZO C. V.; SEELIGER, U. Phenological and biogeographical aspects of coastal dune plant communities in southern Brazil.**Vegetatio**, v.75, n. 3, p.169–173, 1988.

CRAWFORD, R. M. M. **Studies in plant survival.** London: Blackwell, 1989. v. 11, 296 p.

DOING, H. Coastal fore-dune zonation and succession in various parts of the world. **Vegetatio**. v.61, p.65-75, 1985.

FALKENBERG, D. B. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula**, v.28, p.1-30, 1999.

GUIMARÃES, T. B. **Florística e fenologia reprodutiva de plantas vasculares na restinga do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC.** 2006. 107f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2006.

HESP, P.A. Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. **Journal of Arid Environments**, v.21, p.165-191, 1991.

HOLMGREN, M.; SCHEFFER, M.; HUSTON, M. A. The interplay of facilitation and competition in plant communities. **Ecology**, v. 78, n. 7, p. 1966-1975, 1997.

HUECK, K. **Plantas e formação organogênica das dunas no litoral paulista -** Parte 1. Instituto de Botânica, São Paulo, 1955.130 p.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 2. ed. Amsterdam:Elsevier, 1998. 853 p.

LUBKE, R. A.; AVIS, A. M. 17 years of change in a dune slack community in the Eastern Cape. In: **Proccedings IAVS Symposium.** Uppsala:Opulus Press. p.35-38, 2000.

LUBKE, R. A. Vegetation dynamics and succession on sand dunes of the eastern coasts of Africa. In: MARTÍNEZ, M.L.; PSUTY, N.P. (Eds.) **Coastal Dunes, Ecology and Conservation.** Berlin: Springer-Verlag, Ecological studies, v.171, p.66-83, 2004.

MARTÍNEZ, M. L.; GARCÍA-FRANCO, J. G. Plant-plant interactions in coastal dunes. In: Martínez, M.L. and Psuty, N.P. (eds) **Coastal Dunes. Ecology and Conservation**. Berlin: Springer, v.171, p.205-220, 2004.

MARTÍNEZ, M.L.; VÁZQUEZ, G.; SÁNCHEZ -COLÓN, S. Spatial and temporal dynamics during primary succession on tropical coastal sand dunes. **Journal of Vegetation Science**, v.12, p.361-372, 2001.

MAUN, M. A. Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. **Canadian Journal of Botany**, v.76, p.713-738, 1998.

MEIJDEN, E. V. D.; WAALS-KOOI, R.E. V. D. The population ecology of *Senecio jacobaea* in sand dune system. **Journal of Ecology**, v.67, p.131-153, 1979.

MORENO-CASASOLA, P. Sand movement as a factor in the distribution of plant communities in a coastal dune system. **Vegetatio**, v.65, p.67–76, 1986.

MORENO-CASASOLA, P.; ESPEJEL, I. Classification and ordination of coastal sand dune vegetation along the Gulf and Carribbean Sea of Mexico. **Vegetatio**, v.66, p.147-182, 1986.

NOVO, F. G.; DÍAZ-BARRADAS, M. C.; ZUNZUNEGUI, M.; GARCÍA-MORA, R.; GALLEGO-FERNÁNDEZ; J. B. Plant functional types in coastal dune habitats. In: Martínez, M.L. and Psuty, N.P. (eds) **Coastal Dunes. Ecology and Conservation**. Berlin: Springer, v.171, p.155 – 168, 2004.

OLFF, H.; HUISMAN, J.; Van-TOOREN, B. F. Species dynamics and nutrient accumulation during early primary succession in coastal sand dunes. **Journal of Ecology**, v.81, n.4, p.693-706, 1993.

PEIXOTO, J. R. **Análise morfossedimentar da Praia do Santinho e sua relação com a estrutura e dinâmica da vegetação "pioneira" da duna frontal, ilha de Santa Catarina, SC, Brasil**. 2005. 76 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PEIXOTO, J. R., FILHO, N. O., CASTELLANI, T. T., OLIVEIRA, U. R. Summer Variations of the Morphology and the Pionner Vegetation of the Foredune in the Santinho Beach, Santa Catarina Island , SC , Brazil. **Journal of Coastal Research**, n.39, 2006.

PICKETT, S. T. A.; COLLINS, S. L.; ARMESTO, J. J. Models, mechanisms and pathways of succession. **The Botanical Review,** v.53, n.3, p.335-371, 1987.

SANTOS, C. R.; CASTELLANI, T. T.; HORN FILHO, N. O. "Pioneer" vegetation dynamics at the beach and fore dunes in Joaquina beach, Santa Caterina Island, Brazil. Annals of the Brazilian Academy of Sciences, v.68, p.495-508, **Anais…** 1996.

SEELIGER, U. A flora das dunas costeiras. In: U. Seeliger, C. Odebrecht, J. P. Castello. (eds) **Ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil**, Rio Grande: Ecoscientia, p.109-114, 1998.
SEELIGER, U.; CORDAZZO C.V.; OLIVEIRA C. P. L.; SEELIGER, M. Long-term changes of coastal foredunes in the southwest Atlantic. **Journal of Coastal Research**. v.16, n.4, p.1068-1072, 2000.

SOKAL, R. R.; ROHLF, J. F. **Biometry**: The principles and practice of statistics in biological research. 3. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 1997. 850p.

STATSOFT INC. **Statistica** (data analysis software system): versão 7.0, 2004.

SYSTAT SOFTWARE. Sigmaplot for Windows Version 10.0. 2006.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica:** uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Ed. Interciência. 2000. 117p.

VIEIRA, S. **Análise de variância (ANOVA).** São Paulo: ATLAS, 2006. 204 p.

WILSON, J. B.; SYKES, M. T. Is zonation on coastal sand dunes determined primarily by sand or salt spray? A test in New Zealand dunes. **Ecology Letters**, v.2, p.233-236. 1999.

WISHEU, I.C.; KEDDY, P.A. The low competitive ability of Canada's atlantic coastal plain shoreline flora: implications for conservation. **Biological Conservation**, v.68, p.247-252. 1994.

ZALUAR, H. L. T.; SCARANO, F. R. Facilitação em restingas de moitas: um século de buscas por espécies focais. In: F. A. Esteves; L. D. Lacerda. (eds.) **Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras**. Macaé: NUPEM/UFRJ, p.03-23, 2000.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis.** Prentice-Hall, Inc., 4 ed. New Jersey:Englewood Cliffs. 1999.

ZOCCHE-DE-SOUZA, P. **Mudanças de longo prazo em vegetação de restinga no sul do Brasil: A expansão de *Dalbergia ecastaphyllum***

(L.) Taub. 24 f. capítulo de Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

Considerações finais

Dalbergia ecastaphyllum encontra-se em expansão sobre o sistema de dunas frontais da Praia da Joaquina, tendo concentrado sua expansão principalmente nesta última década que apresentou as maiores temperaturas dos últimos 30 anos. Com sua ocupação, a formação herbácea-subarbustiva encontrada nos setores colonizados foi alterada, registrando-se uma perda de riqueza e diversidade de espécies, possivelmente devido às mudanças microclimáticas provocadas pela ocupação desta planta arbustiva. O grande sombreamento fornecido por *D. ecastaphyllum* pode ser benéfico ao diminuir a intensa radiação solar, altas temperaturas, ação dos ventos, níveis de transpiração, mas por outro lado, este mesmo fator pode influenciar negativamente o crescimento de espécies heliófilas, dificultar a germinação pela formação de uma espessa camada de serapilheira ou até competir por recursos.

A baixa expansão de *D. ecastaphyllum* e a aparência dessecada da espécie no setor frontal da duna, aquele voltado ao mar, corroboram a idéia de uma influência mais acentuada de fatores abióticos como vento e spray salino neste setor. Sugere-se que a espécie continuará expandindo mais em direção ao setor protegido de duna e que o setor frontal poderá ser ocupado a partir de novos agrupamentos formados em locais protegidos pelas dunas embrionárias e posteriormente unindo-se a outras manchas existentes.

No entanto, os agentes abióticos não são os únicos fatores determinantes na presença ou ausência de espécies nesse ambiente de dunas. As interações interespecíficas ocorrem entre os indivíduos a todo o momento, seja por facilitar a ocupação de uma nova espécie ou por competir e impedir a entrada de um novo elemento na comunidade. O balanço desses processos é realizado levando-se em conta diversos componentes como, quais espécies estão em questão, seu estágio de vida e sua capacidade de responder à presença de outros indivíduos no seu habitat. A diferença de diversidade observada entre setores ocupados e não ocupados por *D. ecastaphyllum* subsidia a hipótese de que as espécies desta comunidade herbácea-subarbustiva são afetadas negativamente na sua presença.

Formações arbustivas representam estágios intermediários de sucessão em restinga em Santa Catarina. Sugere-se que a formação dominada por *D. ecastaphyllum* representa um estágio intermediário, porém a duração desta etapa é incerta e influenciada pelas mudanças no

clima local. Temperaturas elevadas, como as que ocorreram ao longo dos últimos anos, possibilitariam que as formações vegetais dominadas por *D. ecastaphyllum* sejam sucedidas por formações mais complexas contendo espécies arbóreas? Sob menores temperaturas e pluviosidades, a cobertura de *D. ecastaphyllum* poderia não ser favorecida, levando a um retrocesso da formação atual para formações mais pioneiras, com ocorrência de gramíneas e demais herbáceas novamente?

Assim, sugere-se que novos estudos analisem tanto a biologia de *D. ecastaphyllum* quanto a sua expansão no sistema de dunas frontais da ilha de Santa Catarina. Experimentos de remoção da sua cobertura vegetal em áreas de borda de manchas bem como em seu interior podem auxiliar no entendimento do seu papel sobre outras espécies, tanto herbáceas e subarbustivas quanto arbustivas ou arbóreas. Outros como o plantio de espécies de dunas sob a copa de *D. ecastaphyllum* podem ajudar a compreender sua influência sobre estas germinações. Muitos estudos como esses podem ampliar os conhecimentos sobre a ecologia de restinga.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo