



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Antonio Janilson Castelo Sousa

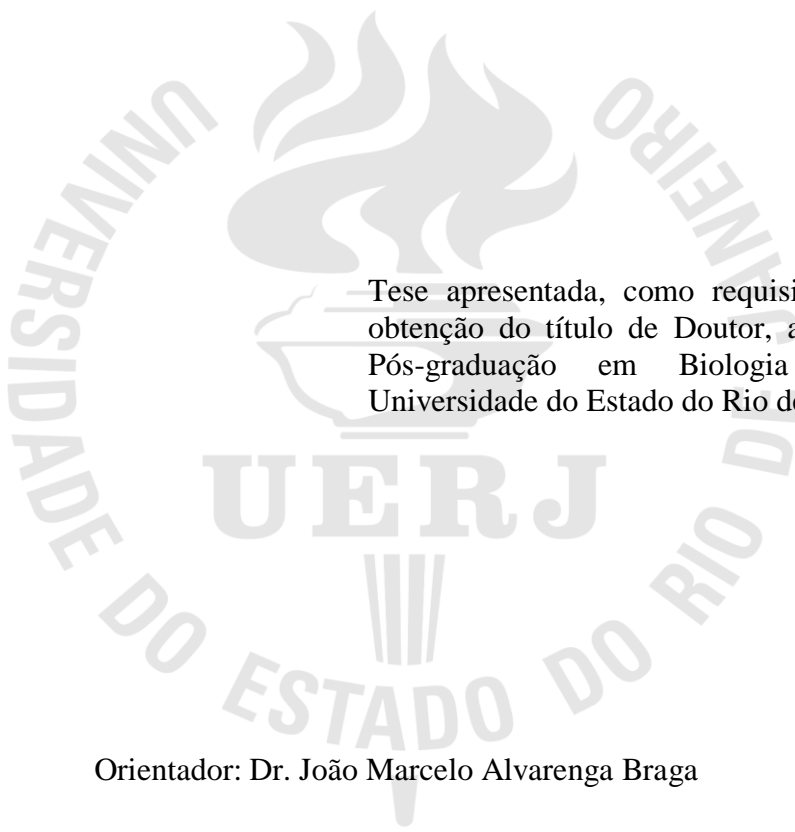
**Variações espaço-temporais e características funcionais
da vegetação de dunas costeiras no Sudeste do Brasil**

Rio de Janeiro

2017

Antonio Janilson Castelo Sousa

**Variações espaço-temporais e características funcionais
da vegetação de dunas costeiras no Sudeste do Brasil**



Tese apresentada, como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor, ao Programa de
Pós-graduação em Biologia Vegetal da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Dr. João Marcelo Alvarenga Braga

Rio de Janeiro

2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

C349 Castelo, Antonio Janilson.
Tese Variações espaço-temporais e características funcionais da
vegetação de dunas costeiras no Sudeste do Brasil / Antonio
Janilson Castelo. - 2017.
130 f.: il.
Orientador: João Marcelo Alvarenga Braga.
Tese (Doutorado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.
Inclui bibliografia.

1. Vegetação de dunas – Brasil – Teses. 2. Ecologia costeira –
Brasil – Teses. Ecologia de comunidades - Teses. 2. Dinâmica
temporal da vegetação - Teses. I. Braga, João Marcelo
Alvarenga. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.

CDU 581.5(81)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta
tese/dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Antonio Janilson Castelo Sousa

**Variações espaço-temporais e características funcionais
da vegetação de dunas costeiras no Sudeste do Brasil**

Tese apresentada, como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor, ao Programa de
Pós-graduação em Biologia Vegetal da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em ____ de fevereiro de 2017.

Orientador:

Dr. João Marcelo Alvarenga Braga
Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro

Banca Examinadora:

Dr. João Marcelo Alvarenga Braga (Titular)
Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Roberto Lourenço Esteves (Titular)
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. André Felipe Nunes de Freitas (Titular)
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Dr. Pablo José Francisco Pena Rodrigues (Titular)
Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Marcelo Guerra Santos (Titular)
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2017

RESUMO

CASTELO, A.J. *Variações espaço-temporais e características funcionais da vegetação de dunas costeiras no Sudeste do Brasil*. 2017. 130 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

As zonas costeiras são sistemas altamente dinâmicos e os fenômenos naturais induzem mudanças significativas nas comunidades de plantas. Além disso, fatores ambientais associados com a distância do mar e os atributos do solo podem ter grandes efeitos sobre a vegetação de dunas costeiras. Baseados nestas premissas, os objetivos deste estudo foram avaliar as mudanças na composição de espécies e estrutura da vegetação, no espaço e no tempo, relacionadas com a precipitação sazonal; detectar a variação de espécies e a estrutura funcional em um gradiente de distância do mar; avaliar a variação espacial dos atributos do solo ao longo do gradiente de distância do mar, e a variação temporal destes em função da precipitação sazonal; e apresentar uma lista atualizada das espécies da vegetação de dunas costeiras do estado do Rio de Janeiro. A vegetação foi amostrada durante três anos, nos períodos chuvosos e secos, em três restingas do estado do Rio de Janeiro (Brasil), através de 120 parcelas permanentes de 1 m² ao longo de transectos perpendiculares ao mar. Foram selecionados 10 atributos funcionais relacionados à dispersão, estabelecimento e persistência das espécies. Foram coletadas 10 amostras compostas de solo em cada área e período, a uma profundidade de 0-15 cm, e realizadas análises química e granulométrica. Além disso, foi realizado o levantamento florístico e bibliográfico da vegetação nas nove regiões de restinga deste estado. Os resultados indicam que a mudança temporal na composição de espécies foi devido à ocorrência das espécies raras localmente, enquanto a mudança na estrutura da vegetação (cobertura, frequência, dominância) foi relacionada com a precipitação sazonal e a dinâmica costeira. No entanto, foram encontrados padrões temporais distintos na composição e estrutura das três áreas, possivelmente devido aos filtros ecológicos e heterogeneidade dos ambientes. Sazonalmente, nos períodos chuvosos houve aumento da frequência e cobertura total das espécies, enquanto nos períodos secos houve redução. Deste modo, as espécies dominantes revezaram-se entre os períodos sazonais influenciadas pela precipitação ou por processos de acreção/erosão de areia. Essas espécies têm atributos diferenciados e esses atributos mudam ao longo do gradiente. As diferenças na estrutura e diversidade funcional em relação ao gradiente de distância indicam processos de filtragem distintos na montagem desses sistemas de dunas. A diversidade funcional foi positivamente associada à distância do mar em duas áreas. Os atributos funcionais mais importantes, associados ao gradiente de distância, foram o comprimento e espessura foliar, a clonalidade e o comprimento de semente. Os resultados também mostraram que alguns atributos do solo variaram ao longo do gradiente de distância do mar. As três áreas apresentaram diferenças na granulometria do solo e correlação positiva entre a capacidade de troca catiônica do solo e o conteúdo de matéria orgânica. Somente a soma de bases trocáveis e a capacidade de troca catiônica efetiva apresentaram correlação negativa com a precipitação na área 2, o Na apresentou correlação negativa na área 3, e não houve correlações significativas na área 1. Adicionalmente, não houve variação temporal dos atributos do solo nas três áreas. Foram registradas 98 espécies, distribuídas em 81 gêneros e 38 famílias, sendo as famílias de maior riqueza específica Asteraceae (12 espécies), Poaceae (12 espécies), Fabaceae (11 espécies) e Rubiaceae (6 espécies). A maioria das espécies é de hábito herbáceo, predominando as espécies caméfito-autocóricas. Apresentam ampla distribuição geográfica ou estão restritas a alguns estados brasileiros, e se assemelham mais ao bioma de Mata Atlântica. Esses resultados são importantes na compreensão da dinâmica espaço-temporal, dos atributos funcionais da vegetação de dunas, dos atributos dos solos e conservação dos ecossistemas costeiros.

Palavras-chave: Ecologia de comunidades, dinâmica espacial e temporal, Restinga.

ABSTRACT

CASTELO, A.J. *Spatial and temporal variations and functional traits in the sand dunes vegetation in southeastern Brazil*. 2017. 130 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Coastal zones are highly dynamic systems and natural phenomena induce significant modifications in plant communities. Moreover, environmental factors associated with sea distance and soil attributes can have large effects on coastal dune vegetation. The objectives of this study were evaluate changes in species composition and structure of sand dune vegetation, in space and time, related to seasonal precipitation; detect variation species and functional structure in a gradient of distance from seashore; evaluate the spatial variation of soil attributes of sand dune vegetation along the sea distance gradient, and the temporal variation of these attributes as a function of seasonal precipitation; and present an updated list of species of the coastal dune vegetation of the state of Rio de Janeiro. The vegetation was sampled during three years, in the rainy and dry seasons, in three *restingas* on the coast of the state of Rio de Janeiro (Brazil), throughout the 120 permanent plots of 1 m² along transects perpendicular to the sea. Ten traits related to dispersal, establishment, and persistence were selected. Ten composite soil samples were collected in each site and during each season at a depth of 0-15 cm, chemical and granulometric analyses were conducted. Furthermore, floristic survey and bibliographic review of the nine *restingas* regions of this state has been carried out. Results indicate that temporal change of species composition were due to the occurrence of locally rare species, while change of the vegetation structure (cover, frequency, dominance) was related to seasonal precipitation and coastal dynamics. However, distinct temporal patterns of composition and structure were found between the three sites, possibly as a result of ecological filters and environment heterogeneity. Seasonally, during rainy periods there were increases in frequency and total cover of the species, while during dry periods there were reductions. Therefore, the dominant species alternated between seasonal periods influenced by precipitation or by sand accretion/erosion processes. These species have differentiated attributes, and these attributes change along the gradient. Differences in functional structure and diversity in relation to the distance gradient indicate distinct filtering processes in the assembly of these dune systems. Functional diversity was positively associated with the distance from the sea in two sites. The most important functional traits associated with the distance gradient were the leaf length and thickness, clonality, and seed length. Results also showed that some soil attributes varied along the sea distance gradient. The three sites presented differences in soil granulometry and positive correlation between cation exchange capacity and soil organic matter. Only the total exchangeable bases and the effective cation exchange capacity presented negative correlation with precipitation in site 2, sodium (Na) presented negative correlation in site 3, and there was no significant correlation in site 1. Additionally, there were no temporal variations of soil attributes in any of the sites. Ninety-eight species were registered, distributed along 81 genera and 38 families, from which the species richest families are Asteraceae (12 species), Poaceae (12 species), Fabaceae (11 species) and Rubiaceae (6 species). The majority of the species have herbaceous habits, predominantly the camephyte-autochoric species. They present wide geographical distribution or are restricted to some of the Brazilian states, mostly those resembling the Atlantic Forest. These results are important in understanding spatial-temporal dynamics, functional attributes of dune vegetation, soil attributes and conservation of coastal ecosystems.

Keywords: Community ecology, spatial and temporal dynamics, *Restingas*.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	9
1 MUDANÇAS ESPAÇO-TEMPORAIS DA VEGETAÇÃO DE DUNAS COSTEIRAS TROPICAL	22
1.1 Introdução	23
1.2 Metodologia	24
1.3 Resultados.....	27
1.3.1 Mudanças na composição de espécies.....	27
1.3.2 Mudanças na estrutura da vegetação	31
1.4 Discussão.....	36
1.5 Conclusão	39
REFERÊNCIAS.....	41
APÊNDICE	48
2 MUDANÇAS NA ESTRUTURA E ATRIBUTOS FUNCIONAIS AO LONGO DO GRADIENTE DA VEGETAÇÃO DE DUNAS TROPICAL	54
2.1 Introdução	55
2.2 Metodologia.....	57
2.3 Resultados.....	63
2.3.1 Estrutura da vegetação e composição de espécies.....	63
2.3.2 Estrutura e diversidade funcional	63
2.4 Discussão.....	69
2.5 Conclusão	72
REFERÊNCIAS.....	74
APÊNDICE	82
3 VARIAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DOS ATRIBUTOS DO SOLO DA VEGETAÇÃO DE DUNAS COSTEIRAS TROPICAL	84
3.1 Introdução	85
3.2 Metodologia.....	86
3.3 Resultados.....	89
3.3.1 Granulometria do solo	89
3.3.2 Variação espacial dos atributos do solo.....	91
3.3.3 Gradiente de distância do mar e os atributos do solo	95
3.3.4 Capacidade de troca catiônica (T) e conteúdo de matéria orgânica (M.O)	99

3.3.5 Precipitação e os atributos do solo	99
3.3.6 Variação temporal dos atributos do solo	99
3.4 Discussão	100
3.5 Conclusão	103
REFERÊNCIAS	105
4 FLORA DA VEGETAÇÃO DE DUNAS COSTEIRAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL	113
4.1 Introdução	114
4.2 Metodologia	115
4.3 Resultados	117
4.3.1 Diversidade florística.....	117
4.3.2 Hábito, forma de vida e síndrome de dispersão.....	117
4.3.3 Distribuição geográfica e bioma de ocorrência	119
4.4 Discussão	124
REFERÊNCIAS	126
APÊNDICE	129

INTRODUÇÃO GERAL

A vegetação de dunas costeiras é um dos tipos de vegetação das restingas, localizada na região pós-praia e composta pela formação halófila, estabelecida na parte superior da praia, e pela formação psamófila, estabelecida na anteduna, duna ou áreas de areia móvel (PEREIRA, 1990; MENEZES e ARAUJO, 1999). O ambiente nas dunas é caracterizado pela presença de *spray* salino, substrato arenoso com baixa disponibilidade de água e nutrientes, elevada temperatura e radiação solar, além dos ventos fortes e constantes (HESP, 1991; COSTA *et al.*, 1996; MAUN, 1997; BEDUSCHI e CASTELLANI, 2008; GORNISH e MILLER, 2010). No entanto, as espécies estão adaptadas ao déficit hídrico, alta luminosidade e temperatura (BOEGER e GLUZEZAK, 2006; ARRUDA *et al.*, 2009), alta salinidade, ventos fortes e escassez de nutrientes (ALMEIDA e ARAUJO, 1997; KUSTER, 2010).

A vegetação de dunas costeiras é comum no mundo, especialmente no Brasil, Nova Zelândia, Austrália, México, América Central, na maior parte da África e na costa do golfo dos Estados Unidos (ARAUJO e PEREIRA, 2009). Na costa brasileira ocorre na maioria das restingas, entretanto, apresentam diferenças na composição de espécies e estrutura das comunidades (ARAUJO e HENRIQUES, 1984; PEREIRA *et al.*, 1992). Em detrimento da formação geomorfológica recente das planícies costeiras brasileiras, as espécies vegetais são oriundas dos ecossistemas adjacentes como Caatinga, Cerrado, Floresta Amazônica e mais comumente da Mata Atlântica (FREIRE, 1990; RIZZINI, 1997; ARAUJO *et al.*, 1998; CERQUEIRA, 2000; SCARANO, 2002; ROCHA *et al.*, 2004; ARAUJO e PEREIRA, 2009). As espécies são principalmente herbáceas, prostradas ou semiprostradas, porém é comum a ocorrência de espécies arbustivas (CASTELO, 2013). Em função do gradiente ambiental de distância do mar, apresentam-se distribuídas em zonas específicas, conforme a capacidade de estabelecimento das espécies (DANSEREAU, 1947; PFADENHAUER, 1978; TEIXEIRA-FILHO *et al.*, 1994).

Esta vegetação desempenha um importante papel ecológico na fixação e estabilização de dunas (CORDAZZO e SEELIGER, 1995; BIGARELLA, 2001; KIM e EWING, 2006; CHAKRABORTY *et al.*, 2012; MONSERRAT *et al.*, 2012), retendo os sedimentos e estabilizando o substrato arenoso, reduzindo o processo de erosão e preservando a geomorfologia praial (HARVEY e CATON, 2010; CHAKRABORTY *et al.*, 2012) e protegendo as zonas interiores (MILLER *et al.*, 2010). Assim, a remoção dessa cobertura vegetal pode resultar em críticas mudanças ecológicas, afetando os processos ecossistêmicos,

acelerando a erosão pelo vento, ameaçando a biodiversidade e comprometendo a praia como um recurso turístico (MONSERRAT *et al.*, 2012).

Muitas áreas de dunas ao redor do mundo estão em risco devido ao aumento do nível do mar causado pelas mudanças climáticas (FEAGIN *et al.*, 2005) e distúrbios naturais cada vez mais fortes (EMANUEL, 2005). Essas comunidades apresentam grande diversidade de plantas exclusivamente adaptadas ao ambiente costeiro (GREIPSSON, 2002), enfrentando condições ambientais e ecológicas extremas, sendo muito sensíveis à perturbação (MARTINS *et al.*, 2010). Além disso, muitos sistemas de dunas ao longo da costa brasileira (MENEZES-SILVA, 1998) e em muitas regiões do mundo já foram suprimidos como consequência do avanço populacional e industrial (CELSI e MONSERRAT, 2008; MONSERRAT *et al.*, 2012). Atualmente, grandes esforços estão voltados para a recuperação e estabilização das dunas costeiras, em particular das dunas frontais (KUTIEL *et al.*, 2004), consistindo de grande importância a conservação desses ecossistemas e o seu eficiente gerenciamento (WAECHTER, 1990).

As zonas costeiras são sistemas altamente dinâmicos devido à proximidade do mar e predisposição às suas drásticas mudanças (ARAÚJO *et al.*, 2002; BALICA *et al.*, 2012). Os eventos associados a ressacas, como tempestades, furacões, tufões ou ciclones, representam um dos principais distúrbios de alteração morfológica em curto período devido à ação das ondas (BULHÕES *et al.*, 2010), podendo causar fortes efeitos sobre as comunidades de dunas, reduzindo ou eliminando a cobertura vegetal (OOSTING e BILLINGS, 1942; MOLINA *et al.*, 2003; STALLINS e PARKER, 2003; MATHEW *et al.*, 2010). Por isso, essa vegetação está intimamente relacionada com as ações cíclicas marinhas, ocasionando um avanço ou recuo da vegetação, direcionando a processos sucessionais até certo estágio, por determinado tempo em uma área (MAGNANINI, 1954). No entanto, ainda existem poucos estudos detalhados e focados em mudanças na composição das comunidades costeiras de dunas ao longo do tempo (MILLER *et al.*, 2010; DEL VECCHIO *et al.*, 2015), cuja compreensão das tendências temporais é fundamental para a promoção da conservação desses ecossistemas ameaçados (SEELIGER, 2003; MARTÍNEZ *et al.*, 2004; PRISCO *et al.*, 2016).

Nos ambientes com fortes limitações de recursos e com eventos frequentes de perturbação, o sucesso do estabelecimento e persistência das espécies depende da tolerância às condições ambientais adversas e à capacidade de recolonização da área após distúrbio (GRIME, 1977, 1979). Nos sistemas de dunas costeiras, o gradiente ambiental está diretamente relacionado com a distância do mar, com aumento gradual da estabilidade do solo e redução do *spray* salino em direção ao continente, refletindo na composição de espécies

(LOMBA *et al.*, 2008). As condições ambientais são caracterizadas como fortes filtros ecológicos e a capacidade de estabelecimento e desenvolvimento das plantas nesses ambientes costeiros são aspectos chave na dinâmica das comunidades de plantas de dunas (GARCÍA NOVO *et al.*, 2004). Portanto, comunidades submetidas a forte filtragem ambiental ao longo de gradientes podem ser melhor compreendidas por meio de uma ecologia baseada em atributos e tal abordagem funcional pode contribuir para a compreensão dos padrões e processos ecológicos relacionados com as regras de montagem de comunidades.

Os solos nas restingas apresentam baixos teores em argila e matéria orgânica, com isso a capacidade de retenção de água e de cátions é baixa (HAY e LACERDA, 1984; SCARANO, 2002), apesar do incremento de biomassa vegetal através da serapilheira (PAMMENTER, 1984; SOARES, 1984). Além disso, estes solos apresentam alta salinidade, decorrente da deposição de salsugem, da elevada taxa de evapotranspiração e ventos constantes (PAMMENTER, 1984; ALEGRO *et al.*, 2004). Portanto, a vegetação de dunas está associada a solos com baixo grau de desenvolvimento pedogenético (MARTINS *et al.*, 2011). Ao longo do gradiente ambiental de distância do mar ocorre maior estabilidade do substrato, acumulação de matéria orgânica e de nutrientes, e diminuição do movimento da areia e dos níveis de *spray* salino (SYKES e WILSON, 1991; HESP, 2000). Essa distância do mar controla vários fatores ambientais, incluindo os atributos do solo ao longo de gradientes espaciais perpendiculares à costa, levando assim ao zoneamento das comunidades de plantas ou tipos de vegetação (VAN DER VALK, 1974; SYKES e WILSON, 1991; COSTA *et al.*, 1996; LEE *et al.*, 2007; HOULE, 2008; LANE *et al.*, 2008). Desta forma, os atributos do solo podem ter grandes efeitos sobre as plantas e, por isso, é importante compreender como os recursos disponíveis para as plantas variam ao longo do tempo e do espaço (CAIN *et al.*, 1999).

A quantidade de estudos, especialmente no Brasil, sobre a vegetação herbácea é significativamente menor quando comparada ao componente lenhoso, resultando na deficiência de conhecimentos sobre esse estrato. Há também, grande demanda de avaliações dessas comunidades herbáceas ao longo do tempo (MUNHOZ e ARAÚJO, 2011). Portanto, este estudo se justifica pela ausência de conhecimento das mudanças espaço-temporais da vegetação de dunas, das variações dos atributos do solo e dos atributos funcionais das espécies na costa Sudeste do Brasil - Rio de Janeiro. Assim, visamos suprir a carência de informações e auxiliar no entendimento dos padrões e processos da vegetação de dunas, tanto em escala espacial como temporal.

Desta forma, a tese está organizada em quatro capítulos:

1 - MUDANÇAS ESPAÇO-TEMPORAIS DA VEGETAÇÃO DE DUNAS COSTEIRAS TROPICAIS

O primeiro capítulo teve como objetivo avaliar as mudanças na composição de espécies e estrutura da vegetação de dunas, no espaço e no tempo, relacionadas com a precipitação sazonal. Para isso, foram analisadas a composição de espécies (riqueza, diversidade, uniformidade) e a estrutura de três comunidades (frequência, cobertura vegetal e dominância das espécies) ao longo de três anos, correspondendo a seis períodos sazonais (três chuvosos e três secos).

2 - MUDANÇAS NA ESTRUTURA E ATRIBUTOS FUNCIONAIS AO LONGO DO GRADIENTE DA VEGETAÇÃO DE DUNAS TROPICAIS

O segundo capítulo teve como objetivo detectar padrões de variação composicional e funcional com o aumento da distância do mar em três comunidades de dunas tropicais. Para isso, foram analisadas a dominância das espécies, a estrutura e diversidade funcional ao longo do gradiente ambiental de distância do mar, utilizando-se a cobertura vegetal das espécies e os atributos funcionais relacionados com processos de dispersão, estabelecimento e persistência das espécies.

3 - VARIAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DOS ATRIBUTOS DO SOLO DA VEGETAÇÃO DE DUNAS COSTEIRAS TROPICAIS

O terceiro capítulo teve como objetivo avaliar a variação espacial dos atributos do solo da vegetação de dunas ao longo do gradiente de distância do mar, e a variação temporal destes em função da precipitação sazonal. Para isso, foram analisadas a granulometria, a variação temporal dos atributos do solo e a variação espacial, no início e final da vegetação de dunas. Além disso, foram analisadas as correlações entre o gradiente de distância do mar e os atributos do solo, capacidade de troca catiônica do solo e o conteúdo de matéria orgânica, precipitação e os atributos do solo, em três comunidades de dunas ao longo de três anos, correspondendo a seis períodos sazonais (três chuvosos e três secos).

4 - FLORA DA VEGETAÇÃO DE DUNAS COSTEIRAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL

O quarto capítulo teve como objetivo fornecer uma lista atualizada das espécies da vegetação de dunas costeiras do estado do Rio de Janeiro, com informações sobre o hábito, forma de vida, síndrome de dispersão, distribuição e bioma de ocorrência no Brasil de cada uma das espécies. Para isso, foram realizados levantamentos florísticos, bibliográficos e de herbário.

Áreas de estudo

O estudo foi realizado em três restingas localizadas na zona costeira do Sudeste do Brasil, estado do Rio de Janeiro: Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3) (Figura 1). As áreas estão distantes entre si cerca de 170 km e 120 km, respectivamente, e foram selecionadas em função de suas características fitofisionômicas e geomorfológicas, assim como a representatividade florística, estrutural e estado de conservação das restingas. O clima é marcadamente sazonal e a precipitação anual é concentrada no verão para as três áreas.

A Restinga da Marambaia (Figura 2) localizada na Baía de Sepetiba, em parte nos municípios do Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba (23°02' S, 43°37' W), possui aproximadamente 40 km de comprimento paralelo ao mar, e ocupa uma área de 4.961,31 ha de ecossistemas bem preservados devido à presença de instalações militares (CONDE *et al.*, 2005).

O Parque Estadual da Costa do Sol (Figura 3), localizado nos municípios de Saquarema, Araruama, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Armação do Búzios e São Pedro da Aldeia (22°56' S, 42°12' W), possui uma área de 9.840,90 ha ao longo de 35 km de vegetação e está inserido no Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio (ROCHA *et al.*, 2003).

O Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Figura 4) localizado nos municípios de Macaé, Quissamã e Carapebus (22°16' S, 41°38' W) é a maior área de restinga protegida do estado do Rio de Janeiro, com 14.860 ha e aproximadamente 44 km de comprimento paralelo ao mar (ROCHA *et al.*, 2004).

Figura 1 - Mapa com a localização das três restingas no estado do Rio de Janeiro, Brasil.

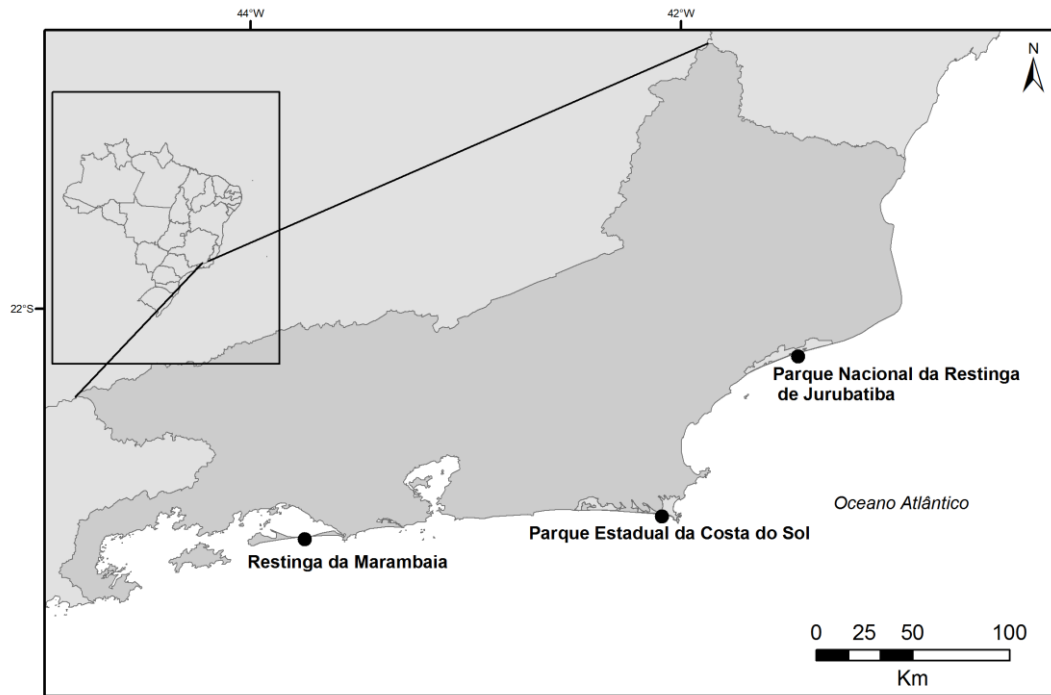


Figura 2 - Vegetação de dunas da Restinga da Marambaia (Área 1).



Fonte: Castelo, A.J.

Figura 3 - Vegetação de dunas do Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2).



Fonte: Castelo, A.J.

Figura 4 - Vegetação de dunas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3).



Fonte: Castelo, A.J.

REFERÊNCIAS

- ALEGRO, A.; BILJAKOVIC, M.; BOGDANOVIC, S.; BORSIC, I. 2004. Psammohalophytic vegetation on the largest sand area on Croatian coast: the island of Mljet, southern Adriatic. **Biologia Bratislava**, 59: 435-445.
- ALMEIDA, A.L.; ARAUJO, D.S.D. 1997. Comunidades vegetais do cordão arenoso externo da Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Saquarema, RJ. **Oecologia Brasiliensis**, 3: 47-63.
- ARAUJO, D.S.D.; HENRIQUES, R.P.B. 1984. Análise florística das restingas do estado do Rio de Janeiro. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (orgs.). **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. Niterói: CEUFF, p. 159-193.
- ARAUJO, D.S.D.; PEREIRA, M.C.A. 2009. Sandy Coastal Vegetation. In: SCARANO, F.R.; LUTTGE, U. (orgs.). **Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)**. Tropical Biology and Natural Resources; Tropical Botany. Oxford: EOLSS Publishers UNESCO-EOLSS.
- ARAUJO, D.S.D.; SCARANO, F.R.; SÁ, C.F.C.; KURTZ, B.C.; ZALUAR, H.L.T.; MONTEZUMA, R.C.M.; OLIVEIRA, R.C. 1998. Comunidades vegetais do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. In: ESTEVES, F.A. (ed.). **Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: NUPEM - UFRJ, p. 39-62.
- ARAÚJO, R.; HONRADO, J.; GRANJA, H.M.; PINHO, S.N.; CALDAS, F.B. 2002. Vegetation complexes of coastal sand dunes as an evaluation instrument of geomorphologic changes in the coastline. In: **Proceedings of Littoral, the Changing Coast** (Porto, Portugal), p. 337-339.
- ARRUDA, R.C.O.; VIGLIO, N.S.F.; BARROS, A.A.M. 2009. Anatomia foliar de halófitas e psamófilas reptantes ocorrentes na Restinga de Ipitangas, Saquarema, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, 60: 333-352.
- BALICA, S.F.; WRIGHT, N.G.; VAN DER MEULEN, F. 2012. A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. **Natural Hazards**, 64: 73-105.
- BEDUSCHI, T.; CASTELLANI, T.T. 2008. Estrutura populacional de *Clusia criuva* Cambess. (Clusiaceae) e relação espacial com espécies de bromélias no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC. **Biotemas**, 21: 41-50.
- BIGARELLA, J.J. 2001. Contribuição ao estudo da planície litorânea do estado do Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology Jubilee, 1946-2001**: 65-110.
- BOEGER, M.R.T.; GLUZEZAK, R.M. 2006. Adaptações estruturais de sete espécies de plantas para as condições ambientais da área de dunas de Santa Catarina, Brasil. **Iheringia Série Botânica**, 61: 73-82.

BULHÕES, E.M.R.; FERNANDEZ, G.B.; ROCHA, T.B. 2010. Efeitos morfológicos nas barreiras costeiras do litoral centro-norte do estado do Rio de Janeiro: resultados do evento de tempestade de abril de 2010. **Revista de Geografia**, 8: 15-30.

CAIN, M.L.; SUBLER, S.; EVANS, J.P.; FORTIN, M.J. 1999. Sampling spatial and temporal variation in soil nitrogen availability. **Oecologia**, 118: 397-404.

CASTELO, A.J. 2013. **Diversidade e padrões estruturais da vegetação halófila-psamófila das restingas do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. PPG-Biologia Vegetal/ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 98 p.

CELSI, C.E.; MONSERRAT, A.L. 2008. La vegetación dunícola del frente costero de la Pampa Austral (Partido de Coronel Dorrego, Buenos Aires). **Multequina**, 17: 73-92.

CERQUEIRA, R. 2000. Biogeografia das restingas. In: ESTEVES, F.A.; LACERDA, L.D. (eds.). **Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras**. Macaé: NUPEM/UFRJ, p. 65-75.

CHAKRABORTY, T.; MONDAL, A.K.; PARUI, S.M. 2012. Studies on the prospects and some problems of sand dune vegetation at the fragile coastal zones of West Bengal and Orissa, in Eastern India. **African Journal of Plant Science**, 6: 48-56.

CONDE, M.M.S.; LIMA, H.R.P.; PEIXOTO, A.L. 2005. Aspectos florísticos e vegetacionais da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. In: MENEZES, L.F.T.; PEIXOTO, A.L.; ARAUJO, D.S.D. (eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, p. 133-168.

CORDAZZO, C.V.; SEELIGER, U. 1995. **Guia Ilustrado da Vegetação Costeira no Extremo Sul do Brasil**. Rio Grande: FURG. 275 p.

COSTA, C.S.B.; CORDAZZO, C.V.; SEELIGER, U. 1996. Shore disturbance and dune plant distribution. **Journal of Coastal Research**, 12: 133-140.

DANSEREAU, P. 1947. Distribuição de zonas e sucessão na Restinga do Rio de Janeiro. **Boletim Geográfico**, 60: 1431-1443.

DEL VECCHIO, S.; PRISCO, I.; ACOSTA, A.T.R.; STANISCI, A. 2015. Changes in plant species composition of coastal dune habitats over a 20-year period. **AoB PLANTS**, 7: 1-10.

EMANUEL, K. 2005. Increasing destructiveness of tropical cyclones of the last 30 years. **Nature**, 436: 686-688.

FEAGIN, R.A.; SHERMAN, D.J.; GRANT, W.E. 2005. Coastal erosion, global sea level rise, and the loss of sand dune plant habitats. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 3: 359-364.

FREIRE, M.S.B. 1990. Levantamento florístico do Parque Estadual das Dunas de Natal. **Acta Botanica Brasilica**, 4: 41-59.

- GARCÍA NOVO, F.; DÍAZ BARRADAS, M.C.D.; ZUNZUNEGUI, M.; GARCÍA MORA, R.; GALLEGO FERNÁNDEZ, J.B. 2004. Plant functional types in coastal dune habitats. In: MARTÍNEZ, M.L.; PSUTY, N.P. (eds.). **Coastal Dunes: Ecology and Conservation**, Ecological studies 171. Berlin Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, p. 155-169.
- GORNISH, E.S.; MILLER, T.E. 2010. Effects of storm frequency on dune vegetation. **Global Change Biology**, 16: 2668-2675.
- GREIPSSON, S. 2002. Coastal dunes. In: DAVY, A.J.; PERROW, M.R. (eds.). **Handbook of Ecological Restoration: Restoration in Practice**. Volume 2. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, p. 214-237.
- GRIME, J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**, 111: 1169-1194.
- GRIME, J.P. 1979. **Plant Strategies and Vegetation Process**. New York: John Wiley. 222 p.
- HARVEY, N.; CATON, B. 2010. **Coastal Management in Australia**. South Australia: University of Adelaide Press. 342 p.
- HAY, J.D.; LACERDA, L.D. 1984. Ciclagem de nutrientes no ecossistema de restinga. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (orgs.). **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. Niterói: CEUFF, p. 459-475.
- HESP, P.A. 1991. Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. **Journal of Arid Environments**, 21: 165-191.
- HESP, P.A. 2000. **Coastal Sand Dunes: Form and function**. Rotorua: Forest Research, Coastal Dune Vegetation Network. 28 p.
- HOULE, G. 2008. Plant species richness and its determinants on a coastal dune system at Iles de la Madeleine, Québec (Canada). **Ecoscience**, 15: 113-120.
- KIM, K.D.; EWING, K. 2006. Ecological restoration of coastal sand dunes in South Korea. **Journal of Coastal Research** SI 39. Proceedings of the 8th International Coastal Symposium, Itajaí, p. 1259-1262.
- KUSTER, V.C. 2010. **Anatomia e aspectos ecológicos de espécies vegetais ocorrentes na restinga do Parque Estadual Paulo César Vinha (ES)**. Dissertação de Mestrado, PPG-Botânica/Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 65 p.
- KUTIEL, P.; COHEN, O.; SHOSHANY, M.; SHUB, M. 2004. Vegetation establishment on the southern Israeli coastal sand dunes between the years 1965 and 1999. **Landscape and Urban Planning**, 67: 141-156.
- LANE, C.; WRIGHT, S.J.; RONCAL, J.; MASCHINSKI, J. 2008. Characterizing environmental gradients and their influence on vegetation zonation in a subtropical coastal sand dune system. **Journal of Coastal Research**, 24: 213-224.

- LEE, J.S.; IHM, B.S.; CHO, D.S.; SON, D.Y.; KIM, J.W. 2007. Soil particle sizes and plant communities on coastal dunes. **Journal of Plant Biology**, 50: 475-479.
- LOMBA, A.; ALVES, P.; HONRADO, J. 2008. Endemic sand dune vegetation of the northwest Iberian peninsula: diversity, dynamics, and significance for bioindication and monitoring of coastal landscapes. **Journal of Coastal Research**, 24(2B): 113-121.
- MAGNANINI, A. 1954. Contribuição ao estudo das zonas de vegetação da Praia de Sernambetiba, D.F., Brasil. **Arquivos do Serviço Florestal**, 8: 147-232.
- MARTÍNEZ, M.L.; MAUN, A.M.; PSUTY, N. 2004. The fragility and conservation of the world's coastal dunes: geomorphological, ecological and socioeconomic perspectives. In MARTÍNEZ, M.L.; PSUTY, N. (eds). **Coastal Dunes: Ecology and Conservation**, Ecological studies 171. Berlin Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, p. 355-369.
- MARTINS, M.; NETO, C.; GERALDES, M.; GUTIERRES, F.; COSTA, J.C. 2010. Resilientes ou Vulneráveis? Em busca de uma nova avaliação para a vegetação de praias e dunas no contexto das alterações climáticas. In: **Livro de Resumos do II Seminário Ibérico IGBP - Mudança Global na Península Ibérica: uma visão integrada**. Lisboa.
- MARTINS, M.; PEREIRA, M.D.; GUTIERRES, F.; NETO, C.; COSTA, J.C. 2011. New insights on the psammophilic gradient applying a multidisciplinary biogeochemical based approach - a case study in the Mediterranean Region of the Portuguese coast. In: **Abstracts of the European Geosciences Union General Assembly**. Geophysical Research Abstracts 13, Vienna.
- MATHEW, S.; DAVIDSON-ARNOTT, R.G.D.; OLLERHEAD, J. 2010. Evolution of a beach-dune system following a catastrophic storm overwash event: Greenwich Dunes, Prince Edward Island, 1936-2005. **Canadian Journal of Earth Science**, 47: 273-290.
- MAUN, M.A. 1997. Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. **Canadian Journal of Botany**, 76: 713-738.
- MENEZES, L.F.T.; ARAUJO, D.S.D. 1999. Estrutura de duas formações vegetais do cordão externo da Restinga de Marambaia, RJ. **Acta Botanica Brasilica**, 13: 223-235.
- MENEZES-SILVA, S. 1998. **As formações vegetais da planície litorânea da Ilha do Mel, Paraná, Brasil: composição florística e principais características estruturais**. Tese de doutorado. PPG-Ciências Biológicas/UNICAMP, Campinas. 262 p.
- MILLER, T.E.; GORNISH, E.S.; BUCKLEY, H.L. 2010. Climate and coastal dune vegetation: disturbance, recovery, and succession. **Plant Ecology**, 206: 97-104.
- MOLINA, J.A.; CASERMEIRO, M.A.; MORENO, P.S. 2003. Vegetation composition and soil salinity in a Spanish Mediterranean coastal ecosystem. **Phytocoenologia**, 33: 475-494.
- MONSERRAT, A.L.; CELSI, C.; FONTANA, S.L. 2012. Coastal dune vegetation of the southern Pampas (Buenos Aires, Argentina) and its value for conservation. **Journal of Coastal Research**, 28: 23-35.

MUNHOZ, C.B.R.; ARAÚJO, G.M. 2011. Métodos de amostragem do estrato herbáceo-subarbustivo. In: FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.V.; MELO, M.M.R.F.; ANDRADE, L.A.; MEIRA-NETO, J.A.A. (eds.). **Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Casos**. vol.1, Viçosa: Editora UFV, p. 213-230.

OOSTING, H.J.; BILLINGS, W.D. 1942. Factors affecting vegetational zonation on coastal dunes. **Ecology**, 23: 131-142.

PAMMENTER, N.W. 1984. Ecological and physiological aspects of plant communities of the sand dunes of the east coast of southern Africa. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (orgs.). **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. Niterói: CEUFF, p. 425-440.

PEREIRA, O.J. 1990. Caracterização fitofisionômica da Restinga de Setiba - Guarapari - Espírito Santo. In: **II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira - Estrutura, Função e Manejo**, vol. 3. Águas de Lindóia: Publicações ACIESP, p. 207-219.

PEREIRA, O.J.; THOMAZ, L.D.; ARAUJO, D.S.D. 1992. Fitossociologia da vegetação de ante dunas da Restinga de Setiba/Guarapari e em Interlagos/Vila Velha, ES. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, 1: 65-75.

PFADENHAUER, J. 1978. Contribuição ao conhecimento da vegetação e de suas condições de crescimento nas dunas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, 38: 827-836.

PRISCO, I.; STANISCI, A.; ACOSTA, A.T.R. 2016. Mediterranean dunes on the go: Evidence from a short term study on coastal herbaceous vegetation. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 182: 40-46.

RIZZINI, C.T. 1997. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: Aspectos Ecológicos, Sociológicos e Florísticos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições LTDA. 747 p.

ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; ALVES, M.A.S.; VAN SLUYS, M. 2003. **A Biodiversidade nos Grandes Remanescentes Florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas Restingas da Mata Atlântica**. RiMa, São Carlos. 134 p.

ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; ALVES, M.A.S.; VAN SLUYS, M. 2004. A Restinga de Jurubatiba e a conservação dos ambientes de restinga do estado do Rio de Janeiro. In: ROCHA, C.F.D.; ESTEVES, F.A.; SCARANO, F.R. (orgs.). **Pesquisas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba: Ecologia, História Natural e Conservação**. São Carlos: RiMa, p. 341-352.

SCARANO, F.R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. **Annals of Botany**, 90: 517-524.

SEELIGER, U. 2003. Response of southern Brazilian coastal foredunes to natural and human-induced disturbance. **Journal of Coastal Research**, 35: 51-55.

SOARES, J.J. 1984. Levantamento fitossociológico de uma faixa litorânea do Rio Grande do Sul entre Tramandaí e Praia do Barco. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (orgs.). **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. Niterói: CEUFF, p. 381-394.

STALLINS, J.A.; PARKER, A.J. 2003. The influence of complex systems interactions on barrier island dune vegetation patterns and process. **Annals of the Association of American Geographers**, 93: 13-29.

SYKES, M.T.; WILSON, J.B. 1991. Vegetation of a coastal sand dune system in southern New Zealand. **Journal of Vegetation Science**, 2: 531-538.

TEIXEIRA-FILHO, P.F.; RIBAS, S.C.; ROCHA, C.F.D.; ZEE, D.M.W. 1994. Estrutura e organização espacial de vegetação de praia de restinga: uma avaliação da vegetação original remanescente na Reserva Biológica da Barra da Tijuca. In: **I Encontro Brasileiro de Ciências Ambientais**. Rio de Janeiro: UFRJ, p. 47-49.

VAN DER VALK, A.G. 1974. Mineral cycling in coastal foredune plant communities in cape Hatteras national seashore. **Ecology**, 55: 1349-1358.

WAECHTER, J.L. 1990. Comunidades vegetais das restingas do Rio Grande do Sul. In: **II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira - Estrutura, Função e Manejo**, vol. 3. Águas de Lindóia: Publicações ACIESP, p. 228-248.

1 MUDANÇAS ESPAÇO-TEMPORAIS DA VEGETAÇÃO DE DUNAS COSTEIRAS TROPICAIS

Antonio Janilson Castelo¹, João Marcelo Alvarenga Braga²

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, São Francisco Xavier, 524, Maracanã, CEP: 20550-013, Rio de Janeiro, Brasil

²Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro - JBRJ, Pacheco Leão, 915, Jardim Botânico, CEP: 22460-030, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo

As zonas costeiras são sistemas altamente dinâmicos e os fenômenos naturais induzem mudanças significativas nas comunidades de plantas. Nós avaliamos as mudanças na composição de espécies e estrutura da vegetação de dunas, no espaço e no tempo, relacionadas com a precipitação sazonal. A vegetação foi amostrada durante três anos, nos períodos chuvosos e secos, em três restingas do litoral do estado do Rio de Janeiro (Brasil), através de 120 parcelas permanentes de 1 m² alocadas em transectos perpendiculares ao mar. As espécies foram identificadas em cada parcela permanente e medidos seus respectivos percentuais de cobertura. Os resultados indicam que a mudança temporal na composição de espécies foi devido à ocorrência das espécies raras localmente, enquanto a mudança na estrutura da vegetação (cobertura, frequência, dominância) foi relacionada com a precipitação sazonal e a dinâmica costeira. No entanto, encontramos padrões temporais distintos na composição e estrutura das três áreas, possivelmente devido aos filtros ecológicos e heterogeneidade dos ambientes. Além do mais, a riqueza e diversidade foram relacionadas com os processos erosivos. Sazonalmente, nos períodos chuvosos houve aumento da frequência e cobertura total das espécies, enquanto nos períodos secos houve redução. Deste modo, as espécies dominantes revezaram entre os períodos sazonais influenciadas pela precipitação ou por processos de acreção/erosão de areia. Esses resultados são importantes na compreensão da dinâmica da vegetação de dunas e consequente conservação dos ecossistemas costeiros.

Palavras-chave: dinâmica de comunidade, precipitação sazonal, espécies dominantes.

1.1 Introdução

As planícies arenosas da costa brasileira são amplas áreas de sedimentação predominantemente quaternária, formadas em função das mudanças paleoclimáticas, flutuações do nível do mar e transporte longitudinal de sedimentos (SUGUIO, 2010). As comunidades vegetais que habitam essas planícies, localizadas entre o mar e a Floresta Atlântica, são definidas como Restingas (SCARANO, 2002), e estão bem representadas ao longo das costas Sudeste e Sul do Brasil (SUGUIO e MARTIN, 1990). No entanto, são ecossistemas complexos, frágeis e de transição (CERQUEIRA, 2000; MARTINS *et al.*, 2008). No passado, ocupavam quase toda a zona costeira do estado do Rio de Janeiro, e que após intenso processo de degradação foram drasticamente reduzidas e fragmentadas, totalizando atualmente 60.516,20 ha (ROCHA *et al.*, 2007).

Nas zonas costeiras, eventos associados a ressacas, como tempestades, furacões, tufões ou ciclones, representam um dos principais distúrbios de alteração geomorfológica das dunas em curto período devido à ação das ondas (BULHÕES *et al.*, 2010). Esses distúrbios podem causar fortes efeitos sobre as comunidades de dunas, reduzindo ou eliminando a cobertura vegetal (OOSTING e BILLINGS, 1942; MOLINA *et al.*, 2003; STALLINS e PARKER, 2003; MATHEW *et al.*, 2010). Por isso, as zonas costeiras são sistemas altamente dinâmicos, e os fenômenos naturais induzem mudanças significativas tanto na geomorfologia, como nas comunidades vegetais (MAGNANINI, 1954; LOMBA *et al.*, 2008).

As populações de plantas da vegetação de dunas habitam um ambiente severo, caracterizado pela presença de *spray* salino, solos arenosos e oligotróficos, areia seca com temperaturas elevadas, intensa radiação, ventos fortes e mobilidade do substrato (HESP, 1991; COSTA *et al.*, 1996; MAUN, 1997; BEDUSCHI e CASTELLANI, 2008; GORNISH e MILLER, 2010). Essas condições de estresse abiótico e os distúrbios naturais (inundação, soterramento, abrasão pelo vento) variam de acordo com a distância do mar (HESP, 2002; NIELD e BASS, 2008; CICCARELLI *et al.*, 2012), consistindo em fortes gradientes ambientais (e.g., de salinidade, velocidade do vento, mobilidade do substrato, nutrientes) (HESP e MARTÍNEZ, 2007; FOREY *et al.*, 2008). Por enfrentar condições ambientais e ecológicas extremas, a vegetação de dunas é muito sensível à perturbação natural ou antrópica (MARTÍNEZ *et al.*, 2006; MARTINS *et al.*, 2010), apesar das espécies serem tolerantes a alta salinidade, a ação dos ventos e das marés (THOMAZ, 1991; THOMAZ e MONTEIRO, 1994; GARCÍA-MORA *et al.*, 1999; MENEZES e ARAUJO, 2005).

A zona costeira é uma paisagem dinâmica por causa das fortes interações entre os processos terrestres, oceânicos e atmosféricos (RAY e GREGG, 1991), sendo os padrões da vegetação de dunas costeiras de particular interesse para os ecólogos (COWLES, 1911). Desta forma, as indicações clássicas da dinâmica costeira incluem características geomorfológicas e da vegetação, como padrão de riqueza e estruturação florística das comunidades (AVIS e LUBKE, 1996; LOMBA *et al.*, 2008; HONRADO *et al.*, 2010). No entanto, ainda existem poucos estudos pormenorizados centrados em mudanças na composição das comunidades costeiras de dunas ao longo do tempo (MILLER *et al.*, 2010; DEL VECCHIO *et al.*, 2015). Como as comunidades vegetais costeiras são sistemas altamente dinâmicos, até mesmo períodos de curto a médio prazo podem fornecer importantes informações (MARZOLFF *et al.*, 2011). Desta forma, a compreensão das tendências temporais é uma questão fundamental para a promoção da conservação desses ecossistemas ameaçados (SEELIGER, 2003; MARTÍNEZ *et al.*, 2004; PRISCO *et al.*, 2016). Embora muitos estudos no Brasil têm-se centrado na análise florística da vegetação de dunas, pouco se sabe sobre as mudanças dessas comunidades ao longo do tempo. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar as mudanças na composição de espécies e estrutura da vegetação de dunas, no espaço e no tempo, relacionadas com a precipitação sazonal.

1.2 Metodologia

Áreas de estudo

O estudo foi realizado em três restingas localizadas na zona costeira do Sudeste do Brasil, estado do Rio de Janeiro: Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3) (Figura 5). As restingas estão distantes entre si cerca de 170 km (Área 1 para Área 2) e 120 km (Área 2 para Área 3), e foram selecionadas em função das características geomorfológicas e estruturais da vegetação, composição florística e estado de conservação das restingas no estado do Rio de Janeiro. O clima é marcadamente sazonal e a precipitação anual é concentrada no verão para as três áreas. A Restinga da Marambaia (23°02' S, 43°37' W) ocupa uma área de 4.961,31 ha ao longo de 40 km de vegetação paralela ao mar (CONDE *et al.*, 2005). A precipitação média anual é de ca. 1.200 mm e a temperatura média anual é de 23 °C (MATTOS, 2005). O Parque Estadual da Costa do Sol (22°56' S, 42°12' W) possui uma área de 9.840,90 ha ao longo de 35 km de vegetação (ROCHA *et al.*, 2003). A precipitação média anual é de ca. 800 mm e a temperatura média anual é de 25 °C (BARBIÉRI, 1984). O Parque Nacional da Restinga de

Jurubatiba (22°16' S, 41°38' W) é a maior área de restinga protegida do estado do Rio de Janeiro, com 14.860 ha ao longo de 44 km de vegetação (ROCHA *et al.*, 2004), e tem a mesma precipitação média anual e temperatura média anual da Restinga da Marambaia (HENRIQUE *et al.*, 1986; ZALUAR e SCARANO, 2000; LIEBIG *et al.*, 2001; PIMENTEL *et al.*, 2007).

Amostragem da vegetação

Em cada área, a vegetação de dunas foi amostrada usando transectos perpendiculares ao mar. Nós estabelecemos 13, 21 e 25 transectos permanentes no Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2), Restinga da Marambaia (Área 1) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3), respectivamente. A extensão e o número de transectos mudaram de acordo com a cobertura vegetal em cada área, variando de 5,5 m a 30 m de comprimento. Em cada transecto, a amostragem começou onde a cobertura vegetal foi detectada visualmente no pós-praia. Transectos foram estabelecidos com 100 m de distância uns dos outros e, em cada um, foram alocadas parcelas permanentes de 1 m² em intervalos de 2 m, totalizando 120 parcelas por área. O número de transectos foi diferente para cada área a fim de estabelecer o mesmo número de parcelas dentro dos limites espaciais da vegetação de dunas. A vegetação foi amostrada durante o período chuvoso (verão) e o período seco (inverno) de 2013 a 2015. As espécies foram identificadas em cada parcela permanente e medidos seus respectivos percentuais de cobertura com o auxílio de um quadrado de 0,5 x 0,5 m dividido com fios de nylon em 25 quadrados, cada um representando 1% da parcela.

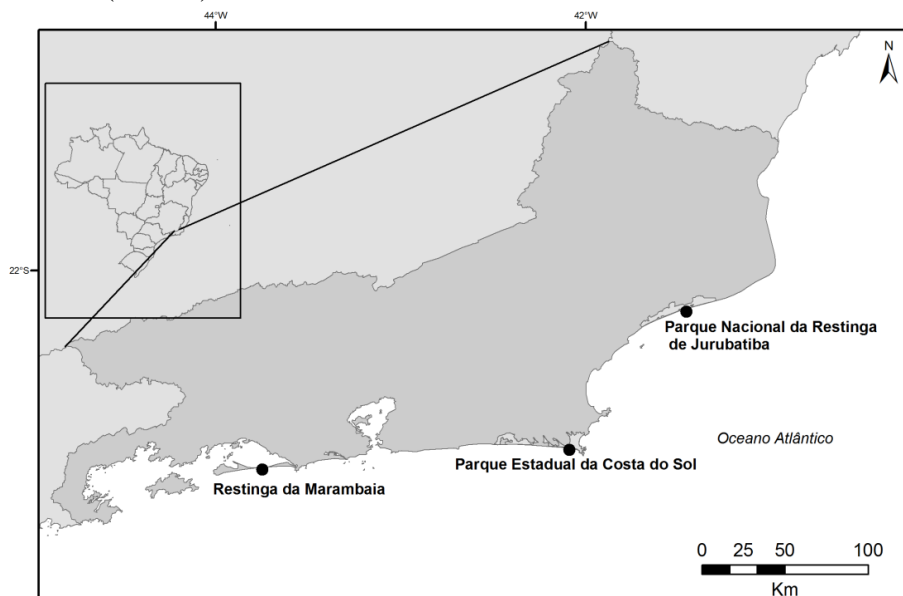
Análise dos dados

Mudanças na composição de espécies foram avaliadas através da riqueza, diversidade e uniformidade. Foram calculados os índices de diversidade de Simpson (1-D) e uniformidade de Simpson ($E_{1/D}$) de cada área e período (chuvoso e seco). Utilizou-se a percentagem de cobertura vegetal para os valores de abundância e as espécies amostradas nas parcelas permanentes para os valores de riqueza. Usamos cobertura vegetal como medida de abundância devido ao crescimento clonal das espécies através de estolões ou rizomas (MAGURRAN, 1988; ARAUJO *et al.*, 2004; MAGURRAN, 2011), que impossibilita a contagem dos espécimes (BROWER *et al.*, 1998). O índice de uniformidade foi obtido através da divisão da forma recíproca do índice de diversidade de Simpson (1/D) pela riqueza de espécies (S). Os índices foram calculados no software livre R (R CORE TEAM, 2014) usando o Community Ecology Package - Vegan version 2.0-10 (OKSANEN *et al.*, 2015).

Avaliamos a similaridade florística entre as áreas e períodos (chuvoso e seco) através de análise de agrupamento, medida através do coeficiente de similaridade de Jaccard (MAGURRAN, 1988), pelo método de ligação de médias não ponderadas (UPGMA) e calculado o coeficiente de correlação cofenética. Para tanto, montou-se uma matriz de presença/ausência com as espécies amostradas nas parcelas permanentes de cada área e período. Utilizamos o software livre R (R CORE TEAM, 2014) e o Community Ecology Package - Vegan version 2.0-10 (OKSANEN *et al.*, 2015). Comparamos a flora das três áreas através do diagrama de Venn (VENN, 1880; ZAR, 1999) com base na presença/ausência das espécies de todos os períodos, destacando-se o número de espécies compartilhadas e exclusivas entre as áreas.

Mudanças na estrutura da vegetação foram avaliadas através da frequência, cobertura vegetal e dominância das espécies. Foram calculadas as frequências absoluta e relativa (FA, FR), e coberturas absoluta e relativa (CA, CR) das espécies de cada área e período (chuvoso e seco). A abundância das espécies de cada área e período foi representada através do gráfico de *ranking* de espécies/abundância ou diagrama de Whittaker. As espécies estão em sequência da maior para a menor cobertura relativa no eixo horizontal (x). Através do *ranking* foram identificadas as quatro espécies mais abundantes (dominantes) nos períodos. Foram consideradas espécies raras localmente aquelas que apresentaram baixa cobertura relativa (1 a 10%) e/ou baixa frequência (1 a 12 parcelas), o que representa no máximo 10% de cobertura relativa e 10% de frequência nas parcelas.

Figura 5 - Mapa com a localização das três restingas do estado do Rio de Janeiro. Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3).



1.3 Resultados

1.3.1 Mudanças na composição de espécies

Foram registradas nas parcelas permanentes um total de 18 espécies na área 1, 13 na área 2, e 43 na área 3, totalizando 49 espécies. A riqueza está distribuída em 24 famílias, 42 gêneros, sendo as famílias de maior riqueza específica Poaceae (9 espécies), Asteraceae (5 espécies) e Fabaceae (5 espécies) (Apêndice).

A riqueza e composição de espécies variaram ao longo dos períodos sazonais nas três áreas. A mudança na riqueza foi pequena nas áreas 1 e 2 (2 espécies), sendo maior na área 3 (6 espécies). A riqueza na área 1 variou de um ano para outro, na área 2 foi maior nos períodos chuvosos e na área 3 foi maior nos períodos secos (Figura 6a). A mudança na composição foi pequena nas áreas 1 (5 espécies) e 2 (2 espécies), sendo maior na área 3 (13 espécies). Na área 1 foram amostradas as mesmas 13 espécies em todos os períodos, além de *Centrosema virginianum*, *Hydrocotyle bonariensis*, *Microstachys corniculata*, *Oxypetalum banksii* e *Portulaca mucronata*, ausentes em um ou mais períodos. Na área 2 foram amostradas as mesmas 11 espécies, além de *Canavalia rosea* nos períodos chuvosos e *Borreria capitata* no último período chuvoso. Na área 3 foram amostradas as mesmas 30 espécies, além de *Chloris pycnothrix*, *Commelina erecta*, *Condalia buxifolia*, *Cyrtocymura scorpioides*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Emilia fosbergii*, *Euphorbia prostrata*, *Oxypetalum banksii*, *Sida cordifolia*, *Smilax rufescens*, *Zornia latifolia* e *Waltheria indica*, ausentes em um ou mais períodos, sendo a maioria espécies ruderais (Apêndice).

Apenas cinco espécies tiveram relação direta com a precipitação sazonal. *Centrosema virginianum* da área 1 e *Canavalia rosea* da área 2 ocorreram apenas nos períodos chuvosos, enquanto *Emilia fosbergii*, *Euphorbia prostrata* e *Oxypetalum banksii* da área 3 ocorreram apenas nos períodos secos. As demais espécies tiveram ocorrência aleatória nos períodos sazonais (Apêndice).

A diversidade de Simpson (1-D) e a uniformidade de Simpson ($E_{1/D}$) também variaram ao longo dos períodos sazonais nas três áreas. Na área 1, a diversidade foi maior nos períodos secos, reduzindo-se nos períodos chuvosos nos dois últimos anos. No primeiro ano não houve mudança. Nas áreas 2 e 3, a diversidade foi maior nos períodos chuvosos, reduzindo-se nos períodos secos nos dois primeiros anos. No terceiro ano não houve mudança para a área 2, e na área 3 houve aumento da diversidade no período seco (Figura 6b). A uniformidade nas áreas 1 e 2 apresentou uma menor flutuação na abundância das espécies, não havendo extrema dominância ou extrema uniformidade. Enquanto a área 3 apresentou maior flutuação na

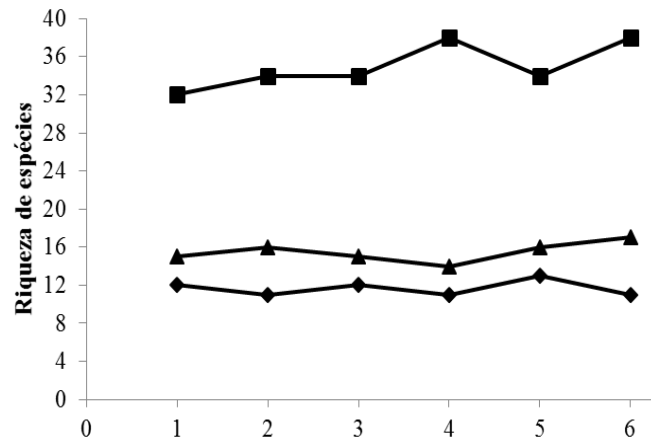
abundância das espécies. Houve aumento da uniformidade nos períodos chuvosos na área 3 devido à redução de cobertura das espécies dominantes. Enquanto nas áreas 1 e 2 variou de um ano para outro e apresentaram maior redução no último período chuvoso (Figura 6c).

Na análise de agrupamento houve maior similaridade florística entre os períodos de cada área, separando-as. A área 3 é a mais distinta em composição de espécies, enquanto as áreas 1 e 2 são mais similares. Na área 1 houve maior similaridade entre os períodos chuvosos e entre os períodos secos, apesar da maior diferença florística do primeiro período chuvoso. Na área 2 foram separados os períodos chuvosos dos períodos secos devido à ausência de uma espécie nos períodos secos (*Canavalia rosea*). E na área 3, os três primeiros períodos foram mais similares, havendo mudanças nos demais períodos em função do aumento da riqueza de espécies (Figura 7). Houve mudanças na composição de espécies entre os períodos sazonais de cada área, principalmente nas áreas 1 e 3. Enquanto a área 2 apresentou composição florística mais estável ao longo do tempo.

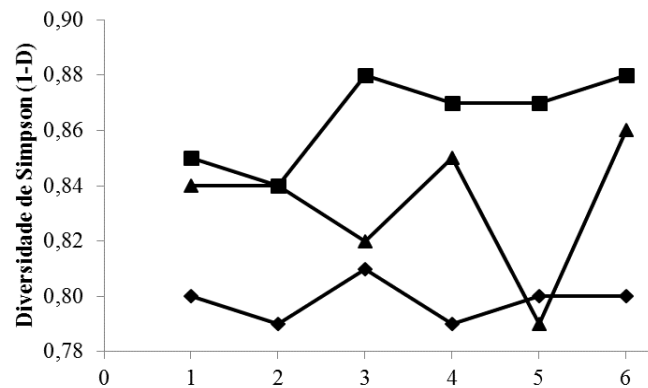
Foram compartilhadas 11 espécies entre as três áreas (*Allagoptera arenaria*, *Alternanthera littoralis*, *Blutaparon portulacoides*, *Canavalia rosea*, *Ipomoea imperati*, *Ipomoea pes-caprae*, *Oxypetalum banksii*, *Panicum racemosum*, *Paspalum maritimum*, *Remirea maritima* e *Sporobolus virginicus*). A área 1 apresentou quatro espécies exclusivas (*Centrosema virginianum*, *Hydrocotyle bonariensis*, *Scaevola plumieri* e *Microstachys corniculata*), a área 2 apresentou duas (*Mollugo verticillata* e *Borreria capitata*), e a área 3 apresentou 29 espécies exclusivas (Figura 8; Apêndice).

Figura 6 - Riqueza de espécies (a), diversidade de Simpson (b) e uniformidade de Simpson (c) da vegetação de dunas das três áreas, períodos chuvoso e seco de 2013-2015.

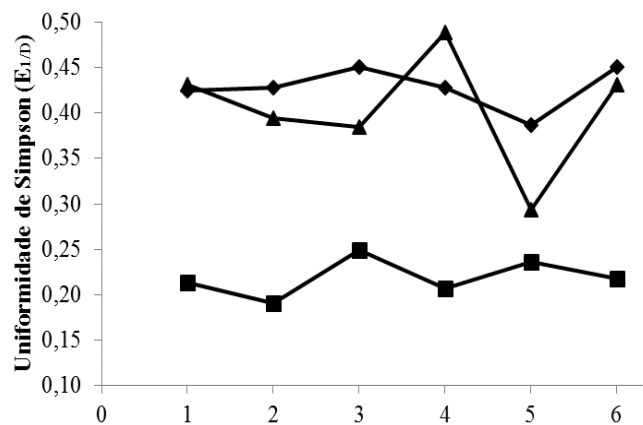
a)



b)

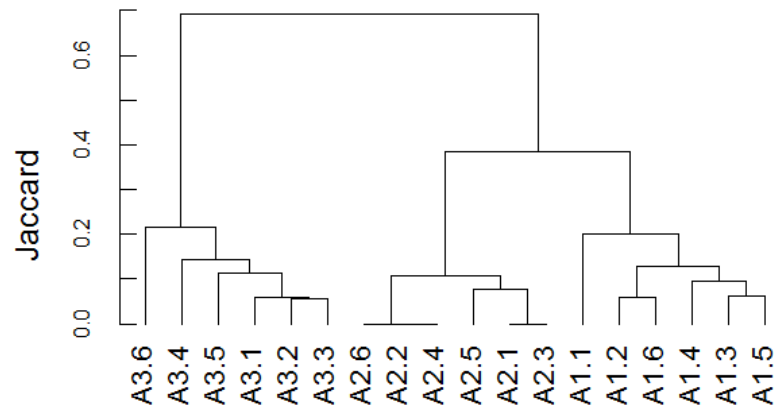


c)



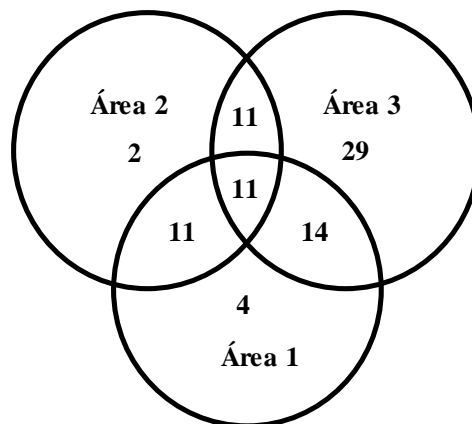
Legenda: ▲ = Área 1, ◆ = Área 2, ■ = Área 3; 1 = chuvoso 2013, 2 = seco 2013, 3 = chuvoso 2014, 4 = seco 2014, 5 = chuvoso 2015, 6 = seco 2015.

Figura 7 - Análise de agrupamento da composição florística da vegetação de dunas das três áreas, períodos chuvoso e seco de 2013-2015.



Legenda: A1 = Área 1, A2 = Área 2, A3 = Área 3; 1 = chuvoso 2013, 2 = seco 2013, 3 = chuvoso 2014, 4 = seco 2014, 5 = chuvoso 2015, 6 = seco 2015. O valor do coeficiente de correlação cofenética (r) é 0,98.

Figura 8 - Diagrama de Venn da vegetação de dunas das três áreas, períodos chuvoso e seco de 2013-2015.



Legenda: O número total de espécies da Área 1 (18), Área 2 (13) e Área 3 (43).

1.3.2 Mudanças na estrutura da vegetação

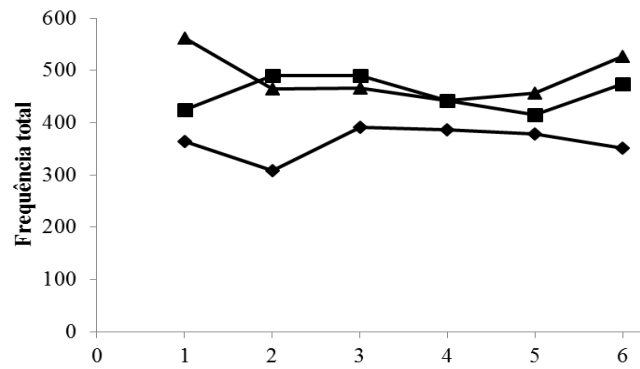
A frequência total e a cobertura total das espécies variaram ao longo dos períodos sazonais nas três áreas. A frequência foi maior nos períodos chuvosos na área 2, em dois anos consecutivos na área 1, e em um ano na área 3 (Figura 9a). A cobertura foi maior nos períodos chuvosos nas áreas 1 e 2, e em um ano na área 3 (Figura 9b).

A estrutura da vegetação apresentou um padrão temporal relativamente similar nas três áreas, com um pequeno número de espécies dominantes e muitas espécies raras localmente. No entanto, houve mudanças no *ranking* das espécies dominantes nos períodos sazonais nas três áreas, ou seja, um revezamento entre essas espécies.

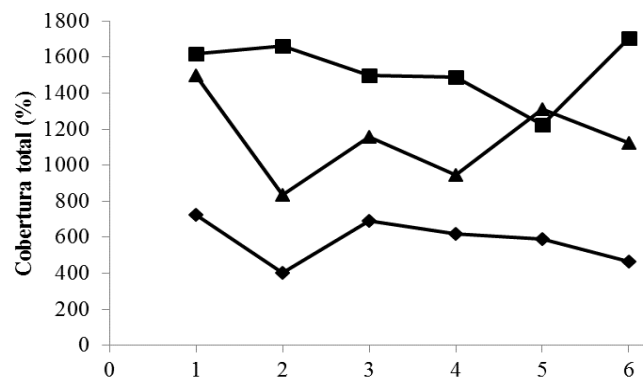
No *ranking* de cobertura relativa das espécies da área 1, os períodos chuvosos apresentaram uma curva mais suave da cobertura das espécies, com uma abrupta separação da espécie mais dominante (*Ipomoea imperati*), enquanto nos períodos secos uma separação das duas primeiras espécies dominantes (*Ipomoea imperati* e *Sporobolus virginicus*) das demais espécies. Além dessas, foram dominantes as espécies *Ipomoea pes-caprae* e *Remirea maritima* (Figura 10). A área 2 apresentou uma abrupta separação das quatro espécies dominantes (*Sporobolus virginicus*, *Panicum racemosum*, *Ipomoea imperati* e *Remirea maritima*) das demais espécies (Figura 11). Por fim, a área 3 apresentou uma grande cauda para a direita, representada pelas espécies de menor cobertura relativa, e quatro espécies dominantes (*Sporobolus virginicus*, *Stenotaphrum secundatum*, *Ipomoea pes-caprae* e *Blutaparon portulacoides*) (Figura 12). As espécies consideradas raras localmente em todos os períodos sazonais na área 1 foram nove, com exceção de cinco espécies. Na área 2 foram oito, com exceção de uma espécie. Afinal, na área 3 foram 34 espécies raras, com exceção de cinco espécies (Apêndice).

Figura 9 - Frequência total (a) e cobertura total (b) da vegetação de dunas das três áreas, períodos chuvoso e seco de 2013-2015.

a)

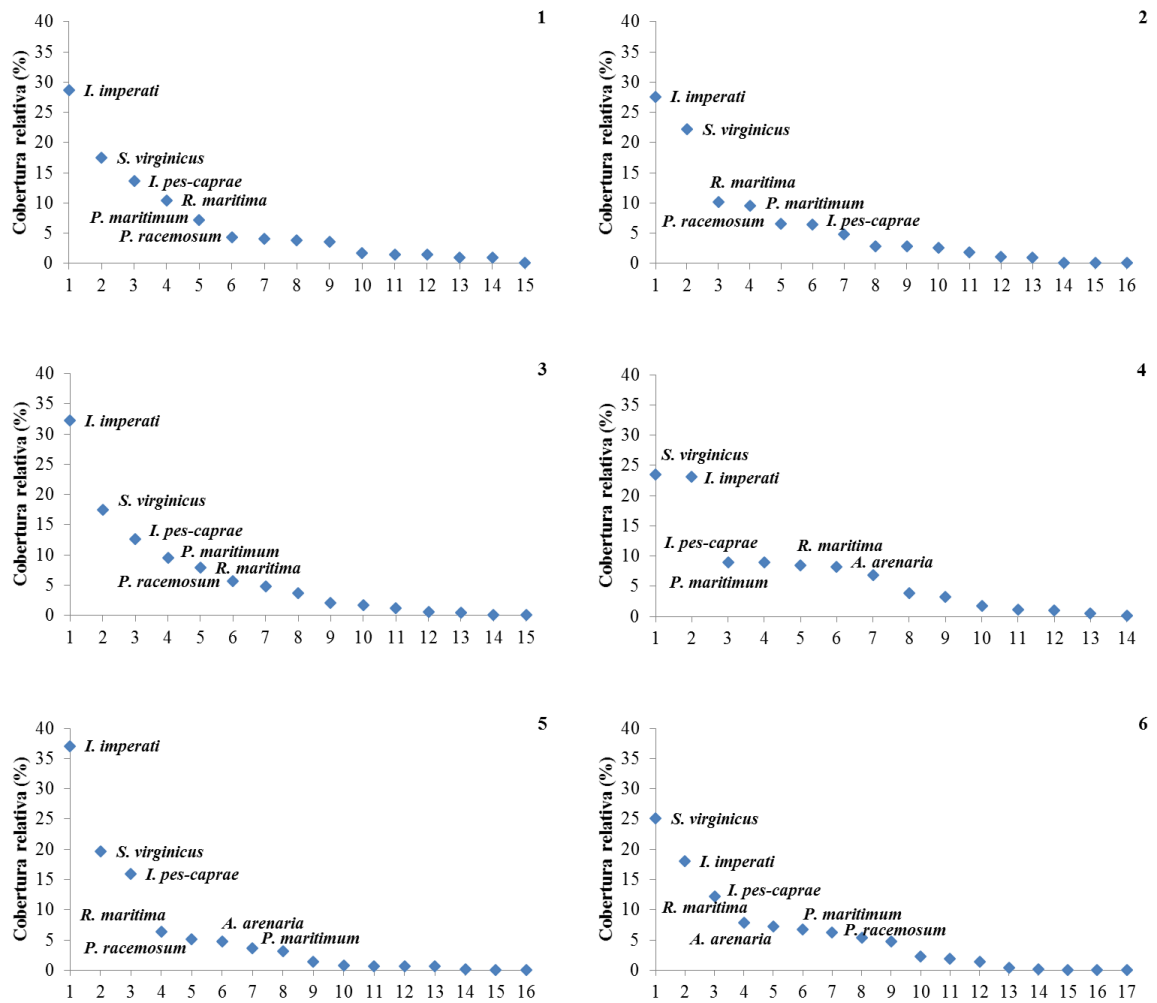


b)



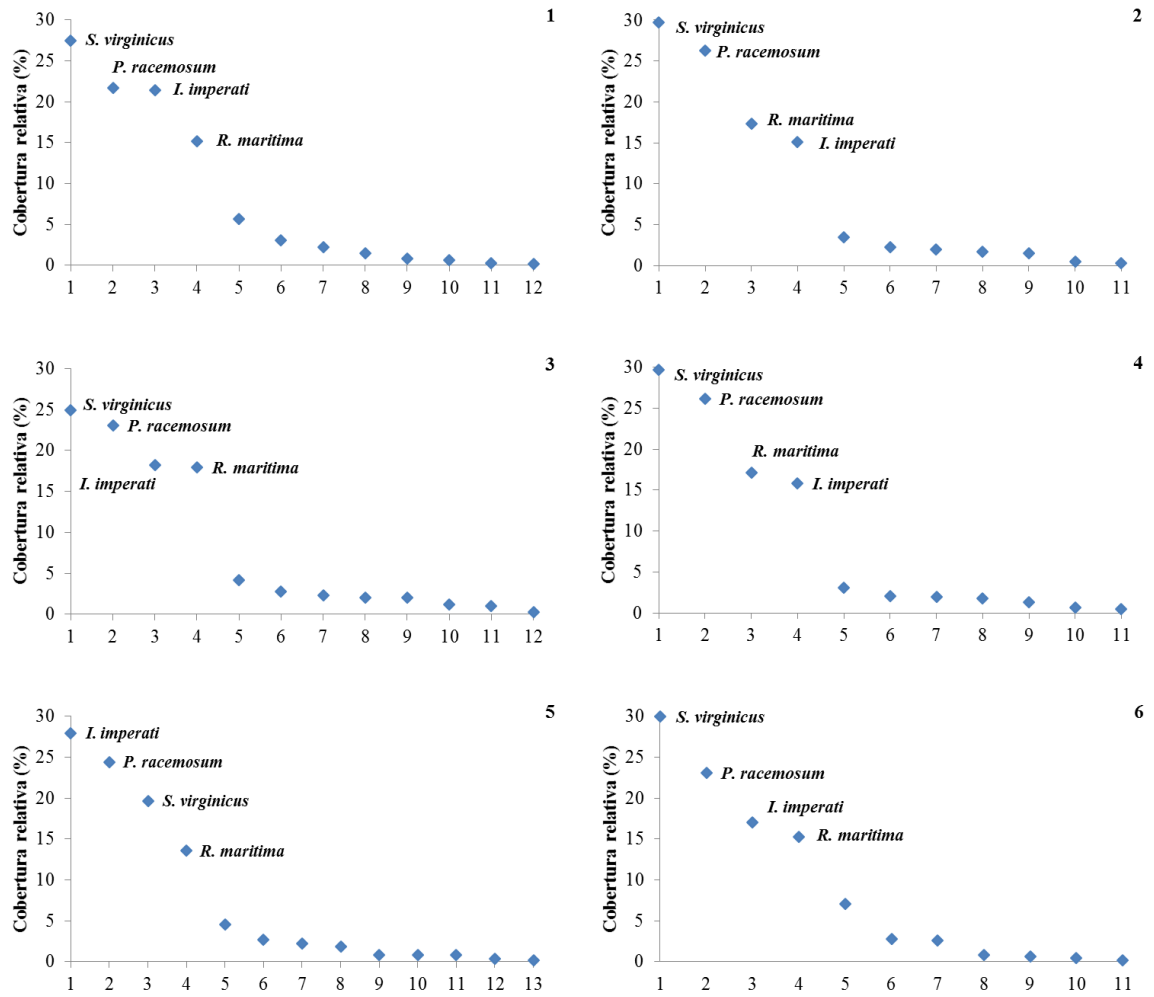
Legenda: ▲ = Área 1, ◆ = Área 2, ■ = Área 3; 1 = chuvoso 2013, 2 = seco 2013, 3 = chuvoso 2014, 4 = seco 2014, 5 = chuvoso 2015, 6 = seco 2015.

Figura 10 - *Ranking* de cobertura relativa das espécies da vegetação de dunas da Área 1, períodos chuvoso e seco de 2013-2015.



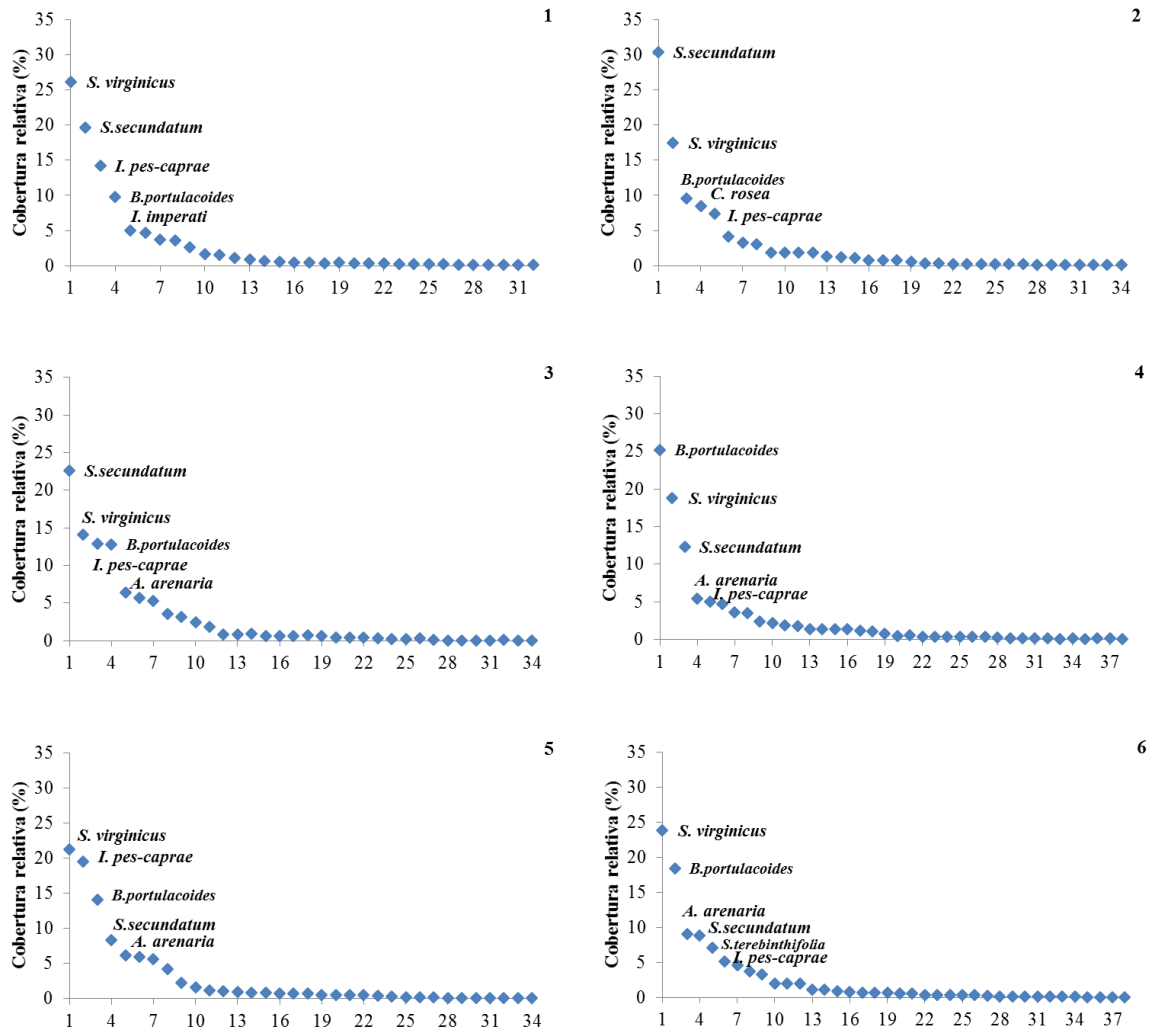
Legenda: 1 = chuvoso 2013, 2 = seco 2013, 3 = chuvoso 2014, 4 = seco 2014, 5 = chuvoso 2015, 6 = seco 2015. No eixo horizontal (x) estão as espécies.

Figura 11 - *Ranking* de cobertura relativa das espécies da vegetação de dunas da Área 2, períodos chuvoso e seco de 2013-2015.



Legenda: 1 = chuvoso 2013, 2 = seco 2013, 3 = chuvoso 2014, 4 = seco 2014, 5 = chuvoso 2015, 6 = seco 2015. No eixo horizontal (x) estão as espécies.

Figura 12 - *Ranking* de cobertura relativa das espécies da vegetação de dunas da Área 3, períodos chuvoso e seco de 2013-2015.



Legenda: 1 = chuvoso 2013, 2 = seco 2013, 3 = chuvoso 2014, 4 = seco 2014, 5 = chuvoso 2015, 6 = seco 2015. No eixo horizontal (x) estão as espécies.

1.4 Discussão

Mudanças na composição de espécies

A mudança na composição de espécies nas três áreas ocorreu devido à saída ou entrada nas parcelas permanentes de espécies raras localmente, de baixa frequência (1 a 4 parcelas) e baixa cobertura vegetal (1 a 7%). Essas espécies não foram extintas localmente, apenas saíram da amostragem em alguns períodos sazonais, e não houve colonização por outras espécies, apenas entraram espécies já existentes nas áreas. Em contrapartida, alguns estudos de longa duração (KUITERS *et al.*, 2009; DEL VECCHIO *et al.*, 2015) observaram elevada substituição de espécies por extinção local e colonização, e mudanças significativas na composição de espécies na vegetação de dunas. Além disso, Martínez *et al.*, (2001) observaram que algumas das flutuações temporais na composição foram relacionadas com as flutuações sazonais na velocidade do vento e na precipitação. No presente estudo, não houve um padrão de influência da precipitação na mudança da composição de espécies, uma vez que apenas cinco espécies estiveram presentes em períodos sazonais específicos, e sim ocorrência temporal aleatória das espécies raras.

A vegetação de dunas tende a sofrer sucessão em direção a uma composição particular de espécies (MILLER *et al.*, 2010), como descrita neste estudo. No entanto, a maior estabilidade temporal na composição da área 2 foi devido as menores modificações sofridas pelas espécies dominantes ao longo do tempo e pela baixa riqueza. O oposto ocorreu na área 3, enquanto na área 1 a mudança na composição foi intermediária. Além da sucessão, outros fatores como a disponibilidade de recursos, exposição à perturbação marinha e a dinâmica costeira são as causas das diferenças da vegetação de dunas (PSUTY, 2004; PEGMAN e RAPSON, 2005; GALLEGO-FERNÁNDEZ e MARTÍNEZ, 2011).

As perturbações causadas pelo vento, *spray* salino, inundação ocasional pela água do mar e movimentação de areia são elevadas nas dunas costeiras (RIPLEY e PAMMENTER, 2004). No entanto, esses eventos de perturbação apresentam uma distribuição espacial aleatória ao longo da costa, e com intervalos de tempo aleatório de estabilidade (GARCÍA-MORA *et al.*, 1999). Por isso, as mudanças nas comunidades de dunas podem ser graduais, de um ano para o outro, ou dramáticas. Durante o período seco de 2013, a área 1 foi atingida por fortes ressacas, causando erosão costeira e reduzindo a cobertura vegetal na área amostral. No mesmo período, houve acreção de areia na área 2, soterrando parte da vegetação. Já na área 3 não foi observado nenhum processo erosivo durante os períodos deste estudo, estando a vegetação sobre um substrato mais estável. Esses processos erosivos (erosão/acreção) são um

grande risco para a maioria das espécies de plantas (SEELIGER, 1992), em que a magnitude e a intensidade do distúrbio variam com a distância do mar, afetando a interação entre vegetação e geomorfologia costeira, e também propensa a mudanças em diferentes intervalos de anos (MILLER, 2015). Portanto, há uma clara ligação entre a composição de espécies e a dinâmica costeira (CICCARELLI *et al.*, 2012), já que o aumento da instabilidade do substrato afeta fortemente a distribuição da vegetação (MUSILA *et al.*, 2001). Devido a isso, a riqueza e a diversidade de espécies são significativamente menores em dunas com acreção de areia do que dunas estáveis ou com processo de erosão (GALLEGO-FERNÁNDEZ e MARTÍNEZ, 2011), o que corrobora com os resultados deste estudo. Assim, a estabilidade do substrato (HESP, 1988; SILVA *et al.*, 2008), bem como a grande diversidade de habitats resultam em maior riqueza de espécies (KENWORTHY, 1990), o que poderia explicar a riqueza de espécies na área 3. Enquanto que as áreas 1 e 2 foram mais similares na composição e riqueza de espécies ao longo do tempo, apesar das diferentes dinâmicas costeiras. Portanto, a vegetação está intimamente relacionada aos processos geomorfológicos (GARCÍA-MORA *et al.*, 1999; HESP e MARTÍNEZ, 2007), causando variabilidade espacial (RANWELL, 1972; CARTER, 1995) e temporal, e a composição de espécies está fortemente relacionada às condições ecológicas específicas no espaço (LOMBA *et al.*, 2008) e no tempo.

Os padrões sazonais encontrados na composição (riqueza, diversidade e uniformidade), distintos nas três áreas, demonstram a mudança espacial e temporal da vegetação. Essas comunidades de dunas costeiras são marcadas por características ambientais adversas como *spray* salino, substrato arenoso com baixa disponibilidade de água e nutrientes, elevada temperatura e radiação solar, além dos ventos fortes e constantes (HESP, 1991; COSTA *et al.*, 1996; MAUN, 1997; BEDUSCHI e CASTELLANI, 2008; GORNISH e MILLER, 2010). Além disso, a influência das ações cíclicas marinhas ocasiona recuo ou avanço da vegetação, e direciona os processos sucessionais (MAGNANINI, 1954), causando fortes efeitos sobre as comunidades de dunas (OOSTING e BILLINGS, 1942; MOLINA *et al.*, 2003; STALLINS e PARKER, 2003; MATHEW *et al.*, 2010). Todas essas condições são caracterizadas como fortes filtros ecológicos e a capacidade de estabelecimento e desenvolvimento das plantas nesses ambientes são aspectos chave na dinâmica das comunidades de plantas de dunas (GARCÍA NOVO *et al.*, 2004). O conjunto de filtros não é uma sequência ordenada, como sugerido por Woodward e Kelly (1997), mas sim uma série aleatória de filtros para cada área, resultando em um ambiente desigual (GARCÍA-MORA *et al.*, 1999). Uma vez que esses filtros sejam relaxados, é esperado maior diversidade de

espécies (CARBONI *et al.*, 2010). Desta forma, nos parece que os filtros ecológicos locais determinam estes padrões sazonais na composição de espécies.

A área 3 possui a maior riqueza de espécies dentre as nove regiões de restinga do estado do Rio de Janeiro (CASTELO, 2013), explicando assim o maior número de espécies exclusivas. Ademais, as 11 espécies compartilhadas entre as três áreas, nove ocorrem ao longo da zona costeira deste estado, com padrão de distribuição geográfica amplo, ultrapassando os limites da América do Sul ou ocorrendo em quase toda a zona tropical desse continente (*Alternanthera littoralis*, *Blutaparon portulacoides*, *Canavalia rosea*, *Ipomoea imperati*, *Ipomoea pes-caprae*, *Panicum racemosum*, *Remirea maritima*, *Sporobolus virginicus* e *Paspalum maritimum*) (ARAUJO, 2000; WANDERLEY *et al.*, 2001). As outras duas espécies (*Allagoptera arenaria* e *Oxypetalum banksii*) são endêmicas do Brasil.

Mudanças na estrutura da vegetação

Os períodos chuvosos geralmente promovem o crescimento vegetal, enquanto períodos de seca são prejudiciais ao crescimento das plantas em habitats de dunas, causando mortalidade e interrupções na cobertura vegetal (GARCÍA NOVO *et al.*, 2004). Desta forma, a vegetação de dunas nas áreas 1 e 2 apresentou um padrão de crescimento sazonal relacionado aos períodos chuvosos. O mesmo foi observado por Martínez *et al.*, (2001) e Hesp (2002), com a vegetação de dunas seguindo as mudanças sazonais de precipitação (VAN DER MAAREL, 1981). Apesar das fortes flutuações cíclicas de curto prazo que a vegetação pode sofrer sazonalmente dentro do mesmo ano, podem ocorrer atrasados, e respostas cumulativas (FIDALGO *et al.*, 2014). Desta forma, o padrão de crescimento sazonal nos períodos secos na área 3 pode estar relacionado a um atraso de resposta da vegetação à precipitação.

Além dos processos erosivos ocorridos nas áreas 1 e 2, houve redução da precipitação pluviométrica no segundo ano em todas as áreas, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (períodos chuvosos e secos de 2013 a 2015). No entanto, a cobertura das espécies foi sendo recuperada nos períodos sazonais seguintes nas áreas 1 e 3, enquanto a área 2 apresentou redução progressiva da cobertura vegetal. Assim, as mudanças na estrutura da vegetação de dunas (frequência e cobertura vegetal) foram relacionadas com a sazonalidade pluviométrica e a dinâmica costeira. Miller (2015) registrou mudanças na estrutura da comunidade de dunas devido a perturbações por movimentação de areia (acrecção/erosão), enquanto Del Vecchio *et al.*, (2015) relacionaram as mudanças na cobertura das espécies com às mudanças climáticas e/ou à pressão antrópica.

A estrutura oligárquica da vegetação de dunas é recorrente nas demais regiões de restinga do estado do Rio de Janeiro (CASTELO, 2013). É comum que um pequeno número de espécies represente 90% ou mais da cobertura total de uma comunidade, podendo-se considerar a maioria restante como espécies raras (MORENO *et al.*, 2011). No entanto, as espécies dominantes apresentaram padrões temporais distintos de cobertura relativa em cada área (alta dominância de uma ou duas espécies na área 1, similar cobertura das espécies dominantes na área 2, e maior flutuação da dominância na área 3). Para Miller *et al.*, (2010), os padrões temporais das comunidades de dunas foram bastante dinâmicos, porém relativamente similares. Assim, independentemente da área, há um grupo de espécies dominantes de ampla distribuição geográfica e que, provavelmente, são mais eficientes e/ou mais tolerantes aos distúrbios naturais, sendo essas responsáveis pela estrutura básica das comunidades. Essas mudanças temporais da cobertura vegetal resultaram de um revezamento das espécies dominantes em função da redução de cobertura de algumas espécies em períodos menos favoráveis, influenciado pela precipitação ou por processos de acreção/erosão de areia. Desta forma, a dominância das espécies está diretamente associada à capacidade da espécie em ocupar os nichos ecológicos ao longo do gradiente ambiental (e.g., salinidade, velocidade do vento, mobilidade do substrato, nutrientes), assim como no sucesso na aquisição de recursos limitados. Em ecossistemas de dunas de areia, a água e os nutrientes minerais são muitas vezes considerados fatores limitantes, principalmente devido ao solo arenoso (ROZEMA *et al.*, 1985; HESP, 1991). Além disso, a variação geográfica ao longo da costa das características geomorfológicas, mobilidade do substrato e a salinidade do solo também determinam a composição de espécies e cobertura vegetal (GARCÍA-MORA *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 2008). Desta forma, as diferentes flutuações de cobertura vegetal nas áreas podem estar relacionadas à heterogeneidade dos ambientes, no espaço e no tempo, uma das características mais marcantes das dunas costeiras (VAN DER MAAREL, 2003; MARTÍNEZ *et al.*, 2004).

1.5 Conclusão

No presente estudo, podemos demonstrar alguns padrões espaço-temporais na composição de espécies e estrutura das comunidades de dunas costeiras. Relacionamos a mudança temporal na composição de espécies com a ocorrência das espécies raras localmente, e a mudança na estrutura da vegetação com a precipitação sazonal e a dinâmica costeira. No entanto, os distintos padrões temporais na composição e estrutura das três áreas ocorreram

possivelmente devido aos filtros ecológicos e a heterogeneidade do ambiente. A vegetação de dunas apresentou um crescimento sazonal distinto entre as áreas, assim como os padrões temporais de cobertura relativa das espécies. Deste modo, as mudanças na dominância foram devido ao revezamento das espécies influenciadas pela precipitação ou por processos de acreção/erosão de areia. Portanto, apesar de alguns padrões temporais semelhantes, as diferenças espaciais entre as áreas foram mais expressivas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa. Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), ao Instituto Estadual de Ambiente (Inea) e ao Centro de Avaliações do Exército (CAEX) pela concessão de acesso aos remanescentes de restingas. Um agradecimento especial a André Felipe Nunes-Freitas pelos comentários e sugestões no manuscrito. Finalmente, agradecemos também a Carlos Brenlla de Carvalho, Heloisa Tchmola Silva e Beatriz Castro pela ajuda na realização da amostragem de campo. A Luana Paula Mauad pela criação do mapa.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, D.S.D. 2000. **Análise florística e fitogeográfica das restingas do estado do Rio de Janeiro**. Tese de Doutorado. PPG-Ecologia/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 176 p.
- ARAUJO, D.S.D.; PEREIRA, M.C.A.; PIMENTEL, M.C.P. 2004. Flora e estrutura de comunidades na Restinga de Jurubatiba - síntese dos conhecimentos com enfoque especial para a formação aberta de *Clusia*. In: ROCHA, C.F.D.; ESTEVES, F.A.; SCARANO, F.R. (orgs.). **Pesquisas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba: Ecologia, História Natural e Conservação**. São Carlos: RiMa, p. 59-76.
- AVIS, A.M.; LUBKE, R.A. 1996. Dynamics and succession of coastal dune vegetation in the Eastern Cape, South Africa. **Landscape and Urban Planning**, 34: 1237-1254.
- BARBIÉRI, E.B. 1984. Cabo Frio e Iguaba Grande, dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (org.). **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. CEUFF, Niterói, p. 3-13.
- BEDUSCHI, T.; CASTELLANI, T.T. 2008. Estrutura populacional de *Clusia criuva* Cambess. (Clusiaceae) e relação espacial com espécies de bromélias no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC. **Biotemas**, 21: 41-50.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; VON ENDE, C.N. 1998. **Field and Laboratory Methods for General Ecology**, 4th ed. Boston: McGraw-Hill. 237 p.
- BULHÕES, E.M.R.; FERNANDEZ, G.B.; ROCHA, T.B. 2010. Efeitos morfológicos nas barreiras costeiras do litoral centro-norte do estado do Rio de Janeiro: resultados do evento de tempestade de abril de 2010. **Revista de Geografia**, 8: 15-30.
- CARBONI, M.; SANTORO, R.; ACOSTA, A.T.R. 2010. Are some communities of the coastal dune zonation more susceptible to alien plant invasion? **Journal of Plant Ecology**, 3: 139-147.
- CARTER, R.W.G. 1995. **Coastal Environments: an Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines**. 5th ed. Academic Press, London.
- CASTELO, A.J. 2013. **Diversidade e padrões estruturais da vegetação halófila-psamófila das restingas do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. PPG-Biologia Vegetal/Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 98 p.
- CERQUEIRA, R. 2000. Biogeografia das restingas. In: ESTEVES, F.A.; LACERDA, L.D. (eds.). **Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras**. Macaé: NUPEM/UFRJ, p. 65-75.
- CICCARELLI, D.; BACARO, G.; CHIARUCCI, A. 2012. Coastline dune vegetation dynamics: evidence of no stability. **Folia Geobotanica**, 47: 263-275.
- CONDE, M.M.S.; LIMA, H.R.P.; PEIXOTO, A.L. 2005. Aspectos florísticos e vegetacionais da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. In: MENEZES, L.F.T.; PEIXOTO, A.L.; ARAUJO, D.S.D. (eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, p. 133-168.

COSTA, C.S.B.; CORDAZZO, C.V.; SEELIGER, U. 1996. Shore disturbance and dune plant distribution. **Journal of Coastal Research**, 12: 133-140.

COWLES, H.C. 1911. The causes of vegetational cycles. **Annals of the Association of American Geographers**, 1: 3-20.

DEL VECCHIO, S.; PRISCO, I.; ACOSTA, A.T.R.; STANISCI, A. 2015. Changes in plant species composition of coastal dune habitats over a 20-year period. **AoB PLANTS**, 7: plv018. doi:10.1093/aobpla/plv018.

FIDALGO, F.; SANTOS, A.; PIMENTA, S.; MARQUES, J.; HONRADO, J. 2014. Regional environmental gradients influence ecophysiological responses of dominant coastal dune plants to changes in local conditions. **Journal of Coastal Research**, 30: 893-903.

FOREY, E.; CHAPELET, B.; VITASSE, Y.; TILQUIN, M.; TOUZARD, B., MICHALET, R. 2008. The relative importance of disturbance and environmental stress at local and regional scales in French coastal sand dunes. **Journal of Vegetation Science**, 19: 493-502.

GALLEGO-FERNÁNDEZ, J.B.; MARTÍNEZ, M.L. 2011. Environmental filtering and plant functional types on Mexican foredunes along the Gulf of Mexico. **Ecoscience**, 18: 52-62.

GARCÍA-MORA, M.R.; GALLEGO-FERNÁNDEZ, J.B., GARCÍA-NOVO, F. 1999. Plant functional types in coastal foredunes in relation to environmental stress and disturbance. **Journal of Vegetation Science**, 10: 27-34.

GARCÍA NOVO, F.; DÍAZ BARRADAS, M.C.D.; ZUNZUNEGUI, M.; GARCÍA MORA, R.; GALLEGO FERNÁNDEZ, J.B. 2004. Plant functional types in coastal dune habitats. In: MARTÍNEZ, M.L.; PSUTY, N.P. (eds.). **Coastal Dunes: Ecology and Conservation**, Ecological studies 171. Berlin Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, p. 155-169.

GORNISH, E.S.; MILLER, T.E. 2010. Effects of storm frequency on dune vegetation. **Global Change Biology**, 16: 2668-2675.

HENRIQUES, R.P.B.; ARAUJO, D.S.D.; HAY, J.D. 1986. Descrição e classificação dos tipos de vegetação da Restinga de Carapebus, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Botânica**, 9: 173-189.

HESP, P.A. 1988. Surfzone, beach and foredune interactions on the Australian southeast coast. **Journal of Coastal Research**, 3: 15-25.

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

HESP, P.A. 2002. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. **Geomorphology**, 48: 245-268.

HESP, P.A.; MARTÍNEZ, M.L. 2007. Disturbance processes and dynamics in coastal dunes. In: JOHNSON, E.A.; MIYANISHI, K. (eds.). **Plant Disturbance Ecology: The Process and the Response**. New York: Academic, p. 215-247.

HONRADO, J.; VICENTE, J.; LOMBA, A.; ALVES, P.; MACEDO, J.A.; HENRIQUES, R.; GRANJA, H., CALDAS, F.B. 2010. Fine-scale patterns of vegetation assembly in the monitoring of changes in coastal sand-dune landscapes. **Web Ecology**, 10: 1-14.

KENWORTHY, J.B. 1990. Botanical surveys. In: RITCHIE, W.; KINGHAM, L. (eds.). **The St Fergus Coastal Environment: the Physical and Biological Characteristics**. C.E.M.P., Aberdeen University Research and Industrial Services Ltd, Aberdeen.

KUITERS, A.T.; KRAMER, K.; VAN DER HAGEN, H.G.J.M.; SCHAMINÉE, J.H.J. 2009. Plant diversity, species turnover and shifts in functional traits in coastal dune vegetation: Results from permanent plots over a 52-year period. **Journal of Vegetation Science**, 20: 1-11.

LIEBIG, M.; SCARANO, F.R.; MATTOS, E.A.; ZALUAR, H.L.T.; LÜTTGE, U. 2001. Ecophysiological and floristic implications of sex expression in the dioecious neotropical CAM tree *Clusia hilariana* Schtdl. **Trees Structure and Function**, 15: 278-288.

LOMBA, A.; ALVES, P.; HONRADO, J. 2008. Endemic sand dune vegetation of the northwest Iberian peninsula: diversity, dynamics, and significance for bioindication and monitoring of coastal landscapes. **Journal of Coastal Research**, 24: 113-121.

MAGNANINI, A. 1954. Contribuição ao estudo das zonas de vegetação da Praia de Sernambetiba, D.F., Brasil. **Arquivos do Serviço Florestal**, 8: 147-232.

MAGURRAN, A.E. 1988. **Ecological Diversity and its Measurement**. New Jersey: Princeton University Press. 179 p.

MAGURRAN, A.E. 2011. **Medindo a Diversidade Biológica**. Curitiba: Ed. UFPR. 261 p.

MARTÍNEZ, M.L.; GALLEGO-FERNÁNDEZ, J.B.; GARCÍA-FRANCO, J.G.; MOCTEZUMA, C.; JIMÉNEZ, C.D. 2006. Assessment of coastal dune vulnerability to natural and anthropogenic disturbances along the Gulf of Mexico. **Environmental Conservation**, 33: 109-117.

MARTÍNEZ, M.L.; MAUN, A.M.; PSUTY, N. 2004. The fragility and conservation of the world's coastal dunes: geomorphological, ecological and socioeconomic perspectives. In: MARTÍNEZ, M.L.; PSUTY, N. (eds). **Coastal Dunes: Ecology and Conservation**, Ecological studies 171. Berlin Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, p. 355-369.

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

MARTINS, M.; NETO, C.; GERALDES, M.; GUTIERRES, F.; COSTA, J.C. 2010. Resilientes ou Vulneráveis? Em busca de uma nova avaliação para a vegetação de praias e dunas no contexto das alterações climáticas. In: **Livro de Resumos do II Seminário Ibérico IGBP - Mudança Global na Península Ibérica: uma visão integrada**. Lisboa.

MARTINS, S.E.; ROSSI, L.; SAMPAIO, P.S.P.; MAGENTA, M.A.G. 2008. Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertioga, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 22: 249-274.

MARZOLFF, I.; RIES, J.B.; POESEN, J. 2011. Short-term versus medium-term monitoring for detecting gully-erosion variability in a Mediterranean environment. **Earth Surface Processes and Landforms**, 36: 1604-1623.

MATHEW, S.; DAVIDSON-ARNOTT, R.G.D.; OLLERHEAD, J. 2010. Evolution of a beach-dune system following a catastrophic storm overwash event: Greenwich Dunes, Prince Edward Island, 1936-2005. **Canadian Journal of Earth Science**, 47: 273-290.

MATTOS, C.C.L.V. 2005. Caracterização climática da Restinga da Marambaia, RJ. In: MENEZES, L.F.T.; PEIXOTO, A.L.; ARAUJO, D.S.D. (eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, p. 55-66.

MAUN, M.A. 1997. Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. **Canadian Journal of Botany**, 76: 713-738.

MENEZES, L.F.T.; ARAUJO, D.S.D. 2005. Formações vegetais da Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro. In: MENEZES, L.F.T.; PEIXOTO, A.L.; ARAUJO, D.S.D. (eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, p. 67-120.

MILLER, T.E. 2015. Effects of disturbance on vegetation by sand accretion and erosion across coastal dune habitats on a barrier island. **AoB PLANTS**, 7: plv003. doi:10.1093/aobpla/plv003.

MILLER, T.E.; GORNISH, E.S.; BUCKLEY, H.L. 2010. Climate and coastal dune vegetation: disturbance, recovery, and succession. **Plant Ecology**, 206: 97-104.

MOLINA, J.A.; CASERMEIRO, M.A.; MORENO, P.S. 2003. Vegetation composition and soil salinity in a Spanish Mediterranean coastal ecosystem. **Phytocoenologia**, 33: 475-494.

MORENO, C.E.; BARRAGÁN, F.; PINEDA, E.; PAVÓN, N.P. 2011. Reanalyzing alpha diversity: alternatives to understand and compare information about ecological communities. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, 82: 1249-1261.

MUSILA, W.M.; KIMYAMARIO, J.I.; JUNGRIUS, P.D. 2001. Vegetation dynamics of coastal sand dunes near Malindi, Kenya. **African Journal of Ecology**, 39: 170-177.

NIELD, J.M.; BAAS, A.C.W. 2008. The influence of diferente environmental and climatic conditions on vegetated aeolian dune landscape development and response. **Global and Planetary Change**, 64: 76-92.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P.R.; O'HARA, R.B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.H.H.; WAGNER, H. 2015. **Vegan**: Community Ecology Package. R package version 2.3-2. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

OOSTING, H.J.; BILLINGS, W.D. 1942. Factors affecting vegetational zonation on coastal dunes. **Ecology**, 23: 131-142.

PEGMAN, A.P.M.; RAPSON, G.L. 2005. Plant succession and dune dynamics on actively prograding dunes, Whatipu Beach, northern New Zealand. **New Zealand Journal of Botany**, 43: 223-244.

PIMENTEL, M.C.P.; BARROS, M.J.; CIRNE, P.; MATTOS, E.A.D.; OLIVEIRA, R.C.; PEREIRA, M.C.A.; SCARANO, F.R.; ZALUAR, H.L.T.; ARAUJO, D.S.D. 2007. Spatial variation in the structure and floristic composition of “restinga” vegetation in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, 30: 543-551.

PRISCO, I.; STANISCI, A.; ACOSTA, A.T.R. 2016. Mediterranean dunes on the go: Evidence from a short term study on coastal herbaceous vegetation. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. doi: 10.1016/j.ecss.2016.09.012.

PSUTY, N. 2004. The coastal foredune: a morphological basis for regional coastal dune development. In: MARTÍNEZ, M.L.; PSUTY, N.P. (eds.). **Coastal Dunes: Ecology and Conservation**, Ecological studies 171. Berlin Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, p. 11-27.

RANWELL, D.S. 1972. **Ecology of Salt Marshes and Sand Dunes**. Chapman and Hall, London. 258 p.

RAY, G.C.; GREGG, W.P. 1991. Establishing biosphere reserves for coastal barrier ecosystems. **BioScience**, 41: 301-309.

R CORE TEAM. 2014. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

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

ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; ALVES, M.A.S.; VAN SLUYS, M. 2003. **A Biodiversidade nos Grandes Remanescentes Florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas Restingas da Mata Atlântica**. RiMa, São Carlos. 134 p.

ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; ALVES, M.A.S.; VAN SLUYS, M. 2004. A Restinga de Jurubatiba e a conservação dos ambientes de restinga do estado do Rio de Janeiro. In: ROCHA, C.F.D.; ESTEVES, F.A.; SCARANO, F.R. (orgs.). **Pesquisas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba: Ecologia, História Natural e Conservação**. São Carlos: RiMa, p. 341-352.

ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M.A.S.; JAMEL, C.E. 2007. The remnants of restinga habitats in the brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: Habitats loss and risk of disappearance. **Brazilian Journal of Biology**, 67: 263-273.

ROZEMA, J.P.; BIJWAARD, G.; PRAST, G.; BROEKMAN, R. 1985. Ecophysiological adaptations of coastal halophytes from foredunes and salt marshes. **Vegetatio**, 62: 499-521.

SCARANO, F.R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plants communities in stressful habitats marginal to Brazilian Atlantic Rainforest. **Annals of Botany**, 90: 517-524.

SEELIGER, U. 1992. Coastal foredunes of southern Brazil: physiography, habitats and vegetation. In: SEELIGER, U. (ed). **Coastal Plant Communities of Latin America**, Academic Press, New York, p. 367-381.

SEELIGER, U. 2003. Response of southern Brazilian coastal foredunes to natural and human-induced disturbance. **Journal of Coastal Research**, 35: 51-55.

SILVA, G.M., HESP, P.; PEIXOTO, J.; DILLENBURG, S.R. 2008. Fore dune vegetation patterns and alongshore environmental gradients: Moçambique Beach, Santa Catarina Island, Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, 33: 1557-1573.

STALLINS, J.A.; PARKER, A.J. 2003. The influence of complex systems interactions on barrier island dune vegetation patterns and process. **Annals of the Association of American Geographers**, 93: 13-29.

SUGUIO, K. 2010. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos. 408 p.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. 1990. Geomorfologia das restingas. In: **II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira - Estrutura, Função e Manejo**, vol. 3. Águas de Lindóia: Publicações ACIESP, p. 185-206.

THOMAZ, L.D. 1991. **Distribuição e diversidade de espécies na vegetação halófila-psamófila no litoral do Espírito Santo**. Dissertação de Mestrado. UNESP, Rio Claro, SP. 143 p.

THOMAZ, L.D.; MONTEIRO, R. 1994. Análise florística da comunidade halófila-psamófila das praias do estado do Espírito Santo. In: **Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira - Subsídios a um Gerenciamento Ambiental**, vol. 3. Serra Negra: Publicações ACIESP, p. 58-66.

VAN DER MAAREL, E. 1981. Fluctuations in a coastal dune grassland due to fluctuations in rainfall: experimental evidence. **Vegetatio**, 47: 259-265.

VAN DER MAAREL, E. 2003. Some remarks on the functions of European coastal ecosystems. **Phytocoenologia**, 33: 187-202. doi:10.1127/0340-269X/2003/0033-0187.

VENN, J. 1880. On the diagrammatic and mechanical representation of proposition and reasoning. **Philosophical Magazine and Journal of Science**, Fifth Series, 9: 1-18.

WANDERLEY, M.G.L.; SHEPHERD, G.J.; GIULIETTI, A.M. (coords.). 2001. **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo** v.1. São Paulo: FAPESP: HUCITEC. 291 p.

WOODWARD, F.I.; KELLY, C.K. 1997. Plant functional types: towards a definition by environmental constraints. In: SMITH, T.M.; SHUGART, H.H.; WOODWARD, F.I. (eds.). **Plant Functional Types: their Relevance to Ecosystem Properties and Global Change**, p. 47-65. Cambridge University Press, Cambridge.

ZALUAR, H.L.T.; SCARANO, F.R. 2000. Facilitação em restingas de moitas: um século de buscas por espécies focais. In: ESTEVES, F.A.; LACERDA, L.D. (eds.). **Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras**. Rio de Janeiro: NUPEM-UFRJ, p. 3-23.

ZAR, J.H. 1999. **Biostatistical analysis**. 4^a ed. New Jersey, Prentice Hall. 663 p.

APÊNDICE - Inventário florístico e parâmetros estruturais da vegetação.

Inventário florístico obtido das parcelas permanentes da vegetação de dunas das três áreas, períodos chuvoso e seco 2013-2015. 1 = chuvoso 2013, 2 = seco 2013, 3 = chuvoso 2014, 4 = seco 2014, 5 = chuvoso 2015, 6 = seco 2015.

Famílias	Espécies	Área 1						Área 2						Área 3					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Amaranthaceae	<i>Alternanthera littoralis</i> P.Beauv.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.													X	X	X	X	X	X
	<i>Blutaparon portulacoides</i> (A.St.-Hil.) Mears	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi													X	X	X	X	X	X
Apocynaceae	<i>Oxypetalum banksii</i> R.Br. ex Schult.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			
Araliaceae	<i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam.	X	X				X												
Arecaceae	<i>Allagoptera arenaria</i> (Gomes) Kuntze	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Asteraceae	<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob.													X	X	X	X		
	<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson																X	X	
	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex Wight													X	X	X	X	X	X
	<i>Pectis brevipedunculata</i> (Gardner) Sch.Bip.													X	X	X	X	X	X
	<i>Tridax procumbens</i> L.													X	X	X	X	X	X
Cactaceae	<i>Cereus femambucensis</i> Lem.	X	X	X	X	X	X							X	X	X	X	X	X
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i> L.													X	X	X	X	X	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R.Br.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cyperaceae	<i>Fimbristylis cymosa</i> R.Br.													X	X	X	X	X	X
	<i>Remirea maritima</i> Aubl.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.													X	X	X	X	X	X
	<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton																X	X	
	<i>Microstachys comiculata</i> (Vahl) Griseb.						X												
Fabaceae	<i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC.	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.	X				X													
	<i>Sophora tomentosa</i> L.													X	X	X	X	X	X
	<i>Stylosanthes viscosa</i> (L.) Sw.													X	X	X	X	X	X
	<i>Zornia latifolia</i> Sm.																		X
Goodeniaceae	<i>Scaevola plumieri</i> (L.) Vahl	X	X	X	X	X	X												
Lauraceae	<i>Cassipourea filiformis</i> L.													X	X	X	X	X	X
Malvaceae	<i>Sida ciliaris</i> L.													X	X	X	X	X	X
	<i>Sida cordifolia</i> L.																X		
	<i>Waltheria indica</i> L.																X		
Molluginaceae	<i>Mollugo verticillata</i> L.							X	X	X	X	X	X						
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.													X	X	X	X	X	X
Poaceae	<i>Chloris pycnothrix</i> Trin.																	X	X
	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.																X	X	X
	<i>Dichanthelium surrectum</i> (Chase ex Zuloaga & Morrone) Zuloaga																		X
	<i>Panicum racemosum</i> (P. Beauv.) Spreng.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Paspalum arenarium</i> Schrad.													X	X	X	X	X	X
	<i>Paspalum maritimum</i> Trin.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Paspalum vaginatum</i> Sw.													X	X	X	X	X	X
Portulacaceae	<i>Portulaca mucronata</i> Link		X	X		X	X							X	X	X	X	X	X
	<i>Jacquinia armillaris</i> Jacq.													X	X	X	X	X	X
	<i>Condalia buxifolia</i> Reissek													X	X	X	X	X	X
Rubiaceae	<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC.											X							
	<i>Mitracarpus strigosus</i> (Thunb.) P.L.R. Moraes, De Smedt & Hjertson													X	X	X	X	X	X
Smilacaceae	<i>Smilax rufescens</i> Griseb.																		X
Violaceae	<i>Pombalia calceolaria</i> (L.) Paula-Souza													X	X	X	X	X	X
Total		15	16	15	14	16	17	12	11	12	11	13	11	32	34	34	38	34	38

Parâmetros estruturais da vegetação de dunas da Área 1, períodos chuvoso e seco de 2013-2015. NP = número de ocorrências de espécies nas parcelas, FA = frequência absoluta (%), FR = frequência relativa (%), CA = cobertura absoluta (%), CR = cobertura relativa (%). Espécies ordenadas segundo CR.

Período Chuvoso 2013					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Ipomoea imperati</i>	98	79,7	17,4	430	28,7
<i>Sporobolus virginicus</i>	114	92,7	20,3	262	17,5
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	60	48,8	10,7	204	13,6
<i>Remirea maritima</i>	96	78,0	17,1	157	10,5
<i>Paspalum maritimum</i>	51	41,5	9,1	107	7,1
<i>Panicum racemosum</i>	61	49,6	10,9	65	4,3
<i>Canavalia rosea</i>	14	11,4	2,5	62	4,1
<i>Scaevola plumieri</i>	5	4,1	0,9	58	3,9
<i>Allagoptera arenaria</i>	13	10,6	2,3	54	3,6
<i>Centrosema virginianum</i>	4	3,3	0,7	25	1,7
<i>Alternanthera littoralis</i>	10	8,1	1,8	22	1,5
<i>Cereus fernambucensis</i>	12	9,8	2,1	22	1,5
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	15	12,2	2,7	15	1,0
<i>Blutaparon portulacoides</i>	7	5,7	1,2	14	0,9
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	2	1,6	0,4	2	0,1
Total	562	456,9	100,0	1499	100,0

Período Seco 2013					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Ipomoea imperati</i>	88	71,5	19,0	231	27,6
<i>Sporobolus virginicus</i>	95	77,2	20,5	186	22,2
<i>Remirea maritima</i>	80	65,0	17,2	85	10,2
<i>Paspalum maritimum</i>	50	40,7	10,8	80	9,6
<i>Panicum racemosum</i>	53	43,1	11,4	55	6,6
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	35	28,5	7,5	54	6,5
<i>Allagoptera arenaria</i>	13	10,6	2,8	40	4,8
<i>Cereus fernambucensis</i>	8	6,5	1,7	24	2,9
<i>Scaevola plumieri</i>	4	3,3	0,9	24	2,9
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	15	12,2	3,2	22	2,6
<i>Alternanthera littoralis</i>	10	8,1	2,2	16	1,9
<i>Canavalia rosea</i>	5	4,1	1,1	9	1,1
<i>Blutaparon portulacoides</i>	5	4,1	1,1	8	1,0
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Oxypetalum banksii</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Portulaca mucronata</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
Total	464	377,2	100,0	837	100,0

Período Chuvoso 2014					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Ipomoea imperati</i>	83	67,5	17,8	374	32,3
<i>Sporobolus virginicus</i>	92	74,8	19,7	203	17,5
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	38	30,9	8,2	146	12,6
<i>Paspalum maritimum</i>	59	48,0	12,7	111	9,6
<i>Remirea maritima</i>	77	62,6	16,5	91	7,9
<i>Panicum racemosum</i>	63	51,2	13,5	65	5,6
<i>Allagoptera arenaria</i>	15	12,2	3,2	55	4,7
<i>Scaevola plumieri</i>	4	3,3	0,9	43	3,7
<i>Canavalia rosea</i>	5	4,1	1,1	24	2,1
<i>Cereus fernambucensis</i>	7	5,7	1,5	19	1,6
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	10	8,1	2,1	14	1,2
<i>Alternanthera littoralis</i>	6	4,9	1,3	7	0,6
<i>Blutaparon portulacoides</i>	5	4,1	1,1	5	0,4
<i>Oxypetalum banksii</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Portulaca mucronata</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
Total	466	378,9	100,0	1159	100,0

Período Seco 2014					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Sporobolus virginicus</i>	91	74,0	20,6	221	23,4
<i>Ipomoea imperati</i>	82	66,7	18,6	218	23,1
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	28	22,8	6,3	84	8,9
<i>Paspalum maritimum</i>	41	33,3	9,3	84	8,9
<i>Remirea maritima</i>	69	56,1	15,6	80	8,5
<i>Allagoptera arenaria</i>	16	13,0	3,6	78	8,3
<i>Panicum racemosum</i>	65	52,8	14,7	65	6,9
<i>Scaevola plumieri</i>	5	4,1	1,1	37	3,9
<i>Cereus fernambucensis</i>	9	7,3	2,0	31	3,3
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	13	10,6	2,9	17	1,8
<i>Alternanthera littoralis</i>	9	7,3	2,0	11	1,2
<i>Canavalia rosea</i>	10	8,1	2,3	10	1,1
<i>Blutaparon portulacoides</i>	3	2,4	0,7	5	0,5
<i>Oxypetalum banksii</i>	1	0,8	0,2	2	0,2
Total	442	359,3	100,0	943	100,0

Período Chuvoso 2015					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Ipomoea imperati</i>	92	74,8	20,2	487	37,1
<i>Sporobolus virginicus</i>	105	85,4	23,0	258	19,6
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	36	29,3	7,9	209	15,9
<i>Remirea maritima</i>	71	57,7	15,6	83	6,3
<i>Panicum racemosum</i>	60	48,8	13,2	67	5,1
<i>Allagoptera arenaria</i>	14	11,4	3,1	62	4,7
<i>Paspalum maritimum</i>	37	30,1	8,1	47	3,6
<i>Scaevola plumieri</i>	5	4,1	1,1	42	3,2
<i>Cereus fernambucensis</i>	7	5,7	1,5	19	1,4
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	9	7,3	2,0	10	0,8
<i>Canavalia rosea</i>	4	3,3	0,9	9	0,7
<i>Alternanthera littoralis</i>	7	5,7	1,5	8	0,6
<i>Blutaparon portulacoides</i>	6	4,9	1,3	8	0,6
<i>Oxypetalum banksii</i>	1	0,8	0,2	2	0,2
<i>Centrosema virginianum</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Portulaca mucronata</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
Total	456	370,7	100,0	1313	100,0

Período Seco 2015					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Sporobolus virginicus</i>	110	89,4	20,9	282	25,1
<i>Ipomoea imperati</i>	99	80,5	18,8	203	18,0
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	47	38,2	8,9	138	12,3
<i>Remirea maritima</i>	77	62,6	14,6	88	7,8
<i>Allagoptera arenaria</i>	15	12,2	2,8	82	7,3
<i>Paspalum maritimum</i>	49	39,8	9,3	76	6,8
<i>Panicum racemosum</i>	67	54,5	12,7	70	6,2
<i>Canavalia rosea</i>	19	15,4	3,6	60	5,3
<i>Scaevola plumieri</i>	4	3,3	0,8	53	4,7
<i>Cereus fernambucensis</i>	7	5,7	1,3	26	2,3
<i>Blutaparon portulacoides</i>	13	10,6	2,5	22	2,0
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	13	10,6	2,5	16	1,4
<i>Oxypetalum banksii</i>	2	1,6	0,4	4	0,4
<i>Alternanthera littoralis</i>	2	1,6	0,4	2	0,2
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Microstachys corniculata</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Portulaca mucronata</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
Total	527	428,5	100,0	1125	100,0

Parâmetros estruturais da vegetação de dunas da Área 2, períodos chuvoso e seco de 2013-2015. NP = número de ocorrências de espécies nas parcelas, FA = frequência absoluta (%), FR = frequência relativa (%), CA = cobertura absoluta (%), CR = cobertura relativa (%). Espécies ordenadas segundo CR.

Período Chuvoso 2013					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Sporobolus virginicus</i>	73	60,3	20,1	199	27,4
<i>Panicum racemosum</i>	91	75,2	25,0	157	21,7
<i>Ipomoea imperati</i>	74	61,2	20,3	155	21,4
<i>Remirea maritima</i>	76	62,8	20,9	110	15,2
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	10	8,3	2,7	41	5,7
<i>Mollugo verticillata</i>	19	15,7	5,2	22	3,0
<i>Alternanthera littoralis</i>	8	6,6	2,2	16	2,2
<i>Blutaparon portulacoides</i>	4	3,3	1,1	11	1,5
<i>Canavalia rosea</i>	2	1,7	0,5	6	0,8
<i>Allagoptera arenaria</i>	4	3,3	1,1	5	0,7
<i>Paspalum maritimum</i>	2	1,7	0,5	2	0,3
<i>Oxypetalum banksii</i>	1	0,8	0,3	1	0,1
Total	364	300,8	100,0	725	100,0

Período Seco 2013					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Sporobolus virginicus</i>	72	59,5	23,3	120	29,7
<i>Panicum racemosum</i>	90	74,4	29,1	106	26,2
<i>Remirea maritima</i>	62	51,2	20,1	70	17,3
<i>Ipomoea imperati</i>	54	44,6	17,5	61	15,1
<i>Alternanthera littoralis</i>	9	7,4	2,9	14	3,5
<i>Allagoptera arenaria</i>	5	4,1	1,6	9	2,2
<i>Mollugo verticillata</i>	8	6,6	2,6	8	2,0
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	3	2,5	1,0	7	1,7
<i>Oxypetalum banksii</i>	3	2,5	1,0	6	1,5
<i>Blutaparon portulacoides</i>	2	1,7	0,6	2	0,5
<i>Paspalum maritimum</i>	1	0,8	0,3	1	0,2
Total	309	255,4	100,0	404	100,0

Período Chuvoso 2014					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Sporobolus virginicus</i>	77	63,6	19,7	172	24,9
<i>Panicum racemosum</i>	98	81,0	25,1	159	23,0
<i>Ipomoea imperati</i>	75	62,0	19,2	126	18,3
<i>Remirea maritima</i>	81	66,9	20,7	124	18,0
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	12	9,9	3,1	29	4,2
<i>Allagoptera arenaria</i>	5	4,1	1,3	19	2,8
<i>Mollugo verticillata</i>	16	13,2	4,1	16	2,3
<i>Alternanthera littoralis</i>	11	9,1	2,8	14	2,0
<i>Blutaparon portulacoides</i>	10	8,3	2,6	14	2,0
<i>Oxypetalum banksii</i>	4	3,3	1,0	8	1,2
<i>Canavalia rosea</i>	1	0,8	0,3	7	1,0
<i>Paspalum maritimum</i>	1	0,8	0,3	2	0,3
Total	391	323,1	100,0	690	100,0

Período Seco 2014					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Sporobolus virginicus</i>	82	67,8	21,2	184	29,7
<i>Panicum racemosum</i>	97	80,2	25,1	162	26,1
<i>Remirea maritima</i>	82	67,8	21,2	106	17,1
<i>Ipomoea imperati</i>	75	62,0	19,4	98	15,8
<i>Mollugo verticillata</i>	19	15,7	4,9	19	3,1
<i>Allagoptera arenaria</i>	4	3,3	1,0	13	2,1
<i>Alternanthera littoralis</i>	10	8,3	2,6	12	1,9
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	6	5,0	1,6	11	1,8
<i>Oxypetalum banksii</i>	6	5,0	1,6	8	1,3
<i>Blutaparon portulacoides</i>	4	3,3	1,0	4	0,6
<i>Paspalum maritimum</i>	1	0,8	0,3	3	0,5
Total	386	319,0	100,0	620	100,0

Período Chuvoso 2015					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Ipomoea imperati</i>	84	69,4	22,2	165	28,0
<i>Panicum racemosum</i>	93	76,9	24,5	144	24,4
<i>Sporobolus virginicus</i>	80	66,1	21,1	116	19,7
<i>Remirea maritima</i>	71	58,7	18,7	80	13,6
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	8	6,6	2,1	27	4,6
<i>Mollugo verticillata</i>	15	12,4	4,0	16	2,7
<i>Alternanthera littoralis</i>	11	9,1	2,9	13	2,2
<i>Allagoptera arenaria</i>	4	3,3	1,1	11	1,9
<i>Blutaparon portulacoides</i>	5	4,1	1,3	5	0,8
<i>Oxypetalum banksii</i>	4	3,3	1,1	5	0,8
<i>Canavalia rosea</i>	1	0,8	0,3	5	0,8
<i>Paspalum maritimum</i>	2	1,7	0,5	2	0,3
<i>Borreria capitata</i>	1	0,8	0,3	1	0,2
Total	379	313,2	100,0	590	100,0

Período Seco 2015					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Sporobolus virginicus</i>	82	67,8	23,4	139	30,0
<i>Panicum racemosum</i>	95	78,5	27,1	107	23,1
<i>Ipomoea imperati</i>	76	62,8	21,7	79	17,0
<i>Remirea maritima</i>	60	49,6	17,1	71	15,3
<i>Allagoptera arenaria</i>	6	5,0	1,7	33	7,1
<i>Mollugo verticillata</i>	11	9,1	3,1	13	2,8
<i>Alternanthera littoralis</i>	11	9,1	3,1	12	2,6
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	4	3,3	1,1	4	0,9
<i>Oxypetalum banksii</i>	3	2,5	0,9	3	0,6
<i>Blutaparon portulacoides</i>	2	1,7	0,6	2	0,4
<i>Paspalum maritimum</i>	1	0,8	0,3	1	0,2
Total	351	290,1	100,0	464	100,0

Parâmetros estruturais da vegetação de dunas da Área 3, períodos chuvoso e seco de 2013-2015 (continua). NP = número de ocorrências de espécies nas parcelas, FA = frequência absoluta (%), FR = frequência relativa (%), CA = cobertura absoluta (%), CR = cobertura relativa (%). Espécies ordenadas Segundo CR.

Período Chuvoso 2013					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Sporobolus virginicus</i>	85	68,0	20,0	424	26,2
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	43	34,4	10,1	319	19,7
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	40	32,0	9,4	230	14,2
<i>Blutaparon portulacoides</i>	43	34,4	10,1	159	9,8
<i>Ipomoea imperati</i>	41	32,8	9,6	81	5,0
<i>Canavalia rosea</i>	16	12,8	3,8	75	4,6
<i>Panicum racemosum</i>	32	25,6	7,5	59	3,6
<i>Schinus terebinthifolius</i>	7	5,6	1,6	58	3,6
<i>Allagoptera arenaria</i>	4	3,2	0,9	43	2,7
<i>Remirea maritima</i>	21	16,8	4,9	26	1,6
<i>Cereus fernambucensis</i>	15	12,0	3,5	25	1,5
<i>Paspalum vaginatum</i>	6	4,8	1,4	18	1,1
<i>Alternanthera littoralis</i>	11	8,8	2,6	15	0,9
<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	9	7,2	2,1	11	0,7
<i>Sophora tomentosa</i>	5	4,0	1,2	9	0,6
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	6	4,8	1,4	7	0,4
<i>Eugenia uniflora</i>	1	0,8	0,2	7	0,4
<i>Pectis brevipedunculata</i>	5	4,0	1,2	6	0,4
<i>Paspalum arenarium</i>	3	2,4	0,7	7	0,4
<i>Mitracarpus strigosus</i>	5	4,0	1,2	5	0,3
<i>Paspalum maritimum</i>	2	1,6	0,5	5	0,3
<i>Stylosanthes viscosa</i>	4	3,2	0,9	5	0,3
<i>Emilia sonchifolia</i>	4	3,2	0,9	4	0,2
<i>Fimbristylis cymosa</i>	3	2,4	0,7	3	0,2
<i>Pombalia calceolaria</i>	4	3,2	0,9	4	0,2
<i>Jacquinia armillaris</i>	1	0,8	0,2	4	0,2
<i>Cassytha filiformis</i>	2	1,6	0,5	2	0,1
<i>Commelina erecta</i>	2	1,6	0,5	2	0,1
<i>Cyrtocymura scorpioides</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Portulaca mucronata</i>	2	1,6	0,5	2	0,1
<i>Sida ciliaris</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Tridax procumbens</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
Total	425	340,0	100,0	1618	100,0

Período Seco 2013					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	55	44,0	11,2	505	30,4
<i>Sporobolus virginicus</i>	89	71,2	18,1	290	17,4
<i>Blutaparon portulacoides</i>	45	36,0	9,2	159	9,6
<i>Canavalia rosea</i>	32	25,6	6,5	141	8,5
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	42	33,6	8,6	122	7,3
<i>Ipomoea imperati</i>	45	36,0	9,2	69	4,2
<i>Allagoptera arenaria</i>	8	6,4	1,6	55	3,3
<i>Panicum racemosum</i>	38	30,4	7,7	51	3,1
<i>Remirea maritima</i>	25	20,0	5,1	31	1,9
<i>Paspalum vaginatum</i>	10	8,0	2,0	31	1,9
<i>Schinus terebinthifolius</i>	6	4,8	1,2	31	1,9
<i>Cereus fernambucensis</i>	21	16,8	4,3	30	1,8
<i>Eugenia uniflora</i>	3	2,4	0,6	22	1,3
<i>Condalia buxifolia</i>	2	1,6	0,4	20	1,2
<i>Jacquinia armillaris</i>	1	0,8	0,2	18	1,1
<i>Alternanthera littoralis</i>	11	8,8	2,2	13	0,8
<i>Sophora tomentosa</i>	6	4,8	1,2	13	0,8
<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	12	9,6	2,4	12	0,7
<i>Stylosanthes viscosa</i>	4	3,2	0,8	10	0,6
<i>Mitracarpus strigosus</i>	5	4,0	1,0	5	0,3
<i>Fimbristylis cymosa</i>	5	4,0	1,0	5	0,3
<i>Cassytha filiformis</i>	3	2,4	0,6	4	0,2
<i>Commelina erecta</i>	3	2,4	0,6	3	0,2
<i>Cyrtocymura scorpioides</i>	3	2,4	0,6	3	0,2
<i>Pombalia calceolaria</i>	3	2,4	0,6	3	0,2
<i>Sida ciliaris</i>	3	2,4	0,6	3	0,2
<i>Paspalum maritimum</i>	1	0,8	0,2	3	0,2
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	2	1,6	0,4	2	0,1
<i>Paspalum arenarium</i>	2	1,6	0,4	2	0,1
<i>Tridax procumbens</i>	2	1,6	0,4	2	0,1
<i>Emilia sonchifolia</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Oxypetalum banksii</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Pectis brevipedunculata</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Portulaca mucronata</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
Total	491	392,8	100,0	1662	0,0

Parâmetros estruturais da vegetação de dunas da Área 3, períodos chuvoso e seco de 2013-2015 (continuação). NP = número de ocorrências de espécies nas parcelas, FA = frequência absoluta (%), FR = frequência relativa (%), CA = cobertura absoluta (%), CR = cobertura relativa (%). Espécies ordenadas Segundo CR.

Período Chuvoso 2014					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	53	42,4	10,8	339	22,6
<i>Sporobolus virginicus</i>	87	69,6	17,7	211	14,1
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	45	36,0	9,2	193	12,9
<i>Blutaparon portulacoides</i>	48	38,4	9,8	192	12,8
<i>Allagoptera arenaria</i>	9	7,2	1,8	96	6,4
<i>Ipomoea imperati</i>	48	38,4	9,8	86	5,7
<i>Canavalia rosea</i>	26	20,8	5,3	79	5,3
<i>Schinus terebinthifolius</i>	6	4,8	1,2	54	3,6
<i>Panicum racemosum</i>	40	32,0	8,1	48	3,2
<i>Remirea maritima</i>	28	22,4	5,7	36	2,4
<i>Cereus fernambucensis</i>	18	14,4	3,7	27	1,8
<i>Alternanthera littoralis</i>	12	9,6	2,4	13	0,9
<i>Paspalum vaginatum</i>	6	4,8	1,2	13	0,9
<i>Sophora tomentosa</i>	6	4,8	1,2	14	0,9
<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	9	7,2	1,8	10	0,7
<i>Jacquinia armillaris</i>	1	0,8	0,2	10	0,7
<i>Paspalum arenarium</i>	2	1,6	0,4	10	0,7
<i>Stylosanthes viscosa</i>	4	3,2	0,8	11	0,7
<i>Condalia buxifolia</i>	2	1,6	0,4	9	0,6
<i>Mitracarpus strigosus</i>	7	5,6	1,4	7	0,5
<i>Eugenia uniflora</i>	1	0,8	0,2	6	0,4
<i>Pombalia calceolaria</i>	6	4,8	1,2	6	0,4
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	5	4,0	1,0	5	0,3
<i>Cyrtocymura scorpioides</i>	3	2,4	0,6	4	0,3
<i>Fimbristylis cymosa</i>	4	3,2	0,8	4	0,3
<i>Pectis brevipedunculata</i>	5	4,0	1,0	5	0,3
<i>Cassytha filiformis</i>	2	1,6	0,4	2	0,1
<i>Commelina erecta</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Emilia sonchifolia</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Paspalum maritimum</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Portulaca mucronata</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Sida ciliaris</i>	2	1,6	0,4	2	0,1
<i>Sida cordifolia</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Tridax procumbens</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
Total	491	392,8	100,0	1498	100,0

Período Seco 2014					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Blutaparon portulacoides</i>	45	36,0	10,2	376	25,2
<i>Sporobolus virginicus</i>	83	66,4	18,8	280	18,8
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	41	32,8	9,3	184	12,3
<i>Allagoptera arenaria</i>	9	7,2	2,0	81	5,4
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	23	18,4	5,2	75	5,0
<i>Panicum racemosum</i>	42	33,6	9,5	71	4,8
<i>Schinus terebinthifolius</i>	6	4,8	1,4	54	3,6
<i>Ipomoea imperati</i>	37	29,6	8,4	52	3,5
<i>Paspalum vaginatum</i>	11	8,8	2,5	36	2,4
<i>Cereus fernambucensis</i>	18	14,4	4,1	32	2,1
<i>Remirea maritima</i>	23	18,4	5,2	28	1,9
<i>Canavalia rosea</i>	9	7,2	2,0	26	1,7
<i>Tridax procumbens</i>	8	6,4	1,8	21	1,4
<i>Condalia buxifolia</i>	2	1,6	0,5	20	1,3
<i>Paspalum arenarium</i>	5	4,0	1,1	20	1,3
<i>Stylosanthes viscosa</i>	3	2,4	0,7	20	1,3
<i>Alternanthera littoralis</i>	11	8,8	2,5	17	1,1
<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	9	7,2	2,0	16	1,1
<i>Jacquinia armillaris</i>	1	0,8	0,2	11	0,7
<i>Pectis brevipedunculata</i>	6	4,8	1,4	7	0,5
<i>Sophora tomentosa</i>	6	4,8	1,4	8	0,5
<i>Emilia sonchifolia</i>	5	4,0	1,1	6	0,4
<i>Fimbristylis cymosa</i>	6	4,8	1,4	6	0,4
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	3	2,4	0,7	5	0,3
<i>Mitracarpus strigosus</i>	4	3,2	0,9	5	0,3
<i>Euphorbia prostrata</i>	3	2,4	0,7	5	0,3
<i>Pombalia calceolaria</i>	5	4,0	1,1	5	0,3
<i>Sida ciliaris</i>	2	1,6	0,5	4	0,3
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	3	2,4	0,7	3	0,2
<i>Cassytha filiformis</i>	2	1,6	0,5	3	0,2
<i>Cyrtocymura scorpioides</i>	2	1,6	0,5	3	0,2
<i>Commelina erecta</i>	2	1,6	0,5	2	0,1
<i>Emilia fosbergii</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Eugenia uniflora</i>	1	0,8	0,2	2	0,1
<i>Oxypetalum banksii</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Paspalum maritimum</i>	1	0,8	0,2	2	0,1
<i>Portulaca mucronata</i>	2	1,6	0,5	2	0,1
<i>Waltheria indica</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
Total	442	353,6	100,0	1491	100,0

Parâmetros estruturais da vegetação de dunas da Área 3, períodos chuvoso e seco de 2013-2015 (conclusão). NP = número de ocorrências de espécies nas parcelas, FA = frequência absoluta (%), FR = frequência relativa (%), CA = cobertura absoluta (%), CR = cobertura relativa (%). Espécies ordenadas Segundo CR.

Período Chuvoso 2015					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Sporobolus virginicus</i>	89	71,2	21,4	260	21,3
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	31	24,8	7,5	239	19,6
<i>Blutaparon portulacoides</i>	44	35,2	10,6	172	14,1
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	35	28,0	8,4	102	8,3
<i>Allagoptera arenaria</i>	8	6,4	1,9	76	6,2
<i>Ipomoea imperati</i>	47	37,6	11,3	73	6,0
<i>Schinus terebinthifolius</i>	7	5,6	1,7	69	5,6
<i>Panicum racemosum</i>	42	33,6	10,1	52	4,3
<i>Remirea maritima</i>	21	16,8	5,0	27	2,2
<i>Cereus fernambucensis</i>	12	9,6	2,9	19	1,6
<i>Canavalia rosea</i>	4	3,2	1,0	14	1,1
<i>Alternanthera littoralis</i>	13	10,4	3,1	13	1,1
<i>Paspalum vaginatum</i>	7	5,6	1,7	11	0,9
<i>Eugenia uniflora</i>	2	1,6	0,5	10	0,8
<i>Jacquinia armillaris</i>	1	0,8	0,2	10	0,8
<i>Pombalia calceolaria</i>	8	6,4	1,9	9	0,7
<i>Paspalum arenarium</i>	3	2,4	0,7	9	0,7
<i>Stylosanthes viscosa</i>	3	2,4	0,7	9	0,7
<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	5	4,0	1,2	6	0,5
<i>Pectis brevipedunculata</i>	6	4,8	1,4	6	0,5
<i>Mitracarpus strigosus</i>	5	4,0	1,2	6	0,5
<i>Sophora tomentosa</i>	4	3,2	1,0	6	0,5
<i>Condalia buxifolia</i>	2	1,6	0,5	5	0,4
<i>Fimbristylis cymosa</i>	4	3,2	1,0	4	0,3
<i>Sida ciliaris</i>	2	1,6	0,5	3	0,2
<i>Tridax procumbens</i>	2	1,6	0,5	3	0,2
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	2	1,6	0,5	2	0,2
<i>Cassytha filiformis</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Chloris pycnothrix</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Commelina erecta</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Emilia sonchifolia</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Paspalum maritimum</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Portulaca mucronata</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
Total	416	332,8	100,0	1222	100,0

Período Seco 2015					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Sporobolus virginicus</i>	94	75,2	19,8	406	23,8
<i>Blutaparon portulacoides</i>	47	37,6	9,9	313	18,4
<i>Allagoptera arenaria</i>	8	6,4	1,7	154	9,0
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	35	28,0	7,4	151	8,9
<i>Schinus terebinthifolius</i>	9	7,2	1,9	121	7,1
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	29	23,2	6,1	87	5,1
<i>Panicum racemosum</i>	41	32,8	8,6	78	4,6
<i>Canavalia rosea</i>	13	10,4	2,7	64	3,8
<i>Ipomoea imperati</i>	44	35,2	9,3	56	3,3
<i>Remirea maritima</i>	28	22,4	5,9	34	2,0
<i>Cereus fernambucensis</i>	17	13,6	3,6	34	2,0
<i>Paspalum maritimum</i>	6	4,8	1,3	34	2,0
<i>Stylosanthes viscosa</i>	4	3,2	0,8	19	1,1
<i>Paspalum vaginatum</i>	12	9,6	2,5	18	1,1
<i>Jacquinia armillaris</i>	1	0,8	0,2	16	0,9
<i>Alternanthera littoralis</i>	14	11,2	3,0	14	0,8
<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	10	8,0	2,1	12	0,7
<i>Tridax procumbens</i>	8	6,4	1,7	12	0,7
<i>Condalia buxifolia</i>	2	1,6	0,4	12	0,7
<i>Sophora tomentosa</i>	5	4,0	1,1	10	0,6
<i>Fimbristylis cymosa</i>	6	4,8	1,3	9	0,5
<i>Mitracarpus strigosus</i>	5	4,0	1,1	6	0,4
<i>Cassytha filiformis</i>	3	2,4	0,6	6	0,4
<i>Pectis brevipedunculata</i>	5	4,0	1,1	5	0,3
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	4	3,2	0,8	5	0,3
<i>Sida ciliaris</i>	3	2,4	0,6	5	0,3
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	3	2,4	0,6	4	0,2
<i>Pombalia calceolaria</i>	3	2,4	0,6	3	0,2
<i>Chloris pycnothrix</i>	2	1,6	0,4	2	0,1
<i>Emilia sonchifolia</i>	2	1,6	0,4	2	0,1
<i>Dichantheium surrectum</i>	2	1,6	0,4	2	0,1
<i>Euphorbia prostrata</i>	2	1,6	0,4	2	0,1
<i>Portulaca mucronata</i>	2	1,6	0,4	2	0,1
<i>Paspalum arenarium</i>	1	0,8	0,2	2	0,1
<i>Emilia fosbergii</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Eugenia uniflora</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Smilax rufescens</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Zornia latifolia</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
Total	474	379,2	100,0	1704	100,0

2 MUDANÇAS NA ESTRUTURA E ATRIBUTOS FUNCIONAIS AO LONGO DO GRADIENTE DA VEGETAÇÃO DE DUNAS TROPICAIS

Antonio Janilson Castelo¹, Jerônimo Boelsums Barreto Sansevero², Mário Luís Garbin³, João Marcelo Alvarenga Braga⁴

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, São Francisco Xavier, 524, Maracanã, CEP: 20550-013, Rio de Janeiro, Brasil

²Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, BR 465, Km 07, CEP: 23890-000, Seropédica, Brasil

³Universidade Vila Velha, Comissário José Dantas de Melo, s/n, Boa Vista, CEP: 29102-770, Vila Velha, Brasil

⁴Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro - JBRJ, Pacheco Leão, 915, Jardim Botânico, CEP: 22460-030, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo

Fatores ambientais associados com a distância do mar são conhecidos por afetar os padrões de composição da vegetação de dunas costeiras. Espera-se que essas mudanças sejam seguidas por mudanças nos atributos funcionais relacionados ao estabelecimento, à dispersão e à persistência, as quais poderiam fornecer um poder preditivo mais geral para entender as assembleias comunitárias dos ecossistemas de dunas. O objetivo foi detectar a variação de espécies e a estrutura funcional em um gradiente de distância do mar em três comunidades de dunas tropicais. As comunidades foram amostradas a diferentes distâncias do mar em três áreas da costa do estado do Rio de Janeiro (Brasil). Foram selecionados 10 atributos funcionais relacionados à dispersão, estabelecimento e persistência das espécies. Os resultados mostraram que diferenças na composição e dominância das espécies estão associadas à dinâmica sedimentar costeira, e diferentes atributos são importantes em diferentes porções do gradiente. A análise de redundância (RDA) mostrou que a serapilheira foi associada com estolão, comprimento de semente e anemocoria, enquanto a inclinação esteve associada com espessura foliar, comprimento foliar e autocoria. A distância das parcelas do mar na Restinga da Marambaia (Área 1) foi positivamente associada a anemocoria. Diferenças na estrutura e diversidade funcional em relação ao gradiente de distância indicam processos de filtragem distintos na montagem desses sistemas de dunas. A diversidade funcional foi positivamente associada à distância do mar em duas áreas. Os atributos funcionais mais importantes, associados ao gradiente de distância, foram o

comprimento e espessura foliar, a clonalidade e o comprimento de semente. Apesar das diferenças entre as áreas em termos de composição de espécies, nossos resultados destacam que a abordagem funcional representa uma ferramenta útil para entender melhor a montagem de comunidade em ecossistemas de dunas costeiras.

Palavras-chave: Restinga, vegetação de dunas costeiras, estrutura funcional, diversidade funcional, abundância, média ponderada da comunidade (CWM).

2.1 Introdução

Os sistemas de dunas costeiras são moldados por um gradiente ambiental associado à distância do mar. Esse gradiente é caracterizado por um aumento gradual da estabilidade do solo e redução do *spray* salino em direção ao continente, afetando a composição de espécies das comunidades de plantas (LOMBA *et al.*, 2008). As comunidades de dunas costeiras são submetidas a condições ambientais adversas, como a presença de *spray* salino, substrato arenoso com baixa disponibilidade de água e nutrientes, elevada temperatura e radiação solar, e ventos fortes (HESP, 1991; COSTA *et al.*, 1996; MAUN, 1997; BEDUSCHI e CASTELLANI, 2008; GORNISH e MILLER, 2010). Essas condições ambientais são conhecidas por exercer fortes efeitos de filtragem ecológica que afetam o estabelecimento e crescimento das plantas (GARCÍA NOVO *et al.*, 2004). Embora essas mudanças sejam bem conhecidas por afetar os padrões de composição em dunas costeiras, os efeitos sobre a estrutura e diversidade funcional ainda são pouco conhecidos.

A abordagem funcional tornou-se uma estratégia importante na busca por padrões de montagem de comunidades (WEIHER e KEDDY, 1995; PETCHEY e GASTON, 2002; MCGILL *et al.*, 2006; HOEINGHAUS *et al.*, 2007; GÖTZENBERGER *et al.*, 2011). Por exemplo, a presença de filtros ecológicos pode reduzir o número de espécies e levar a um conjunto restrito de atributos funcionais em comunidades de plantas (WEIHER e KEDDY, 1999). Comunidades submetidas a forte filtragem ambiental ao longo de gradientes podem ser melhor compreendidas por meio de uma ecologia baseada em atributos e tal abordagem funcional pode contribuir para a compreensão dos padrões e processos ecológicos relacionados com à montagem da comunidade. Além disso, pode proporcionar uma abordagem preditiva mais geral para entender os padrões da comunidade de ecossistemas de dunas costeiras, uma vez que as diferenças de composição podem ter uma assinatura funcional comum identificável através de um conjunto comum de atributos em diferentes comunidades de dunas.

Essa vegetação no Brasil ocorre ao longo das planícies costeiras arenosas tropicais chamadas Restingas. Essas são definidas como um mosaico de comunidades vegetais que habitam os depósitos arenosos costeiros do período Quaternário, localizadas entre o mar e a Floresta Atlântica (MORELATTO e HADDAD, 2000; OLIVEIRA-FILHO e FONTES, 2000; SCARANO, 2002). A vegetação de dunas é um dos tipos de vegetação das Restingas. Está localizada na região pós-praia e é composta por duas diferentes formações: a formação halófila, estabelecida na parte superior da praia, e a formação psamófila, estabelecida na anteduna, duna ou áreas de areia móvel (PEREIRA, 1990; MENEZES e ARAUJO, 1999). A vegetação é distribuída em zonas específicas, relacionada ao gradiente ambiental de distância do mar e de acordo com a capacidade de estabelecimento de cada espécie (DANSEREAU, 1947; PFADENHAUER, 1978; TEIXEIRA-FILHO *et al.*, 1994; CORDEIRO, 2005). Esse padrão também está presente nos ecossistemas de dunas na Europa, Ásia e África (MÜLLER-HOHENSTEIN, 1992; ALEGRO *et al.*, 2004; MARTINS *et al.*, 2011; CHAKRABORTY *et al.*, 2012). A exposição a perturbações marinhas, a geomorfologia das dunas e a baixa disponibilidade de recursos são os principais fatores associados à composição das espécies e aos padrões de estrutura da vegetação observados nos ecossistemas de dunas costeiras (PSUTY, 2004), e os padrões são, em parte, causados pela interação com a geomorfologia dunar (COWLES, 1911; LOMBA *et al.*, 2008; MACEDO *et al.*, 2010), desempenhando um importante papel na composição funcional da comunidade (GALLEGO-FERNÁNDEZ e MARTÍNEZ, 2011; FEAGIN e WU, 2007).

Esses ecossistemas têm sido historicamente ameaçados devido à intensa urbanização das zonas costeiras (OLIVEIRA-GALVÃO *et al.*, 1990; CERQUEIRA, 2000; MARTINS *et al.*, 2008). Esse é um cenário preocupante porque a vegetação de dunas costeiras oferece diversos serviços ecossistêmicos relacionados à manutenção da geomorfologia das praias e à redução de processos erosivos (HARVEY e CATON, 2010), à proteção das zonas internas (MILLER *et al.*, 2010) e à fixação e estabilização de dunas (CORDAZZO e SEELIGER, 1995; BIGARELLA, 2001; KIM e EWING, 2006; CHAKRABORTY *et al.*, 2012; MONSERRAT *et al.*, 2012). Compreender melhor as diferenças de estratégias de plantas em dunas costeiras é um aspecto chave para orientar iniciativas de conservação e restauração ecológica nesses ecossistemas importantes e ameaçados. Portanto, neste estudo objetivou-se detectar a variação de espécies e a estrutura funcional em um gradiente de distância do mar em três comunidades de dunas tropicais. Especificamente, objetivamos detectar padrões de: 1) dominância das espécies ao longo do gradiente ambiental de distância do mar na vegetação de dunas costeiras; e 2) a estrutura e diversidade funcional ao longo do gradiente.

2.2 Metodologia

Áreas de estudo

O estudo foi realizado em três áreas localizadas na zona costeira do Sudeste do Brasil, estado do Rio de Janeiro: Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3) (Figura 13). As áreas estão distantes entre si cerca de 170 km e 120 km, respectivamente. Foram selecionadas com base na estrutura da vegetação, composição florística, características geomorfológicas e localização dentro de áreas protegidas. O clima é marcadamente sazonal e a precipitação anual é concentrada no verão para as três áreas. A Restinga da Marambaia (23°02' S, 43°37' W) ocupa uma área de 4.961,31 ha ao longo de 40 km de vegetação paralela ao mar bem preservada devido à presença de instalações militares (CONDE *et al.*, 2005). A precipitação média anual é de ca. 1.200 mm e a temperatura média anual é de 23 °C (MATTOS, 2005). O Parque Estadual da Costa do Sol (22°56' S, 42°12' W) possui uma área de 9.840,90 ha ao longo de 35 km de vegetação (ROCHA *et al.*, 2003). A precipitação média anual é de ca. 800 mm e a temperatura média anual é de 25 °C (BARBIÉRI, 1984). O Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (22°16' S, 41°38' W) é a maior área de restinga protegida do estado do Rio de Janeiro, com 14.860 ha ao longo de 44 km de vegetação (ROCHA *et al.*, 2004), e tem a mesma precipitação média anual e temperatura média anual da Restinga da Marambaia (HENRIQUE *et al.*, 1986; ZALUAR e SCARANO, 2000; LIEBIG *et al.*, 2001; PIMENTEL *et al.*, 2007).

Amostragem da vegetação

Para cada área, a vegetação de dunas (Figura 14) foi amostrada utilizando transectos perpendiculares ao mar. Foram estabelecidos 13, 21 e 25 transectos no Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2), Restinga da Marambaia (Área 1) e no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3), respectivamente. A extensão e o número de transectos mudaram de acordo com a extensão da cobertura vegetal em cada área. Em cada transecto, a amostragem começou onde a cobertura vegetal foi detectada visualmente na região pós-praia. Os transectos foram distanciadas 100 m entre si e, em cada um, foram alocadas parcelas de 1 m² a intervalos de 2 m, totalizando 120 parcelas por área. O número de transectos diferiu para cada área, a fim de estabelecer o mesmo número de parcelas dentro dos limites espaciais da vegetação de dunas. A vegetação foi amostrada durante o verão de 2014, estação chuvosa, que corresponde ao período de crescimento. As espécies foram identificadas em cada parcela e

medidas suas respectivas porcentagens de cobertura e de cobertura vegetal total. Em cada parcela foram medidas as variáveis ambientais: distância da parcela para a beira-mar, serapilheria e inclinação. A cobertura vegetal foi quantificada utilizando um quadrado de 0,5 m x 0,5 m dividido em 25 quadrados com fios de nylon. Cada quadrado compreende 1% da parcela. Dado que a maior parte das espécies apresentou crescimento clonal através de estolões ou rizomas, utilizamos a cobertura vegetal como medida de abundância (MAGURRAN, 1988; MAGURRAN, 2011) em vez da densidade de espécies, devido a impossibilidade de contagem dos espécimes (BROWER *et al.*, 1998).

Figura 13 - Mapa com a localização das três restingas no estado do Rio de Janeiro. Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3).

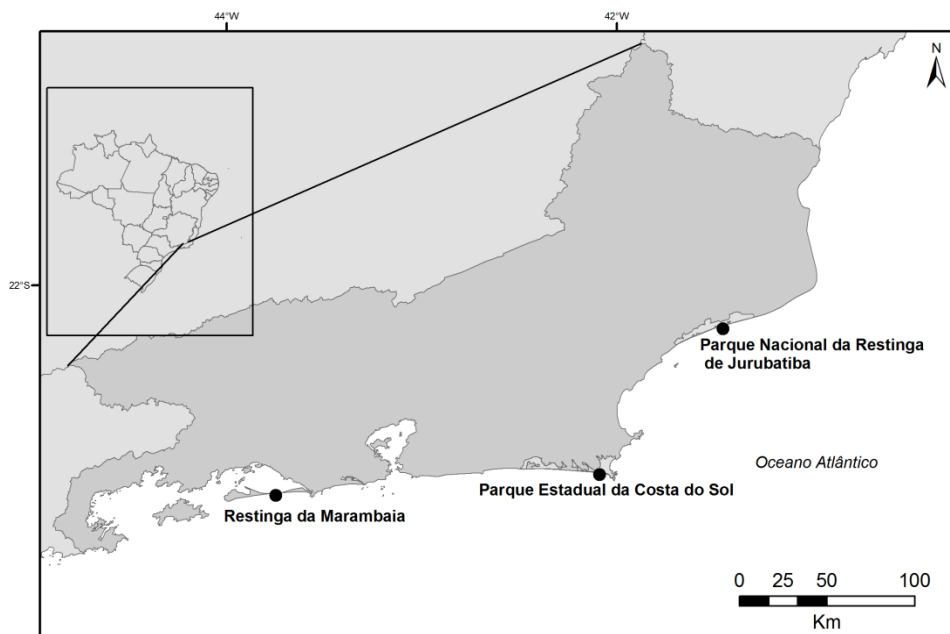


Figura 14 - Vegetação de dunas da Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3).



Fonte: Castelo, A.J.

Seleção e medição dos atributos

Foram selecionados dez atributos categóricos e contínuos (Tabela 1) com base nos desafios gerais enfrentados pelas plantas proposto por Weiher *et al.*, (1999): dispersão, estabelecimento e persistência. Os atributos relacionados ao estabelecimento e persistência foram: história de vida, forma de vida, altura potencial, via fotossintética, atributos foliares (comprimento, largura, espessura) e clonalidade. Os atributos de dispersão foram: síndrome de dispersão e comprimento de semente. Os atributos obtidos a partir da literatura foram a via fotossintética (BARBOUR *et al.*, 1987; COSTA *et al.*, 1991; SUD e DENGLER, 2000; KOCACINAR e SAGE, 2003; MACIEL, 2008; ARRUDA *et al.*, 2009), história de vida, forma de vida, clonalidade e síndrome de dispersão (MENEZES e ARAUJO, 1999; WANDERLEY *et al.*, 2001; MARQUES e OLIVEIRA, 2005; CORDAZZO *et al.*, 2006). Os atributos foliares, comprimento de semente e altura potencial foram medidos durante a estação de crescimento (como sugerido por PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013). Para a vegetação de dunas, este período corresponde ao verão (novembro a fevereiro). A largura e a espessura foliar foram medidas no centro da lâmina foliar. Para folhas compostas, foi utilizado o folíolo superior. Sementes saudáveis e sem qualquer aparência visual de deterioração foram selecionadas e medido o comprimento com um paquímetro digital. A altura potencial foi medida com uma régua graduada. Os atributos foram medidos para aquelas espécies com pelo menos 80% da abundância relativa acumulativa em cada área. Este critério foi adotado devido ao papel principal das espécies dominantes nos processos ecossistêmicos (ver GRIME, 1998). Os indivíduos de cada espécie foram selecionados aleatoriamente dentro de cada transecto, totalizando 30 indivíduos por espécie. Rametas foram utilizados como plantas individuais, devido à dificuldade de identificação relacionado com a propagação clonal, mas apenas rametas não adjacentes foram medidos. Cada espécie de cada área foi tratada como uma espécie singular, o que significa que espécies presentes em mais de uma área de estudo foram consideradas como entidades diferentes para as análises funcionais.

Análise dos dados

Primeiramente foram plotadas as abundâncias de cada espécie contra suas distâncias ao mar. Em seguida, foi realizada uma análise de coordenadas principais (PCoA) com base na matriz de espécies por atributos utilizando o índice de Gower como medida de dissimilaridade (LEGENDRE e LEGENDRE, 2012) e todas as parcelas das três áreas. Para os atributos contínuos, os valores médios foram utilizados, enquanto os atributos categóricos foram

codificados em variáveis *dummy* (Apêndice). A matriz de médias ponderadas das comunidades (CWM) foi calculada multiplicando-se a matriz de atributos por espécies pela matriz de abundâncias totais das comunidades, com vetores de atributos ajustados a unidade de comprimento (VIOLLE *et al.*, 2007). A matriz CWM foi construída pela média do atributo de todas as espécies ponderada pela sua abundância em cada parcela (CWMs = média dos atributos ponderados pela comunidade; GARNIER *et al.*, 2007). A CWM, definida como valor agregado do atributo da planta, também é uma boa métrica para representar o valor funcional esperado de uma amostra aleatória da comunidade (GARNIER *et al.*, 2004), sendo largamente utilizada como média ponderada da comunidade (DÍAZ *et al.*, 2007; LAVOREL *et al.*, 2008). O índice de entropia de Rao foi usado como medida da diversidade funcional (RAO, 1982). Este índice deriva da teoria da entropia e é expresso com uma forma quadrática utilizando a abundância relativa das espécies (BOTTA-DUKÁT, 2005), requerendo uma distância ecológica entre espécies no espaço dos atributos. CWM e Rao foram calculados para cada unidade amostral. Utilizamos regressões lineares para avaliar as relações entre o gradiente de distância e a diversidade funcional e a CWM. Em seguida, foi plotada uma PCA da matriz CWM e realizada uma análise de redundância (RDA; RAO, 1964) das parcelas por matriz de atributos condicionadas pela matriz ambiental. A análise dos dados foi realizada no ambiente R (R CORE TEAM, 2014), utilizando os pacotes Vegan versão 2.0-10 (OKSANEN *et al.*, 2013), FD versão 1.0-12 (LALIBERTÉ *et al.*, 2014), Stats (R CORE TEAM, 2014) e Ade4 versão 1.7-3 (DRAY *et al.*, 2007).

Tabela 1 - Atributos selecionados para a descrição das espécies em um gradiente de dunas costeiras no sudeste do Brasil. Cada atributo é seguido pelo seu código, tipo, estados e a resposta esperada à medida que a distância do mar aumenta.

Atributo	Código do atributo	Tipo (unidades)	Estados (código)	Resposta esperada no gradiente e referências
Forma de vida (Raunkiaer 1934)	Fv	Qualitativo	Fanerófita (Fa), caméfito (Ca), hemicriptófita (He), geófita (Ge), terófita (Te)	Predominância na proteção de gemas vegetativas (Almeida e Araujo, 1997; Menezes e Araujo, 1999; Boeger e Gluzezak, 2006) em todo o gradiente.
Clonalidade	Cl	Qualitativo	Ausente (Au), estolão (Es), rizoma (Ri), bulbo (Bu), tubérculo (Tu)	Presença de estolão e rizoma para superar o estresse hídrico e nutricional (Harvey e Caton, 2010), e é muito importante na reprodução clonal (Maun, 2009).
Via fotossintética	Vf	Qualitativo	C3, C4	Predominância de C4 no início do gradiente devido ao melhor desempenho em ambientes quentes, ensolarados e relativamente secos e/ou salgados (Pérez-Harguindeguy <i>et al.</i> , 2013).
Síndrome de dispersão	Sd	Qualitativo	Autocoria (Au), anemocoria (An), zoocoria (Zo)	Predominância de autocoria e anemocoria em vegetação aberta (Marques e Oliveira, 2005; Maun, 2009).
Altura potencial	Ap	Contínuo (cm)	-	Aumento dos valores do atributo devido à redução do estresse ambiental. A altura potencial da planta pode ser um bom indicador da produtividade potencial da espécie (Naeem <i>et al.</i> , 1994), e é uma característica indireta da capacidade de competir pela luz (Weiher <i>et al.</i> , 1999; Westoby <i>et al.</i> , 2002).
Comprimento foliar	Cf	Contínuo (cm)	-	As plantas destes ambientes tendem a ter folhas pequenas para minimizar a perda de água por evapotranspiração (Boeger e Gluzezak, 2006).
Largura foliar	Lf	Contínuo (mm)	-	Folhas estreitas ou folhas divididas com lobos estreitos são consideradas adaptações em ambientes quentes expostos ao sol e tendem a ter uma perda de calor mais efetiva (Pérez-Harguindeguy <i>et al.</i> , 2013).
Espessura foliar	Ef	Contínuo (mm)	-	Maiores valores do atributo no início do gradiente para superar as altas taxas de evapotranspiração (Harvey e Caton, 2010).
Comprimento de semente	Cs	Contínuo (mm)	-	Aumento dos valores devido à redução do estresse ambiental. A probabilidade de estabelecimento bem-sucedido de plântulas aumenta com a massa da semente (Westoby <i>et al.</i> , 2002). Sementes menores são mais comuns em condições estressantes (Moles e Westoby, 2003).

2.3 Resultados

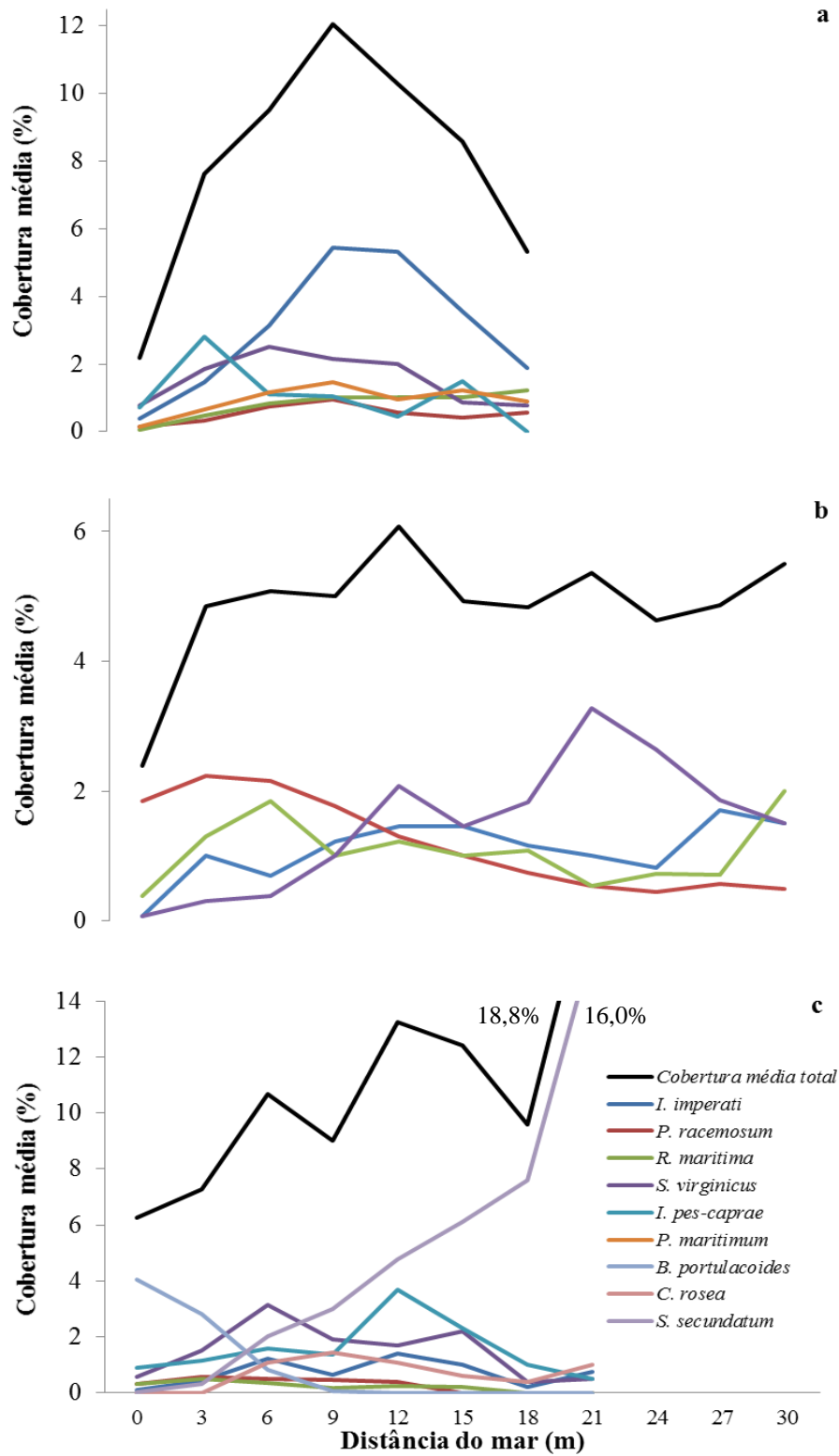
2.3.1 Estrutura da vegetação e composição de espécies

Em geral, as espécies mais abundantes foram *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth, *Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Br. e *Panicum racemosum* (P. Beauv.) Spreng. (Apêndice). As abundâncias dessas espécies diferiram ao longo do gradiente em cada área (Figura 15a-c). Enquanto *Sporobolus virginicus* aumentou gradualmente a abundância na área 2, essa espécie foi mais abundante na porção média do gradiente nas outras duas áreas. *Ipomoea pes-caprae* foi mais abundante próximo ao mar na área 1, enquanto mostrou maior cobertura na porção média do gradiente nas outras áreas. *Panicum racemosum* demonstrou maiores valores de cobertura no meio do gradiente na área 1, mas o pico de abundância foi na porção inicial do gradiente nas outras duas áreas. Nossos resultados mostraram que as mesmas espécies apresentaram diferenças de cobertura entre as áreas ao longo do gradiente.

2.3.2 Estrutura e diversidade funcional

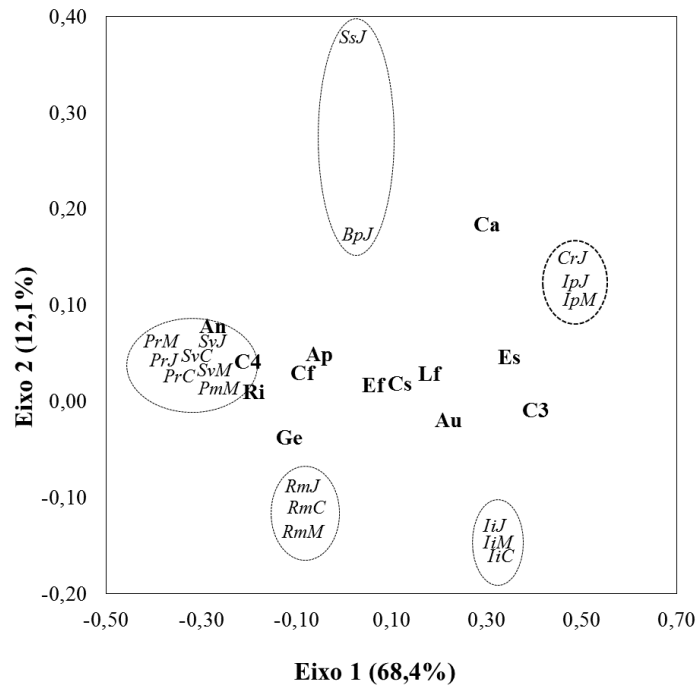
Os atributos funcionais foram medidos para nove espécies, que totalizaram 80% da abundância acumulada: *Blutaparon portulacoides* (A.St.-Hil.) Mears, *Canavalia rosea* (Sw.) DC, *Ipomoea imperati* (Vahl) Griseb., *Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Br., *Panicum racemosum* (P.Beauv.) Spreng., *Paspalum maritimum* Trin., *Remirea maritima* Aubl., *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth e *Stenotaphrum secundatum* (Walter) Kuntze. A análise de coordenadas principais (PCoA) das espécies e atributos demonstrou a emergência de cinco grupos de espécies nas três áreas (Figura 16). O primeiro grupo, localizado no lado esquerdo do gráfico, foi composto pelas espécies *Panicum racemosum*, *Sporobolus virginicus* e *Paspalum maritimum* e foram associadas com anemocoria, presença de rizoma e via fotossintetizante C4. O segundo grupo, no centro inferior do gráfico, foi formado pela espécie *Remirea maritima* (geófito, comprimento foliar e altura potencial). O terceiro grupo, no centro superior do gráfico, foi formado pelas espécies *Stenotaphrum secundatum* e *Blutaparon portulacoides* e foi associado com maior altura potencial e espessura foliar. O quarto grupo, à direita do gráfico, foi formado pela espécie *Ipomoea imperati*, que está associada à autocoria, maior largura foliar, presença de estolão e via fotossintetizante C3. O quinto grupo, à direita do gráfico, foi formado pelas espécies *Canavalia rosea* e *Ipomoea pes-caprae* (presença de estolão e via fotossintetizante C3).

Figura 15 - Distribuição da abundância das espécies em relação à distância do mar.



Legenda: Restinga da Marambaia - Área 1 (a), Parque Estadual da Costa do Sol - Área 2 (b) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba - Área 3 (c).

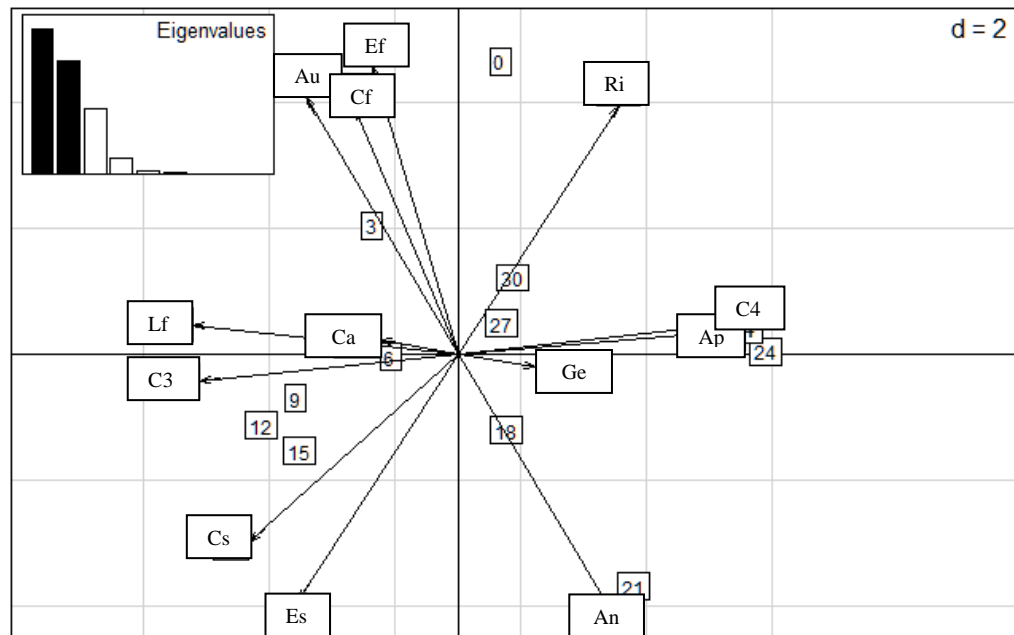
Figura 16 - Eixo 1 e 2 da análise de coordenadas principais (PCoA) das espécies descritas por 12 atributos de três diferentes áreas: Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3).



Legenda: Espécies: *IiM* = *Ipomoea imperati* Marambaia, *IpM* = *Ipomoea pes-caprae* Marambaia, *PmM* = *Paspalum maritimum* Marambaia, *PrM* = *Panicum racemosum* Marambaia, *RmM* = *Remirea maritima* Marambaia, *SvM* = *Sporobolus virginicus* Marambaia, *IiC* = *Ipomoea imperati* Costa do Sol, *PrC* = *Panicum racemosum* Costa do Sol, *RmC* = *Remirea maritima* Costa do Sol, *SvC* = *Sporobolus virginicus* Costa do Sol, *BpJ* = *Blutaparon portulacoides* Jurubatiba, *CrJ* = *Canavalia rosea* Jurubatiba, *IiJ* = *Ipomoea imperati* Jurubatiba, *IpJ* = *Ipomoea pes-caprae* Jurubatiba, *PrJ* = *Panicum racemosum* Jurubatiba, *RmJ* = *Remirea maritima* Jurubatiba, *SsJ* = *Stenotaphrum secundatum* Jurubatiba, *SvJ* = *Sporobolus virginicus* Jurubatiba. Atributos: Ge = geófito, Ca = caméfito, Es = estolão, Ri = rizoma, C3 e C4 = via fotossintética, Au = autocoria, An = anemocoria, Ap = altura potencial, Cf = comprimento foliar, Lf = largura foliar, Ef = espessura foliar, Cs = comprimento de semente.

A análise de componentes principais (PCA) da matriz CWM (atributos funcionais por parcelas a diferentes distâncias do mar) mostrou um gradiente de distância das parcelas mais próximas do mar (quadrante superior esquerdo) para as parcelas mais interiores (quadrante inferior direito) (Figura 17). Em uma sequência, usando o eixo 1, o mais próximo do mar até o mais distante: espessura foliar, comprimento foliar, autocoria, caméfito, largura foliar, C3, comprimento de semente, estolão, anemocoria, altura potencial, C4, geófito e rizoma. Portanto, nossos resultados demonstraram que diferentes atributos são importantes em diferentes porções do gradiente.

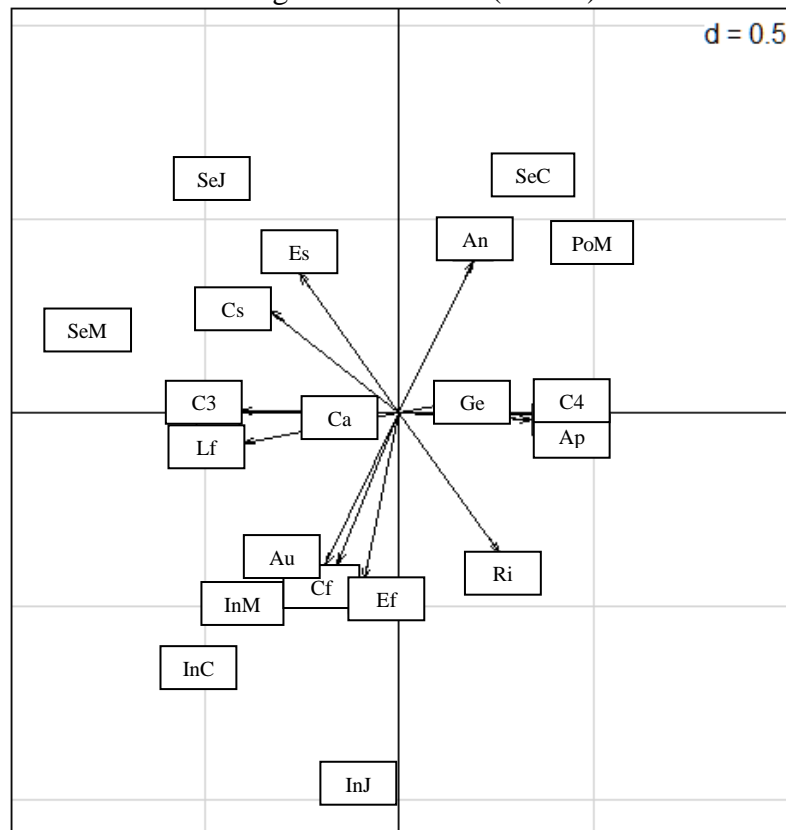
Figura 17 - Análise de componentes principais (PCA) da matriz CWM de três diferentes áreas: Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3).



Legenda: Autovalores na caixa superior esquerda: eixo 1 = 54,34, eixo 2 = 42,47, eixo 3 = 24,82, eixo 4 = 6,17, eixo 5 = 1,35. Eixo 1 explica 41,80% e o eixo 2 explica 32,66% da variação. Atributos: Ge = geófito, Ca = caméfito, Es = estolão, Ri = rizoma, C3 e C4 = via fotossintética, Au = autocoria, An = anemocoria, Ap = altura potencial, Cf = comprimento foliar, Lf = largura foliar, Ef = espessura foliar, Cs = comprimento de semente. Os números são as distâncias do mar em metros, quanto maior o valor, mais distante.

A análise de redundância (RDA) das parcelas por matriz de atributos condicionadas pela matriz ambiental mostrou atributos associados a essas variáveis ambientais. A serapilheira foi mais associada com estolão, comprimento de semente e anemocoria. A inclinação foi mais associada com a espessura foliar, comprimento foliar e autocoria. Por fim, a distância das parcelas do mar na Restinga da Marambaia (Área 1) foi associada a anemocoria (Figura 18).

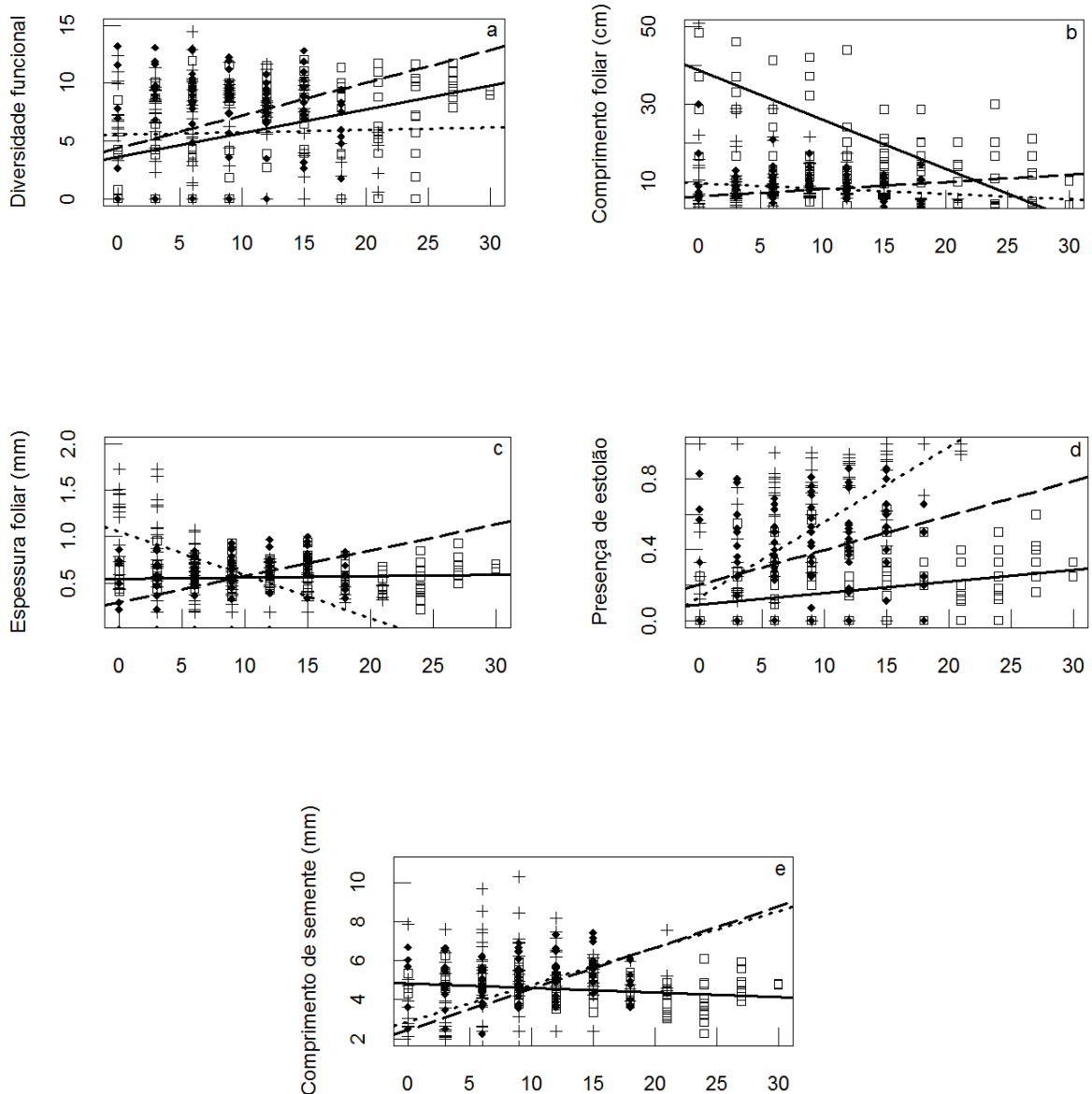
Figura 18 - Projeções dos atributos e variáveis ambientais na análise de redundância (RDA) de três diferentes áreas: Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3).



Legenda: O eixo 1 explica 42,75% e o eixo 2 explica 33,93% da variação. Variáveis ambientais: SeJ = serapilheira Jurubatiba, SeM = serapilheira Marambaia, SeC = serapilheira Costa do Sol, InJ = inclinação das parcelas Jurubatiba, InM = inclinação das parcelas Marambaia, InC = inclinação das parcelas Costa do Sol, PoM = posição das parcelas Marambaia. Atributos: Ge = geófito, Ca = caméfito, Es = estolão, Ri = rizoma, C3 e C4 = via fotossintética, Au = autocoria, An = anemocoria, Ap = altura potencial, Cf = comprimento foliar, Lf = largura foliar, Ef = espessura foliar, Cs = comprimento de semente.

A diversidade funcional nas áreas 1 e 2 aumentou com a distância do mar, enquanto na área 3 não foi observada associação (Figura 19a). O comprimento foliar das espécies diminuiu ao longo do gradiente na área 2 e teve um ligeiro aumento na área 1. A área 3 não mostrou nenhuma relação entre o comprimento foliar e o gradiente (Figura 19b). A espessura foliar, por outro lado, aumentou na área 1 e diminuiu na área 3 ao longo do gradiente de distância. Na área 2, não houve relação entre a espessura foliar e o gradiente (Figura 19c). Para o estolão, houve um aumento nas três áreas ao longo do gradiente, sendo mais expressivo na área 3 (Figura 19d). O comprimento de semente aumentou nas áreas 1 e 3 e diminuiu na área 2 ao longo do gradiente de distância (Figura 19e).

Figura 19 - Análise de regressão linear entre a distância do mar e a diversidade funcional e outros atributos selecionados de três diferentes áreas: Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3).



Legenda: (a) Diversidade funcional: Costa do Sol $r^2= 0,18$, Marambaia $r^2= 0,14$. (b) Comprimento foliar: Costa do Sol $r^2= 0,37$, Marambaia $r^2= 0,04$. (c) Espessura foliar: Jurubatiba $r^2= 0,32$, Marambaia $r^2= 0,26$. (d) Estolão: Costa do Sol $r^2= 0,10$, Jurubatiba $r^2= 0,39$, Marambaia $r^2= 0,15$. (e) Comprimento de semente: Costa do Sol $r^2= 0,07$, Jurubatiba $r^2= 0,21$, Marambaia $r^2= 0,27$. Linha tracejada e losango preenchido = Restinga da Marambaia; Linha sólida e quadrado = Parque Estadual da Costa do Sol; Linha pontilhada e + = Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. O eixo x é a distância da praia em metros.

2.4 Discussão

A distribuição espacial das espécies dominantes ao longo do gradiente de distância do mar é caracterizada por zoneamento, com espécies restritas a determinadas zonas ou distribuídas ao longo do gradiente, gerando zonas de ocorrência. Portanto, as diferenças na composição e dominância de espécies em nossas áreas de estudo podem estar relacionadas principalmente à dinâmica sedimentar costeira (erosiva na Restinga da Marambaia - área 1, acreção no Parque Estadual da Costa do Sol - área 2, estável no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba - área 3). Nos ecossistemas de dunas, a variação da composição de espécies ao longo da costa tem sido relatada em outras regiões do mundo (PEYRAT e FICHTNER, 2011; ÁLVAREZ-MOLINA *et al.*, 2012). Para Gallego-Fernández e Martínez (2011) esta variação resulta da história de perturbação, disponibilidade das espécies colonizadoras, história de vida e do sucesso reprodutivo. Segundo Stallins (2002) e Carboni *et al.*, (2010), a intensidade e a frequência dos distúrbios naturais são os principais fatores associados à baixa diversidade em ambientes costeiros. Ao longo do gradiente, há maior estabilização do substrato e redução do *spray* salino, afetando a composição de espécie (LOMBA *et al.*, 2008), que parece ser um determinante importante para a distribuição e zonação dessa vegetação (CHRISTENSEN, 1989; CORDEIRO, 2005). Assim, a distribuição destas espécies está associada com a capacidade de tolerar as condições ecológicas em cada porção deste gradiente, principalmente relacionado com os distúrbios naturais.

A análise de coordenadas principais (PCoA) demonstrou que a distribuição dos atributos das espécies muda ao longo do gradiente. Esses resultados evidenciam o efeito do filtro ambiental responsável no ecossistema de dunas costeiras pelo estabelecimento e persistência de espécies com características específicas e redução da diversidade funcional nas porções iniciais do gradiente (CARBONI *et al.*, 2010). Além disso, a dinâmica sedimentar, a salinidade do solo e os processos geomorfológicos desempenham um papel crucial na composição funcional (FEAGIN e WU, 2007; GALLEGO-FERNÁNDEZ e MARTÍNEZ, 2011), através de filtros ecológicos para diferentes comunidades (GARCÍA-MORA *et al.*, 1999). Os valores baixos de diversidade funcional indicam um padrão de convergência de atributos (ver CARLUCCI *et al.*, 2012), e nossos resultados demonstram que as comunidades, no início do gradiente nas áreas 1 e 2, foram submetidas a filtros ecológicos. Por outro lado, altos valores de diversidade funcional no final do gradiente sugerem o papel da competição para a montagem da comunidade. No entanto, as diferenças observadas na correlação do

gradiente e diversidade funcional entre as áreas indicam a ausência de padrão geral e reforçam o papel das condições ambientais locais e da perturbação.

Na área 2 (Parque Estadual da Costa do Sol) houve uma alta variação morfológica do perfil de praia em função da maior variação de energia das ondas (BENTES *et al.*, 1997), o que afeta diretamente a vegetação. Na área 1 (Restinga da Marambaia), com a suavidade do perfil praial, a vegetação é atingida com maior frequência pelas marés, influenciando a estrutura da comunidade (MENEZES e ARAUJO, 2005). Portanto, podemos concluir que a geomorfologia da praia que afeta a dinâmica sedimentar (erosão e acreção de areia) é responsável pela baixa diversidade funcional nas porções iniciais do gradiente. No entanto, na área 3 (Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba), a diversidade funcional não variou com o gradiente. Possivelmente, devido ao maior gradiente topográfico da praia (MUEHE, 1998; MACHADO, 2010), a vegetação é menos afetada pelo mar, apresentando maior estabilidade do solo ao longo do gradiente, o que pode explicar a diversidade funcional da área. Assim, os resultados sugerem que a dinâmica sedimentar costeira e o regime de perturbação do oceano têm uma forte influência nos resultados da diversidade funcional.

Os principais atributos funcionais associados ao gradiente ambiental foram o comprimento e espessura foliar, a clonalidade e o comprimento de semente. O comprimento foliar tem sido relacionado à adaptação ao estresse ambiental (deficiência de água e nutrientes, alta radiação) (PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013), que minimiza os danos aos tecidos vegetais devido ao *spray* salino, dessecação e ventos constantes. Entretanto, na área 2, os resultados mostraram uma correlação negativa mais forte entre o comprimento foliar e o gradiente ambiental. Esse resultado pode ser explicado pela presença da espécie *Panicum racemosum* no início do gradiente. No entanto, seu caule é fino e flexível e as folhas são lineares, o que reduz a transpiração, suportando os ventos e o jateamento de areia. Além disso, *Panicum racemosum* apresenta uma maior biomassa em dunas móveis, próximas ao mar (COSTA *et al.*, 1984) e tolera a deposição de areia (COSTA *et al.*, 1991; CORDAZZO *et al.*, 2006) que ocorre nessa área. Sua alta capacidade de regeneração através de fragmentos de rizoma e a propagação clonal são estratégias importantes para a manutenção das populações após fortes tempestades (CORDAZZO e DAVY, 1999). Os longos rizomas formam uma malha que auxilia na fixação das dunas (CORDAZZO e SEELIGER, 1995). Espécies com maiores superfícies foliares, como *Canavalia rosea* e *Ipomoea pes-caprae*, apresentam grande inclinação foliar durante alguns períodos do dia como estratégia ecológica (BOEGER e GLUZEZAK, 2006; ARRUDA *et al.*, 2009) para a redução da evapotranspiração. Ao contrário, na área 1, há o ligeiro aumento do comprimento foliar ao longo do gradiente, o que

é comum em ambientes sob algum estresse ambiental, onde há seleção de folhas relativamente pequenas (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). Assim, estas espécies apresentam atributos funcionais e estratégias ecológicas para se estabelecer e permanecer nas Restingas, em que diferentes atributos são importantes em diferentes porções do gradiente.

Uma característica marcante em ambientes salinos é a suculência das folhas (FAHN e CUTTLER, 1992). Esse atributo está relacionado ao mecanismo de regulação do balanço hídrico (LARCHER, 2000), sendo influenciada pela disponibilidade de água no solo (BOEGER e GLUZEZAK, 2006). Apenas na área 1 a espessura foliar foi maior no final do gradiente. As espécies *Ipomoea imperati* e *Ipomoea pes-caprae* apresentaram os maiores valores de espessura foliar (Apêndice) e aumento da cobertura no meio do gradiente. Em *Ipomoea imperati*, a espessura foliar se deve aos parênquimas esponjoso, lacunoso e aquífero bastante desenvolvidos, que garante a permanência dessa espécie em ambiente costeiro, aumentando a resistência à deficiência de água (ARRUDA et al., 2009). Em *Ipomoea pes-caprae*, as células do parênquima paliçádico são grandes e de parede celular fina, indicando maior conteúdo de água no tecido aquífero (BOEGER e GLUZEZAK, 2006). Na área 3, os altos valores de espessura foliar na zona mais próxima do mar foram relacionados à espécie *Blutaparon portulacoides*, a qual tem ocorrência apenas no início da vegetação e apresentou a maior espessura foliar. Nesta zona, a espécie demonstra a suculência como principal adaptação ao crescimento em solo salino (PFADENHAUER, 1978), com parênquima aquífero bastante desenvolvido, o qual pode ocupar até 2/3 da espessura da folha (ARRUDA et al., 2009).

Todas as espécies dominantes possuem longos sistemas subterrâneos (rizoma ou estolão) que permitem a fixação no substrato arenoso, a clonalidade e uma maior superfície de contato com o solo oligotrófico para exploração de nutrientes e água (HARVEY e CATON, 2010). Esses sistemas, localizados principalmente nos primeiros 20 cm do solo, podem ser responsáveis, em grande parte, pela tolerância das espécies às condições do solo. Também pode ser uma das razões para o domínio dessas espécies dentro das comunidades. Nas três áreas analisadas, a presença do estolão foi mais frequente no final do gradiente, nas espécies *Ipomoea imperati*, *Ipomoea pes-caprae*, *Canavalia rosea* e *Stenotaphrum secundatum*. Ao contrário, a presença de rizoma foi mais frequente no início do gradiente, presente nas espécies *Panicum racemosum*, *Paspalum maritimum* e *Sporobolus virginicus* (Poaceae), *Remirea maritima* e *Blutaparon portulacoides*. Os rizomas e estolões são vantajosos para as espécies de dunas costeiras para a recuperação da herbivoria ou destruição da ação de ondas altas, sustentando um grande reservatório de gemas dormentes que são ativadas após o enterro

e que desenvolvem brotos verticais que emergem da superfície da areia (MAUN, 2009). As espécies de plantas mais próximas do mar são capazes de sobreviver em um ambiente instável e móvel, e tolerar os maiores níveis de salinidade (MUSILA *et al.*, 2001).

Nas áreas 1 e 3, o comprimento de semente foi negativamente associado com o gradiente. Este resultado foi associado principalmente com *Canavalia rosea*, *Ipomoea imperati* e *Ipomoea pes-caprae*, devido aos valores médios mais elevados e maior cobertura destas espécies do meio para o final do gradiente. O comprimento de semente pode ser associado com a longevidade da semente devido à sua massa e forma circular (THOMPSON *et al.*, 1993). A síndrome de dispersão está diretamente ligada à capacidade de colonização de novas áreas, em que as espécies anemocóricas apresentam melhor capacidade de dispersão em áreas abertas (WILLSON e TRAVESET, 2000), enquanto a autocoria possui menor capacidade. O vento dispersa facilmente pequenas sementes, que podem ser consideradas vantajosas em comunidades de vegetação aberta (LAKE e LEISHMAN, 2004) com baixa disponibilidade de recursos, como é a vegetação de dunas. Marques e Oliveira (2005) também registraram predomínio de espécies autocóricas e anemocóricas em dunas costeiras no Paraná. Isto foi relacionado ao tipo de vegetação aberta e aos ventos constantes que facilitam a dispersão de sementes, sem a necessidade de animais dispersores. No entanto, a principal forma de propagação observada em nossas áreas foi através do crescimento e fragmentação dos rizomas e estolões. Além disso, raramente observamos a presença de mudas ao longo do gradiente.

2.5 Conclusão

Em ambientes com fortes limitações de recursos e com eventos frequentes de perturbação, o sucesso do estabelecimento e persistência das espécies depende da tolerância às condições ambientais adversas e a capacidade de recolonização da área após distúrbio (GRIME, 1977, 1979). Neste estudo foram identificados os atributos funcionais relacionados à distribuição e abundância das espécies ao longo do gradiente ambiental na Restinga. Os atributos funcionais mais importantes associados ao gradiente ambiental foram comprimento e espessura foliar, clonalidade e comprimento de semente. As diferenças na CWM e no índice de diversidade funcional em relação ao gradiente ambiental entre as áreas indicam processos distintos de filtragem abiótica (por exemplo, disponibilidade de recursos, salinidade, elevada temperatura e radiação solar, e ventos fortes). Houve um padrão claro de variação de atributos e composição de espécies ao longo do gradiente. A conservação desta vegetação de dunas é

de extrema importância devido à localização nas zonas costeiras, à elevada vulnerabilidade a perturbações (naturais ou antropogênicas) e à prestação de serviços ecossistêmicos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A Carlos Brenlla de Carvalho, Heloisa Tchmola Silva e Beatriz Castro pela assistência de campo. A Luana Paula Mauad pela criação do mapa. Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), ao Instituto Estadual de Ambiente (Inea) e ao Centro de Avaliações do Exército (CAEX) pela concessão de acesso às Restingas.

REFERÊNCIAS

- ALEGRO, A.; BILJAKOVIC, M.; BOGDANOVIC, S.; BORSIC, I. 2004. Psammohalophytic vegetation on the largest sand area on Croatian coast: the island of Mljet, southern Adriatic. **Biologia Bratislava**, 59: 435-445.
- ALMEIDA, A.L.; ARAUJO, D.S.D. 1997. Comunidades vegetais do cordão arenoso externo da Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Saquarema, RJ. **Oecologia Brasiliensis**, 3: 47-63.
- ÁLVAREZ-MOLINA, L.L.; MARTÍNEZ, M.L.; PÉREZ-MAQUEO, O.; GALLEGOFERNÁNDEZ, J.B.; FLORES, P. 2012. Richness, diversity, and rate of primary succession over 20 year in tropical coastal dunes. **Plant Ecology**, 213: 1597-1608.
- ARRUDA, R.C.O.; VIGLIO, N.S.F.; BARROS, A.A.M. 2009. Anatomia foliar de halófitas e psamófilas reptantes ocorrentes na Restinga de Ipitangas, Saquarema, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, 60: 333-352.
- BARBIÉRI, E.B. 1984. Cabo Frio e Iguaba Grande, dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (org.). **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. CEUFF, Niterói, p. 3-13.
- BARBOUR, M.G.; REJMANEK, D.M.; JOHNSON, A.F.; PAVLIK, B.M. 1987. Beach vegetation and plant distribution patterns along the northern Gulf of Mexico. **Phytocoenologia**, 15: 201-233.
- BEDUSCHI, T.; CASTELLANI, T.T. 2008. Estrutura populacional de *Clusia criuva* Cambess. (Clusiaceae) e relação espacial com espécies de bromélias no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC. **Biotemas**, 21: 41-50.
- BENTES, A.M.L.; FERNADEZ, G.B.; RIBEIRO, A.Y. 1997. Estudo da morfodinâmica de praias compreendidas entre Saquarema e Macaé, RJ. **Oecologia Brasiliensis**, 3: 229-243.
- BIGARELLA, J.J. 2001. Contribuição ao estudo da planície litorânea do estado do Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology Jubilee, 1946-2001**: 65-110.
- BOEGER, M.R.T.; GLUZEZAK, R.M. 2006. Adaptações estruturais de sete espécies de plantas para as condições ambientais da área de dunas de Santa Catarina, Brasil. **Iheringia Série Botânica**, 61: 73-82.
- BOTTA-DUKÁT, Z. 2005. Rao's quadratic entropy as a measure of functional diversity based on multiple traits. **Journal of Vegetation Science**, 16: 533-540.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; VON ENDE, C.N. 1998. **Field and Laboratory Methods for General Ecology**, 4th ed. Boston: McGraw-Hill. 237 p.
- CARBONI, M.; SANTORO, R.; ACOSTA, A.T.R. 2010. Are some communities of the coastal dune zonation more susceptible to alien plant invasion? **Journal of Plant Ecology**, 3: 139-147.

CARLUCCI, M.B.; STREIT, H.; DUARTE, L.D.S.; PILLAR, V.D. 2012. Individual-based trait analyses reveal assembly patterns in tree sapling communities. **Journal of Vegetation Science**, 23: 176-186.

CERQUEIRA, R. 2000. Biogeografia das restingas. In: ESTEVES, F.A.; LACERDA, L.D. (eds.). **Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras**. Macaé: NUPEM/UFRJ, p. 65-75.

CHAKRABORTY, T.; MONDAL, A.K.; PARUI, S.M. 2012. Studies on the prospects and some problems of sand dune vegetation at the fragile coastal zones of West Bengal and Orissa, in Eastern India. **African Journal of Plant Science**, 6: 48-56.

CHRISTENSEN, S.N. 1989. Floristic and vegetational changes in a permanent plot in a Danish coastal dune heath. **Annales Botanici Fennici**, 26: 389-397.

CONDE, M.M.S.; LIMA, H.R.P.; PEIXOTO, A.L. 2005. Aspectos florísticos e vegetacionais da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. In: MENEZES, L.F.T.; PEIXOTO, A.L.; ARAUJO, D.S.D. (eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, p. 133-168.

CORDAZZO, C.V.; DAVY, A.J. 1999. Vegetative regeneration of *Panicum racemosum* from rhizome fragments on southern Brazilian coastal dunes. **Journal of Coastal Research**, 15: 520-525.

CORDAZZO, C.V.; SEELIGER, U. 1995. **Guia Ilustrado da Vegetação Costeira no Extremo Sul do Brasil**. Rio Grande: FURG. 275 p.

CORDAZZO, C.V.; PAIVA, J.B.; SEELIGER, U. 2006. **Guia Ilustrado das Plantas das Dunas da Costa Sudoeste Atlântica**. Pelotas: USEB. 107 p.

CORDEIRO, S.Z. 2005. Composição e distribuição da vegetação herbácea em três áreas com fisionomias distintas na Praia do Perú, Cabo Frio, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 19: 679-693.

COSTA, C.S.B.; SEELIGER, U.; CORDAZZO, C.V. 1984. Aspectos da ecologia populacional do *Panicum racemosum* (Spreng.) nas dunas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (orgs.). **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. Niterói: CEUFF, p. 395-411.

COSTA, C.S.B.; SEELIGER, U.; CORDAZZO, C.V. 1991. Leaf demography and decline of *Panicum racemosum* populations in coastal foredunes of southern Brazil. **Canadian Journal of Botany**, 69: 1593-1599.

COSTA, C.S.B.; CORDAZZO, C.V.; SEELIGER, U. 1996. Shore disturbance and dune plant distribution. **Journal of Coastal Research**, 12: 133-140.

COWLES, H.C. 1911. The causes of vegetational cycles. **Annals of the Association of American Geographers**, 1: 3-20.

DANSEREAU, P. 1947. Distribuição de zonas e sucessão na Restinga do Rio de Janeiro. **Boletim Geográfico**, 60: 1431-1443.

DÍAZ, S.; LAVOREL, S.; DE BELLO, F.; QUÉTIER, F.; GRIGULIS, K.; ROBSON, M. 2007. Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 104: 20684-20689.

DRAY, S.; DUFOUR, A.B.; CHESSEL, D. 2007. The ade4 package-II: Two-table and K-table methods. **R News**, 7(2): 47-52.

FAHN, A.; CUTTLER, D.F. 1992. **Xerophytes**. Berlin: Ed. Gerbruder Borntraeger. 176 p.

FEAGIN, R.A.; WU, X.B. 2007. The spatial patterns of functional groups and successional direction in a coastal dune community. **Rangeland Ecology & Management**, 60: 417-425.

GALLEGO-FERNÁNDEZ, J.B.; MARTÍNEZ, M.L. 2011. Environmental filtering and plant functional types on Mexican foredunes along the Gulf of Mexico. **Ecoscience**, 18: 52-62.

GARCÍA-MORA, R.M.; GALLEGU-FERNÁNDEZ, J.B.; GARCÍA-NOVO, F. 1999. Plant functional types in coastal foredunes in relation to environmental stress and disturbance. **Journal of Vegetation Science**, 10: 27-34.

GARCÍA NOVO, F.; DÍAZ BARRADAS, M.C.D.; ZUNZUNEGUI, M.; GARCÍA MORA, R.; GALLEGU FERNÁNDEZ, J.B. 2004. Plant functional types in coastal dune habitats. In: MARTÍNEZ, M.L.; PSUTY, N.P. (eds.). **Coastal Dunes: Ecology and Conservation**, Ecological studies 171. Berlin Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, p. 155-169.

GARNIER, E.; CORTEZ, J.; BILLE'S, G.; NAVAS, M.L.; ROUMET, C.; DEBUSSCHE, M.; LAURENT, G.; BLANCHARD, A.; AUBRY, D.; BELLMANN, A.; NEILL, C.; TOUSSAINT, J.P. 2004. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. **Ecology**, 85: 2630-2637.

GARNIER, E.; LAVOREL, S.; ANSQUER, P.; CASTRO, H.; CRUZ, P.; DOLEZAL, J.; ERIKSSON, O.; FORTUNEL, C.; FREITAS, H.; GOLODETS, C.; GRIGULIS, K.; JOUANY, C.; KAZAKOU, E.; KIGEL, J.; KLEYER, M.; LEHSTEN, V.; LEPS, J.; MEIER, T.; PAKEMAN, R.; PAPANASTASIS, V.P.; QUESTED, H.; QUETIER, F.; ROBSON, M.; ROUMET, C.; RUSCH, G.; SKARPE, C.; STERNBERG, M.; THEAU, J.P.; THEBAULT, A.; VILE, D.; ZAROVALI, M.P. 2007. Assessing the effects of land-use change on plant traits, communities and ecosystem functioning in grasslands: a standardized methodology and lessons from an application to 11 European sites. **Annals of Botany**, 99: 967-985.

GORNISH, E.S.; MILLER, T.E. 2010. Effects of storm frequency on dune vegetation. **Global Change Biology**, 16: 2668-2675.

GÖTZENBERGER, L.; DE BELLO, F.; BRÄTHEN, K.A.; DAVISON, J.; DUBUIS, A.; GUIBAN, A.; LEPS, J.; LINDBORG, R.; MOORA, M.; PÄRTEL, M.; PELLISSIER, L.; POTTIER, J.; VITTOZ, P.; ZOBEL, K.; ZOBEL, M. 2011. Ecological assembly rules in plant communities-approaches, patterns and prospects. **Biological Reviews**, 87: 111-127.

GRIME, J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**, 111: 1169-1194.

- GRIME, J.P. 1979. Plant strategies and vegetation process. New York: John Wiley. 222 p.
- GRIME, J.P. 1998. Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. **Journal of Ecology**, 86: 902-910.
- HARVEY, N.; CATON, B. 2010. **Coastal Management in Australia**. South Australia: University of Adelaide Press. 342 p.
- HENRIQUES, R.P.B.; ARAUJO, D.S.D.; HAY, J.D. 1986. Descrição e classificação dos tipos de vegetação da Restinga de Carapebus, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Botânica**, 9: 173-189.
- HESP, P.A. 1991. Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. **Journal of Arid Environments**, 21: 165-191.
- HOEINGHAUS, D.J.; WINEMILLER, K.O.; BIRNBAUM, J.S. 2007. Local and regional determinants of stream fish assemblage structure: inferences based on taxonomic vs. functional groups. **Journal of Biogeography**, 34: 324-338.
- KIM, K.D.; EWING, K. 2006. Ecological restoration of coastal sand dunes in South Korea. **Journal of Coastal Research SI 39**. Proceedings of the 8th International Coastal Symposium, Itajaí, p. 1259-1262.
- KOCACINAR, F.; SAGE, R.F. 2003. Photosynthetic pathway alters xylem structure and hydraulic function in herbaceous plants. **Plant, Cell and Environment**, 26: 2015-2026.
- LAKE, J.C.; LEISHMAN, M.R. 2004. Invasion success of exotic plants in natural ecosystems: the role of disturbance, plant attributes and freedom from herbivores. **Biological Conservation**, 117: 215-226.
- LALIBERTÉ, E.; LEGENDRE, P.; SHIPLEY, B. 2014. **FD**: measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology. R package version 1.0-12.
- LARCHER, W. 2000. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos. 531 p.
- LAVOREL, S.; GRIGULIS, K.; MCINTYRE, S.; WILLIAMS, N.S.G.; GARDEN, D.; DORROUGH, J.; BERMAN, S.; QUÉTIER, F.; THÉBAULT, A.; BONIS, A. 2008. Assessing functional diversity in the field-methodology matters! **Functional Ecology**, 16: 134-147.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. 2012. **Numerical Ecology**. Third English edition. Amsterdam: Elsevier Science BV. 1006 p.
- LIEBIG, M.; SCARANO, F.R.; MATTOS, E.A.; ZALUAR, H.L.T.; LÜTTGE, U. 2001. Ecophysiological and floristic implications of sex expression in the dioecious neotropical CAM tree *Clusia hilariana* Schtdl. **Trees Structure and Function**, 15: 278-288.
- LOMBA, A.; ALVES, P.; HONRADO, J. 2008. Endemic sand dune vegetation of the northwest Iberian peninsula: diversity, dynamics, and significance for bioindication and monitoring of coastal landscapes. **Journal of Coastal Research**, 24: 113-121.

- MACEDO, J.A.; ALVES, P.; LOMBA, A.; VICENTE, J.; HENRIQUES, R.; GRANJA, H.; HONRADO, J. 2010. On the interest of plant functional classifications to study community-level effects of increased disturbance on coastal dune vegetation. **Acta Botanica Gallica**, 157: 305-315.
- MACHADO, G.M.V. 2010. The morpho-sedimentary analysis of the beach shoreface inner continental shelf system in front of the National Park of the Restinga de Jurubatiba - Rio de Janeiro. **Quaternary and Environmental Geosciences**, 2: 01-17.
- MACIEL, J.R. 2008. **Paspalum L. (Poaceae) em Pernambuco**: taxonomia e biogeografia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 78 p.
- MAGURRAN, A.E. 1988. **Ecological Diversity and its Measurement**. New Jersey: Princeton University Press. 179 p.
- MAGURRAN, A.E. 2011. **Medindo a Diversidade Biológica**. Curitiba: Ed. UFPR. 261 p.
- MARQUES, M.C.M.; OLIVEIRA, P.E.A.M. 2005. Características reprodutivas das espécies vegetais da planície litorânea. In: MARQUES, M.C.M.; BRITZ, R.M. (orgs.). **História Natural e Conservação da Ilha do Mel**. Ed. Universidade Federal do Paraná. 266 p.
- MARTINS, S.E.; ROSSI, L.; SAMPAIO, P.S.P.; MAGENTA, M.A.G. 2008. Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertiooga, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 22: 249-274.
- MARTINS, M.; PEREIRA, M.D.; GUTIERRES, F.; CARLOS NETO; COSTA, J.C. 2011. New insights on the psammophilic gradient applying a multidisciplinary biogeochemical based approach - a case study in the Mediterranean Region of the Portuguese coast. In: **Abstracts of the European Geosciences Union General Assembly**. Geophysical Research Abstracts 13, Vienna.
- MATTOS, C.C.L.V. 2005. Caracterização climática da Restinga da Marambaia, RJ. In: MENEZES, L.F.T.; PEIXOTO, A.L.; ARAUJO, D.S.D. (eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, p. 55-66.
- MAUN, M.A. 1997. Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. **Canadian Journal of Botany**, 76: 713-738.
- MAUN, M.A. 2009. **The Biology of Coastal Sand Dunes**. Oxford: Oxford University Press. 265 p.
- McGILL, B.J.; ENQUIST, B.J.; WEIHER, E.; WESTOBY, M. 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. **Trends in Ecology and Evolution**, 21: 178-185.
- MENEZES, L.F.T.; ARAUJO, D.S.D. 1999. Estrutura de duas formações vegetais do cordão externo da Restinga de Marambaia, RJ. **Acta Botanica Brasilica**, 13: 223-235.
- MENEZES, L.F.T.; ARAUJO, D.S.D. 2005. Formações vegetais da Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro. In: MENEZES, L.F.T.; PEIXOTO, A.L.; ARAUJO, D.S.D. (eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, p. 67-120.

- MILLER, T.E.; GORNISH, E.S.; BUCKLEY, H.L. 2010. Climate and coastal dune vegetation: disturbance, recovery, and succession. **Plant Ecology**, 206: 97-104.
- MOLES, A.T.; WESTOBY, M. 2003. Latitude, seed predation and seed mass. **Journal of Biogeography**, 30: 105-128.
- MONSERRAT, A.L.; CELSI, C.; FONTANA, S.L. 2012. Coastal dune vegetation of the southern Pampas (Buenos Aires, Argentina) and its value for conservation. **Journal of Coastal Research**, 28: 23-35.
- MORELLATO, L.P.C.; HADDAD, C.F.B. 2000. Introduction: the Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, 32: 786-792.
- MUEHE, D. 1998. Estado morfodinâmico praial no instante da observação: uma alternativa de identificação. **Revistas Brasileiras de Oceanografia**, 46: 157-169.
- MÜLLER-HOHENSTEIN, K. 1992. Las dunas como ecosistemas: experiencias en Europa, Arabia y Africa. **Bosque**, 13: 9-21.
- MUSILA, W.M.; KIMYAMARIO, J.I.; JUNGRIUS, P.D. 2001. Vegetation dynamics of coastal sand dunes near Malindi, Kenya. **African Journal of Ecology**, 39: 170-177.
- NAEEM, S.; THOMPSON, L.J.; LAWLER, S.P.; LAWTON, J.H.; WOODFIN, R.M. 1994. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. **Nature**, 368: 734-737.
- OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P.R.; O'HARA, R.B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.H.H.; WAGNER, H. 2013. **Vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.0-10. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FONTES, M.A.L. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, 32: 793-810.
- OLIVEIRA-GALVÃO, A.L.C.; GALVÃO, W.S.; CARVALHO, V.C. 1990. Monitoramento da cobertura vegetal da Restinga de Carapebus - Macaé (RJ), a partir de imagens orbitais. In: **II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira - Estrutura, Função e Manejo**, vol. 3. Águas de Lindóia: Publicações ACIESP, p. 442-454.
- PEREIRA, O.J. 1990. Caracterização fitofisionômica da Restinga de Setiba - Guarapari - Espírito Santo. In: **II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira - Estrutura, Função e Manejo**, vol. 3. Águas de Lindóia: Publicações ACIESP, p. 207-219.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAZ, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, S.; POORTER, H.; JAUREGUIBERRY, P.; BRET-HARTE, M.S.; CORNWELL, W.K.; CRAINE, J.M., GURVICH, D.E.; URCELAY, C.; VENEKLAAS, E.J.; REICH, P.B.; POORTER, L.; WRIGHT, I.J.; RAY, P.; ENRICO, L.; PAUSAS, J.G.; DE VOS, A.C.; BUCHMANN, N.; FUNES, G.; QUÉTIER, F.; HODGSON, J.G.; THOMPSON, K.; MORGAN, H.D.; TER STEEGE, H.; VAN DER HEIJDEN, M.G.A.; SACK, L.; BLONDER, B.; POSCHLOD, P.; VAIERETTI, M.V.; CONTI, G.; STAYER, A.C.; AQUINO, S.; CORNELISSEN, J.H.C. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, 61: 167-234.

PETCHEY, O.L.; GASTON, K.J.; 2002. Functional diversity (FD), species richness and community composition. **Ecology Letters**, 5: 402-411.

PEYRAT, J.; FICHTNER, A. 2011. Plant species diversity in dry coastal dunes of the southern Baltic coast. **Community Ecology**, 12: 220-226.

PFADENHAUER, J. 1978. Contribuição ao conhecimento da vegetação e de suas condições de crescimento nas dunas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, 38: 827-836.

PIMENTEL, M.C.P.; BARROS, M.J.; CIRNE, P.; MATTOS, E.A.D.; OLIVEIRA, R.C.; PEREIRA, M.C.A.; SCARANO, F.R.; ZALUAR, H.L.T.; ARAUJO, D.S.D. 2007. Spatial variation in the structure and floristic composition of “restinga” vegetation in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, 30: 543-551.

PSUTY, N. 2004. The coastal foredune: a morphological basis for regional coastal dune development. In: MARTÍNEZ, M.L.; PSUTY, N. (eds.). **Coastal Dunes: Ecology and Conservation**, Ecological studies 171. Berlin Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, p. 11-27.

R CORE TEAM. 2014. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

RAO, C.R. 1964. The use and interpretation of principal correspondence analysis in applied research. **Sankhya A**, 26: 329-359.

RAO, C.R. 1982. Diversity and dissimilarity coefficients: A unified approach. **Theoretical Population Biology**, 21: 24-43.

ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; ALVES, M.A.S.; VAN SLUYS, M. 2003. **A biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica**. São Carlos: RiMa. 134 p.

ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; ALVES, M.A.S.; VAN SLUYS, M. 2004. A Restinga de Jurubatiba e a conservação dos ambientes de restinga do estado do Rio de Janeiro. In: ROCHA, C.F.D.; ESTEVES, F.A.; SCARANO, F.R. (orgs.). **Pesquisas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba: Ecologia, História Natural e Conservação**. São Carlos: RiMa, p. 341-352.

- SCARANO, F.R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. **Annals of Botany**, 90: 517-524.
- STALLINS, J.A. 2002. Dune plant species diversity and function in two barrier island biogeomorphic systems. **Plant Ecology**, 165: 183-196.
- SUD, R.M.; DENGLER, N.G. 2000. Cell lineage of vein formation in variegated leaves of the C4 grass *Stenotaphrum secundatum*. **Annals of Botany**, 86 :99-112.
- TEIXEIRA-FILHO, P.F.; RIBAS, S.C.; ROCHA, C.F.D.; ZEE, D.M.W. 1994. Estrutura e organização espacial de vegetação de praia de restinga: uma avaliação da vegetação original remanescente na Reserva Biológica da Barra da Tijuca. In: **I Encontro Brasileiro de Ciências Ambientais**. Rio de Janeiro: UFRJ, p. 47-49.
- THOMPSON, K.; BAND, S.R.; HODGSON, J.G. 1993. Seed size and shape predict persistence in soil. **Functional Ecology**, 7: 236-241.
- VIOLLE, C.; NAVAS, M.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. 2007. Let the concept of trait be functional. **Oikos**, 116: 882-892.
- WANDERLEY, M.G.L.; SHEPHERD, G.J.; GIULIETTI, A.M. 2001. **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo Vol 1. Poaceae**. São Paulo: APESP: HUCITEC. 291 p.
- WEIHER, E.; KEDDY, P.A. 1995. Assembly rules, null models and trait dispersion: new questions from old patterns. **Oikos**, 74: 159-164.
- WEIHER, E.; KEDDY, P. 1999. Assembly rules as general constraints on community composition. In: WEIHER, E.; KEDDY, P. (eds.). **Ecological Assembly Rules: Perspectives, Advances, Retreats**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 251-271.
- WEIHER, E.; VAN DER WERF, A.; THOMPSON, K.; RODERICK, M.; GARNIER, E.; ERIKSSON, O. 1999. Challenging theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. **Journal of Vegetation Science**, 10: 609-620.
- WESTOBY, M.; FALSTER, D.S.; MOLES, A.T.; VESK, P.A.; WRIGHT, I.J. 2002. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 33: 125-159.
- WILLSON, M.F.; TRAVESET, A. 2000. The ecology of seed dispersal. In: FENNER, M. (ed.). **Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities**, 2^a ed., London: CAB International, p. 85-110.
- ZALUAR, H.L.T.; SCARANO, F.R. 2000. Facilitação em restingas de moitas: um século de buscas por espécies focais. In: ESTEVES, F.A.; LACERDA, L.D. (eds.). **Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras**. Rio de Janeiro: NUPEM-UFRJ, p. 3-23.

APÊNDICE - Dados dos atributos e parâmetros estruturais da vegetação.

Dados dos atributos categóricos e os valores médios dos atributos contínuos das espécies da Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3). Forma de vida (Fv): Ge = geófito, Ca = caméfito; Clonalidade (Cl): Es = estolão, Ri = rizoma; Via fotossintética (Vf): C3, C4; Síndrome de dispersão (Sd): Au = autocoria, An = anemocoria; Ap = altura potencial; Cf = comprimento foliar; Lf = largura foliar; Ef = espessura foliar; Cs = comprimento de semente.

Áreas	Espécies	Fv	Cl	Vf	Sd	Ap (cm)	Cf (cm)	Lf (mm)	Ef (mm)	Cs (mm)
1	<i>Ipomoea imperati</i>	Ge	Es	C3	Au	9	5,74	34,1	1,08	7,97
1	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	Ca	Es	C3	Au	16	6,34	69,88	0,99	7,55
1	<i>Panicum racemosum</i>	Ge	Ri	C4	An	54	50,92	5,51	0,36	0
1	<i>Paspalum maritimum</i>	Ge	Ri	C4	An	15	3,4	4,94	0,25	3,86
1	<i>Remirea maritima</i>	Ge	Ri	C4	Au	9,5	2,89	4,07	0,53	4,3
1	<i>Sporobolus virginicus</i>	Ge	Ri	C4	An	21	8,93	5,17	0,22	2,49
2	<i>Ipomoea imperati</i>	Ge	Es	C3	Au	7,4	5,93	32,92	1,27	7,64
2	<i>Panicum racemosum</i>	Ge	Ri	C4	An	60	54,08	5,39	0,44	4,58
2	<i>Remirea maritima</i>	Ge	Ri	C4	Au	12	3,1	3,88	0,64	4,57
2	<i>Sporobolus virginicus</i>	Ge	Ri	C4	An	31,5	3,31	2,39	0,22	2,27
3	<i>Blutaparon portulacoides</i>	Ca	Ri	C4	Au	17	2,89	7,29	1,73	1,52
3	<i>Canavalia rosea</i>	Ca	Es	C3	Au	26	6,05	53,22	0,73	16,01
3	<i>Ipomoea imperati</i>	Ge	Es	C3	Au	15	6,32	36,34	1,09	7,62
3	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	Ca	Es	C3	Au	22	6,92	75,06	0,91	7,87
3	<i>Panicum racemosum</i>	Ge	Ri	C4	An	46	50,85	5,69	0,43	0
3	<i>Remirea maritima</i>	Ge	Ri	C4	Au	16	3,66	4,22	0,46	4,4
3	<i>Sporobolus virginicus</i>	Ge	Ri	C4	An	26	7,03	3,83	0,19	2,37
3	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	Ca	Es	C4	An	22	5,43	8,53	0,33	4,53

Parâmetros estruturais da vegetação de dunas da Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3). NP = número de ocorrências de espécies nas parcelas, FA = frequência absoluta (%), FR = frequência relativa (%), CA = cobertura absoluta (%), CR = cobertura relativa (%). Espécies ordenadas segundo CR.

Restinga da Marambaia (Área 1)					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Ipomoea imperati</i>	83	67,5	17,8	374	32,3
<i>Sporobolus virginicus</i>	92	74,8	19,7	203	17,5
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	38	30,9	8,2	146	12,6
<i>Paspalum maritimum</i>	59	48,0	12,7	111	9,6
<i>Remirea maritima</i>	77	62,6	16,5	91	7,9
<i>Panicum racemosum</i>	63	51,2	13,5	65	5,6
<i>Allagoptera arenaria</i>	15	12,2	3,2	55	4,7
<i>Scaevola plumieri</i>	4	3,3	0,9	43	3,7
<i>Canavalia rosea</i>	5	4,1	1,1	24	2,1
<i>Cereus fernambucensis</i>	7	5,7	1,5	19	1,6
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	10	8,1	2,1	14	1,2
<i>Alternanthera littoralis</i>	6	4,9	1,3	7	0,6
<i>Blutaparon portulacoides</i>	5	4,1	1,1	5	0,4
<i>Oxypetalum banksii</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Portulaca mucronata</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
Total	466	378,9	100,0	1159	100,0

Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2)					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Sporobolus virginicus</i>	77	63,6	19,7	172	24,9
<i>Panicum racemosum</i>	98	81,0	25,1	159	23,0
<i>Ipomoea imperati</i>	75	62,0	19,2	126	18,3
<i>Remirea maritima</i>	81	66,9	20,7	124	18,0
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	12	9,9	3,1	29	4,2
<i>Allagoptera arenaria</i>	5	4,1	1,3	19	2,8
<i>Mollugo verticillata</i>	16	13,2	4,1	16	2,3
<i>Alternanthera littoralis</i>	11	9,1	2,8	14	2,0
<i>Blutaparon portulacoides</i>	10	8,3	2,6	14	2,0
<i>Oxypetalum banksii</i>	4	3,3	1,0	8	1,2
<i>Canavalia rosea</i>	1	0,8	0,3	7	1,0
<i>Paspalum maritimum</i>	1	0,8	0,3	2	0,3
Total	391	323,1	100,0	690	100,0

Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3)					
Espécies	NP	FA	FR	CA	CR
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	53	42,4	10,8	339	22,6
<i>Sporobolus virginicus</i>	87	69,6	17,7	211	14,1
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	45	36,0	9,2	193	12,9
<i>Blutaparon portulacoides</i>	48	38,4	9,8	192	12,8
<i>Allagoptera arenaria</i>	9	7,2	1,8	96	6,4
<i>Ipomoea imperati</i>	48	38,4	9,8	86	5,7
<i>Canavalia rosea</i>	26	20,8	5,3	79	5,3
<i>Schinus terebinthifolius</i>	6	4,8	1,2	54	3,6
<i>Panicum racemosum</i>	40	32,0	8,1	48	3,2
<i>Remirea maritima</i>	28	22,4	5,7	36	2,4
<i>Cereus fernambucensis</i>	18	14,4	3,7	27	1,8
<i>Alternanthera littoralis</i>	12	9,6	2,4	13	0,9
<i>Paspalum vaginatum</i>	6	4,8	1,2	13	0,9
<i>Sophora tomentosa</i>	6	4,8	1,2	14	0,9
<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	9	7,2	1,8	10	0,7
<i>Jacquinia armillaris</i>	1	0,8	0,2	10	0,7
<i>Paspalum arenarium</i>	2	1,6	0,4	10	0,7
<i>Stylosanthes viscosa</i>	4	3,2	0,8	11	0,7
<i>Condalia buxifolia</i>	2	1,6	0,4	9	0,6
<i>Mitracarpus strigosus</i>	7	5,6	1,4	7	0,5
<i>Eugenia uniflora</i>	1	0,8	0,2	6	0,4
<i>Pombalia calceolaria</i>	6	4,8	1,2	6	0,4
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	5	4,0	1,0	5	0,3
<i>Cyrtocymura scorpioides</i>	3	2,4	0,6	4	0,3
<i>Fimbristylis cymosa</i>	4	3,2	0,8	4	0,3
<i>Pectis brevipedunculata</i>	5	4,0	1,0	5	0,3
<i>Cassytha filiformis</i>	2	1,6	0,4	2	0,1
<i>Commelina erecta</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Emilia sonchifolia</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Paspalum maritimum</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Portulaca mucronata</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Sida ciliaris</i>	2	1,6	0,4	2	0,1
<i>Sida cordifolia</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
<i>Tridax procumbens</i>	1	0,8	0,2	1	0,1
Total	491	392,8	100,0	1498	100,0

3 VARIAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DOS ATRIBUTOS DO SOLO DA VEGETAÇÃO DE DUNAS COSTEIRAS TROPICAIS

Antonio Janilson Castelo¹, Marcos Gervasio Pereira², João Marcelo Alvarenga Braga³

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, São Francisco Xavier, 524, Maracanã, CEP: 20550-013, Rio de Janeiro, Brasil

²Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, BR 465, CEP: 23851-970, Seropédica, Brasil

³Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro - JBRJ, Pacheco Leão, 915, Jardim Botânico, CEP: 22460-030, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo

Os atributos do solo podem ter grandes efeitos sobre as plantas, por isso, é importante compreender como esses recursos variam ao longo do tempo e do espaço. A vegetação de dunas, um dos tipos de vegetação das restingas, está associada as limitações impostas pelos atributos do solo, favorecendo que somente espécies adaptadas a essas condições se estabeleçam. O objetivo deste estudo foi avaliar a variação espacial dos atributos do solo da vegetação de dunas ao longo do gradiente de distância do mar, e a variação temporal destes em função da precipitação sazonal. A vegetação foi amostrada durante a estação chuvosa (verão) e seca (inverno) de 2013 a 2015, em três restingas no Sudeste do Brasil. Foram utilizados transectos perpendiculares ao mar e alocadas 120 parcelas permanentes de 1 m² em cada área e estação. Foram coletadas 10 amostras compostas de solo em cada área e estação, a uma profundidade de 0-15 cm, e realizada análises química e granulométrica. Os resultados mostraram que, alguns atributos do solo variaram ao longo do gradiente de distância do mar. As três áreas apresentaram diferenças na granulometria do solo e correlação positiva entre a capacidade de troca catiônica do solo (T) e o conteúdo de matéria orgânica (M.O.). Somente a soma de bases trocáveis (SB) e a capacidade de troca catiônica efetiva (t) apresentaram correlação negativa com a precipitação na área 2, o Na apresentou correlação negativa na área 3, e não houveram correlações significativas na área 1. Adicionalmente, não houve variação temporal dos atributos do solo nas três áreas.

Palavras-chave: Restingas, precipitação sazonal, gradiente de distância do mar, correlação.

3.1 Introdução

As planícies arenosas da costa brasileira são amplas áreas de sedimentação predominantemente quaternária, formadas em função das mudanças paleoclimáticas, flutuações do nível do mar e transporte longitudinal de sedimentos (MARTIN *et al.*, 1987; SUGUIO e MARTIN, 1987; SUGUIO, 2010). As duas últimas transgressões quaternárias, das quatro já identificadas, são consideradas as principais formadoras dessas planícies arenosas, bem demarcadas em cerca de 123.000 e 5.100 anos A.P. (SUGUIO, 2010). Esses depósitos arenosos são frequentes e bem representados ao longo das costas Sudeste e Sul do Brasil (VILLWOCK, 1987; SUGUIO e MARTIN, 1990) e alguns estão associados a desembocaduras de importantes rios (FLEXOR *et al.*, 1984).

As Restingas são definidas como um mosaico de comunidades vegetais habitando os depósitos arenosos marinhos do período Quaternário tardio, e localizadas entre o mar e a Floresta Atlântica (SCARANO, 2002). Apresentam variadas fitofisionomias, diversificadas características geomorfológicas e climáticas, e uma grande diversidade florística (ARAUJO, 2000). Devido à formação geomorfológica recente das planícies costeiras brasileiras, as espécies vegetais são oriundas dos ecossistemas adjacentes como Caatinga, Cerrado, Floresta Amazônica e, mais comumente, da Mata Atlântica (FREIRE, 1990; RIZZINI, 1997; ARAUJO *et al.*, 1998; CERQUEIRA, 2000; SCARANO, 2002; ROCHA *et al.*, 2004; ARAUJO e PEREIRA, 2009). A vegetação de dunas é um dos tipos de vegetação das restingas, localizada na região pós-praia e composta pela formação halófila, estabelecida na parte superior da praia, e pela formação psamófila, estabelecida na anteduna, duna ou áreas de areia móvel (PEREIRA, 1990; MENEZES e ARAUJO, 1999). O ambiente nas dunas é caracterizado pela presença de *spray* salino, substrato arenoso, elevada temperatura e radiação solar, além dos ventos fortes e constantes (HESP, 1991; COSTA *et al.*, 1996; MAUN, 1997; BEDUSCHI e CASTELLANI, 2008; GORNISH e MILLER, 2010).

Os solos nas restingas apresentam baixos teores em argila e matéria orgânica, com isso a capacidade de retenção de água e de cátions é baixa (HAY e LACERDA, 1984; SCARANO, 2002), apesar do incremento de biomassa vegetal através da serapilheira (PAMMENTER, 1984; SOARES, 1984). A alta salinidade do solo é decorrente da deposição de salsugem, da elevada taxa de evapotranspiração e ventos constantes (PAMMENTER, 1984; ALEGRO *et al.*, 2004). Portanto, a vegetação de dunas está associada a solos com baixo grau de desenvolvimento pedogenético (MARTINS *et al.*, 2011), sendo os solos mais frequentes nesse ambiente classificados como Neossolos Quartzarênicos. Nessas condições,

as espécies toleram a alta salinidade, suportam a mobilidade do substrato, o soterramento e os baixos níveis de nutrientes do solo (ROXBURGH *et al.*, 1994; WILSON e SYKES, 1999; HESP, 2000), e são altamente instáveis e com uma gama de fatores estressantes (e.g., salinidade, radiação solar, solos arenosos e oligotróficos, ventos e ondas), em que a distribuição e a diversidade da vegetação são controladas principalmente pelos fatores edáficos e climáticas (CHAKRABORTY *et al.*, 2012).

Ao longo do gradiente ambiental de distância do mar ocorre maior estabilidade do substrato, acumulação de matéria orgânica e de nutrientes, e diminuição do movimento da areia e dos níveis de *spray* salino (SYKES e WILSON, 1991; HESP, 2000), em função da colonização do substrato pela vegetação. Essa distância do mar controla vários fatores ambientais, incluindo os atributos do solo ao longo de gradientes espaciais perpendiculares à costa, levando assim ao zoneamento das comunidades de plantas ou tipos de vegetação (VAN DER VALK, 1974; SYKES e WILSON, 1991; COSTA *et al.*, 1996; LEE *et al.*, 2007; HOULE, 2008; LANE *et al.*, 2008). Desta forma, os atributos do solo podem ter grandes efeitos sobre as plantas, por isso, é importante compreender como os recursos disponíveis variam ao longo do tempo e do espaço (CAIN *et al.*, 1999). A partir do exposto, o objetivo foi avaliar a variação espacial dos atributos do solo da vegetação de dunas ao longo do gradiente de distância do mar, e a variação temporal destes em função da precipitação sazonal.

3.2 Metodologia

Áreas de estudo

O estudo foi realizado em três restingas localizadas na zona costeira do Sudeste do Brasil, estado do Rio de Janeiro: Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3) (Figura 20). As áreas estão distantes entre si cerca de 170 km (Área 1 para Área 2) e 120 km (Área 2 para Área 3), e foram selecionadas em função do estado de conservação das restingas no estado do Rio de Janeiro. O clima é marcadamente sazonal e a precipitação anual é concentrada no verão para as três áreas. A Restinga da Marambaia (23°02' S, 43°37' W) ocupa uma área de 4.961,31 ha ao longo de 40 km de vegetação paralela ao mar (CONDE *et al.*, 2005). A precipitação média anual é de ca. 1.200 mm e a temperatura média anual é de 23 °C (MATTOS, 2005). O Parque Estadual da Costa do Sol (22°56' S, 42°12' W) possui uma área de 9.840,90 ha ao longo de 35 km de vegetação (ROCHA *et al.*, 2003). A precipitação média anual é de ca. 800 mm e a temperatura média anual é de 25 °C (BARBIÉRI, 1984). O Parque Nacional da Restinga de

Jurubatiba (22°16' S, 41°38' W) é a maior área de restinga protegida do estado do Rio de Janeiro, com 14.860 ha ao longo de 44 km de vegetação (ROCHA *et al.*, 2004), e tem a mesma precipitação média anual e temperatura média anual da Restinga da Marambaia (HENRIQUE *et al.*, 1986; ZALUAR e SCARANO, 2000; LIEBIG *et al.*, 2001; PIMENTEL *et al.*, 2007).

Amostragem da vegetação

Em cada área, a vegetação de dunas foi amostrada durante a estação chuvosa (verão) e seca (inverno) de 2013 a 2015. Foram estabelecidos 13, 21 e 25 transectos perpendiculares ao mar no Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2), Restinga da Marambaia (Área 1) e no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3), respectivamente. Em cada transecto, a amostragem da vegetação foi iniciada onde a cobertura vegetal foi detectada visualmente no pós-praia. Transectos foram de 100 m de distância uns dos outros e, em cada um, foram alocadas parcelas permanentes de 1 m² em intervalos de 2 m, totalizando 120 parcelas por área. O número de transectos foi diferente para cada área a fim de estabelecer o mesmo número de parcelas dentro dos limites espaciais da vegetação de dunas. As espécies foram identificadas em cada parcela permanente e medidas seus respectivos percentuais de cobertura. Dado que a maioria das espécies apresenta crescimento clonal através de estolões ou rizomas, foi usada a cobertura vegetal como medida de abundância (MAGURRAN, 1988; ARAUJO *et al.*, 2004; MAGURRAN, 2011) em vez de densidade de espécies, devido a impossibilidade de contagem dos espécimes (BROWER *et al.*, 1998).

Descrição da vegetação

A vegetação de dunas nas três áreas apresenta estrutura oligárquica, baixa riqueza de espécies e zoneamento ao longo do gradiente de distância do mar. As espécies dominantes em todas as estações na área 1, segundo a cobertura relativa, foram *Ipomoea imperati*, *Ipomoea pes-caprae*, *Remirea maritima* e *Sporobolus virginicus*. Na área 2 foram *Ipomoea imperati*, *Panicum racemosum*, *Remirea maritima* e *Sporobolus virginicus*. Já na área 3 foram as espécies *Blutaparon portulacoides*, *Ipomoea pes-caprae*, *Sporobolus virginicus* e *Stenotaphrum secundatum*. A maioria das demais espécies são consideradas raras localmente em função da baixa frequência e baixa cobertura vegetal.

Amostragem do solo

Foram coletadas amostras de solo durante a estação chuvosa (verão) e seca (inverno) de 2013 a 2015 em cada área. Foram coletadas 10 amostras compostas de solo, formadas a partir de 10 amostras simples, para a realização de análises química e granulométrica. As amostras foram coletadas a uma profundidade de 0-15 cm. O local de cada amostragem simples foi previamente limpo, retirando-se a serapilheira depositada na superfície e, posteriormente, coletando-se as amostras. Das 10 amostras compostas, de cada área e estação, cinco foram coletadas no início da vegetação, mais próximas ao mar, e cinco no final da vegetação, perpendicularmente aos transectos em um raio de 6 m para cada lado. Foram analisados os atributos pH (em água); os macronutrientes P e K (extrator Mehlich 1), P-remanescente (CaCl_2 10 mmol L⁻¹), Al, Ca e Mg (extrator KCl - 1 mol L⁻¹), S (extrator fosfato monocálcio em ácido acético); os micronutrientes Fe, Zn, Mn, Cu (extrator Mehlich 1), B (extrator água quente); Al (extrator KCl - 1 mol L⁻¹), índice de saturação de Al (m), H+Al (extrator SMP), Na (extrator Mehlich 1), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T), saturação por bases (V), matéria orgânica (oxidação por $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 2 mol L⁻¹ + H_2SO_4 5 mol L⁻¹) e análise textural pelo método de agitação lenta com agitador de Wagner por 16 h (areia, silte, argila). A granulometria do solo de cada área foi analisada, no início e final da vegetação, segundo Donagema *et al.*, (2011).

Análise dos dados

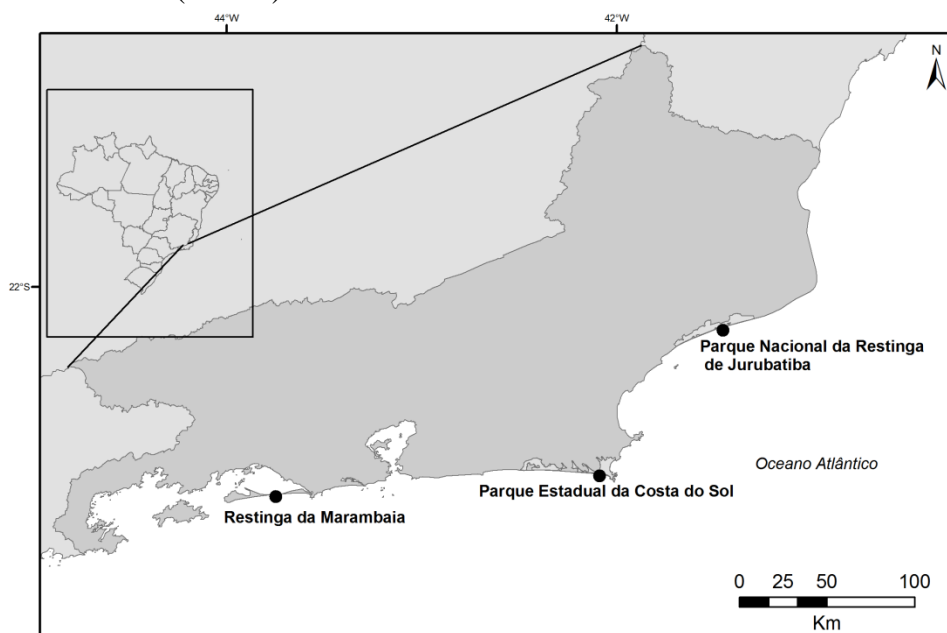
Para avaliar a variação espacial ao longo do gradiente de distância do mar em cada área e estação, os valores médios dos atributos do solo, no início e no final da vegetação, foram comparados usando o teste t de Student, quando os dados atendiam as premissas de normalidade e homocedasticidade, e teste de Wilcoxon, quando do não atendimento das premissas.

Foram realizadas correlações entre os descritores gradiente de distância do mar (m) e os valores dos atributos do solo; capacidade de troca catiônica do solo (T) e o conteúdo de matéria orgânica (M.O.); e precipitação e os valores médios dos atributos do solo, para cada área e estação. Utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman (ρ) devido a não normalidade dos dados.

Para avaliar a variação temporal em cada área, os valores dos atributos do solo das seis estações foram comparados entre si usando o teste de Friedman. A análise de variância através do teste de Friedman foi utilizada em função do não atendimento das premissas de

normalidade e homocedasticidade dos dados. O teste é não paramétrico, utilizado para comparar dados amostrais vinculados/relacionados. Como teste *post hoc* foi utilizado o teste de Wilcoxon com método de ajuste de Bonferroni. Todas as análises foram realizadas no software livre R (R CORE TEAM, 2014), e adotado o nível de significância de $p < 0,05$.

Figura 20 - Mapa com a localização das três restingas do estado do Rio de Janeiro. Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3).

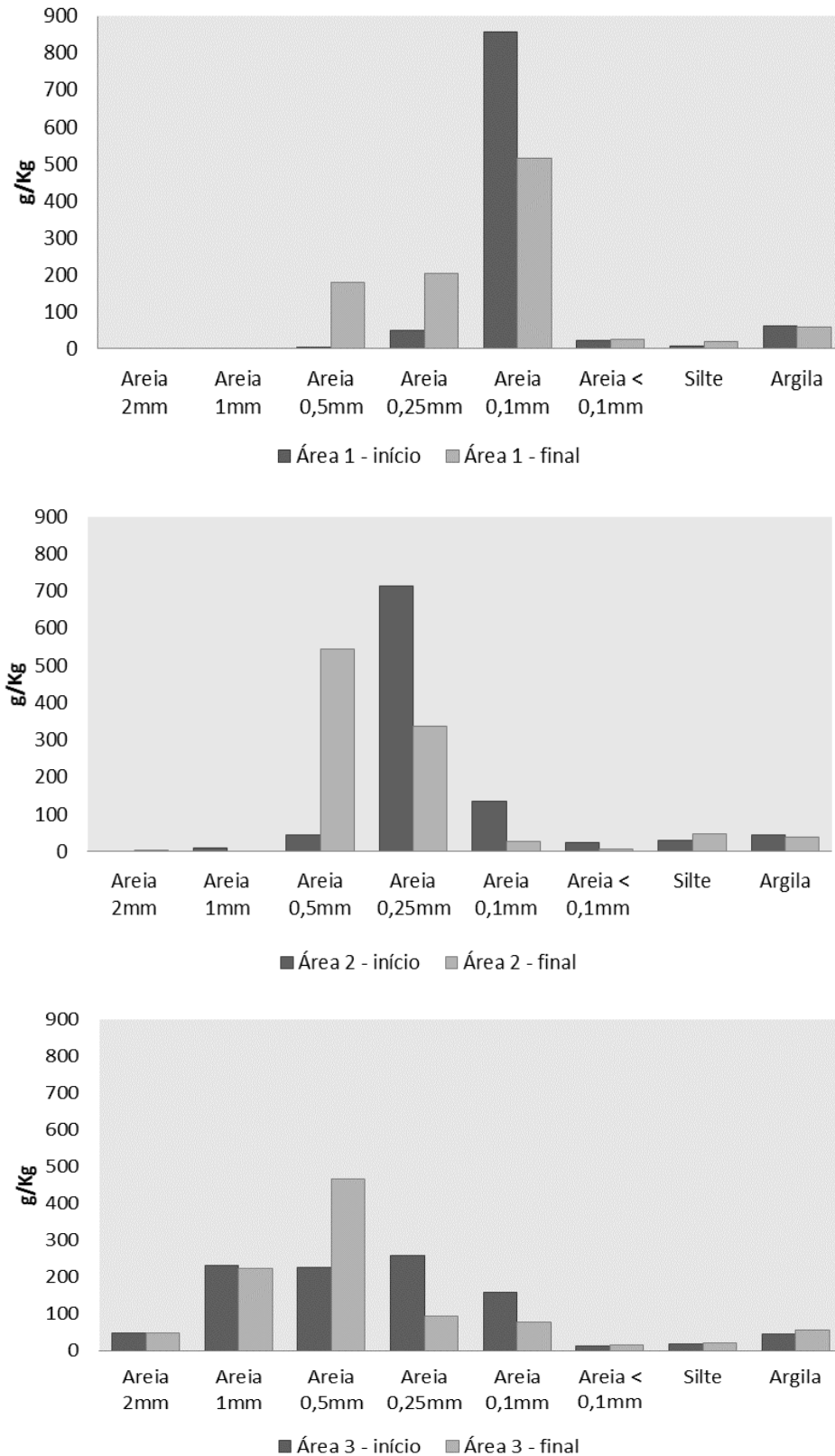


3.3 Resultados

3.3.1 Granulometria do solo

Os solos das três áreas apresentaram textura arenosa, constituídos em média por mais de 980 g de areia kg^{-1} de solo. Entretanto, as três áreas apresentaram diferenças na granulometria do solo. O solo da área 1, a granulometria foi a menor e mais uniforme, predominando areia fina de 0,1 mm no início e no final da vegetação. Já o solo da área 2 é caracterizado por uma granulometria intermediária, predominando areia fina de 0,25 mm no início, e 0,5 a 0,25 mm no final da vegetação. Já o solo da área 3 é caracterizado por uma maior granulometria, predominando areia fina de 1 a 0,1 mm no início da vegetação, e 1 a 0,5 mm no final da vegetação de dunas. Nas áreas 1 e 2, os valores de argila foram maiores no início, e os valores de silte foram maiores no final da vegetação. Na área 3, os valores de silte e argila foram maiores no final da vegetação (Figura 21).

Figura 21. Valores médios da granulometria do solo, início e final da vegetação de dunas, da Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3).



3.3.2 Variação espacial dos atributos do solo

Em cada estação chuvosa e seca, alguns atributos do solo das três áreas variaram significativamente ao longo do gradiente de distância do mar. Na área 1, foram poucos os atributos do solo que variaram. Os atributos K, P, H+Al, SB, t, V e Cu variaram em uma estação; Na, M.O., Fe e B em duas estações; pH variou em três estações. Os valores médios do Na e Fe são maiores no início da vegetação, e os de H+Al, M.O. e Zn no final. Os demais atributos não demonstraram variação espacial (Tabela 2).

Na área 2, a capacidade de troca catiônica (T) apenas variou na estação chuvosa. Os atributos pH, P, H+Al, Mn e B variaram em uma estação; T, M.O. e Zn em duas estações; K em três estações; Fe e S variaram em quatro estações. O Na apresentou maior variação e valores no início da vegetação, variando em todas as estações. Os valores médios de S são geralmente maiores no início da vegetação, e os de Zn e Fe no final. Os demais atributos não demonstraram variação espacial (Tabela 3).

Na área 3, as variações foram mais representadas nas estações chuvosas e na última estação seca. Os atributos P e V variaram em uma estação; K, H+Al e Cu em duas estações; Na e M.O. em três estações; Ca, SB, t, T e Zn em quatro estações; Mg e Fe variaram em cinco estações. O Na apresentou maior variação e valores no início da vegetação. Os valores médios de pH, Na e Fe são maiores no início da vegetação, e os de K, Ca, Mg, H+Al, SB, t, T, V, M.O. e Zn no final. Os demais atributos não demonstraram variação espacial (Tabela 4).

Tabela 2 - Teste de significância para os valores médios dos atributos do solo, início e final da vegetação de dunas, da Restinga da Marambaia (Área 1), estação chuvosa e seca de 2013 a 2015.

Atributos do solo	Estação	Estação	Estação	Estação	Estação	Estação	Estação	Estação	Estação	Estação	Estação	Estação
	chuvosa	chuvosa	seca	seca	chuvosa	chuvosa	seca	seca	chuvosa	chuvosa	seca	seca
	2013	2013	2013	2013	2014	2014	2014	2014	2015	2015	2015	2015
	início	final	início	final	início	final	início	final	início	final	início	final
pH (água)	6,1*	5,3*	6,3	6,3	6,7	6,6	6,6	6,5	7,7*	6,3*	7,4*	6,0*
K (mg/dm ³)	6,40	8,00	7,60	7,20	18,40	16,40	16,40	16,00	4,40*	6,80*	6,40	8,00
P (mg/dm ³)	5,83	5,36	5,55	4,76	5,56	4,04	5,49*	4,04*	6,03	6,16	5,15	5,29
Na (mg/dm ³)	17,60	11,60	45,60	18,00	106,00	50,40	58,40*	42,00*	16,80*	8,00*	25,20	10,40
Ca (cmol/dm ³)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12
Mg (cmol/dm ³)	0,12	0,16	0,18	0,14	0,16	0,10	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Al (cmol/dm ³)	0,02	0,06	0,00	0,00	0,06	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H+Al (cmol/dm ³)	0,68	0,78	0,65	0,73	0,57*	0,67*	0,59	0,62	0,60	0,66	0,61	0,66
SB (cmolc/dm ³)	0,24	0,28	0,28	0,26	0,31	0,24	0,26	0,24	0,21*	0,22*	0,24	0,24
t (cmolc/dm ³)	0,26	0,34	0,28	0,26	0,37	0,34	0,26	0,24	0,21*	0,22*	0,24	0,24
T (cmolc/dm ³)	0,92	1,07	0,93	1,00	0,88	0,91	0,85	0,86	0,81	0,88	0,85	0,90
V (%)	25,48	26,12	29,80	25,85	33,69*	26,69*	30,73	27,93	26,18	24,93	27,69	26,72
m (%)	4,76	14,07	0,00	0,00	14,58	29,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M.O. (dag/kg)	0,06*	0,20*	0,10	0,22	0,16	0,32	0,06*	0,28*	0,04	0,04	0,04	0,08
P-Rem (mg/L)	45,05	44,80	44,83	44,60	45,31	44,06	42,15	42,86	45,30	44,55	44,31	44,80
Zn (mg/dm ³)	0,48	0,55	0,50	0,63	0,28	0,42	0,30	0,44	0,40	0,59	0,46	0,53
Fe (mg/dm ³)	27,88	19,75	23,93	18,38	18,46	14,91	19,59*	14,23*	20,84	18,01	15,32*	26,07*
Mn (mg/dm ³)	0,75	0,71	0,78	0,75	0,76	0,82	0,90	0,84	0,84	0,74	0,57	0,58
Cu (mg/dm ³)	0,06	0,04	0,05	0,03	0,10	0,10	0,09	0,08	0,05	0,16	0,02*	1,35*
B (mg/dm ³)	0,18	0,12	0,22	0,18	0,07	0,07	0,10	0,04	0,15*	0,07*	0,18*	0,08*
S (mg/dm ³)	6,67	7,84	8,52	5,21	12,62	6,85	6,47	8,95	7,32	7,14	9,11	8,16

Legenda: Acidez potencial (H+Al), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T), índice de saturação por bases (V), índice de saturação de alumínio (m), matéria orgânica (M.O.), fósforo remanescente (P-Rem) (n = 5). Os asteriscos (*) indicam diferença significativa (p < 0,05).

Tabela 3 - Teste de significância para os valores médios dos atributos do solo, início e final da vegetação de dunas, do Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2), estação chuvosa e seca de 2013 a 2015.

Atributos do solo	Estação chuvosa	Estação chuvosa	Estação seca	Estação seca	Estação chuvosa	Estação chuvosa	Estação seca	Estação seca	Estação chuvosa	Estação chuvosa	Estação seca	Estação seca
	2013	2013	2013	2013	2014	2014	2014	2014	2015	2015	2015	2015
	início	final	início	final	início	final	início	final	início	final	início	final
pH (água)	6,2	6,3	6,2*	6,5*	6,6	6,3	7,2	7,1	6,8	6,6	7,1	6,6
K (mg/dm ³)	4,40	5,20	6,00	6,00	11,60*	14,00*	14,40	14,80	9,20*	4,80*	8,80*	4,80*
P (mg/dm ³)	6,38	5,21	6,93	5,76	5,01	5,99	5,08*	3,97*	6,94	6,58	7,11	5,48
Na (mg/dm ³)	41,20*	11,20*	56,40*	15,20*	39,20*	35,20*	100,00*	63,60*	131,60*	9,60*	115,20*	12,80*
Ca (cmol/dm ³)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,16	0,14	0,16	0,12
Mg (cmol/dm ³)	0,10	0,10	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,16	0,10	0,14	0,10
Al (cmol/dm ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H+Al (cmol/dm ³)	0,64	0,70	0,64	0,68	0,54*	0,61*	0,56	0,65	0,42	0,34	0,39	0,33
SB (cmolc/dm ³)	0,21	0,22	0,24	0,22	0,23	0,24	0,24	0,24	0,35	0,25	0,32	0,23
t (cmolc/dm ³)	0,21	0,22	0,24	0,22	0,23	0,24	0,24	0,24	0,35	0,25	0,32	0,23
T (cmolc/dm ³)	0,85*	0,91*	0,88	0,90	0,77*	0,85*	0,80	0,89	0,77	0,59	0,72	0,56
V (%)	24,89	23,42	26,73	23,93	29,95	27,75	29,57	27,17	43,51	42,66	44,53	41,83
m (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M.O. (dag/kg)	0,06	0,10	0,06	0,06	0,06*	0,18*	0,10*	0,24*	0,14	0,14	0,14	0,14
P-Rem (mg/L)	43,11	43,59	41,91	41,54	45,62	44,82	49,20	48,13	54,91	51,80	55,82	51,67
Zn (mg/dm ³)	0,08*	0,20*	0,06*	0,18*	0,08	0,13	0,10	0,16	0,19	0,23	0,15	0,23
Fe (mg/dm ³)	8,56*	10,98*	9,15*	11,33*	6,83*	10,00*	8,43	9,18	12,04	10,34	9,43*	11,17*
Mn (mg/dm ³)	0,06*	0,15*	0,16	0,21	0,13	0,19	0,27	0,10	0,67	0,82	0,70	0,61
Cu (mg/dm ³)	0,08	0,08	0,08	0,06	0,10	0,10	0,10	0,10	0,07	0,08	0,10	0,10
B (mg/dm ³)	0,16	0,16	0,18	0,11	0,03	0,02	0,08	0,05	0,20*	0,16*	0,18	0,15
S (mg/dm ³)	9,64*	4,83*	11,06*	5,23*	5,35	7,00	11,30	10,50	18,90*	7,67*	15,62*	7,27*

Legenda: Acidez potencial (H+Al), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T), índice de saturação por bases (V), índice de saturação de alumínio (m), matéria orgânica (M.O.), fósforo remanescente (P-Rem) (n = 5). Os asteriscos (*) indicam diferença significativa (p < 0,05).

Tabela 4 - Teste de significância para os valores médios dos atributos do solo, início e final da vegetação de dunas, do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3), estação chuvosa e seca de 2013 a 2015.

Atributos do solo	Estação chuvosa	Estação chuvosa	Estação seca	Estação seca	Estação chuvosa	Estação chuvosa	Estação seca	Estação seca	Estação chuvosa	Estação chuvosa	Estação seca	Estação seca
	2013	2013	2013	2013	2014	2014	2014	2014	2015	2015	2015	2015
	início	final	início	final	início	final	início	final	início	final	início	final
pH (água)	7,2	6,6	7,5	7,4	7,9	7,1	7,9	7,5	8,6	7,3	8,9	7,7
K (mg/dm ³)	11,20	20,00	17,60	17,60	21,60	26,00	20,80	25,20	10,00*	17,60*	8,80*	17,20*
P (mg/dm ³)	5,16	5,48	7,85*	3,25*	6,27	5,29	5,16	4,29	6,11	6,26	6,09	6,60
Na (mg/dm ³)	86,80	54,40	137,60	72,40	141,60*	68,00*	123,60*	74,80*	114,00	70,40	96,40*	61,60*
Ca (cmol/dm ³)	0,48*	0,94*	0,46	0,78	0,38*	0,64*	0,40	0,48	0,56*	0,84*	0,40*	0,72*
Mg (cmol/dm ³)	0,24*	0,62*	0,30	0,48	0,10*	0,28*	0,14*	0,36*	0,16*	0,40*	0,10*	0,28*
Al (cmol/dm ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
H+Al (cmol/dm ³)	0,64*	0,88*	0,65	0,84	0,51*	0,72*	0,54	0,67	0,42	0,41	0,45	0,50
SB (cmolc/dm ³)	0,75*	1,61*	0,81	1,31	0,54*	0,99*	0,59	0,91	0,75*	1,29*	0,52*	1,05*
t (cmolc/dm ³)	0,75*	1,61*	0,81	1,31	0,54*	0,99*	0,59	0,91	0,75*	1,31*	0,52*	1,05*
T (cmolc/dm ³)	1,39*	2,49*	1,46	2,15	1,05*	1,70*	1,13	1,57	1,16*	1,69*	0,98*	1,55*
V (%)	53,57	62,71	53,86	57,87	50,76	58,18	50,72	55,16	64,18*	75,52*	53,89	66,16
m (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,38	0,00	0,00
M.O. (dag/kg)	0,24*	0,94*	0,20	0,80	0,20*	0,75*	0,20*	0,69*	0,14	0,37	0,04	0,16
P-Rem (mg/L)	44,09	44,56	43,13	42,28	47,87	48,14	48,15	47,88	48,98	46,34	44,39	45,32
Zn (mg/dm ³)	0,76	1,79	0,64	1,52	0,25*	1,34*	0,42*	1,42*	0,50*	1,77*	0,46*	1,31*
Fe (mg/dm ³)	54,77*	29,09*	47,59	30,88	50,23*	27,14*	52,46*	30,34*	55,59*	25,48*	44,03*	28,93*
Mn (mg/dm ³)	11,12	12,59	11,38	13,09	13,26	11,00	16,58	12,36	16,08	11,50	10,59	10,90
Cu (mg/dm ³)	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,10	0,13	0,15	0,14*	0,07*	0,19*	0,11*
B (mg/dm ³)	0,20	0,21	0,30	0,33	0,17	0,17	0,31	0,20	0,33	0,32	0,37	0,30
S (mg/dm ³)	11,38	14,28	15,34	11,77	12,26	9,92	8,78	11,33	11,35	13,51	8,09	9,90

Legenda: Acidez potencial (H+Al), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T), índice de saturação por bases (V), índice de saturação de alumínio (m), matéria orgânica (M.O.), fósforo remanescente (P-Rem) (n = 5). Os asteriscos (*) indicam diferença significativa (p < 0,05).

3.3.3 Gradiente de distância do mar e os atributos do solo

Alguns atributos do solo das três áreas apresentaram correlações significativas com o gradiente de distância do mar. Na área 1, os atributos pH, Na, P, V e B apresentaram correlação negativa em uma ou duas estações, indicando redução dos valores com o gradiente. Enquanto os atributos M.O., K, H+Al, SB, t, m e Cu apresentaram correlação positiva em uma ou duas estações, indicando aumento dos valores com o gradiente. O Fe apresentou uma correlação positiva e uma negativa (Tabela 5).

Na área 2, os atributos Na, S, B, P-Rem e P apresentaram correlação negativa em uma ou mais estações, indicando redução dos valores com o gradiente. Destaque para o Na que apresentou correlação negativa em cinco estações. Enquanto os atributos Fe, Zn, Mn, M.O. e H+Al apresentaram correlação positiva em uma ou mais estações, indicando aumento dos valores com o gradiente. Outros atributos variaram, como pH, K, SB, t e T, entre correlações positivas e negativas. A capacidade de troca catiônica (T) apresentou correlação apenas nas estações chuvosas (Tabela 6).

Na área 3, os atributos Fe, areia, Na, P e pH apresentaram correlação negativa em uma ou mais estações, indicando redução dos valores com o gradiente. Enquanto os atributos Mg, T, M.O., Zn, Ca, SB, t, H+Al, argila, V e K apresentaram correlação positiva em uma ou mais estações, indicando aumento dos valores com o gradiente (Tabela 7).

Tabela 5 - Correlação de Spearman entre o gradiente de distância do mar e os atributos do solo da vegetação de dunas da Restinga da Marambaia (Área 1), estação chuvosa e seca de 2013 a 2015.

Atributos do solo	Estação chuvosa 2013	Estação seca 2013	Estação chuvosa 2014	Estação seca 2014	Estação chuvosa 2015	Estação seca 2015
pH (água)	-0,62	-0,05	-0,04	-0,29	-0,82*	-0,80*
K (mg/dm ³)	0,29	-0,34	-0,19	-0,19	0,66*	0,53
P (mg/dm ³)	-0,28	-0,26	-0,70*	-0,58	0,20	0,19
Na (mg/dm ³)	-0,58	-0,50	-0,32	-0,81*	-0,83*	-0,52
Ca (cmol/dm ³)	-	-	-	-	-	0,09
Mg (cmol/dm ³)	0,22	-0,60	-0,30	-0,30	-	-
Al (cmol/dm ³)	0,22	-	0,46	-	-	-
H+Al (cmol/dm ³)	0,33	0,39	0,69*	0,32	0,25	0,16
SB (cmolc/dm ³)	0,29	-0,34	-0,38	-0,46	0,66*	0,18
t (cmolc/dm ³)	0,29	-0,34	-0,02	-0,46	0,66*	0,18
T (cmolc/dm ³)	0,33	-0,24	0,25	0,01	0,37	0,12
V (%)	0,03	-0,46	-0,70*	-0,33	-0,11	0,05
m (%)	0,14	-	0,72*	-	-	-
M.O. (dag/kg)	0,70*	0,04	0,42	0,67*	-	0,37
P-Rem (mg/L)	-0,10	0,04	-0,50	0,18	-0,25	0,31
Zn (mg/dm ³)	0,23	0,26	0,43	0,32	0,29	0,09
Fe (mg/dm ³)	-0,60	-0,25	-0,48	-0,69*	-0,13	0,78*
Mn (mg/dm ³)	-0,28	-0,15	-0,16	-0,11	0,11	0,08
Cu (mg/dm ³)	-0,29	-0,19	-	-0,38	0,63	0,87*
B (mg/dm ³)	-0,55	-0,26	-0,09	-0,44	-0,66*	-0,57
S (mg/dm ³)	0,16	-0,32	-0,53	0,31	-0,08	-0,08
Argila	-0,30	-	-0,09	-0,09	0,31	-
Silte	-0,02	0,28	-0,22	0,20	-0,20	-
Areia	0,02	-0,28	0,49	-0,18	-0,30	-

Legenda: Acidez potencial (H+Al), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T), índice de saturação por bases (V), índice de saturação de alumínio (m), matéria orgânica (M.O.), fósforo remanescente (P-Rem) (n = 10). Os asteriscos (*) indicam nível de significância de p < 0,05. Os traços (-) indicam ausência de correlação do atributo ou desvio padrão igual a zero.

Tabela 6 - Correlação de Spearman entre o gradiente de distância do mar e os atributos do solo da vegetação de dunas do Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2), estação chuvosa e seca de 2013 a 2015.

Atributos do solo	Estação chuvosa 2013	Estação seca 2013	Estação chuvosa 2014	Estação seca 2014	Estação chuvosa 2015	Estação seca 2015
pH (água)	0,27	0,92*	-0,69*	-0,12	-0,20	-0,57
K (mg/dm ³)	0,37	-	0,89*	-0,04	-0,71*	-0,71*
P (mg/dm ³)	-0,64*	-0,18	0,19	-0,58	-0,17	-0,56
Na (mg/dm ³)	-0,83*	-0,89*	-0,60	-0,84*	-0,84*	-0,85*
Ca (cmol/dm ³)	-	-	-	-	-0,20	-0,38
Mg (cmol/dm ³)	-	-0,30	-	-	-0,60	-0,46
Al (cmol/dm ³)	-	-	-	-	-	-
H+Al (cmol/dm ³)	0,62	0,60	0,67*	0,37	-0,61	-0,25
SB (cmolc/dm ³)	0,37	-0,30	0,92*	-	-0,58	-0,71*
t (cmolc/dm ³)	0,37	-0,30	0,92*	-	-0,58	-0,71*
T (cmolc/dm ³)	0,70*	0,19	0,79*	0,37	-0,81*	-0,46
V (%)	-0,43	-0,59	-0,51	-0,39	0,03	-0,52
m (%)	-	-	-	-	-	-
M.O. (dag/kg)	0,35	0,18	0,80*	0,47	-	-
P-Rem (mg/L)	0,11	-0,31	-0,18	-0,13	-0,29	-0,65*
Zn (mg/dm ³)	0,65*	0,89*	0,56	0,53	0,29	0,42
Fe (mg/dm ³)	0,80*	0,70*	0,73*	0,23	0,05	0,62
Mn (mg/dm ³)	0,87*	0,43	0,35	-0,30	0,10	0,04
Cu (mg/dm ³)	-	-0,54	-	-	0,46	-
B (mg/dm ³)	-0,04	-0,51	-0,04	-0,57	-0,70*	-0,25
S (mg/dm ³)	-0,78*	-0,88*	0,54	-0,41	-0,73*	-0,79*
Argila	-	-	0,26	-0,30	-0,46	-0,18
Silte	0,06	-0,30	0,04	-	-	-0,46
Areia	-0,06	0,30	-0,25	0,30	0,46	0,60

Legenda: Acidez potencial (H+Al), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T), índice de saturação por bases (V), índice de saturação de alumínio (m), matéria orgânica (M.O.), fósforo remanescente (P-Rem) (n = 10). Os asteriscos (*) indicam nível de significância de p < 0,05. Os traços (-) indicam ausência de correlação do atributo ou desvio padrão igual a zero.

Tabela 7 - Correlação de Spearman entre o gradiente de distância do mar e os atributos do solo da vegetação de dunas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3), estação chuvosa e seca de 2013 a 2015.

Atributos do solo	Estação chuvosa 2013	Estação seca 2013	Estação chuvosa 2014	Estação seca 2014	Estação chuvosa 2015	Estação seca 2015
pH (água)	-0,55	-0,35	-0,70*	-0,61	-0,62	-0,62
K (mg/dm ³)	0,53	0,12	0,54	0,56	0,62	0,82*
P (mg/dm ³)	-0,15	-0,75*	-0,29	-0,40	-0,07	-0,21
Na (mg/dm ³)	-0,59	-0,52	-0,86*	-0,58	-0,61	-0,68*
Ca (cmol/dm ³)	0,69*	0,60	0,72*	0,09	0,66*	0,69*
Mg (cmol/dm ³)	0,80*	0,37	0,82*	0,79*	0,68*	0,68*
Al (cmol/dm ³)	-	-	-	-	-	-
H+Al (cmol/dm ³)	0,77*	0,61	0,80*	0,67*	0,10	0,31
SB (cmolc/dm ³)	0,74*	0,38	0,72*	0,42	0,69*	0,76*
t (cmolc/dm ³)	0,74*	0,38	0,72*	0,42	0,75*	0,76*
T (cmolc/dm ³)	0,78*	0,49	0,74*	0,63*	0,71*	0,83*
V (%)	0,44	0,39	0,70*	0,25	0,57	0,20
m (%)	-	-	-	-	-	-
M.O. (dag/kg)	0,74*	0,65*	0,77*	0,82*	0,55	0,74*
P-Rem (mg/L)	-0,08	-0,23	0,32	0,09	-0,34	-0,02
Zn (mg/dm ³)	0,52	0,54	0,73*	0,89*	0,84*	0,74*
Fe (mg/dm ³)	-0,73*	-0,51	-0,79*	-0,47	-0,85*	-0,71*
Mn (mg/dm ³)	0,39	0,39	-0,32	0,05	-0,45	-0,09
Cu (mg/dm ³)	-0,05	-0,23	0,52	-0,14	-0,61	-0,55
B (mg/dm ³)	0,11	0,26	-0,09	-0,49	0,09	-0,40
S (mg/dm ³)	0,54	-0,20	-0,20	0,25	0,51	0,30
Argila	0,50	0,50	0,86*	0,77*	0,22	0,30
Silte	0,60	0,46	-	-	0,30	0,09
Areia	-0,67*	-0,60	-0,86*	-0,77*	-0,49	-0,46

Legenda: Acidez potencial (H+Al), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T), índice de saturação por bases (V), índice de saturação de alumínio (m), matéria orgânica (M.O.), fósforo remanescente (P-Rem) (n = 10). Os asteriscos (*) indicam nível de significância de p < 0,05. Os traços (-) indicam ausência de correlação do atributo ou desvio padrão igual a zero.

3.3.4 Capacidade de troca catiônica (T) e conteúdo de matéria orgânica (M.O.)

Para a capacidade de troca catiônica (T) verificou-se correlação positiva com M.O. nas três áreas, demonstrando a importância desta na capacidade de troca catiônica do solo. Nas áreas 1 e 2 foram em duas estações (uma chuvosa e uma seca) e na área 3 em quatro estações (duas chuvosas e duas secas), indicando aumento da capacidade de troca catiônica devido ao aumento da M.O. (Tabela 8).

Tabela 8 - Correlação de Spearman entre a capacidade de troca catiônica (T) e o conteúdo de matéria orgânica (M.O.) do solo da vegetação de dunas da Restinga da Marambaia (Área 1), Parque Estadual da Costa do Sol (Área 2) e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (Área 3), estação chuvosa e seca de 2013 a 2015.

T x M.O.	Estação chuvosa 2013	Estação seca 2013	Estação chuvosa 2014	Estação seca 2014	Estação chuvosa 2015	Estação seca 2015
Área 1	0,84*	0,65*	0,45	0,20	-	0,31
Área 2	-0,07	0,53	0,77*	0,75*	-	-
Área 3	0,89*	0,83*	0,79*	0,78*	0,52	0,52

Legenda: Os asteriscos (*) indicam nível de significância de $p < 0,05$. Os traços (-) indicam ausência de correlação do atributo ou desvio padrão igual a zero.

3.3.5 Precipitação e os atributos do solo

Na área 1, nenhum dos atributos do solo correlacionaram-se significativamente com a precipitação. Na área 2, apenas os atributos soma de bases trocáveis (SB) ($\rho = -0,81$, $p = 0,04$) e capacidade de troca catiônica efetiva (t) ($\rho = -0,81$, $p = 0,04$) apresentaram correlação negativa com a precipitação, indicando redução desses atributos com aumento da precipitação, o que é decorrente da baixa capacidade de troca catiônica do solo devido a textura arenosa. Na área 3, apenas para o Na ($\rho = -0,94$, $p = 0,01$) verificou-se correlação negativa com a precipitação, indicando redução do Na com aumento da precipitação.

3.3.6 Variação temporal dos atributos do solo

Os atributos do solo não apresentaram variação temporal nas três áreas analisadas através do teste de Friedman, não revelando diferenças significativas entre as estações. Comparações pareadas usando o teste de Wilcoxon confirmaram que não existem diferenças estatísticas entre os grupos ($p > 0,05$). Assim, todas as estações das três áreas são similares estatisticamente, não havendo variação temporal dos atributos do solo.

3.4 Discussão

A granulometria do solo é decorrente da natureza do material de origem, herdada principalmente a partir dos materiais de origem de cada área e são de difícil mudança (LI e SHAO, 2006). Além disso, muitos atributos do solo estão relacionados de forma indireta ou direta com a textura, como a retenção de umidade, a capacidade de troca catiônica e a aeração (MATOS, 1997). Os solos predominantes nas restingas pertencem às classes dos Espodosolos e Neossolos Quartzarênicos (OLIVEIRA *et al.*, 1992; GOMES *et al.*, 2007) e, muitas vezes, esses últimos apresentam incipiente processo de podzolização (GOMES, 2005). Portanto, o material de origem é quartzoso e com baixos conteúdos de minerais primários facilmente intemperizáveis, o que confere baixa reserva de nutrientes e a textura arenosa aos solos, praticamente destituídos de argila (SUGUIO, 1993; VILLWOCK *et al.*, 2005).

Na área 3, ao longo do gradiente de distância do mar, os teores de areia vão diminuindo paralelo ao aumento dos valores de silte e argila, enquanto nas áreas 1 e 2, os valores de argila diminuem paralelo ao aumento dos valores de silte. Contudo, o aumento de argila e silte favorecem o aumento da capacidade de retenção de água e as condições para estabelecimento da vegetação. Com isso, há maior disponibilidade de nutrientes, em função da diminuição das perdas por lixiviação, associadas a condições que favorecem a adição de matéria orgânica, que por decomposição fornecerá nutrientes ao solo.

A vegetação de dunas das três áreas apresentou diferenças na variação espacial dos atributos do solo ao longo do gradiente de distância do mar. Esse gradiente controla vários fatores ambientais, incluso os atributos do solo, propiciando o zoneamento das comunidades vegetais (VAN DER VALK, 1974; SYKES e WILSON, 1991; COSTA *et al.*, 1996; LEE *et al.*, 2007; HOULE, 2008; LANE *et al.*, 2008). Na costa do Mediterrâneo, esse gradiente foi o principal condutor na composição da comunidade de dunas e nos atributos do solo (ANGIOLINI *et al.*, 2013). Assim como na Coréia do Sul, foi um indicador importante dos atributos do solo, como pH, conteúdo total de íons, tamanhos das partículas de areia, matéria orgânica e teores de nitrogênio (HWANG *et al.*, 2016). Desta forma, a vegetação de dunas ocorre em solo heterogêneo quimicamente, apesar da pequena distância em metros do início para o final da vegetação. Nessas escalas espaciais menores, de poucos metros, os atributos do solo continuam a revelar considerável heterogeneidade espacial, muitas vezes até a menor escala em que as medições são feitas (ROBERTSON *et al.*, 1988; LECHOWICZ e BELL, 1991; JACKSON e CALDWELL, 1993). Essa heterogeneidade de pequena escala pode ter

um grande impacto sobre o desenvolvimento de plantas individuais (ANTONOVICS *et al.*, 1987; MILLER *et al.*, 1995) e, portanto, sobre a estrutura e dinâmica de populações e comunidades de plantas (ROBERTSON *et al.*, 1993; CAIN *et al.*, 1999).

Alguns atributos do solo apresentaram maiores valores no início da vegetação, como o Na, e no final da vegetação, como o Zn e a M.O.. Ao longo do gradiente de distância do mar, é comum a diminuição dos níveis de *spray* salino, acúmulo de matéria orgânica e de nutrientes no solo, e aumento das bactérias fixadoras de nitrogênio (SYKES e WILSON, 1991; HESP, 2000; KIM e YU, 2009; HARVEY e CATON, 2010), em função da colonização do substrato pela vegetação. No solo associado à vegetação de dunas, Lourenço Júnior e Cuzzuol (2009) observaram maiores valores de Zn, quando comparados à formação vegetal posterior (formação de *Palmae*). Além disso, a entrada de P nas restingas ocorre, principalmente, através da deposição do *spray* salino (HAY e LACERDA, 1984), explicando assim os maiores valores de P no início da vegetação de dunas (PEREIRA, 1990), que ocorreram na maioria das estações nas três áreas.

O gradiente de *spray* salino do oceano para o interior é grande (EHRENFELD, 1990), podendo variar em mais de duas ordens de grandeza (MARTIN, 1959), em que a deposição diminui rapidamente com a distância do mar (YAALON e LOMAS, 1976). A salinidade é considerada o grande estresse abiótico para as plantas que crescem ao longo das zonas costeiras (LONG *et al.*, 2009), sendo a concentração de sal nos solos um fator-chave que determina a cobertura vegetal e o domínio particular de espécies de plantas tolerantes às condições salinas (FÜZY *et al.*, 2008). Embora a grande quantidade de sal prejudique as plantas (BOYCE, 1954), a deposição de *spray* salino é a principal fonte de nutrientes no solo, fornecidos de forma homogênea (VAN DER VALK, 1974; ARAUJO e LACERDA, 1987; LEÃO e DOMINGUEZ, 2000).

De maneira geral, os teores de matéria orgânica aumentam ao longo do gradiente de distância do mar, enquanto os valores de pH e a salinidade diminuem (KIM e YU, 2009; BOHN *et al.*, 2001), embora a distribuição espacial dos atributos do solo possa variar (DROBNER *et al.*, 1995). Neste estudo, apenas para os teores de matéria orgânica e salinidade verificou-se o mesmo padrão para as três áreas. Para os valores de pH, esse apresentou diminuição dos seus valores em duas áreas (áreas 1 e 3), demonstrando a variação proposta por Drobner *et al.*, (1995). Ademais, Angiolini *et al.*, (2013) demonstraram correlações positivas (Na, matéria orgânica) e negativa (pH) dos atributos do solo com a distância do mar. Comparativamente, a matéria orgânica das três áreas e o pH de duas áreas

(áreas 1 e 3) apresentaram as mesmas correlações, enquanto o Na apresentou correlação oposta. Além disso, houve aumento ao longo do gradiente da soma de bases trocáveis (SB) e da capacidade de troca catiônica efetiva (t) em duas áreas (áreas 1 e 3).

Os teores de matéria orgânica no solo desempenham importante papel no estabelecimento e colonização, atuando como fonte e reservatório para os nutrientes. Nos solos arenosos de dunas, a matéria orgânica é de extrema importância (HAY e LACERDA, 1984; SILVA, 1990; MORAES, 1993), melhorando os atributos físicos do solo pelo aumento da agregação, do armazenamento de água e nutrientes, da capacidade de troca catiônica e regulação, além de ser fonte de nutrientes (COELHO *et al.*, 2010). Os solos de dunas próximos do mar são relativamente inóspitos para as plantas, apresentando baixos teores de nutrientes e matéria orgânica (PROOVOST *et al.*, 2004). Por vezes, podem ser encontrados fragmentos de conchas e sedimentos de rochas calcárias que aumentam os teores de carbonatos, promovendo melhorias na fertilidade do solo (DE FALCO *et al.*, 2003; KIM e YU, 2009). Às vezes, o material vegetal depositado pelo mar pode proporcionar abrigo, uma fonte de nutrientes e promover a retenção de água na areia, dando um ponto de apoio vital para a planta pioneira (HARVEY e CATON, 2010). Além disso, a ciclagem de matéria orgânica, decomposta lentamente, contribui com a liberação de nutrientes no solo (AZEVEDO *et al.*, 2014), assim como o nitrogênio, que está contido dentro de bolsões esparsos de matéria orgânica particulada que mineralizam gradualmente (EVANS, 1988; EHRENFELD, 1990). Deste modo, esses solos apresentam baixa capacidade de retenção de cátions em função do baixo teor de argila e de matéria orgânica (CAIN *et al.*, 1999). No entanto, o aumento dos teores de M.O. favoreceu o aumento da capacidade de troca catiônica nas três áreas.

A estrutura e distribuição das raízes no solo (extensão, profundidade e grau de ocupação do espaço) afeta a absorção de água e nutrientes em relação a capacidade dos vizinhos em acessar esses recursos (GUREVITCH *et al.*, 2009). Algumas espécies da vegetação de dunas apresentam uma ampla rede de raízes localizadas nos primeiros 20 cm do solo (e.g., *Blutaparon portulacoides*, *Ipomoea imperati*, *Ipomoea pes-caprae*, *Panicum racemosum*, *Remirea maritima*, *Sporobolus virginicus* e *Stenotaphrum secundatum*), as quais podem ser responsáveis, em grande parte, pela tolerância a escassez de nutrientes e disponibilidade de água devido à amplitude de exploração dos recursos limitados. Além do mais, são plantas clonais, com capacidade de forragem para manchas de alta disponibilidade de nutrientes (DE KROON e HUTCHINGS, 1995), e/ou partilhar recursos e,

consequentemente, integrar mais condições altamente variáveis (EVANS, 1988; MAUN, 2009). Talvez seja um dos motivos da dominância dessas espécies nessas comunidades de dunas. Assim, a vegetação de dunas apresenta uma distribuição espacial limitada e poucas espécies associadas (ANGIOLINI *et al.*, 2013), confirmando a seletividade do ambiente com condições extremas e que somente as plantas com características morfológicas, fisiológicas e que se adequem a certos requisitos edáficos específicos, podem sobreviver (GARCÍA-MORA *et al.*, 1999; ACOSTA *et al.*, 2009).

As variações espaciais dos atributos do solo, ao longo do gradiente de distância do mar, ocorreram em uma ou mais estações. No entanto, poucos foram os atributos diretamente correlacionados com a precipitação sazonal (soma de bases trocáveis (SB) e capacidade de troca catiônica efetiva (t) na área 2, e Na na área 3), demonstrando a pouca influência da precipitação nos atributos do solo. Assim, a ocorrência das comunidades de dunas pode refletir um padrão relacionado também a outros fatores, como geomorfologia, microtopografias e sedimentologia (ANGIOLINI *et al.*, 2013; ACOSTA *et al.*, 2007; ALVAREZ-ROGEL *et al.*, 2007; FOREY *et al.*, 2008).

Os nutrientes no solo variam tanto horizontal como verticalmente, bem como durante o ano (CHITOLINA *et al.*, 2009). No entanto, apesar das variações espaciais dos atributos do solo, as áreas não apresentaram variação temporal, pois o ambiente é muito tamponado em função da proximidade com o mar e da textura do solo. Entretanto, Lubke (2004) registrou mudanças temporais nos atributos do solo, normalmente associadas com mudanças sucessionais na vegetação. Da mesma forma, Salisbury (1925) observou que as modificações do solo poderiam ser correlacionadas com as mudanças na complexidade da vegetação. Assim, o aumento da complexidade da comunidade, ao longo do gradiente de distância do mar, contribui para o aumento da matéria orgânica e das bases trocáveis, estabilização do substrato e diminuição do pH.

3.5 Conclusão

A variação espacial dos atributos do solo apresentou heterogeneidade ao longo do gradiente de distância do mar. Essa variação é decorrente da colonização do substrato pela vegetação, da variação da granulometria e consequente processo de ciclagem da matéria orgânica, o qual disponibiliza nutrientes essenciais às plantas e melhora as condições dos solos oligotróficos. No entanto, a influência da precipitação sazonal foi baixa ou nula na

correlação com os atributos do solo. Assim como, não houve variação temporal, pois o ambiente é muito tamponado em função da proximidade com o mar e da textura do solo. Além do mais, as áreas demonstraram diferenças edáficas possivelmente devido ao material de origem dos solos e da complexidade de cada comunidade vegetal.

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Agradecemos também a Carlos Brenlla de Carvalho, Heloisa Tchmola Silva e Beatriz Castro pela assistência na realização da pesquisa de campo. A Luana Paula Mauad pela criação do mapa. Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), ao Instituto Estadual de Ambiente (Inea) e ao Centro de Avaliações do Exército (CAEX) pela concessão de acesso às restingas.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, A.; CARRANZA, M.L.; IZZI, C.F. 2009. Are there habitats that contribute best to plant species diversity in coastal dune? **Biodiversity and Conservation**, 18: 1087-1098.
- ACOSTA, A.; ERCOLE, S.; STANISCI, A.; DE PATTA PILLAR, V.; BLASI, C. 2007. Coastal vegetation zonation and dune morphology in some Mediterranean ecosystems. **Journal of Coastal Research**, 23: 1518-1524.
- ALEGRO, A.; BILJAKOVIC, M.; BOGDANOVIC, S.; BORSIC, I. 2004. Psammohalophytic vegetation on the largest sand area on Croatian coast: the island of Mljet, southern Adriatic. **Biologia Bratislava**, 59: 435-445.
- ALVAREZ-ROGEL, J.; JIMÉNEZ-CÁRCELES, F.J.; ROCA, M.J.; ORTIZ, R. 2007. Changes in soils and vegetation in a Mediterranean coastal salt marsh impacted by human activities. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 73: 510-526.
- ANGIOLINI, C.; LANDI, M.; PIERONI, G.; FRIGNANI, F.; FINOIA, M.G.; GAGGI, C. 2013. Soil chemical features as key predictors of plant community occurrence in a Mediterranean coastal ecosystem. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 119: 91-100.
- ANTONOVICS, J.; CLAY, K.; SCHMITT, J. 1987. The measurement of smallscale environmental heterogeneity using clonal transplants of *Anthoxanthum odoratum* and *Danthonia spicata*. **Oecologia**, 71: 601-607.
- ARAUJO, D.S.D. 2000. **Análise florística e fitogeográfica das restingas do estado do Rio de Janeiro**. Tese de Doutorado. PPG-Ecologia/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 176 p.
- ARAUJO, D.S.D.; LACERDA, L.D. 1987. A natureza da restinga. **Ciência Hoje**, 6: 42-48.
- ARAUJO, D.S.D.; PEREIRA, M.C.A. 2009. Sandy Coastal Vegetation. In: SCARANO, F.R.; LUTTGE, U. (orgs.). **Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)**. Tropical Biology and Natural Resources; Tropical Botany. Oxford: EOLSS Publishers UNESCO-EOLSS.
- ARAUJO, D.S.D.; PEREIRA, M.C.A.; PIMENTEL, M.C.P. 2004. Flora e estrutura de comunidades na Restinga de Jurubatiba - síntese dos conhecimentos com enfoque especial para a formação aberta de *Clusia*. In: ROCHA, C.F.D.; ESTEVES, F.A.; SCARANO, F.R. (orgs.). **Pesquisas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba: Ecologia, História Natural e Conservação**. São Carlos: RiMa, p. 59-76.
- ARAUJO, D.S.D.; SCARANO, F.R.; SÁ, C.F.C.; KURTZ, B.C.; ZALUAR, H.L.T.; MONTEZUMA, R.C.M.; OLIVEIRA, R.C. 1998. Comunidades vegetais do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. In: ESTEVES, F.A. (ed.). **Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: NUPEM - UFRJ, p. 39-62.
- AZEVEDO, N.H.; MARTINI, A.M.Z.; OLIVEIRA, A.A.; SCARPA, D.L.; PETROBRAS: USP, IB, LabTrop/BioIn (orgs.). 2014. **Ecologia na Restinga: uma Sequência Didática Argumentativa**. 1ed. São Paulo: Edição dos autores. 140 p.

- BARBIÉRI, E.B. 1984. Cabo Frio e Iguaba Grande, dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (org.). **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. Niterói: CEUFF, p. 3-13.
- BEDUSCHI, T.; CASTELLANI, T.T. 2008. Estrutura populacional de *Clusia criuva* Cambess. (Clusiaceae) e relação espacial com espécies de bromélias no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC. **Biotemas**, 21: 41-50.
- BOHN, H.L.; McNEAL, B.L.; O'CONNOR, G.A. 2001. **Soil Chemistry**. third ed. New York: Wiley, p. 155-171.
- BOYCE, S.G. 1954. The salt spray community. **Ecological Monographs**, 24: 29-67.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; VON ENDE, C.N. 1998. **Field and Laboratory Methods for General Ecology**, 4th ed. Boston: McGraw-Hill. 237 p.
- CAIN, M.L.; SUBLER, S.; EVANS, J.P.; FORTIN, M.J. 1999. Sampling spatial and temporal variation in soil nitrogen availability. **Oecologia**, 118: 397-404.
- CERQUEIRA, R. 2000. Biogeografia das restingas. In: ESTEVES, F.A.; LACERDA, L.D. (eds.). **Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras**. Macaé: NUPEM/UFRJ, p. 65-75.
- CHAKRABORTY, T.; MONDAL, A.K.; PARUI, S.M. 2012. Studies on the prospects and some problems of sand dune vegetation at the fragile coastal zones of West Bengal and Orissa, in Eastern India. **African Journal of Plant Science**, 6: 48-56.
- CHITOLINA, J.C.; PRATA, F.; SILVA, F.C.; COELHO, A.M.; CASARINI, D.C.P.; MURAOKA, T.; VITTI, A.C.; BOARETTO, A.E. 2009. Amostragem de solo para análises de fertilidade, de manejo e de contaminação. In: SILVA, F.C. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, p. 23-55.
- COELHO, M.R.; TORRADO-VIDAL, P.; PÉREZ, X.L.O.; MARTINS, V.M.; VÁZQUEZ, F.M. 2010. Química e gênese de solos desenvolvidos sob vegetação de restinga no estado de São Paulo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 34: 1951-1964.
- CONDE, M.M.S.; LIMA, H.R.P.; PEIXOTO, A.L. 2005. Aspectos florísticos e vegetacionais da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. In: MENEZES, L.F.T.; PEIXOTO, A.L.; ARAUJO, D.S.D. (eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, p. 133-168.
- COSTA, C.S.B.; CORDAZZO, C.V.; SEELIGER, U. 1996. Shore disturbance and dune plant distribution. **Journal of Coastal Research**, 12: 133-140.
- DE FALCO, G.; MOLINARI, E.; BAROLI, M.; BELLACICCO, S. 2003. Grain size and compositional trends of sediments from *Posidonia oceanica* meadows to beach shore, sardinia, western Mediterranean. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 58: 299-309.
- DE KROON, H.; HUTCHINGS, M.J. 1995. Morphological plasticity in clonal plants: the foraging concept reconsidered. **Journal of Ecology**, 83: 143-152.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (orgs.). 2011. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. (Embrapa Solos. Documentos, 132). 230p.

DROBNER, U.; STEEL, J.B.; SMITH, B.; WILSON, J.B. 1995. The sand dune vegetation of Chrystalls Beach, southern New Zealand, with particular reference to the cushion community. **New Zealand Journal of Ecology**, 19: 143-151.

EHRENFELD, J.G. 1990. Dynamics and processes of barrier island vegetation. **Reviews in Aquatic Sciences**, 2: 437-480.

EVANS, J.P. 1988. Nitrogen translocation in a clonal dune perennial, *Hydrocotyle bonariensis*. **Oecologia**, 77: 64-68.

FLEXOR, J.M.; MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J.M.L. 1984. Gênese dos cordões litorâneos da parte central da costa brasileira. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (orgs.). **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. Niterói: CEUFF, p. 35-45.

FOREY, E.; CHAPELET, B.; VITASSE, Y.; TILQUIN, M.; TOUZARD, B.; MICHALET, R. 2008. The relative importance of disturbance and environmental stress at local and regional scales in French coastal sand dunes. **Journal of Vegetation Science**, 19: 493-502.

FREIRE, M.S.B. 1990. Levantamento florístico do Parque Estadual das Dunas de Natal. **Acta Botanica Brasilica**, 4: 41-59.

FÜZY, A.; TÓTH, T.; BIRÓ, B. 2008. Soil-plant factors, others than the type of salt-specific anions are affecting the mycorrhiza colonisation of some halophytes. **Community Ecology**, 9: 1-8.

GARCÍA-MORA, M.R.; GALLEGO-FERNÁNDEZ, J.B., GARCÍA-NOVO, F. 1999. Plant functional types in coastal foredunes in relation to environmental stress and disturbance. **Journal of Vegetation Science**, 10: 27-34.

GOMES, F.H. 2005. **Gênese e classificação de solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso-SP**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo. 107 p.

GOMES, F.H.; VIDAL-TORRADO, P.; MACÍAS, F.; GHERARDI, B.; PEREZ, X.L.O. 2007. Solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso (SP): I - Caracterização e classificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31: 1563-1580.

GORNISH, E.S.; MILLER, T.E. 2010. Effects of storm frequency on dune vegetation. **Global Change Biology**, 16: 2668-2675.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S.M.; FOX, G.A. 2009. **Ecologia Vegetal**, 2ª ed. Porto Alegre: Artmed. 592 p.

HARVEY, N.; CATON, B. 2010. **Coastal Management in Australia**. South Australia: University of Adelaide Press. 342 p.

HAY, J.D.; LACERDA, L.D. 1984. Ciclagem de nutrientes no ecossistema de restinga. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (orgs.). **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. Niterói: CEUFF, p. 459-475.

HENRIQUES, R.P.B.; ARAUJO, D.S.D.; HAY, J.D. 1986. Descrição e classificação dos tipos de vegetação da Restinga de Carapebus, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Botânica**, 9: 173-189.

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

HESP, P.A. 2000. **Coastal Sand Dunes: Form and function**. Rotorua: Forest Research, Coastal Dune Vegetation Network. 28 p.

HOULE, G. 2008. Plant species richness and its determinants on a coastal dune system at Iles de la Madeleine, Québec (Canada). **Ecoscience**, 15: 113-120.

HWANG, J.S.; CHOI, D.G.; CHOI, S.C.; PARK, H.S.; PARK, Y.M.; BAE, J.J.; CHOO, Y.S. 2016. Relationship between the spatial distribution of coastal sand dune plants and edaphic factors in a coastal sand dune system in Korea. **Journal of Ecology and Environment**, 39: 17-29.

JACKSON, R.B.; CALDWELL, M.M. 1993. Geostatistical patterns of soil heterogeneity around individual perennial plants. **Journal of Ecology**, 81: 683-692.

KIM, D.; YU, K.B. 2009. A conceptual model of coastal dune ecology synthesizing spatial gradients of vegetation, soil, and geomorphology. **Plant Ecology**, 202: 135-148.

LANE, C.; WRIGHT, S.J.; RONCAL, J.; MASCHINSKI, J. 2008. Characterizing environmental gradients and their influence on vegetation zonation in a subtropical coastal sand dune system. **Journal of Coastal Research**, 24: 213-224.

LEÃO, Z.M.A.N.; DOMINGUEZ, J.M.L. 2000. Tropical coast of Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, 41: 112-122.

LECHOWICZ, M.J.; BELL, G. 1991. The ecology and genetics of fitness in forest plants. II. Microspatial heterogeneity of the edaphic environment. **Journal of Ecology**, 79: 687-696.

LEE, J.S.; IHM, B.S.; CHO, D.S.; SON, D.Y.; KIM, J.W. 2007. Soil particle sizes and plant communities on coastal dunes. **Journal of Plant Biology**, 50: 475-479.

LI, Y.Y.; SHAO, M.A. 2006. Change of soil physical properties under long-term natural vegetation restoration in the Loess Plateau of China. **Journal of Arid Environments**, 64: 77-96. doi:10.1016/j.jaridenv.2005.04.005.

LIEBIG, M.; SCARANO, F.R.; MATTOS, E.A.; ZALUAR, H.L.T.; LÜTTGE, U. 2001. Ecophysiological and floristic implications of sex expression in the dioecious neotropical CAM tree *Clusia hilariana* Schlttdl. **Trees Structure and Function**, 15: 278-288.

- LONG, X.-H.; CHI, J.-H.; LIU, L.; LI, Q.; LIU, Z.-P. 2009. Effect of seawater stress on physiological and biochemical responses of five Jerusalem artichoke ecotypes. **Pedosphere**, 19: 208-216.
- LOURENÇO JÚNIOR, J.; CUZZUOL, G.R.F. 2008. Caracterização de solos de duas formações de restinga e sua influência na constituição química foliar de *Passiflora mucronata* Lam. (Passifloraceae) e *Canavalia rosea* (Sw.) DC. (Fabaceae). **Acta Botanica Brasilica**, 23: 239-246.
- LUBKE, R.A. 2004. Vegetation dynamics and succession on sand dunes of the eastern coasts of Africa. In: MARTÍNEZ, M.L.; PSUTY, N. (eds). **Coastal Dunes: Ecology and Conservation**, Ecological studies 171. Berlin Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, p. 67-84.
- MAGURRAN, A.E. 1988. **Ecological Diversity and its Measurement**. New Jersey: Princeton University Press. 179 p.
- MAGURRAN, A.E. 2011. **Medindo a Diversidade Biológica**. Curitiba: Ed. UFPR. 261 p.
- MARTIN, W.E. 1959. The vegetation of Island Beach State Park, New Jersey. **Ecological Monographs**, 29: 1-10.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. 1987. Flutuações do nível relativo do mar no quaternário e seu papel na sedimentação costeira: exemplos brasileiros. In: **Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Síntese dos Conhecimentos**, vol. 1. Cananéia: Publicações ACIESP, p. 40-61.
- MARTINS, M.; PEREIRA, M.D.; GUTIERRES, F.; CARLOS NETO; COSTA, J.C. 2011. New insights on the psammophilic gradient applying a multidisciplinary biogeochemical based approach - a case study in the Mediterranean Region of the Portuguese coast. In: **Abstracts of the European Geosciences Union General Assembly**, Viena, Áustria, Geophysical Research Abstracts 13, EGU2011-8577.
- MATOS, A.T. 1997. **Física do Solo**. Centro de Ciências e Tecnologia Agropecuárias. UENF/CCTA.
- MATTOS, C.C.L.V. 2005. Caracterização climática da Restinga da Marambaia, RJ. In: MENEZES, L.F.T.; PEIXOTO, A.L.; ARAUJO, D.S.D. (eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, p. 55-66.
- MAUN, M.A. 1997. Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. **Canadian Journal of Botany**, 76: 713-738.
- MAUN, M.A. 2009. **The Biology of Coastal Sand Dunes**. Oxford: Oxford University Press. 265 p.
- MENEZES, L.F.T.; ARAUJO, D.S.D. 1999. Estrutura de duas formações vegetais do cordão externo da Restinga de Marambaia, RJ. **Acta Botanica Brasilica**, 13: 223-235.

MILLER, R.E.; VER HOEF, J.M.; FOWLER, N.L. 1995. Spatial heterogeneity in eight central Texas grasslands. **Journal of Ecology**, 83: 919-928.

MORAES, R.M. 1993. **Ciclagem de nutrientes minerais em mata atlântica de encosta e mata sobre restinga, na ilha do Cardoso, Cananéia, SP**: produção de serapilheira e transferência de nutrientes. Dissertação de Mestrado. Ecologia Geral/Universidade de São Paulo, São Paulo. 151 p.

OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. 1992. **Classes Gerais de Solos do Brasil**: Guia Auxiliar para seu Reconhecimento. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP. 201 p.

PAMMENTER, N.W. 1984. Ecological and physiological aspects of plant communities of the sand dunes of the east coast of southern Africa. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (orgs.). **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. Niterói: CEUFF, p. 425-440.

PEREIRA, O.J. 1990. Caracterização fitofisionômica da Restinga de Setiba - Guarapari - Espírito Santo. In: **II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira - Estrutura, Função e Manejo**, vol. 3. Águas de Lindóia: Publicações ACIESP, p. 207-219.

PIMENTEL, M.C.P.; BARROS, M.J.; CIRNE, P.; MATTOS, E.A.D.; OLIVEIRA, R.C.; PEREIRA, M.C.A.; SCARANO, F.R.; ZALUAR, H.L.T.; ARAUJO, D.S.D. 2007. Spatial variation in the structure and floristic composition of "restinga" vegetation in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, 30: 543-551.

PROVOOST, S.; AMPE, C.; BONTE, D.; COSYNS, E.; HOFFMANN, M. 2004. Ecology, management and monitoring of grey dunes in Flanders. **Journal of Coastal Conservation**, 10: 33-42.

R CORE TEAM. 2014. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

RIZZINI, C.T. 1997. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**: Aspectos Ecológicos, Sociológicos e Florísticos. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições LTDA. 747 p.

ROBERTSON, G.P.; CRUM, J.R.; ELLIS, B.G. 1993. The spatial variability of soil resources following long-term disturbance. **Oecologia**, 96: 451-456. doi:10.1007/BF00320501.

ROBERTSON, G.P.; HUSTON, M.A.; EVANS, F.C.; TIEDJE, J.M. 1988. Spatial variability in a successional plant community: patterns of nitrogen availability. **Ecology**, 69: 1517-1524.

ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; ALVES, M.A.S.; VAN SLUYS, M. 2003. **A Biodiversidade nos Grandes Remanescentes Florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas Restingas da Mata Atlântica**. São Carlos: RiMa. 134 p.

ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; ALVES, M.A.S.; VAN SLUYS, M. 2004. A Restinga de Jurubatiba e a conservação dos ambientes de restinga do estado do Rio de Janeiro. In: ROCHA, C.F.D.; ESTEVES, F.A.; SCARANO, F.R. (orgs.). **Pesquisas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba**: Ecologia, História Natural e Conservação. São Carlos: RiMa, p. 341-352.

ROXBURGH, H.; WILSON, J.B.; GITAY, H.; KING, W.M.C.K. 1994. Dune slack vegetation in southern New Zealand. **New Zealand Journal of Ecology**, 18: 51-64.

SALISBURY, E.J. 1925. Note on the edaphic succession in some dune soils with special reference to the time factor. **Journal of Ecology**, 13: 322-328.

SCARANO, F.R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. **Annals of Botany**, 90: 517-524.

SILVA, S.M. 1990. **Composição florística e fitossociologia de um trecho de floresta de restinga na Ilha do Mel, município de Paranaguá, PR**. Dissertação de Mestrado. Biologia Vegetal/Universidade Estadual de Campinas. 146 p.

SOARES, J.J. 1984. Levantamento fitossociológico de uma faixa litorânea do Rio Grande do Sul entre Tramandaí e Praia do Barco. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (orgs.). **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. Niterói: CEUFF, p. 381-394.

SUGUIO, K. 1993. A Ilha do Cardoso no contexto geomorfológico do litoral sul paulista da Província Costeira. In: **Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira**, vol.3, Serra Negra: Publicações ACIESP, p. 154-171.

SUGUIO, K. 2010. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos. 408 p.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. 1987. Classificação de costas e evolução geológica das planícies litorâneas quaternárias do sudeste e sul do Brasil. In: **Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Síntese dos Conhecimentos**, vol. 1. Cananéia: Publicações ACIESP, p. 1-28.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. 1990. Geomorfologia das restingas. In: **II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira - Estrutura, Função e Manejo**, vol. 3. Águas de Lindóia: Publicações ACIESP, p. 185-206.

SYKES, M.T.; WILSON, J.B. 1991. Vegetation of a coastal sand dune system in southern New Zealand. **Journal of Vegetation Science**, 2: 531-538.

VAN DER VALK, A.G. 1974. Mineral cycling in coastal foredune plant communities in cape Hatteras national seashore. **Ecology**, 55: 1349-1358.

VILLWOCK, J.A. 1987. Processos costeiros e a formação das praias arenosas e campos de dunas ao longo da costa sul e sudeste brasileira. In: **Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Síntese dos Conhecimentos**, vol. 1. Cananéia: Publicações ACIESP, p. 380-398.

VILLWOCK, J.A.; LESSA, G.C.; SUGUIO, K.; ANGULO, R.J.; DILLENBURG, S.R. 2005. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras. In: SOUZA, C.R.G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, P.E. (eds.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto, Holos, p. 94-113.

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

YAALON, D.H.; LOMAS, J. 1976. Factors controlling the supply and chemical composition of aerosols in a nearshore and coastal environment. **Agricultural Meteorology**, 7: 370-380.

ZALUAR, H.L.T.; SCARANO, F.R. 2000. Facilitação em restingas de moitas: um século de buscas por espécies focais. In: ESTEVES, F.A.; LACERDA, L.D. (eds.). **Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras**. NUPEM-UFRJ, Rio de Janeiro, p. 3-23.

4 FLORA DA VEGETAÇÃO DE DUNAS COSTEIRAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL

Antonio Janilson Castelo¹, João Marcelo Alvarenga Braga²

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, São Francisco Xavier, 524, Maracanã, CEP: 20550-013, Rio de Janeiro, Brasil

²Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro - JBRJ, Pacheco Leão, 915, Jardim Botânico, CEP: 22460-030, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo

As Restingas são um mosaico de comunidades vegetais habitando os depósitos arenosos marinhos do período Quaternário tardio, e localizadas entre o mar e a Floresta Atlântica. Este estudo apresenta a diversidade da vegetação de dunas costeiras da costa Sudeste do Brasil. Foi realizado o levantamento florístico e bibliográfico de todas as nove regiões de restinga do estado do Rio de Janeiro, e são fornecidas informações sobre o hábito, forma de vida, síndrome de dispersão, distribuição e bioma de ocorrência de cada uma das espécies. Foram registradas 98 espécies, distribuídas em 81 gêneros e 38 famílias, sendo as famílias de maior riqueza específica Asteraceae (12 espécies), Poaceae (12 espécies), Fabaceae (11 espécies) e Rubiaceae (6 espécies). A maioria das espécies é de hábito herbáceo, predominando as espécies caméfito-autocóricas. Apresentam ampla distribuição geográfica ou estão restritas a alguns estados brasileiros, e se assemelham mais ao bioma de Mata Atlântica.

Palavras-chave: Mata Atlântica, Restinga, vegetação costeira, inventário florístico.

4.1 Introdução

As Restingas são definidas como um mosaico de comunidades vegetais habitando os depósitos arenosos marinhos do período Quaternário tardio, e localizadas entre o mar e a Floresta Atlântica (SCARANO, 2002). Apresentam variadas fisionomias, diversificadas características geomorfológicas e climáticas, e uma grande diversidade florística (ARAUJO, 2000). As espécies de restingas são provenientes dos ecossistemas adjacentes como Caatinga, Cerrado, Floresta Amazônica e da Mata Atlântica, devido à formação geomorfológica recente das planícies costeiras brasileiras (FREIRE, 1990; RIZZINI, 1997; ARAUJO *et al.*, 1998; CERQUEIRA, 2000; SCARANO, 2002; ROCHA *et al.*, 2004; ARAUJO e PEREIRA, 2009).

A vegetação de dunas é um dos tipos de vegetação das restingas, localizada na região pós-praia e composta pela formação halófila, estabelecida na parte superior da praia, e pela formação psamófila, estabelecida na anteduna, duna ou áreas de areia móvel (PEREIRA, 1990; MENEZES e ARAUJO, 1999). Essa vegetação ocorre na maioria das restingas brasileiras, com diferentes composições florísticas (PEREIRA *et al.*, 1992). Ocorre também em todo o litoral do estado do Rio de Janeiro, onde as restingas foram drasticamente fragmentadas pelo acelerado crescimento urbano e uso agrícola, sendo atualmente formadas por áreas de diferentes tamanhos, geralmente fragmentos pequenos, que totalizam 60.516,20 ha (ROCHA *et al.*, 2007). O ambiente nas dunas é caracterizado pela presença de *spray* salino, substrato arenoso, elevada temperatura e radiação solar, além dos ventos fortes e constantes (HESP, 1991; COSTA *et al.*, 1996; BEDUSCHI e CASTELLANI, 2008).

Estudos anteriores da vegetação de dunas demonstram baixa riqueza de espécies, predominância de espécies herbáceas e variação da diversidade florística ao longo da costa. No entanto, apesar desta flora costeira ser uma das mais bem estudadas ao longo da costa do Brasil, ainda há lacunas (Araujo 2000). Assim, este estudo tem como objetivo fornecer uma lista atualizada das espécies da vegetação de dunas costeiras do estado do Rio de Janeiro. Ademais, são fornecidas informações sobre o hábito, forma de vida, síndrome de dispersão, distribuição e bioma de ocorrência no Brasil de cada uma das espécies.

4.2 Metodologia

Áreas de estudo

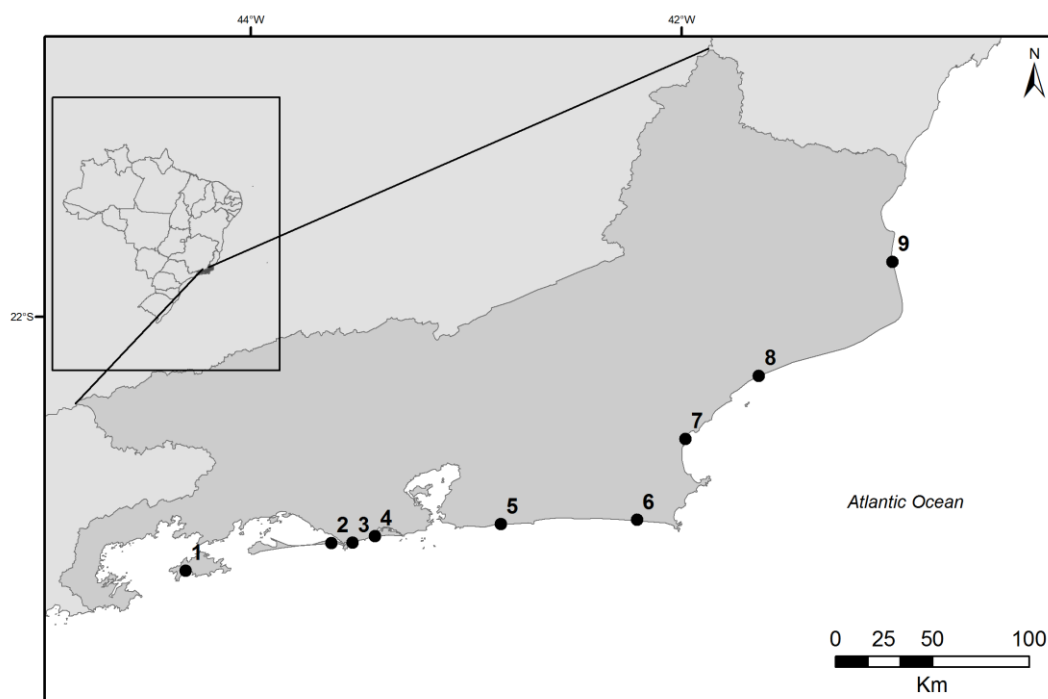
O litoral do estado do Rio de Janeiro apresenta desde largas planícies costeiras do rio Paraíba do Sul ao norte a estreitas planícies ao sul limitadas pelas íngremes escarpas da Serra do Mar (MUEHE e VALENTINI, 1998), sendo extremamente recortado e com 636 km de extensão. Baseado no isolamento por barreiras naturais, como elevações e corpos d'água, Araujo e Maciel (1998) dividiram o litoral em nove regiões de restinga. Os remanescentes (Figura 22) inventariados foram Restinga da Praia do Sul, inserida na Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, Angra dos Reis (23°10' S, 44°17' W); Restinga da Marambaia, localizada na baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba (23°02' S, 43°37' W); Restinga de Grumari, inserida em duas unidades de conservação sobrepostas, o Parque Natural Municipal de Grumari e a Área de Proteção Ambiental de Grumari, Rio de Janeiro (23°02' S, 43°31' W); Restinga de Jacarepaguá, cuja pequena parte está inserida atualmente no Parque Natural Municipal de Marapendi e na Área de Proteção Ambiental de Marapendi, Rio de Janeiro (23°01' S, 43°25' W); Restinga de Maricá, em parte inserida na Área de Proteção Ambiental de Maricá, Maricá (22°57' S, 42°50' W); Restinga de Massambaba, inserida no Parque Estadual da Costa do Sol, Saquarema, Araruama, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Armação do Búzios e São Pedro da Aldeia (22°56' S, 42°12' W); Restinga de Barra de São João, Casimiro de Abreu e Rio das Ostras (22°34' S, 41°58' W); Restinga de Jurubatiba, inserida em parte dentro do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, Quissamã e Carapebus (22°16' S, 41°38' W); e Restinga do Açú, que pertence em parte a Reserva Particular do Patrimônio Natural Caruara, São João da Barra (21°44' S, 41°01' W) e ao Parque Estadual da Lagoa do Açú, Campos dos Goytacazes e São João da Barra (21°58' S, 40°58' W).

Coleta de dados

As coletas de material botânico foram realizadas em 2012 e para cada restinga foi sorteada uma área de 1 km de extensão paralela ao mar, com o auxílio de imagens de satélite, para a realização do levantamento da vegetação de dunas. Com exceção da Restinga de Grumari, devido à extensão de cerca de 2 km, optou-se pelo meio da área, evitando assim os extremos. Esses dados de campo foram somados ao levantamento bibliográfico e de herbário. O material botânico testemunho encontra-se depositado no herbário RB. A lista apresenta as famílias botânicas e as espécies em ordem alfabética. O sistema de classificação utilizado

baseou-se no APG IV (2016). Os nomes científicos das espécies foram conferidos pela BFG - The Brazil Flora Group (2015), e quando necessário pelo The Plant List (2013). As espécies foram classificadas através da literatura, observações de campo e/ou do material coletado: quanto ao hábito em erva, arbusto, subarbusto, trepadeira e parasita; quanto à forma de vida, segundo o sistema de Raunkiaer (1934), baseado no nível de proteção das gemas vegetativas em seis classes: fanerófita, caméfito, hemicriptófita, geófita, terófita e liana; quanto à síndrome de dispersão através dos critérios morfológicos dos frutos (VAN DER PIJL, 1982), classificadas em três grupos: anemocórica (dispersão por vento), autocórica (dispersão por gravidade e/ou explosiva) e zoocórica (dispersão por animais); e quanto à distribuição geográfica e bioma de ocorrência no Brasil, segundo a BFG - The Brazil Flora Group (2015). O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical (Aw), caracterizado por uma estação chuvosa no verão, com altos índices pluviométricos, e uma estação seca no inverno.

Figura 22 - Mapa de localização das nove regiões de restinga do estado do Rio de Janeiro.



Legenda: Restinga da Praia do Sul (1), Restinga da Marambaia (2), Restinga de Grumari (3), Restinga de Jacarepaguá (4), Restinga de Maricá (5), Restinga de Massambaba (6), Restinga de Barra de São João (7), Restinga de Jurubatiba (8) e Restinga do Açú (9).

4.3 Resultados

4.3.1 Diversidade taxonômica

Foram inventariadas 98 espécies, distribuídas em 81 gêneros e 38 famílias. As famílias mais representativas foram Asteraceae (12 espécies), Poaceae (12 espécies), Fabaceae (11 espécies) e Rubiaceae (6 espécies), que correspondem a 41,83% de todas as espécies. No total, 22 famílias foram representadas por apenas uma espécie, que representam 57,89% de todas as famílias. Os gêneros mais representativos foram *Ipomoea* (3 espécies), *Mikania* (3 espécies) e *Portulaca* (3 espécies). Outros gêneros tiveram 2 espécies registradas: *Alternanthera*, *Borreria*, *Centrosema*, *Commelina*, *Diodella*, *Emilia*, *Euphorbia*, *Mitracarpus*, *Opuntia*, *Paspalum* e *Sida* (Tabela 9). Comparando o presente estudo com estudos realizados anteriormente nas restingas, obteve-se maior riqueza de espécies para quase todas as restingas inventariadas, e a mesma riqueza para a Restinga da Marambaia (Tabela 10).

Tabela 10 - Riqueza de espécies atual e de estudos realizados anteriormente nas nove restingas do estado do Rio de Janeiro.

Restingas	Tamanho (ha)	Riqueza anterior	Referências	Riqueza atual
Praia do Sul	397,48	20	Araujo e Oliveira (1988)	29
Marambaia	4.961,31	26	Menezes e Araujo (2005)	26
Grumari	143,10	14	Nunes-Freitas <i>et al.</i> , (2004)	26
Jacarepaguá	620,80	22	Teixeira-Filho <i>et al.</i> , (1994)	32
Maricá	272,15	17	Silva e Oliveira (1989)	34
Massambaba	7.630	17	Araujo <i>et al.</i> , (2009)	29
Barra de São João	-	-	-	25
Jurubatiba	14.860	16	Araujo <i>et al.</i> , (1998)	48
Açu	3.844,73	12	Assumpção e Nascimento (2000)	31

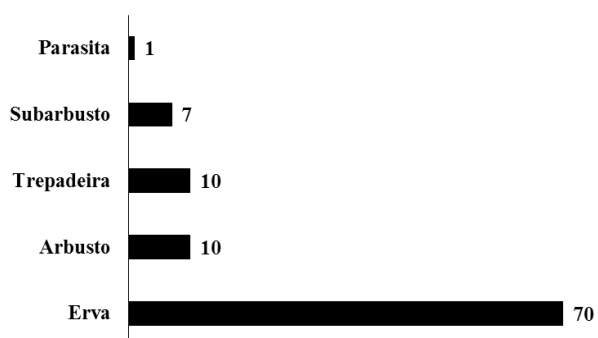
4.3.2 Hábito, forma de vida e síndrome de dispersão

Entre as espécies registradas, 70 (71,42%) foram ervas, 10 (10,20%) arbustos, 10 (10,20%) trepadeiras, 7 (7,14%) subarbustos e 1 (1,02%) parasita. Assim, a maioria das espécies da vegetação de dunas foram plantas herbáceas (Figura 23a). Em relação à forma de vida, 37 (37,75%) espécies são caméfitas, 18 (18,36%) geófitas, 17 (17,34%) fanerófitas, 13 (13,26%) terófitas, 11 (11,22%) hemicriptófitas e 2 (2,04%) lianas. Portanto, a vegetação de dunas apresenta o fitoclima caméfito (Figura 23b).

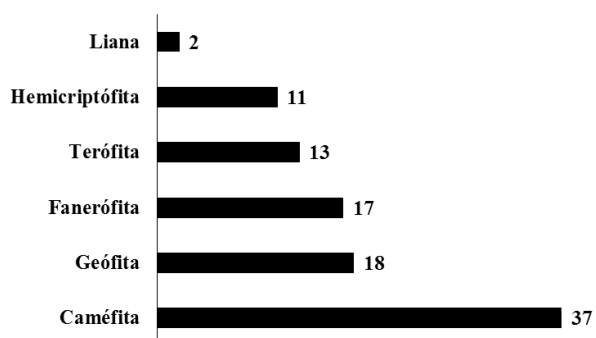
O espectro de dispersão foi representado por 41 (41,83%) espécies autocóricas, 36 (36,73%) anemocóricas e 21 (21,42%) zoocóricas. Desta forma, a maioria das espécies dispersa suas sementes através da ação da gravidade ou por abertura explosiva da cápsula (autocoria), enquanto mais de um terço das espécies dispersa pelo vento (anemocoria) e as demais pela ação de animais (zoocoria) (Figura 23c).

Figura 23 - Distribuição do número de espécies listadas nas restingas do estado do Rio de Janeiro: (a) quanto ao hábito, (b) forma de vida e (c) síndrome de dispersão.

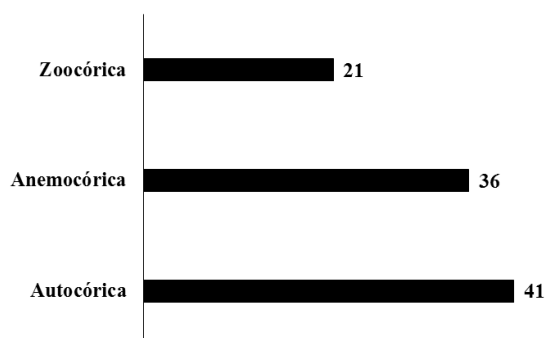
a)



b)



c)



4.3.3 Distribuição geográfica e bioma de ocorrência

Algumas espécies apresentam distribuição geográfica em todos os estados do Brasil (*Chamaecrista flexuosa*, *Commelina benghalensis*, *Croton glandulosus*, *Emilia fosbergii*, *Euphorbia hyssopifolia*, *Microstachys corniculata* e *Waltheria indica*). Outras espécies apresentam distribuição geográfica mais restrita, ocorrendo em três estados (*Matelea maritima*, *Peplonia asteria*, *Pilosocereus arrabidaae*, *Stigmaphyllon arenicola*), dois estados (*Mikania stipulacea*, *Stachytarpheta restingensis*) e um estado (*Lepidaploa obtusifolia*). A maioria das espécies é nativa do Brasil, exceto 8 espécies exóticas: *Agave vivipara*, *Barleria repens*, *Cocos nucifera*, *Euphorbia tirucalli*, *Furcraea foetida*, *Sansevieria trifasciata*, *Terminalia catappa* e *Yucca gigantea* (Tabela 9).

As espécies da vegetação de dunas ocorrem em todos os biomas brasileiros, sendo que 94 (95,91%) espécies têm registro para a Mata Atlântica, 61 (62,24%) para o Cerrado, 51 (52,04%) para a Floresta Amazônica, 50 (51,02%) para a Caatinga, 23 (23,46%) para o Pampa e 18 (18,36%) para o Pantanal. Entretanto, há 19 (19,38%) espécies com registro apenas para a Mata Atlântica: *Acicarpa bonariensis*, *Allagoptera arenaria*, *Alternanthera littoralis*, *Cenchrus tribuloides*, *Heteropterys chrysophylla*, *Hippeastrum reticulatum*, *Jacquinia armillaris*, *Justicia cydoniifolia*, *Lepidaploa obtusifolia*, *Mikania hoehnei*, *Mikania stipulacea*, *Mitracarpus eichleri*, *Neoregelia cruenta*, *Peplonia asteria*, *Pilosocereus arrabidaae*, *Remirea maritima*, *Scaevola plumieri*, *Stachytarpheta restingensis* e *Stigmaphyllon arenicola* (Tabela 9).

Tabela 9 - Lista de espécies em ordem alfabética por família, com hábito, forma de vida, síndrome de dispersão, distribuição geográfica e bioma de ocorrência no Brasil. Hábito: Erv = erva, Arb = arbusto, Sub = subarbusto, Tre = trepadeira, Par = parasita; Forma de Vida (FV): Geo = geófito, Cam = caméfito, Hem = hemicriptófito, Ter = terófito, Fan = fanerófito, Lia = liana; Síndrome de Dispersão (SD): Aut = autocórica, Ane = anemocórica, Zoo = zoocórica; Bioma: Ama = Floresta Amazônica, Caa = Caatinga, Cer = Cerrado, Atl = Mata Atlântica, Pam = Pampa, Pan = Pantanal; Número do Coletor (NC).

Famílias / Espécies	Hábito	FV	SD	Ocorrência nos estados (Brasil)	Bioma	NC
Acanthaceae						
<i>Justicia cydoniifolia</i> (Nees) Lindau	Arb	Fan	Aut	ES, MG, RJ, PR	Atl	Oliveira, 148 RB
Amaranthaceae						
<i>Alternanthera littoralis</i> P.Beauv.	Erv	Cam	Aut	AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, ES, RJ, SP, PR, RS, SC	Atl	Castelo, 117 RB
<i>Alternanthera praelonga</i> A.St.-Hil.	Erv	Cam	Aut	RJ, SP, PR, SC, RS	Cer, Atl	Castelo, 119 RB
<i>Blutaparon portulacoides</i> (A.St.-Hil.) Mears	Erv	Cam	Aut	AL, BA, CE, MA, PB, PE, RN, SE, ES, RJ, SP, PR, RS, SC	Cer, Atl	Castelo, 131 RB
Amaryllidaceae						
<i>Hippeastrum reticulatum</i> Herb.	Erv	Geo	Aut	BA, ES, MG, RJ, SP, PR, SC	Atl	Rezende, 156 RB
Anacardiaceae						
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Arb	Fan	Zoo	AL, BA, PB, PE, RN, SE, MS, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Cer, Atl, Pam	Castelo, 141 RB
Apiaceae						
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	Erv	Hem	Aut	BA, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Caa, Cer, Atl	Araujo, 792 RB
Apocynaceae						
<i>Matelea maritima</i> (Vell.) Fontella	Tre	Geo	Ane	AM, RR, RJ	Ama	Castelo, 153 RB
<i>Oxypetalum banksii</i> R.Br. ex Schult.	Tre	Geo	Ane	BA, SE, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Cer, Atl	Castelo, 18 RB
<i>Peplonia asteria</i> (Vell.) Fontella & E.A.Schwarz	Tre	Geo	Ane	BA, ES, RJ	Atl	Castelo, 143 RB
Araliaceae						
<i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam.	Erv	Geo	Aut	PA, AL, BA, RN, MS, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Atl	Castelo, 264 RB
Arecaceae						
<i>Allagoptera arenaria</i> (Gomes) Kuntze	Arb	Geo	Zoo	BA, SE, ES, RJ, SP, PR	Atl	Castelo, 287 RB
Asparagaceae						
<i>Herreria salsaparilha</i> Mart.	Tre	Fan	Ane	DF, GO, MS, MT, MG, RJ, SP	Cer, Atl, Pan	Araujo, 205 RB
Asteraceae						
<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	Erv	Cam	Ane	BA, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Cer, Atl, Pam	Castelo, 75 RB
<i>Ambrosia elatior</i> L.	Erv	Ter	Ane	AL, BA, PE, MS, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Caa, Cer, Atl, Pam	Castelo, 185 RB
<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob.	Erv	Cam	Ane	PA, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Cer	Castelo, 193 RB
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	Erv	Ter	Ane	Todo Brasil	Ama, Caa, Cer, Atl, Pam, Pan	Castelo, 103 RB
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex Wight	Erv	Cam	Ane	AM, PA, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, ES, MG, RJ, SP	Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 169 RB
<i>Lepidaploa obtusifolia</i> (Less.) H.Rob.	Arb	Fan	Ane	RJ	Atl	Castelo, 63 RB
<i>Mikania cordifolia</i> (L.f.) Willd.	Tre	Cam	Ane	AM, PA, RO, BA, CE, PE, PI, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Cer, Atl, Pam	Castelo, 204 RB
<i>Mikania hoehnei</i> B.L.Rob.	Erv	Cam	Aut	RJ, SP, PR, SC	Atl	Castelo, 186 RB

<i>Mikania stipulacea</i> Willd.	Tre	Fan	Ane		MG, RJ	Atl	Castelo, 94 RB
<i>Pectis brevipedunculata</i> (Gardner) Sch.Bip.	Erv	Cam	Ane	PA, BA, CE, MA, PE, PI, DF, GO, MG, RJ		Caa, Cer	Castelo, 205 RB
<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.	Erv	Ter	Ane	AC, AM, AP, PA, RO, BA, CE, PB, RN, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC		Ama, Caa, Cer, Atl, Pam, Pan	Castelo, 155 RB
<i>Tridax procumbens</i> L.	Erv	Ter	Ane	RO, AL, BA, CE, PE, RN, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR SC		Caa, Cer, Atl, Pan	Castelo, 150 RB
Boraginaceae							
<i>Euploca polyphylla</i> (Lehm.) J.I.M. Melo & Semir	Erv	Hem	Aut	AP, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, RJ		Ama, Caa, Atl	Castelo, 146 RB
<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	Sub	Fan	Zoo	AM, AP, PA, TO, AL, BA, CE, PB, PE, PI, SE, GO, MS, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC		Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 81 RB
Bromeliaceae							
<i>Neoregelia cruenta</i> (R.Graham) L.B.Sm.	Erv	Cam	Zoo		BA, ES, RJ, SP	Atl	Barbará, 42 RB
Cactaceae							
<i>Cereus fernambucensis</i> Lem.	Sub	Cam	Zoo	PA, AL, BA, CE, PB, PE, RN, SE, ES, MG, RJ, SP		Ama, Atl	Castelo, 259 RB
<i>Opuntia dillenii</i> (Ker Gawl.) Haw.	Sub	Fan	Zoo	AL, BA, CE, PB, PE, RN, SE, RJ		Caa, Atl	Castelo, 226 RB
<i>Opuntia monacantha</i> Haw.	Sub	Fan	Zoo	BA, SE, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC		Cer, Atl	Castelo, 260 RB
<i>Pilosocereus arrabidaei</i> (Lem.) Byles & Rowley	Sub	Fan	Zoo		BA, ES, RJ	Atl	Castelo, 224 RB
Calyceraceae							
<i>Acicarpha bonariensis</i> (Pers.) Herter	Erv	Cam	Zoo		BA, MA, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Atl	Castelo, 206 RB
Chrysobalanaceae							
<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Arb	Fan	Zoo	AM, AP, PA, AL, BA, CE, MA, PI, RN, SE, ES, RJ, SP		Ama, Atl	Castelo, 23 RB
Commelinaceae							
<i>Commelina benghalensis</i> L.	Erv	Ter	Aut		Todo Brasil	Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 36 RB
<i>Commelina erecta</i> L.	Erv	Ter	Aut	AM, PA, RO, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC		Ama, Caa, Cer, Atl, Pan	Castelo, 161 RB
Convolvulaceae							
<i>Ipomoea cairica</i> (L.) Sweet	Erv	Ter	Ane	RO, AL, BA, CE, PB, PE, RN, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC		Ama, Cer, Atl	Castelo, 98 RB
<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.	Erv	Geo	Aut	AP, PA, AL, BA, CE, MA, PB, PE, RN, SE, ES, RJ, SP, PR, RS, SC		Ama, Atl	Castelo, 108 RB
<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R.Br.	Erv	Cam	Aut	PA, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, ES, RJ, SP, PR, RS, SC		Ama, Atl	Castelo, 122 RB
Cyperaceae							
<i>Fimbristylis cymosa</i> R.Br.	Erv	Hem	Ane	AP, PA, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, ES, MG, RJ, SP, PR, SC		Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 152 RB
<i>Remirea maritima</i> Aubl.	Erv	Geo	Aut	AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, ES, RJ, SP, PR, RS		Atl	Castelo, 174 RB
Euphorbiaceae							
<i>Croton glandulosus</i> L.	Erv	Ter	Zoo		Todo Brasil	Ama, Caa, Cer, Atl, Pam, Pan	Melo, 13 RB
<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	Erv	Ter	Aut		Todo Brasil	Ama, Caa, Cer, Atl, Pam	Castelo, 139 RB
<i>Euphorbia thymifolia</i> L.	Erv	Cam	Aut	AM, AP, PA, AL, BA, CE, MA, PB, PE, RN, DF, GO, MS, MT, ES, RJ, SP, SC		Ama, Caa, Cer, Atl, Pam, Pan	Fernandes, 25 RB
<i>Microstachys corniculata</i> (Vahl) Griseb.	Erv	Cam	Aut		Todo Brasil	Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 188 RB
Fabaceae							
<i>Abrus precatorius</i> L.	Tre	Cam	Zoo	AM, PA, RO, RR, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC		Ama, Caa, Cer, Atl, Pam, Pan	Oliveira, 118 RB
<i>Alysicarpus vaginalis</i> (L.) DC.	Erv	Cam	Aut	TO, BA, PI, GO, MS, MT, ES, RJ, SP, PR		Cer, Atl, Pan	Castelo, 157 RB

<i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC.	Erv	Cam	Aut	PA, AL, BA, CE, MA, PB, PE, RN, SE, ES, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Atl	Castelo, 125 RB
<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.	Erv	Cam	Aut	AM, AP, PA, RR, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, SC	Ama, Caa, Cer, Atl, Pan	Castelo, 170 RB
<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.	Erv	Geo	Aut	AC, AM, AP, PA, RO, AL, BA, CE, PB, PE, PI, RN, SE, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Caa, Cer, Atl, Pam, Pan	Castelo, 167 RB
<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Greene	Erv	Cam	Aut	Todo Brasil	Ama, Caa, Cer, Atl, Pan	Castelo, 179 RB
<i>Clitoria laurifolia</i> Poir.	Erv	Cam	Aut	AM, PA, RR, AL, BA, CE, PB, PE, PI, RN, SE, ES, MG, RJ, SP, PR	Ama, Caa, Cer, Atl	Occhioni, 468 RB
<i>Dalbergia ecastaphyllum</i> (L.) Taub.	Arb	Fan	Ane	AP, PA, AL, BA, CE, MA, PB, PE, RN, SE, ES, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Atl	Oliveira, 308 RB
<i>Sophora tomentosa</i> L.	Sub	Fan	Aut	AP, PA, AL, BA, CE, MA, PB, PE, RN, SE, ES, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Atl	Castelo, 8 RB
<i>Stylosanthes viscosa</i> (L.) Sw.	Erv	Cam	Ane	AM, AP, PA, RO, RR, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 135 RB
<i>Zornia latifolia</i> Sm.	Erv	Hem	Zoo	AC, AM, AP, PA, RO, RO TO, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS	Ama, Caa, Cer, Atl, Pam, Pan	Castelo, 85 RB
Goodeniaceae						
<i>Scaevola plumieri</i> (L.) Vahl	Arb	Cam	Zoo	AL, BA, CE, PB, PE, RN, SE, ES, RJ, SP, PR, SC	Atl	Castelo, 59 RB
Lauraceae						
<i>Cassytha filiformis</i> L.	Par	Lia	Aut	AM, PA, RO, RR, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR	Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 135 RB
Malpighiaceae						
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	Arb	Fan	Zoo	PA, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, GO, MT, ES, MG, RJ, SP	Ama, Caa, Cer, Atl	Silva, 01 RB
<i>Heteropterys chrysophylla</i> (Lam.) DC.	Tre	Geo	Ane	BA, ES, RJ, SP	Atl	Dias, 44 RB
<i>Stigmaphyllon arenicola</i> C.E.Anderson	Erv	Cam	Ane	RJ, SP, PR	Atl	Castelo, 187 RB
Malvaceae						
<i>Sida ciliaris</i> L.	Erv	Cam	Aut	-	-	-
<i>Sida cordifolia</i> L.	Erv	Hem	Aut	AM, PA, RO, RR, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR	Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 158 RB
<i>Waltheria indica</i> L.	Erv	Fan	Aut	Todo Brasil	Ama, Caa, Cer, Atl, Pan	Castelo, 84 RB
Molluginaceae						
<i>Mollugo verticillata</i> L.	Erv	Ter	Zoo	AM, PA, AL, BA, CE, MA, PB, PE, RN, SE, DF, MS, MT, MG, RJ, SP, RS, SC	Ama, Caa, Cer, Atl, Pam	Castelo, 126 RB
Myrtaceae						
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Arb	Fan	Zoo	BA, MS, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Cer, Atl, Pam	Castelo, 236 RB
Orchidaceae						
<i>Cyrtopodium flavum</i> Link & Otto ex Rchb.f.	Erv	Geo	Ane	AL, BA, PB, PE, SE, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Cer, Atl	Liene, 3668 RB
<i>Epidendrum denticulatum</i> Barb.Rodr.	Erv	Hem	Ane	TO, BA, GO, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Cer, Atl	Bovini, 705 RB
<i>Vanilla chamissonis</i> Klotzsch	Erv	Geo	Ane	AM, BA, PE, DF, GO, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, SC	Ama, Caa, Cer, Atl	Fontella, 1407 RB
Passifloraceae						
<i>Passiflora mucronata</i> Lam.	Tre	Lia	Zoo	BA, PB, PE, RN, SE, ES, RJ, SP	Caa, Cer, Atl	Castelo, 124 RB
Plantaginaceae						
<i>Bacopa monnieri</i> (L.) Pennell	Erv	Cam	Aut	BA, CE, PE, ES, RJ, SP, PR, RS, SC	Caa, Atl	Sucre, 1047 RB
Poaceae						
<i>Cenchrus tribuloides</i> L.	Erv	Ter	Zoo	RJ, SP, RS, SC	Atl	Castelo, 154 RB
<i>Chloris pycnothrix</i> Trin.	Erv	Ter	Ane	BA, CE, MA, PE, PI, RN, DF, GO, MS, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Caa, Cer, Atl, Pam	Castelo, 218 RB

<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Erv	Hem	Aut	AM, PA, RO, BA, PB, PE, RN, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Caa, Cer, Atl, Pam, Pan	Sampaio, 8933 RB
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Erv	Hem	Ane	AP, PA, RR, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, RS, SC	Ama, Caa, Cer, Atl, Pam, Pan	Castelo, 145 RB
<i>Dichantherium surrectum</i> (Chase ex Zuloaga & Morrone) Zuloaga	Erv	Hem	Ane	DF, MS, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Cer, Atl	Castelo, 148 RB
<i>Panicum racemosum</i> (P. Beauv.) Spreng.	Erv	Geo	Ane	BA, CE, MA, PE, RN, ES, RJ, SP, RS, SC	Atl, Pam	Castelo, 87 RB
<i>Paspalum maritimum</i> Trin.	Erv	Geo	Ane	AM, AP, PA, RR, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, RN, GO, ES, MG, RJ, SP, RS, SC	Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 16 RB
<i>Paspalum vaginatum</i> Sw.	Erv	Geo	Ane	PA, AL, BA, CE, PB, PE, RN, SE, MS, ES, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Caa, Atl, Pam, Pan	Lobão, 175 RB
<i>Setaria setosa</i> (Sw.) P.Beauv.	Erv	Geo	Ane	AL, BA, CE, PB, PE, SE, ES, MG, RJ, PR, RS	Caa, Cer, Atl	Fonseca, 26 RB
<i>Spartina ciliata</i> Brongn.	Erv	Hem	Ane	RJ, SP, PR, RS, SC	Atl, Pam	-
<i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth	Erv	Geo	Ane	PA, AL, BA, MA, PB, PE, PI, RN, ES, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Caa, Cer, Atl, Pam	Castelo, 172 RB
<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Walter) Kuntze	Erv	Cam	Ane	AL, BA, CE, PB, RJ, SP, PR	Caa, Atl	Castelo, 173 RB
Polygalaceae						
<i>Polygala cyparissias</i> A.St.-Hil. & Moq.	Erv	Cam	Aut	AL, BA, CE, PB, PE, SE, ES, RJ, SP, PR, RS, SC	Atl, Pam	Castelo, 191 RB
Portulacaceae						
<i>Portulaca grandiflora</i> Hook.	Erv	Ter	Aut	BA, GO, MS, MT, MG, RJ, SP, PR	Caa, Cer, Atl	-
<i>Portulaca halimoides</i> L.	Erv	Hem	Aut	AP, PA, RR, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, DF, GO, ES, MG, RJ	Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 223 RB
<i>Portulaca mucronata</i> Link	Erv	Cam	Aut	PA, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 147 RB
Primulaceae						
<i>Jacquinia armillaris</i> Jacq.	Arb	Fan	Zoo	AL, BA, CE, PB, PE, PI, RN, ES, RJ	Atl	Castelo, 231 RB
Rubiaceae						
<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Erv	Cam	Aut	AM, AP, PA, RO, RR, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, DF, GO, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 05 RB
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G.Mey.	Erv	Cam	Aut	AC, AM, AP, PA, RO, RR, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 282 RB
<i>Diodella apiculata</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) Delprete	Erv	Cam	Aut	AP, PA, RR, TO, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Ama, Caa, Cer, Atl, Pam	Castelo, 78 RB
<i>Diodella radula</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) Delprete	Erv	Cam	Aut	BA, CE, PB, PE, PI, RN, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC	Caa, Cer, Atl	Castelo, 116 RB
<i>Mitracarpus eichleri</i> K.Schum.	Erv	Cam	Aut	BA, RN, ES, RJ	Atl	Castelo, 82 RB
<i>Mitracarpus frigidus</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) K.Schum.	Erv	Cam	Aut	AM, RO, BA, PB, PE, PI, ES, MG, RJ, SC	Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 25 RB
Smilacaceae						
<i>Smilax rufescens</i> Griseb.	Tre	Geo	Zoo	AM, RO, AL, BA, MA, ES, RJ, SP, PR, SC	Ama, Cer, Atl	Menezes, 166 RB
Turneraceae						
<i>Turnera subulata</i> Sm.	Sub	Cam	Ane	AM, AP, PA, RO, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR	Ama, Caa, Cer, Atl	Castelo, 156 RB
Verbenaceae						
<i>Stachytarpheta restingensis</i> Moldenke	Erv	Fan	Aut	ES, RJ	Atl	Castelo, 91 RB
Violaceae						
<i>Pombalia calceolaria</i> (L.) Paula-Souza	Erv	Cam	Ane	AM, AP, PA, RR, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, DF, MS, MT, ES, MG, RJ, SP	Ama, Caa, Cer, Atl, Pan	Castelo, 93 RB

4.4 Discussão

Todas as regiões de restinga no estado do Rio de Janeiro, com exceção de Barra de São João, possuem levantamentos anteriores da vegetação de dunas, com maior riqueza de espécies na Restinga da Marambaia (26 espécies). O presente estudo identificou aumento no número de espécies, sendo a Restinga de Jurubatiba de maior riqueza (48 espécies). As famílias mais representativas da vegetação de dunas estão entre as 10 famílias mais importantes em riqueza para as restingas do estado do Rio de Janeiro (ARAUJO, 2000). Entretanto, há espécies registradas nestes estudos anteriores que não foram encontradas no presente levantamento em algumas áreas. Na Marambaia, Menezes e Araujo (2005) registraram 6 espécies diferentes deste estudo; na Praia do Sul, Araujo e Oliveira (1988) registraram 2; em Grumari, Nunes-Freitas *et al.*, (2004) registraram 5; em Maricá, Silva e Oliveira (1989) registraram 6; em São João da Barra, Assumpção e Nascimento (2000) registraram 4; e na Massambaba, Araujo *et al.*, (2009) registraram 5 espécies diferentes deste estudo. Essas espécies testemunhadas por meio de bibliografia, foram inseridas na listagem de espécies, entretanto não são comuns, mas foram observadas em outras formações vegetais.

Entre as espécies registradas, vale ressaltar que *Chloris pycnothrix* e *Matelea maritima* foram os primeiros registros para a vegetação de dunas do estado do Rio de Janeiro, com base na ausência desses registros de ocorrência na BFG - The Brazil Flora Group (2015). Apesar do maior número de estudos realizados nas restingas desse estado, este fato demonstra a importância da conservação dos remanescentes de restingas e a intensificação dos levantamentos florísticos.

A vegetação de dunas é representada principalmente por espécies herbáceas, prostradas ou semiprostradas, sendo comum a ocorrência de espécies arbustivas e subarbustivas (e.g., *Chrysobalanus icaco*, *Dalbergia ecastaphyllum*, *Eugenia uniiflora*, *Jacquinia armillaris*, *Schinus terebinthifolius*, *Sophora tomentosa*, *Varronia curassavica*). Entretanto, essas espécies apresentam uma limitação no seu desenvolvimento, em função das condições ambientais (e.g., *spray* salino, ventos), comportando-se morfologicamente diferentes à beira-mar. Contudo, cada forma de vida apresenta uma adaptação às condições ambientais, em que essas espécies estão estreitamente relacionadas com as características do solo e do clima (Apêndice). Assim, as percentagens das diferentes formas de vida são variáveis para a vegetação de dunas (SEABRA, 1949; ALMEIDA e ARAUJO, 1997; GANDULLO *et al.*, 1998; MENEZES e ARAUJO, 1999; BOEGER e GLUZEZAK, 2006;

ALMEIDA JUNIOR e ZICKEL, 2009), havendo uma predominância das espécies caméfitas, geófitas e fanerófitas.

A capacidade de uma espécie para colonizar uma nova área está diretamente relacionada com a forma de dispersão, onde as espécies anemocóricas têm grande capacidade de dispersão a longas distâncias (WILLSON e TRAVESET, 2000), enquanto as autocóricas possuem menor dispersão. A dispersão de sementes de pequena massa, facilmente dispersas pelo vento, tem sido relatada como sendo vantajosa em comunidades vegetais abertas (LAKE e LEISHMAN, 2004) e em dunas costeiras (MAUN, 2009). O tipo vegetacional aberto e a constância dos ventos facilitam a dispersão, e o investimento em um mecanismo de dispersão próprio da planta, sem depender de vetores, é o mais viável (MARQUES e OLIVEIRA, 2005).

Em geral, a composição de espécies observada ao longo da costa do estado do Rio de Janeiro se assemelha a da Mata Atlântica, uma vez que este bioma é o predominante no estado. No total, 19 espécies pertencentes exclusivamente a Mata Atlântica foram registradas, o que representam 19,38% das espécies. No entanto, muitas espécies estão representadas em outros biomas, principalmente Cerrado, Floresta Amazônica e Caatinga. Araujo (2000), comparando as 20 famílias mais ricas nas restingas com outros biomas, constatou um grau relativamente elevado de semelhança com os biomas Mata Atlântica, Cerrado e Floresta Amazônica. Também demonstrou que aproximadamente 60% das espécies listadas nas restingas do Rio de Janeiro são oriundas da Mata Atlântica, e o restante de outros tipos de vegetação (inselbergs costeiros e florestas secas semidecíduas) e de outras partes do Brasil (Cerrado, Caatinga e Floresta Amazônica). No entanto, as espécies das restingas ainda não tiveram tempo suficiente para desenvolverem mecanismos de especiação, uma vez que as planícies costeiras são ambientes geologicamente recentes, e as espécies que colonizaram apenas se ajustaram as condições extremas do ambiente (SCARANO, 2002).

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), ao Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Agradecemos a Carlos Brenlla de Carvalho, Jackyson de Oliveira e Fernando Luiz Killesse Salgado pela assistência na realização da pesquisa de campo. Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), ao Instituto Estadual de Ambiente (Inea) e ao Centro de Avaliações do Exército (CAEX) pela concessão de acesso às restingas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.L.; ARAUJO, D.S.D. 1997. Comunidades vegetais do cordão arenoso externo da Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Saquarema, RJ. **Oecologia Brasiliensis**, 3: 47-63.
- ALMEIDA JUNIOR, E.B.; ZICKEL, C.S. 2009. Fisionomia psamófila-reptante: riqueza de espécies na praia da pipa, Rio Grande do Norte, Brasil. **Pesquisas, Botânica**, 60: 289-299. <http://www.anchietano.unisinos.br/publicacoes/botanica/botanica60/artigo2.pdf>.
- APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 181: 1-20. doi:10.1111/boj.12385.
- ARAUJO, D.S.D. 2000. **Análise florística e fitogeográfica das restingas do estado do Rio de Janeiro**. Tese de Doutorado. PPG-Ecologia/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 176 p.
- ARAUJO, D.S.D.; MACIEL, N.C. 1998. Restingas fluminenses: biodiversidade e preservação. **Boletim da Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza**, 25: 27-51.
- ARAUJO, D.S.D.; OLIVEIRA, R.R. 1988. Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, estado do Rio de Janeiro): lista preliminar da flora. **Acta Botanica Brasilica**, 1: 83-94.
- ARAUJO, D.S.D.; PEREIRA, M.C.A. 2009. Sandy Coastal Vegetation. In: SCARANO, F.R.; LUTTGE, U. (orgs.). **Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)**. Tropical Biology and Natural Resources; Tropical Botany. Oxford: EOLSS Publishers UNESCO-EOLSS.
- ARAUJO, D.S.D.; SÁ, C.F.C.; FONTELLA-PEREIRA, J.; GARCIA, D.S.; FERREIRA, M.V.; PAIXÃO, R.J.; SCHNEIDER, S.M.; FONSECA-KRUEL, V.S. 2009. Área de Proteção Ambiental de Massambaba, Rio de Janeiro: caracterização fitofisionômica e florística. **Rodriguésia**, 60: 67-96.
- ARAUJO, D.S.D.; SCARANO, F.R.; SÁ, C.F.C.; KURTZ, B.C.; ZALUAR, H.L.T.; MONTEZUMA, R.C.M.; OLIVEIRA, R.C. 1998. Comunidades vegetais do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. In: ESTEVES, F.A. (ed.). **Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: NUPEM - UFRJ, p. 39-62.
- ASSUMPÇÃO, J.; NASCIMENTO, M.T. 2000. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no Complexo Lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 14: 301-315.
- BEDUSCHI, T.; CASTELLANI, T.T. 2008. Estrutura populacional de *Clusia criuva* Cambess. (Clusiaceae) e relação espacial com espécies de bromélias no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC. **Biotemas**, 21: 41-50.
- BFG - The Brazil Flora Group. 2015. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, 66(4): 1085-1113.

BOEGER, M.R.T.; GLUZEZAK, R.M. 2006. Adaptações estruturais de sete espécies de plantas para as condições ambientais da área de dunas de Santa Catarina, Brasil. **Iheringia Série Botânica**, 61: 73-82.

CERQUEIRA, R. 2000. Biogeografia das restingas. In: ESTEVES, F.A.; LACERDA, L.D. (eds.). **Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras**. Macaé: NUPEM/UFRRJ, p. 65-75.

COSTA, C.S.B.; CORDAZZO, C.V.; SEELIGER, U. 1996. Shore disturbance and dune plant distribution. **Journal of Coastal Research**, 12: 133-140.

FREIRE, M.S.B. 1990. Levantamento florístico do Parque Estadual das Dunas de Natal. **Acta Botanica Brasilica**, 4: 41-59.

GANDULLO, R.; GASTIAZORO, J.; BÜNZLI, A. 1998. Dinamismo de la vegetación psamófila de Senillosa y Plottier, Provincia de Neuquén (Argentina). **Multequina**, 7: 11-20.

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

LAKE, J.C.; LEISHMAN, M.R. 2004. Invasion success of exotic plants in natural ecosystems: the role of disturbance, plant attributes and freedom from herbivores. **Biological Conservation**, 117: 215-226.

MARQUES, M.C.M.; OLIVEIRA, P.E.A.M. 2005. Características reprodutivas das espécies vegetais da planície litorânea. In: MARQUES, M.C.M.; BRITZ, R.M (orgs.). **História Natural e Conservação da Ilha do Mel**. Curitiba: Ed. UFPR, p. 169-188.

MAUN, M.A. 2009. **The Biology of Coastal Sand Dunes**. Oxford: Oxford University Press. 265 p.

MENEZES, L.F.T.; ARAUJO, D.S.D. 1999. Estrutura de duas formações vegetais do cordão externo da Restinga de Marambaia, RJ. **Acta Botanica Brasilica**, 13: 223-235.

MENEZES, L.F.T.; ARAUJO, D.S.D. 2005. Formações vegetais da Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro. In: MENEZES, L.F.T.; PEIXOTO, A.L.; ARAUJO, D.S.D. (eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, p. 67-120.

MUEHE, D.; VALENTINI, E. 1998. **O Litoral do Estado do Rio de Janeiro: uma Caracterização Físico-Ambiental**. Rio de Janeiro: FEMAR. 99 p.

NUNES-FREITAS, A.F.; ALBUQUERQUE, S.Z.; ROCHA, C.F.D. 2004. Variação na estrutura de seis comunidades vegetais halófila-psamófilas remanescentes no litoral do estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. In: **Anais do VI Simpósio de Ecossistemas Brasileiros - Patrimônio Ameaçado**, vol. 1. São José dos Campos: Publicações ACIESP, p. 267-278.

PEREIRA, O.J. 1990. Caracterização fitofisionômica da Restinga de Setiba - Guarapari - Espírito Santo. In: **II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira - Estrutura, Função e Manejo**, vol. 3. Águas de Lindóia: Publicações ACIESP, p. 207-219.

PEREIRA, O.J.; THOMAZ, L.D.; ARAUJO, D.S.D. 1992. Fitossociologia da vegetação de ante dunas da Restinga de Setiba/Guarapari e em Interlagos/Vila Velha, ES. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, 1: 65-75.

RAUNKIAER, C. 1934. **The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography**. Oxford: Clarendon. 632 p.

RIZZINI, C.T. 1997. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: Aspectos Ecológicos, Sociológicos e Florísticos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições LTDA. 747 p.

ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; ALVES, M.A.S.; VAN SLUYS, M. 2004. A Restinga de Jurubatiba e a conservação dos ambientes de restinga do estado do Rio de Janeiro. In: ROCHA, C.F.D.; ESTEVES, F.A.; SCARANO, F.R. (orgs.). **Pesquisas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba: Ecologia, História Natural e Conservação**. São Carlos: RiMa, p. 341-352.

ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M.A.S.; JAMEL, C.E. 2007. The remnants of restinga habitats in the brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: habitat loss and risk of disappearance. **Brazilian Journal of Biology**, 67: 263-273. doi: 10.1590/S1519-69842007000200011.

SCARANO, F.R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. **Annals of Botany**, 90: 517-524. doi: 10.1093/aob/mcf189.

SEABRA, J.J. 1949. A flora das dunas: apontamentos sobre a flora psamófila das dunas de Itapoã, Bahia. **Liloea**, 20: 187-192.

SILVA, J.G.; OLIVEIRA, A.S. 1989. A vegetação de restinga no município de Maricá - RJ. **Acta Botanica Brasilica**, 3: 253-272.

TEIXEIRA-FILHO, P.F.; RIBAS, S.C.; ROCHA, C.F.D.; ZEE, D.M.W. 1994. Estrutura e organização espacial de vegetação de praia de restinga: uma avaliação da vegetação original remanescente na Reserva Biológica da Barra da Tijuca. In: **I Encontro Brasileiro de Ciências Ambientais**. Rio de Janeiro: UFRJ, p. 47-49.

THE PLANT LIST. 2013. Version 1.1. Published on the Internet. <http://www.theplantlist.org/>, 25 de Setembro de 2015.

VAN DER PIJL, L. 1982. **Principles of Dispersal in Higher Plants**. 3rd ed. New York: Springer Verlag. 218 p.

WILLSON, M.F.; TRAVESET, A. 2000. The ecology of seed dispersal. In: FENNER, M. (ed.). **Seeds: the Ecology of Regeneration in Plant Communities**. 2^a ed. London: CAB International, p. 85-110.

APÊNDICE - Espécies e habitats da vegetação de dunas.

Espécies da vegetação de dunas do estado do Rio de Janeiro. A: *Alternanthera littoralis*. B: *Euphorbia hyssopifolia*. C: *Remirea maritima*. D: *Blutaparon portulacoides*. E: *Ipomoea imperati*. F: *Sporobolus virginicus*. G: *Canavalia rosea*. H: *Ipomoea pes-caprae*. I: *Stenotaphrum secundatum*. J: *Cereus fernambucensis*. K: *Panicum racemosum*. L: *Polygala cyparissias*. M: *Diodella apiculata*. N: *Scaevola plumieri*. O: *Mollugo verticillata*. P: *Portulaca mucronata*. Q: *Eugenia uniflora*. R: *Pombalia calceolaria*.





Habitats da vegetação de dunas do estado do Rio de Janeiro. 1: Restinga de Grumari. 2: Restinga de Massambaba. 3: Restinga do Açú. 4: Restinga de Maricá. 5: Restinga da Praia do Sul. 6: Restinga de Jurubatiba. 7: Restinga de Barra de São João. 8: Restinga de Jacarepaguá. 9: Restinga da Marambaia.

