

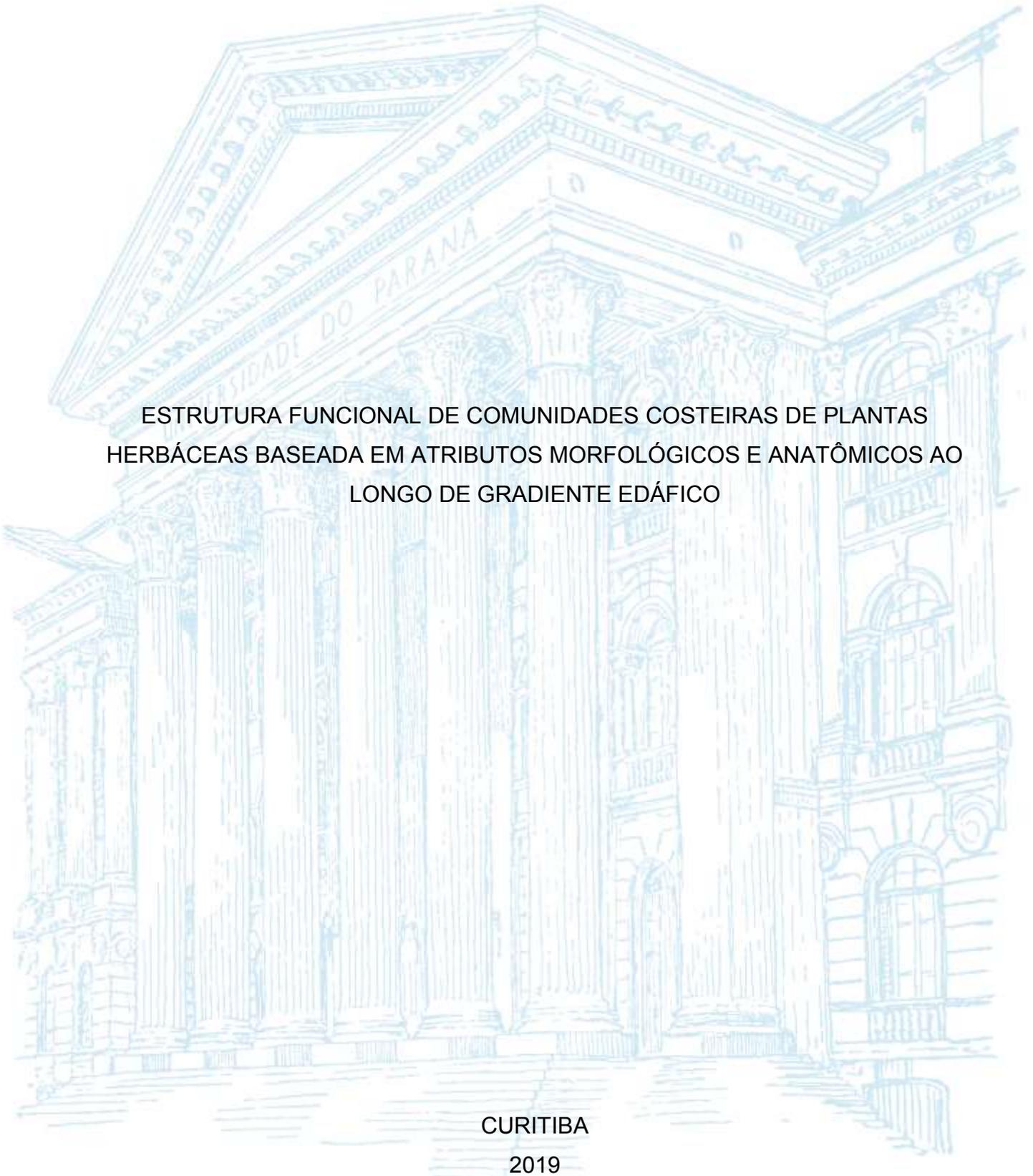
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ROBERTTA MORYEL PELLANDA

ESTRUTURA FUNCIONAL DE COMUNIDADES COSTEIRAS DE PLANTAS
HERBÁCEAS BASEADA EM ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E ANATÔMICOS AO
LONGO DE GRADIENTE EDÁFICO

CURITIBA

2019



ROBERTTA MORYEL PELLANDA

ESTRUTURA FUNCIONAL DE COMUNIDADES COSTEIRAS DE PLANTAS
HERBÁCEAS BASEADA EM ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E ANATÔMICOS AO
LONGO DE GRADIENTE EDÁFICO

Dissertação apresentada ao Curso De Pós-Graduação em Botânica, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal Do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre Em Botânica.

Orientadora: Prof(A). Dr(A). Cleusa Bona

Coorientadores: Prof. Dr. Marcos Bergmann Carlucci E Prof. Dr. João Carlos Ferreira De Melo Júnior

CURITIBA

2019

Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.
Biblioteca de Ciências Biológicas.
(Giana Mara Seniski Silva – CRB/9 1406)

Pellanda, Robertta Moryel

Estrutura funcional de comunidades costeiras de plantas herbáceas baseada em atributos morfológicos e anatômicos ao longo de gradiente edáfico. / Robertta Moryel Pellanda. – Curitiba, 2019.

86 p.: il.

Orientador: Cleusa Bona

Coorientadores: Marcos Bergmann

João Carlos Ferreira De Melo Júnior

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Botânica.

1. Restingas 2. Mel, Ilha do (PR) 3. Ervas I. Título II. Bona, Cleusa, 1966- III. Bergman, Marcos IV. Melo Júnior, João Carlos Ferreira de V. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Botânica.

CDD (22. ed.) 582.12
578.751



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Setor de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Botânica



Estrutura Funcional de Comunidades Costeiras de Plantas Herbáceas Baseada em Atributos Morfológicos e Anatômicos ao Longo de Gradiente Edáfico)

por

(Robertta Moryel Pellanda)

Dissertação aprovada como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre no Programa
de Pós-Graduação em Botânica, pela Comissão
formada pelos doutores

Marcos Bergmann Carlucci

Marcia Cristina Mendes Marques

Michele de Sá Dechoum

Curitiba, 25 de junho de 2019.

*Maícon, meu amor: “Diante da vastidão do espaço e da
imensidão do tempo, é um ímense prazer poder compartilhar um
planeta e uma época com você” (Carl Sagan)*

AGRADECIMENTOS

Não existem palavras suficientes para expressar minha gratidão por tudo que aprendi nesta jornada! A todas as pessoas que contribuíram para que este processo se concretizasse no formato desta dissertação, apenas palavras nunca serão o suficiente para demonstrar meu apreço e agradecimento! Deus foi alicerce fundamental, mantendo-me firme e sustentando-me com sabedoria. Plantou em meu caminho pessoas que doaram um pouco de si a mim e a minha causa. Me mostrou o quão necessário é a cooperação, assim como tantos exemplos que ocorrem na natureza. O prazer em descobrir o que os olhos não veem e o que a mente sonha, é inestimável. Anunciar a beleza descoberta, sem dúvidas, liquidou qualquer frustração do caminho. Gratidão a Deus e a vida por tudo, imerecidamente, conquistado! Às pessoas desta jornada, algumas palavras:

A Professora Doutora Cleusa Bona, minha orientadora: no dia que me sugeriu o tema deste trabalho jamais imaginei as proporções que tomaria e as oportunidades que se apresentariam, muito menos os resultados incríveis que conquistaríamos. Sua curiosidade genuína foi e é também minha curiosidade. Sua parceria durante as etapas mais exaustivas, de coleta em campo e processamento em laboratório, foi essencial para toda a bagagem de conhecimento que me transmitiu. Obrigada por mostrar-me que trabalho duro gera bons frutos!

Ao Professor Doutor Marcos Carlucci, meu co-orientador: obrigada por *aceitastes* participar e cooperar neste trabalho com seu conhecimento, agregando imenso valor ao produto final. Sua paciência, empenho e incentivo nas etapas finais também foram essenciais para que o produto final fosse apresentado com alegria.

Ao Professor Doutor João Carlos Ferreira de Melo Júnior, meu co-orientador: mesmo distante, certamente sua contribuição também foi valiosa para a concretização desta dissertação.

A Equipe de trabalho: as coletas em campo e processamento do material foram etapas duras e intensas, porém jamais capazes de impedir que a construção deste trabalho fosse interrompida, graças a cooperação e competência de vocês: Rebekah, Giovanna, Deborah, Gabriel, Ariele, Rayana, Sarah, Úrsula, Fernanda Canabarro, Fernanda Pieczak, Gustavo, Andressa, Yúri e Maicon. Nada disso seria possível sem

o empenho de vocês! Muito obrigada! Ao Cícero, também sou grata, pela hospedagem durante o período de coletas.

Ao Instituto Ambiental do Paraná: a permissão para coleta de material biológico foi parte importante para realizarmos uma pesquisa eticamente correta.

Ao Centro de Estudos do Mar (UFPR): agradeço a acolhida em diversos momentos durante as coletas, principalmente em Pontal do Sul, bem como o suporte logístico necessário as idas a Ilha do Mel.

Aos Marinheiros Gerson, Josias, Ney e Tiago: obrigada pela condução em segurança das viagens a Ilha do Mel. Saibam que possuem uma parcela de contribuição importante na execução dos objetivos deste trabalho.

Ao Nilson, técnico do Laboratório de Botânica Estrutural: tantos já devem ter lhe agradecido pelo auxílio técnico, obviamente muito importante. Mas além disso, quero agradecer-lhe pelo apoio moral nos piores momentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES): agradeço a concessão da bolsa e deixo aqui registrado meu comprometimento em apresentar a sociedade, que financiou esta pesquisa, os resultados e importância deste trabalho.

Ao Professor Doutor André Padial: seu amplo conhecimento estatístico se fez necessário em diversos momentos. Agradeço a acolhida e auxílio profissionalmente cedidos.

A tantos professores e colegas do ambiente acadêmico: se passaste por mim durante esta jornada, certamente sua contribuição está presente nestas páginas.

A Universidade Federal do Paraná, ao Setor de Ciências Biológicas e ao Departamento de Botânica: jamais esquecerei tudo o que aprendi e vivi dentro destas paredes. Obrigada por transformar-me em uma cidadã ativa, que falha mas continua a atuar em prol da Educação e da Ciência!

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica: obrigada pela existência e privilégio em estudar seres vivos tão incríveis como as plantas e suas interações. Obrigada por fornecer suporte logístico para ampliar meus conhecimentos na

Amazônia e no Pantanal brasileiros, através de experiências em curso, congresso e vivências inesquecíveis.

Ao Projeto Cientistas na Escola, da Secretaria Municipal de Educação, junto da Prefeitura Municipal de Curitiba: mesmo já sendo professora, ir até as escolas no papel de cientista, representando a ciência feita por mulheres, foi uma experiência inesquecível que me provou o quanto a Ciência é necessária no Brasil e DEVE ser levada a comunidade, enquanto direito dos contribuintes, proporcionando novas experiências e mudanças de atitude. Foram tantos olhos cheios de curiosidade...

Ao Observatório de Justiça e Conservação: agradeço a concessão de panfletos de divulgação, acerca dos riscos que a instalação de um porto privado e criação de uma rodovia, na região de Pontal do Paraná, podem causar a comunidade, ao ambiente e ao turismo.

A Escola Ponto de Partida e aos meus estudantes: obrigada pela oportunidade de levar a ciência para dentro dos muros da escola, pelos ensinamentos, pelas vivências, pelos olhos cheios de curiosidade. Perdoem-me se meu empenho, em diversas vezes, não foi suficiente para que o potencial máximo de vocês fosse aflorado.

A família que me acolheu, Clarinda e Daniel: saibam que o filho de vocês, meu futuro marido, é a maior benção que recebi na minha vida. Sem ele, este trabalho não seria nada e não significaria nada.

A família maravilhosa e abençoada escolhida por Deus: Mãe, Pai e Yúri: sem vocês nada, NADA, disso seria possível. Vocês são a minha base e sustentação. As lutas são diárias, mas temos uns aos outros e nada nem ninguém poderá jamais nos derrubar e destruir. Deus foi generoso em me colocar neste lar. Perdoem-me minha ausência em diversos momentos, mas ela se fez necessária para que eu pudesse alçar voo e orgulhar vocês.

E finalmente, ao Maicon, a quem dedico este trabalho: isto tudo é por você, por nós e nossa futura família. Sua vida é um presente aos que te rodeiam. Luto diariamente para ser uma pessoa melhor e garantir que o mundo seja um pouquinho melhor. Só que o mundo já é um lugar melhor, simplesmente por você existir! Obrigada por ser quem é. Te amo, luz da minha vida!

RESUMO

Os ambientes costeiros apresentam uma série de fatores ambientais intrínsecos e que combinados sugerem um sistema que tende a promover estratégias ecológicas na comunidade vegetal. Estratégias de sobrevivência e captação de recursos podem ser estudadas com base em atributos funcionais e, em nível de comunidade, utilizando médias dos atributos ponderadas pela abundância das espécies. Desta forma, há variação de médias de atributos em comunidades de plantas herbáceas ao longo de um gradiente de recursos edáficos, em restingas? Em caso positivo, (1) quais atributos morfológicos e anatômicos respondem ao gradiente de recursos edáficos, ou seja, são funcionais?; e (2) qual fonte de variação é responsável pela resposta dos atributos funcionais ao gradiente na escala de comunidades: substituição (*turnover*) de espécies ou variabilidade intraespecífica? A coleta do material vegetal e de solo ocorreu ao longo de transecções perpendiculares a linha da praia, subdivididas em 7 ou 8 parcelas cada, na Ilha do Mel e em Pontal do Sul, no estado do Paraná. A abundância das espécies nas parcelas foi obtida por meio da porcentagem relativa de cobertura. Com os resultados da análise química do solo, realizamos uma ordenação através de uma análise de componentes principais (PCA). O principal eixo de variação ambiental edáfica sugere um gradiente de disponibilidade de recursos decrescente, no sentido mar-interior. Após o processamento das amostras vegetais e obtenção dos dados de atributos morfológicos e anatômicos, as médias dos atributos ponderadas pela abundância das espécies por comunidade (CWM) foram calculadas em duas etapas: (1) considerando os dados em conjunto de ambos os sítios, Ilha do Mel e Pontal do Sul, constituindo uma análise de padrões gerais e (2) considerando somente o sítio Ilha do Mel, em uma análise de padrões específica. Dentre os padrões gerais, apenas a área específica foliar (SLA) e conteúdo de matéria seca foliar (LDMC) estiveram relacionados ao gradiente de recursos, porém sem haver relações funcionais consistentes. Dentre os padrões funcionais específicos, além dos atributos SLA e LDMC, os atributos anatômicos relacionados a espessura do parênquima esponjoso (SP), do limbo (LT) e da epiderme adaxial (EpiAd), e plantas rastejantes e/ou escaladoras (RastEsc) demonstraram relações funcionais consistentes ao gradiente de recursos. Nesta escala, altos valores médios para SLA, LT, SP e RastEsc em comunidades mais próximas ao mar, sob maiores concentrações de recursos edáficos, em relação ao extremo oposto do gradiente, sugerem estratégias relacionadas a aquisição de recursos. Enquanto que, altos valores médios de LDMC e EpiAd, em comunidades no extremo mais interior do gradiente, sob menores concentrações relativas de recursos no solo, relacionam-se a uma estratégia relacionada a conservação de recursos. Os padrões identificados são provocados, em geral, pela substituição de espécies, refletindo a sucessão ecológica. Concluimos que na vegetação costeira herbácea estudada podem ser identificados padrões funcionais em relação a um gradiente edáfico, principalmente no sentido mar-interior.

Palavras-chave: Ilha do Mel. Pontal do Sul. Atributos funcionais. Análise de componentes principais (PCA). *Community-weight mean* (CWM). Padrões funcionais. Restinga. *Coastal dunes*.

ABSTRACT

Coastal environments have intrinsic environmental factors that, combined, suggest a system that promotes ecological strategies in the plant community. Survival and fundraising strategies can be studied based on the functional and community-weight mean attributes of these attributes. Thus, is there a variation of attribute means in herbaceous plant communities along a gradient of soil resources in coastal dunes? If so, (1) which morphological and anatomical attributes respond to the gradient of edaphic resources, ie, are they functional? And (2) which source of variation is responsible for the response of functional attributes to the community scale gradient: species turnover or intraspecific variability? Sampling of plant and soil material occurred along perpendicular transitions to the beach line, subdivided into seven or eight plots each, in Ilha do Mel and Pontal do Sul, in the state of Paraná, Brazil. Species abundance in the plots was obtained through the relative percentage of cover. With the results of soil chemical analysis, we performed an ordering through a principal component analysis (PCA). The main axis of edaphic environmental variation suggests a decreasing gradient of sea-inland resource availability. After processing the plant samples and morphological and anatomical attribute data, the community-weight mean (CWM) were calculated in two steps: (1) considering the combined data from both the Ilha do Mel and Pontal do Sul sites, constituting a general pattern analysis and (2) considering only the Ilha do Mel site, in a specific pattern analysis. Among the general patterns, only leaf specific area (SLA) and leaf dry matter content (LDMC) were related to the resource gradient, but without consistent functional relationships. Among the specific functional patterns, besides the SLA and LDMC attributes, the anatomical attributes related to the spongy parenchyma (SP), leaf thickness (LT) and adaxial epidermis (EpiAd), and creeping and / or climbing plants (RastEsc) demonstrated functional relationships consistent with the resource gradient. In this scale, high mean values for SLA, LT, SP and RastEsc in communities closer to the sea, with higher concentrations of edaphic resources, in relation to the opposite end of the gradient, suggest strategies related to resource acquisition. While high mean values of LDMC and EpiAd in communities at the innermost end of the gradient, under lower relative concentrations of soil resources, are related to a resource conservation strategy. The patterns identified are generally caused by species turnover, reflecting ecological succession. We conclude that in the studied herbaceous coastal vegetation functional patterns can be identified in relation to an edaphic gradient, mainly in the sea-inland direction.

Palavras-Chave: Ilha do Mel. Pontal do Sul. Functional attributes. *Community-Weight Mean (CWM). Coastal Dunes.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPAS DE LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO: ILHA DO MEL E PONTAL DO SUL.....	24
FIGURA 2: ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DO SOLO, REFERENTE ÀS ANÁLISES DE PADRÕES GERAIS (ILHA DO MEL E PONTAL DO SUL).....	35
FIGURA 3: ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DO SOLO, REFERENTE AOS PADRÕES ESPECÍFICOS (ILHA DO MEL).....	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E ANATÔMICOS ANALISADOS	28
TABELA 2: RESULTADOS DAS REGRESSÕES LINEARES E MÚLTIPLAS ENTRE OS ATRIBUTOS E AS VARIÁVEIS EDÁFICAS PREDITORAS SELECIONADAS PREVIAMENTE.....	39
TABELA 3: RESULTADOS DA ANÁLISE QUE VERIFICA A PORCENTAGEM DE CONTRIBUIÇÃO DO TURNOVER DE ESPÉCIES E VARIAÇÃO INTRAESPECÍFICA, NA VARIAÇÃO DOS ATRIBUTOS AO LONGO DO GRADIENTE MAR-INTERIOR (PC1).....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AERQ – Aerênquima

ALT – Altura

AMI – Amido

BUL – Células buliformes

C4 – Plantas C4

CAB – Espessura da cutícula da face abaxial

CAD – Espessura da cutícula da face adaxial

CF – Compostos fenólicos

CLASSH – Classe de altura

CRIS – Cristais

CTC – Capacidade de troca catiônica

DIST_MAR – Distância das parcelas em relação ao mar

EST_ANFI – Folha anfiestomática

EST_D – Estômatos desprotegidos

EST_EPI – Folha epiestomática

EST_HIPO – Folha hipoestomática

EST_P – Estômatos protegidos

EPIAD – Espessura da epiderme da face adaxial

ESC – Esclerênquima

ESTRES – Estrutura subterrânea de resistência

LDMC – Conteúdo de matéria seca foliar

LT – Espessura do limbo foliar

PEAD – Espessura da parede periclinal externa das células da epiderme da face adaxial

SP – Espessura do parênquima esponjoso

PP – Espessura do parênquima paliçádico

RASTESC – Planta rastejante ou escalador

RIZ – Rizoma

SLA – Área específica foliar

TAQ – Tecido aquífero

TRI – Tricomas

UG – Umidade gravimétrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	16
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo geral	19
1.1.2 Objetivos específicos.....	19
2 MUDANÇAS MÉDIAS DE ATRIBUTOS FUNCIONAIS EM GRADIENTE EDÁFICO DE DUNAS COSTEIRAS NO SUL DO BRASIL.....	20
2.1 INTRODUÇÃO	20
2.2 METODOLOGIA.....	23
2.2.1 Área de estudo	23
2.2.2 Coleta da vegetação.....	24
2.2.3 Dados edáficos.....	31
2.2.4 Análise estatística	31
2.3 RESULTADOS	34
2.3.1 Padrões gerais de distribuição de atributos em vegetação herbácea costeira .	34
2.3.2 Padrões específicos de distribuição de atributos em vegetação herbácea costeira.....	36
2.3.3 Importância relativa da variação intraespecífica e do <i>turnover</i> de espécies.....	39
2.4 DISCUSSÃO	41
2.5 CONCLUSÕES	48
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
4 CONCLUSÃO GERAL.....	52
REFERÊNCIAS.....	53
APÊNDICE 1	63
APÊNDICE 2	66
APÊNDICE 3	68
APÊNDICE 4.....	69

APÊNDICE 5.....	74
APÊNDICE 6.....	77
APÊNDICE 7.....	80
APÊNDICE 8.....	82
APÊNDICE 9.....	84
APÊNDICE 10.....	85

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, os ecossistemas costeiros - dunas, praias arenosas e lodosas, estuários, restingas, manguezais, costões rochosos, lagunas e marismas - estão inseridos no bioma Mata Atlântica (PRATES; GONÇALVES; ROSA, 2012; MARQUES; SILVA; LIEBSCH, 2015). Estes ecossistemas fazem parte de um “complexo vegetacional edáfico de primeira ocupação”, referindo-se a uma vegetação sob um solo instável e rejuvenescido constantemente, tipicamente chamada de restinga (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991). Estudos revelaram que os habitats marginais da Mata Atlântica, incluindo os tipos vegetacionais costeiros, apresentam diversidade eco-fisiológica e plasticidade ecológica, relevando tipos vegetacionais aparentemente frágeis, devido às condições ambientais (SCARANO et al., 2001; SCARANO, 2002).

Outro aspecto importante das zonas costeiras são os amplos serviços fornecidos por estes ambientes, como proteção eólica e contra tempestades, o sequestro de carbono, ciclagem de nutrientes, purificação de água, recursos para espécies, habitat de reprodução para espécies costeiras, bem como, foco para desenvolvimento econômico e cultural (WOLFE; NICKLING, 1993; NEL et al., 2014; BONITO et al., 2017).

Ecossistemas costeiros estão sujeitos a perturbações constantes e estresse ambiental naturais (PRATES; GONÇALVES; ROSA, 2012). Dentre as características abióticas mais marcantes, cita-se: soterramento eólico e abrasão pela areia; inundação por ascensão do lençol freático; regimes de marés; spray salino; altas temperaturas; alta intensidade luminosa; baixa retenção de água; e, baixo teor de nutrientes (HESP, 1991; RODERJAN et al., 2002; MAUN, 2009; MARQUES; SILVA; LIEBSCH, 2015).

O spray salino é considerado um estresse primário na distribuição de espécies, com sua quantidade correlacionando-se com a distância da praia (HESP, 1991). Entretanto, o impacto do sal pode variar de acordo com outros fatores, como altas taxas de precipitação, que lixiviam o sal para fora da rizosfera. Aliado a isto, a velocidade do vento representa um fator constante, estando relacionado à perda de umidade por evaporação do solo e o aumento da transpiração, culminando com a

redução da estatura de arbustos e árvores ao longo da costa. Dentre os recursos, o teor de água no solo pode ser um fator limitante no desenvolvimento das espécies vegetais, pois solos arenosos apresentam alta porosidade, impedindo a retenção de água (MAUN, 2009).

Esse conjunto de fatores ambientais indica que as plantas devem apresentar estratégias que permitam sua sobrevivência, crescimento e reprodução. A resistência a seca está associada a diversos atributos de plantas costeiras, muitas destas incluídas em uma síndrome foliar chamada de esclerofilia (TURNER, 1994; GARCÍA NOVO et al., 2004). Dentre as inúmeras adaptações apresentadas na literatura, incluem-se a variação nos ciclos de vida e floração, acelerados durante os períodos de deficiência nutricional; variações na morfologia das sementes, como incremento em peso; estratégias de germinação, na qual algumas plantas completam seu ciclo antes do início do período seco; hábito anual; crescimento prostrado; abscisão foliar; redução de área ou volume foliar; hipertrofia celular; suculência; epiderme espessa, evitando a entrada de sais nas folhas; estômatos afundados na epiderme; cutícula espessa; pilosidade; e, mudanças na posição das folhas, como verticalização em relação ao substrato (HESP, 1991; MAUN, 2009).

O Brasil encontra-se dentre os países que lideram em número, as pesquisas mundiais em ambientes costeiros (NEL et al., 2014). No país, as regiões costeiras constituem parte do bioma Mata Atlântica, um dos hotspots mundiais de biodiversidade para conservação, no qual um quarto da população brasileira está assentada, compreendendo milhões de habitantes (MYERS et al., 2000; PRATES; GONÇALVES; ROSA, 2012; MARQUES; SILVA; LIEBSCH, 2015). Dentre os estudos nestas regiões, incluem-se trabalhos em taxonomia (CASTELO; BRAGA, 2017), fitossociologia (MARQUES; SWAINE; LIEBSCH, 2011; MARQUES, 2014), ecologia funcional (AMORIM; MELO JÚNIOR, 2012; CASTANHO; OLIVEIRA; PRADO, 2012; CASTANHO; PRADO, 2014; CASTANHO et al., 2015; CASTANHO; OLIVEIRA; INÁCIO, 2015; MELO JÚNIOR; BOEGER, 2016, 2017; ROSADO et al., 2016; DALOTTO et al., 2018), e plasticidade morfológica, anatômica e fisiológica a nível de espécie (SCARANO et al., 2001; BOEGER; GLUZEZAK, 2006; ROSADO; DE MATTOS, 2007). Entretanto, dentre os campos de estudo citados, é necessário ampliar a compreensão da morfologia e anatomia da vegetação deste ambiente (MARQUES; SILVA; LIEBSCH, 2015).

Na região sul e sudeste do Brasil já foram realizados diversos trabalhos que analisam atributos morfológicos e anatômicos em vegetação costeira, demonstrando que as espécies apresentam grande plasticidade fenotípica (BOEGER & WISNIEWSKI, 2003; BOEGER *et al.*, 2004; BOEGER & GLUZEZAK, 2006; MANTUANO *et al.*, 2006; ARRUDA *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.* 2009; SANTOS *et al.*, 2010; BARCOTOLD & MELO JÚNIOR, 2015; TODOROVSKI *et al.* 2015; LIBERATO & MELO JÚNIOR, 2016; MELO JÚNIOR & BOEGER, 2016; SILVA *et al.*, 2016). As características edáficas destes ambientes contribuem para a plasticidade destes atributos, além de contribuir na estruturação da vegetação ao longo de um gradiente (MELO JÚNIOR & BOEGER, 2015). Nestes trabalhos, o órgão mais estudado é a folha, devido à sua maior exposição e potencial plástico às condições ambientais (SMITH *et al.*, 1997).

São diversos os estudos que analisam padrões nas dinâmicas das comunidades costeiras como os relacionados aos efeitos de gradiente ambiental (LORTIE; CUSHMAN, 2007; LANE *et al.*, 2008; RUOCCO *et al.*, 2014; MELO JÚNIOR; BOEGER, 2016); efeitos da perturbação e distúrbios ambientais (ACOSTA; BLASI; STANISCI, 2000; FOREY *et al.*, 2008; BRUNBJERG *et al.*, 2012, 2015; CICCARELLI; BACARO; CHIARUCCI, 2012); e, mudanças temporais (MILLER; GORNISH; BUCKLEY, 2009; ÁLVAREZ-MOLINA *et al.*, 2012; LANDI; RICCERI; ANGIOLINI, 2012; PAKEMAN *et al.*, 2015; PRISCO *et al.*, 2016; PRISCO; STANISCI; ACOSTA, 2016). Especificamente, alguns estudos verificaram a variação das respostas ecológicas ao ambiente, por meio de atributos funcionais, em áreas costeiras brasileiras. Estes estudos verificaram que espécies podem apresentar estratégias de conservação dos recursos, bem como alcançar a dominância nestes ambientes através de arranjos entre múltiplos atributos (ROSADO *et al.*, 2016; ROSADO; MATTOS, 2017).

No estudo de estratégias de sobrevivência e captação de recursos, em ecossistemas costeiros, podem ser considerados atributos funcionais. As características de um organismo que são consideradas relevantes nas respostas ao ambiente e/ou efeitos do funcionamento de um ecossistema são chamadas de atributos funcionais (DÍAZ & CABIDO, 2001). Sendo assim, nos ajudam a entender sistemas biológicos em termos ecológicos (GARCÍA NOVO *et al.*, 2004), através de uma abordagem funcional. Como exemplo, avaliando atributos funcionais, espécies

podem coexistir se diferirem em seu padrão de uso de água, reduzindo a competição entre elas, em áreas de dunas costeiras (STUBBS; WILSON, 2004). Em restingas, a vegetação é edáfica, pois o solo é um fator decisivo no desenvolvimento vegetal (BONILHA et al., 2012). Isto implica uma distribuição de espécies influenciada por fatores edáficos, como pH, teor de alumínio e quantidade e matéria orgânica (SANTOS-FILHO; ALMEIDA JR; ZICKEL, 2013).

Portanto, a fim de ampliar os estudos ecológicos no nível de comunidade de plantas em ambientes costeiros, questionou-se: em comunidades costeiras de plantas herbáceas, quais atributos anatômicos e morfológicos respondem a um gradiente edáfico? Considerando os atributos funcionais, como eles se distribuem ao longo deste gradiente?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação é estudar a variação dos atributos anatômicos e morfológicos em comunidades de plantas herbáceas ao longo de um gradiente edáfico em restinga, a fim de verificar as estratégias de sobrevivência neste ambiente.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Realizar um levantamento de atributos anatômicos e morfológicos, com potencial funcional, nas espécies de plantas herbáceas em um gradiente edáfico costeiro, coletando dados para análise ecológica
2. Calcular as médias dos atributos por comunidade, ao longo deste gradiente, verificando as estratégias de sobrevivência das espécies em nível de comunidade;
3. Detectar os atributos funcionais médios mais importantes que ajudam a explicar a distribuição e estratégias médias de sobrevivência das plantas em nível de comunidade neste gradiente.

2 MUDANÇAS MÉDIAS DE ATRIBUTOS FUNCIONAIS EM GRADIENTE EDÁFICO DE DUNAS COSTEIRAS NO SUL DO BRASIL

2.1 INTRODUÇÃO

Padrões de distribuição de atributos funcionais em diferentes gradientes, como espaciais, geográficos, climáticos, edáficos e geomorfológicos, são exemplos de estratégias utilizadas pelas plantas em resposta a diferentes ambientes e suas características (DÍAZ; CABIDO; CASANOVES, 1998; LAVOREL; GARNIER, 2002; WRIGHT et al., 2004; DÍAZ et al., 2016). Em ecossistemas costeiros, observa-se intensa ação ambiental relacionada a diferentes graus de estresse e perturbação, principais fatores, que respectivamente, limitam a produtividade e biomassa das plantas (SCARANO, 2002; FOREY et al., 2008). Dentre os fatores de estresse enquadra-se alta insolação e variação de temperatura, a restrição de nutrientes no solo/substrato, altos teores de sódio e baixos níveis de umidade (HESP, 1991; WOLFE; NICKLING, 1993; RODERJAN et al., 2002; FOREY et al., 2008; MAUN, 2009; MARQUES; SILVA; LIEBSCH, 2015). Somado a isto, diferentes graus de perturbações, como o soterramento eólico e o impacto das atividades humanas (BRUNBJERG et al., 2012). Desta forma, diferentes níveis de estresse e perturbação estabelecem gradientes em dunas costeiras, que filtram características morfológicas e anatômicas e que afetam, em conjunto, a composição das comunidades, através das interações bióticas, filtragem de espécies especialistas e generalistas, estrutura filogenética e serviços ecossistêmicos (SCARANO et al., 2001; FOREY et al., 2008; FOREY; TOUZARD; MICHALET, 2010; BRUNBJERG et al., 2012; CARBONI; ZELEN; ACOSTA, 2016; BONITO et al., 2017). Sendo assim, atributos funcionais que verificam as respostas de plantas ao ambiente, por meio de características relacionadas a reprodução, crescimento e sobrevivência, podem ser utilizados para verificar as respostas das plantas ao estresse e perturbação (DÍAZ; CABIDO, 2001; VIOLLE et al., 2007).

“O conjunto de espécies em um local é uma mistura estável de estratégias” (WESTOBY et al., 2002), de modo que atributos funcionais podem ser utilizados como proxy para diferentes estratégias sob diferentes regimes de estresse e perturbação, através de gradientes ambientais (WESTOBY et al., 2002, p.125; DÍAZ et al., 2004).

Interações positivas, como facilitação, sob alto estresse e baixa perturbação podem ser verificadas sob diferentes estratégias tolerantes, através de atributos funcionais relacionados à longevidade foliar, como alto conteúdo de matéria seca foliar (LDMC), e às taxas de crescimento, através de baixa área específica foliar (SLA). Estratégias competitivas e ruderais, sob baixo estresse e diferentes regimes de perturbação, podem ser identificadas por padrões opostos na variação destes atributos (GRIME, 1977; BERTNESS; CALLAWAY, 1994; GARNIER; ORTEZ; ILLE, 2004). Portanto, a variação na disponibilidade de recursos edáficos ao longo de um gradiente pode estabelecer respostas funcionais relacionadas ao estresse ou não (GRIME, 1977). Por exemplo, a composição funcional de comunidades é predominantemente filtrada por fatores em escala local, como condições de solo em escala fina (BRUELHEIDE et al., 2018).

A ecologia funcional em ambientes costeiros já demonstrou a existência de padrões espaciais de distribuição de grupos funcionais ao longo de gradientes, determinados por fatores ambientais (como geomorfológicos, variação do lençol freático e disponibilidade de água, salinidade, distúrbio e nutrientes edáficos) e interações bióticas (DÍAZ BARRADAS et al., 1999; FEAGIN et al., 2007; MAHDAVI; BERGMEIER, 2016). Considerando a variação das respostas funcionais de comunidades, alguns estudos já verificaram relação com a variação dos componentes edáficos (CARBONI; ZELEN; ACOSTA, 2016; MELO JÚNIOR; BOEGER, 2017; CONTI et al., 2017). Os resultados destes estudos apontaram tendências voltadas para a especialização em condições ambientais extremas e importância da heterogeneidade edáfica para a coexistência das espécies, em regiões costeiras da Itália; enquanto que a variação funcional entre formações vegetacionais distintas foi detectada, em planície costeira do Brasil. Entretanto, o estudo de padrões funcionais, exclusivamente em comunidade vegetal herbácea pós-praia, relacionado a um gradiente edáfico, no sul do Brasil, é aparentemente inédito.

Em ambientes costeiros, a ecologia funcional de comunidades tem-se dedicado a testar teorias ecológicas, como da similaridade limitante, verificando como as comunidades são estabelecidas (STUBBS; WILSON, 2004; CORNWELL; ACKERLY, 2009). Outros estudos que verificam a variação de atributos funcionais em diferentes ambientes, utilizando médias dos atributos no nível de comunidades, ponderadas pela abundância das espécies (CWM – Community-weighted mean; GARNIER; ORTEZ;

ILLE, 2004), permitem verificar trade-offs funcionais, revelando estratégias aquisitivas ou conservativas (LOHBECK; LEBRIJA-TREJOS; MARTÍNEZ-RAMOS, 2015) e mudanças fortes de médias de atributos para se ajustar às condições ambientais entre comunidades (COSTA et al., 2017). Estes estudos caracterizaram as comunidades, combinando informações das espécies em nível de comunidade e seus atributos funcionais, resumindo adequadamente as mudanças nos valores dos atributos dentro das comunidades ao longo de gradientes ambientais que as selecionaram (RICOTTA; MORETTI, 2011). Em ambientes de dunas costeiras, a CWM demonstra que em habitats mais próximos do mar e sob maior estresse, as espécies são especialistas em seu uso de recursos e também tendem a ter impactos especializados na comunidade (CARBONI; ZELEN; ACOSTA, 2016). Além disso, suporta a identificação de fatores dirigentes da distribuição de atributos funcionais, como a disponibilidade hídrica (MUNGUÍA-ROSAS et al., 2018).

Dentre os atributos estudados nas plantas, há uma divisão entre “*soft traits*” e “*hard traits*”, baseado na facilidade ou não de se obterem os dados, respectivamente (HODGSON et al., 1999; VIOLLE et al., 2007). Diversos estudos averiguaram características anatômicas de folhas, relacionando-as com características estruturais foliares (como LMA, *leaf dry mass per unit area*; LSM, *leaf specific mass*; LWC, *leaf water content*), relacionando ou não às condições ambientais. Dentre as características utilizadas cita-se densidade foliar (calculada a partir de microscopia), análise do mesofilo (parênquimas paliçádico e esponjoso), espessura média das paredes celulares, padrão de distribuição de estômatos, entre outras, demonstrando que variações na morfologia e fisiologia foliar se baseiam em diferenças anatômicas (GARNIER; LAURENT, 1994; SMITH et al., 1998; CASTRO-DÍEZ; PUYRAVAUD; CORNELISSEN, 2000). Além disso, recentemente se observou que atributos anatômicos estão desacoplados do espectro econômico foliar (equilíbrio entre os custos de construção da folha e o potencial de crescimento) e de características de hidráulica das folhas, sugerindo que esses atributos devem ser investigados com maior profundidade (WRIGHT et al., 2004; LIU et al., 2019). São poucos os trabalhos de cunho ecológico, em território brasileiro, que incluem como variável resposta “*hard traits*” (SCARANO et al., 2009; AMORIM; MELO JÚNIOR, 2012; MELO JÚNIOR; BOEGER, 2016, 2017).

Desta forma, temos como objetivo responder às seguintes perguntas: há variação de médias de atributos funcionais em comunidades de plantas herbáceas ao longo de um gradiente de recursos edáficos, em restingas? Em caso positivo, (1) quais atributos morfológicos e anatômicos respondem ao gradiente edáfico?; e (2) qual fonte de variação é responsável pela resposta dos atributos funcionais ao gradiente na escala de comunidades: substituição (*turnover*) de espécies ou variabilidade intraespecífica. Desta forma, reunindo informações para discutir as estratégias de sobrevivência e distribuição das espécies vegetais em relação ao gradiente edáfico.

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em duas áreas costeiras de dunas frontais (restinga herbácea) no litoral do Paraná (sul do Brasil, costa oriental da América do Sul – Figura 1A e 1B): Ilha do Mel (Sítio 1: Lat -25.548317° S, Lon -48.296328° O) e Pontal do Sul (Sítio 2: Lat -25.574894° S, Lon -48.349015° O).

A Ilha do Mel (Figura 1C) é considerada uma área bem preservada e importante para pesquisas de ecossistemas costeiros (MARQUES; BRITTEZ, 2005). Localizada no litoral do Estado do Paraná, possui 35 Km de perímetro e 2 894 ha de área total, pertence ao município de Paranaguá, cujas duas Unidades de Conservação (Estação Ecológica e Parque Estadual) estão sob a jurisdição do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) (ATHAYDE; BRITTEZ, 2005; BRITTEZ; MARQUES, 2005). Morros rochosos e planícies arenosas são o principal constituinte geológico da ilha. O relevo das planícies é suave ondulado, devido aos cordões litorâneos, e os sedimentos arenosos provém do Quaternário (ANGULO; SOUZA, 2005), constituindo em maioria diferentes tipos de Espodossolos (BRITTEZ, 2005). A praia Grande, situada no Parque Estadual da Ilha do Mel, foi escolhida como sítio de estudo, devido à presença de comunidade vegetal herbácea, com baixo indícios de ação antrópica (com base em observações locais). Nesta praia, identificam-se três regiões distintas: a duna frontal, mais alta, com predomínio de herbáceas; uma zona mediana com arbustos em mosaico e herbáceas; e uma zona ao fundo, mais baixa, com predomínio de herbáceas, de acordo com observações locais.

O balneário de Pontal do Sul (Figura 1D), situado no município de Pontal do Paraná/PR, no continente, é a segunda área de estudo (sítio 2). A região de estudo apresenta indícios de impacto antrópico mais evidentes, pois trata-se de um local utilizado frequentemente por banhistas. As zonas de vegetação identificadas na Ilha do Mel são semelhantes às observadas em Pontal do Sul. Porém, em Pontal do Sul, os arbustos são maiores e são caracteristicamente arvoretas. As zonas mais baixas tendem a acumular mais água em períodos chuvosos, quando comparado com as mesmas zonas na Ilha do Mel.

FIGURA 1: MAPAS DE LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO: ILHA DO MEL E PONTAL DO SUL.



LEGENDA: A – Mapa do Brasil, com indicação da região costeira de estudo (círculo azul), localizada ao sul do país. B- Foto aérea, incluindo ambos os sítios, indicados com *; da esquerda para a direita, Pontal do Sul e Ilha do Mel, respectivamente. C – Foto aérea do sítio 1, Ilha do Mel, com indicação da área de estudo (quadro branco). D- Foto aérea do sítio 2, Pontal do Sul, com indicação da área de estudo (quadro branco). FONTE: Google Earth.

2.2.2 Coleta da vegetação

A coleta de material em campo ocorreu entre Junho e Julho de 2017, em ambos os sítios. Em cada sítio foram estabelecidas três transeções, equidistantes 100 m e dispostas perpendicularmente à linha da costa. Em cada transeção foram

estabelecidas oito parcelas de 4 m², com distâncias variando entre 5 e 15 m. Essas distâncias foram necessárias para evitar as áreas com arbustos (espécies lenhosas agrupadas com mais de 1 metro de altura).

Amostras de todas as espécies observadas em cada parcela foram coletadas. Em campo, as espécies foram identificadas com base em um guia de campo pré-estabelecido e após as coletas, as espécies foram identificadas comparativamente em herbário. Adaptando-se o método de coberturas de Braun-Blanquet, foi estabelecida a abundância de cada espécie, através da porcentagem de cobertura de uma espécie relativa à parcela. Verificamos também a altura máxima da porção fotossintetizante das espécies (caules e folhas), após a análise de todas as parcelas de cada sítio, conferindo um valor máximo por espécie.

Amostras de folha foram obtidas para cada espécie, considerando cinco a 10 indivíduos diferentes por parcela e por sítio, dependendo da abundância. Quando esta foi considerada insuficiente para a amostragem de uma dada espécie por parcela, amostras para medidas dos atributos foram obtidas de indivíduos da mesma espécie ocorrentes nas proximidades da parcela, sob as mesmas condições ambientais. Folhas adultas, totalmente expandidas, expostas ao sol e sem indícios de herbivoria, entre o 3° e 6° nós (a partir do ápice) foram coletadas, totalizando 13 a 15 folhas por espécie, 10 para análise de atributos morfológicos e três a cinco para análise de atributos anatômicos. Além da coleta de material foliar, observou-se a presença de estrutura subterrânea de resistência, rizoma e hábito rastejante ou escalador de cada espécie (RAUNKIÆR, 1934).

Todo o material coletado foi acondicionado em sacos plásticos vedados e úmidos, mantidos em isopor com gelo em campo. Em laboratório, o material foi armazenado em geladeira por, no mínimo, 6 horas, em temperatura aproximada de 4°C, para hidratação completa. Em seguida, o material foliar para análise de atributos morfológicos foi processado e, o material foliar para análise de atributos anatômicos foi fixado em formaldeído, ácido acético e etanol 50% (FAA₅₀) (JOHANSEN, 1940).

2.2.3 Dados de atributos morfológicos e anatômicos

Foram avaliados 6 atributos morfológicos e 18 atributos anatômicos, com descrição e significado funcional de cada um discriminado na Tabela 1. O significado funcional foi atribuído de acordo com o conceito de atributo funcional de VIOLLE et al. (2007), no qual a funcionalidade relaciona-se com características que contribuem para a sobrevivência das espécies no ambiente, neste caso, relacionado às dunas costeiras e potencialmente funcionais quanto as características edáficas. Dentre os *soft traits*, os atributos altura máxima (H), hábito rastejante ou escalador (RastEsc), rizoma (Riz) e estrutura de resistência (EstRes) foram verificados em campo, como descrito anteriormente. Ambos os atributos, área específica foliar (SLA) e conteúdo de matéria seca foliar (LDMC), foram mensurados em laboratório, utilizando 10 folhas completamente hidratadas de cada amostra por espécie/parcela. O valor de SLA é obtido pela razão entre área foliar fresca e massa seca, refletindo a quantidade de massa seca por área foliar (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). Já o valor de LDMC é obtido pela razão entre massa seca e massa fresca (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). Para obter a massa fresca, as folhas foram pesadas uma a uma em balança de precisão. Em seguida, estas folhas foram utilizadas para obter a área foliar, mensuradas, também uma a uma, no software gratuito ImageJ, após a obtenção de imagens das folhas (em escala) em scanner de mesa. Por fim, estas folhas foram secas em estufa por, no mínimo, sete dias, garantindo a desidratação completa. Imediatamente após a retirada da estufa, as folhas foram pesadas novamente, uma a uma, para obter o peso seco.

Dentre os *hard traits*, foram mensurados atributos em nível anatômico. Para tanto, utilizamos a técnica de secção a mão livre, com preparação de lâminas semipermanentes, em três a cinco folhas de cada amostra espécie/parcela. As secções foram coradas com azul de astra e safranina (KRAUS; ARDUIN, 1997) e submetidas a testes histoquímicos com sudan III (SASS, 1951), para detecção de lipídios; lugol (JOHANSEN, 1940), para detecção de amido; e, cloreto férrico (JOHANSEN, 1940), para detecção de compostos fenólicos. A montagem de lâminas semipermanentes foi realizada com gelatina glicerinada (KAISER, 1880). A mensuração da espessura do limbo, tecidos (epiderme adaxial, parênquima paliçádico e esponjoso) e estruturas celulares (cutícula adaxial e abaxial e parede celular periclinal externa das células epidérmicas), bem como a verificação de determinados atributos anatômicos (distribuição e proteção dos estômatos na epiderme, células

buliformes, tricomas, cristais, via fotossintética, esclerênquima, amido, compostos fenólicos, tecido aquífero e aerênquima) foi realizada em microscópio com ocular micrometrada. Os registros fotográficos das secções transversais foliares foram feitos em fotomicroscópio Olympus (BX41) com câmera de captura de imagem acoplada (SC30).

TABELA 1: ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E ANATÔMICOS ANALISADOS

Atributos funcionais	Escala	Descrição	Significado funcional	Referências
Altura máxima da espécie (H)	cm	Altura máxima da porção vegetativa fotossintetizante	Crescimento, relação com luz, competição, reprodução, habilidade para suportar fogo, tempestade, pastoreio	PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013
Hábito rastejante e/ou escaladora (RastEsc)	0=ausente, 1=presente	Hábito da planta adulta	Competição, exploração de recursos, persistência após distúrbios	PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013; WEIHER et al., 1999
Rizoma (Riz)	0=ausente, 1=presente	Caule subterrâneo rastejante	Relacionado a clonalidade, podendo inferir a persistência no ambiente e a capacidade de adquirir espaço	WEIHER et al., 1999
Estrutura de resistência (EstRes)	0=ausente, 1=presente	Tubérculo e outros	Competição, exploração de recursos, persistência após distúrbios	PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013
ATRIBUTOS FOLIARES				
Área foliar específica (SLA)	mm ² /mg	Área foliar dividida pela massa seca	Alta SLA sob condições ricas em nutrientes, culminando com altas taxas fotossintéticas e aumento das taxas relativas de crescimento (RGR)	TURNER, 1994; PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013; WEIHER et al., 1999
Conteúdo de matéria seca foliar (LDMC)	mg/g	Massa seca dividida pela massa fresca	Longevidade, resistência a decomposição e distúrbios físicos como vento, herbivoria e fogo	PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013
Espessura do limbo (LT)	µm	Espessura transversal da folha, verificada entre a cutícula adaxial e a cutícula abaxial, sob microscópio	Alta taxa de assimilação (CO ₂) por unidade de área foliar em folhas mais espessas; folhas mais espessas em condições de alta insolação e baixo estresse	SMITH et al., 1997; GARNIER et al., 1999
Espessura da cutícula adaxial (Cad)	µm	Cutícula da epiderme da face adaxial (superior)	Incrementos na cutícula estão relacionados a esclerofilia, que por sua vez, está associada a solos oligotróficos; resistência a perda de água, predação e à radiação UV-B	TURNER, 1994; DICKISON, 2000
Espessura da cutícula da face abaxial da folha (Cab)	µm	Cutícula da epiderme da face abaxial (inferior)	Idem	Idem
Espessura da parede celular externa da epiderme adaxial (PEAd)	µm	Parede celular periclinal externa das células da epiderme adaxial, incluindo a espessura da cutícula	Incrementos nas paredes epidérmicas está relacionada a esclerofilia, como mencionado anteriormente; resistência	TURNER, 1994; DICKISON, 2000

			a perda de água, predação, proteção contra radiação UV-B	
Espessura da epiderme adaxial (EpiAd)	µm	Epiderme adaxial, incluindo a espessura da parede celular periclinal externa e a cutícula	Proteção da radiação solar; captura de luz em alta insolação e baixo estresse	TURNER, 1994; SMITH et al., 1997
Localização dos estômatos na epiderme	0= não protegido (Est_D), 1= protegido (Est_P)	Estômatos protegidos por células epidérmicas papilhosas ou em pequenos sulcos ou em criptas ou estômatos desprotegidos no mesmo nível das demais células epidérmicas	Estômatos protegidos podem impedir a perda de água, quando localizados em criptas; ou repelir a água e prevenir a oclusão dos estômatos junto da presença de tricomas	JORDAN et al., 2008
Distribuição estomática	1= anfi (Est_Anfi), 2= hipo (Est_Hipo), 3= epi (Est_Epi)	Face de ocorrência dos estômatos na folha: ambas as faces (anfiestomática), somente na face abaxial (hipoestomática) ou somente na face adaxial (epiestomática).	Em condições com alta insolação, baixo estresse está relacionado a folhas hipo ou anfiestomática; enquanto que em alto estresse, somente anfiestomática.	SMITH et al., 1998
Células buliformes (Bul)	0=ausente, 1=presente	Células epidérmicas que controlam o enrolamento foliar	Permitir o enrolamento foliar e proteger contra perda de água, durante períodos de seca ou alta insolação	DICKISON, 2000
Tricomas (Tri)	0=ausente, 1=presente	Anexos epidérmicos uni ou multicelulares	Proteção contra radiação	JORDAN et al., 2008
Via fotossintética C4 (C4)	0=ausente, 1=presente	Verificado pela presença de estrutura Kranz (bainha do feixe vascular com cloroplastos grandes e mesofilo radiado) em cortes anatômicos sob microscópio	Eficiência fotossintética em diferentes tipos de ambientes	BRESINSKY et al., 2013
Espessura total do parênquima paliçádico (PP)	µm	Parênquima clorofiliano com células colunares justapostas, presente em mesofilo bilateral ou isobilateral	Relacionado a propagação da luz e aumento das taxas fotossintéticas em ambiente com alta insolação e baixo estresse	SMITH et al., 1997
Espessura do parênquima esponjoso (SP)	µm	Parênquima clorofiliano com espaços intercelulares grandes	Relacionado a dispersão interna da luz e captura de CO ₂ , aumentando as taxas fotossintéticas em ambientes com alta insolação e baixo estresse	SMITH et al., 1997
Esclerênquima (Esc)	0=ausente, 1=presente	Calotas de células esclerenquimáticas, representadas por fibras ou esclereides	Resistência a danos, perda de água e herbivoria	COLEY, 1988; TURNER, 1994

Cristais (Cris)	0=ausente, 1=presente	Cristais, r�fides e areia cristalina, geralmente constituídos de oxalato de cálcio	Regula�o de cálcio e defesa	FRANCESCHI; NAKATA, 2005
Compostos fenólicos (CF)	0=ausente, 1=presente	Compostos intracelulares constituídos por fenóis, verificados pela rea�o positiva ao cloreto férrico	Prote�o contra radia�o UV-B, defesa contra herbívoros, resposta ao estresse	COLEY, 1988; TURNER, 1994; BOSABALIDIS; KOFIDIS, 2002; KOFIDIS; BOSABALIDIS; MOUSTAKAS, 2003
Amido (Ami)	0=ausente, 1=presente	Gr�os de amido, verificados pela rea�o positiva ao lugol ou sob luz polarizada com forma�o de cruz de malta	Reserva energética para períodos desfavoráveis	DICKISON, 2000
Aerênquima (Aer)	0=ausente, 1=presente	Tecido com grandes espaços intercelulares, que armazenam gases	Resistência a inunda�o, armazenamento e transporte de oxig�nio	DICKISON, 2000
Tecido aquífero (Taq)	0=ausente, 1=presente	Hipoderme, suculência, células grandes com paredes celulares finas, entre outros	Conserva�o de água e tolerância ao sal	DICKISON, 2000

2.2.3 Dados edáficos

A caracterização ambiental do gradiente de recursos edáficos foi realizada através da análise química do solo, verificando a umidade gravimétrica (UG; disponibilidade hídrica), da concentração de matéria orgânica (MO), pH, concentração de nutrientes (Ca, Mg, K, P, Na, Cu, Mn, Fe e Zn), soma de bases (SB), porcentagem de saturação de bases (valor V), capacidade de troca de cátions (CTC) e acidez do solo (H+Al). O solo foi coletado em cada uma das parcelas, por meio de uma amostra mista, composta de 3 subamostras aleatórias, nos 15 centímetros iniciais do solo. As amostras foram obtidas ao longo de 2 semanas consecutivas, sem chuva. A análise química foi realizada no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, no Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR. A disponibilidade hídrica foi calculada através do método de umidade gravimétrica (EMBRAPA, 1997), com auxílio de balança digital e estufa. A distância relativa do mar, como proxy do gradiente mar-interior, foi atribuída a cada parcela, a partir do centro da primeira parcela mais próxima ao mar, de cada transeção, em ambos os sítios.

2.2.4 Análise estatística

2.2.4.1 Padrões de distribuição de atributos em um gradiente

Para verificarmos os padrões de distribuição de atributos em um gradiente, nos valem de duas etapas de análise dos dados, ambas seguindo a mesma metodologia, descrita a seguir. A primeira etapa consistiu na verificação de padrões gerais, utilizando em conjunto os dados edáficos e dados dos atributos morfológicos e anatômicos dos dois sítios de estudo, Ilha do Mel e Pontal do Sul. A segunda etapa verificou padrões específicos, ou seja, em cada um dos sítios separadamente.

Para sintetizar a informação das variáveis de solo em eixos de ordenação representando gradientes edáficos foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) geral e uma específica. Os escores dos componentes significativos foram utilizados como preditores do gradiente ambiental edáfico.

Para determinar a transeção de cada sítio com o gradiente mais intenso, utilizou-se a análise Betadisper, que verifica a variação dos componentes do solo entre as transeções. Inicialmente esta análise foi necessária para direcionar a escolha de uma transeção de cada sítio, afim de facilitar a mensuração dos atributos anatômicos.

Para verificar a correlação entre os atributos mensurados e selecionar aqueles que melhor representariam potenciais atributos funcionais ao longo do gradiente edáfico, utilizou-se também uma PCA, verificando o índice de correlação de Pearson entre as variáveis. O valor de correlação (r) mínimo utilizado para selecionar as melhores variáveis foi entre -0.5 e +0.5.

Para avaliar a resposta de características funcionais ao gradiente edáfico utilizou-se a abordagem de respostas médias de características funcionais no nível de comunidades (GARNIER; ORTEZ; ILLE, 2004). Esta abordagem permite uma avaliação da estrutura funcional em termos da variação das médias de cada atributo entre as comunidades, de modo que, podemos inferir como as comunidades respondem diferencialmente ao longo de um gradiente (CORNWELL; ACKERLY, 2009). A análise partiu da elaboração de uma matriz atributos x amostra/espécie/parcela, bem como uma matriz amostra/espécie/parcela x parcela (comunidade), com valores de porcentagem de cobertura de cada amostra por parcela. Multiplicou-se estas matrizes, resultando numa matriz de média de atributos x parcela. Esta matriz resulta nas respostas médias dos atributos de cada comunidade, considerando o peso da abundância relativa (conferida pela porcentagem de cobertura) de cada amostra por espécie por parcela, conhecido como médias ponderadas pela abundância das comunidades (CWM, do inglês community-weighted means; Garnier et al. 2004). Nesta análise, amostras com maior porcentagem de cobertura (ou seja, maior abundância relativa na parcela) contribuem mais nas médias dos atributos por comunidade (parcela). Portanto, esta análise fornece resultados em nível de comunidade, relacionado a uma abordagem funcional (DÍAZ; CABIDO, 1997). Para executar a análise, utilizou-se o pacote SYNCOSA no ambiente R (disponível em <https://cran.r-project.org/>).

Para avaliar a existência de autocorrelação espacial³ entre as parcelas, com relação ao CWM de cada atributo que apresentou relação significativa ($p < 0.05$) com algum componente significativo da PCA do solo, utilizou-se o Índice de Moran (I),

através do programa SAM (RANGEL; DINIZ-FILHO; BINI, 2010). Primeiro, verificou-se o correlograma espacial com os dados de CWM de cada atributo. Havendo índice de Moran maior que 0.1, entre as classes com menor distância espacial, realizou-se uma seleção de modelos, a fim de verificar quais componentes da PCA do solo melhor explicariam a variação no CWM de cada atributo entre as parcelas. Considerou-se o modelo com menor AICc, ou seja, o modelo mais plausível baseado em análise de máxima verossimilhança. Dependendo do número de componentes da PCA que foram selecionados pela verificação de modelos, foram realizadas regressões lineares simples ou múltiplas, verificando se os preditores ambientais minimizaram a autocorrelação espacial dos resíduos. Ainda havendo autocorrelação ($I > 0.1$), geraram-se filtros espaciais (*principal coordinates of neighborhood matrix* – PCNM; BORCARD; LEGENDRE, 2002) que minimizassem a autocorrelação dos resíduos (RANGEL; DINIZ-FILHO; BINI, 2010). Selecionaram-se os filtros que diminuíram a autocorrelação dos resíduos e novas regressões múltiplas foram feitas, utilizando os preditores edáficos anteriormente identificados através seleção de modelos e os filtros espaciais.

2.2.4.2 Partição do padrão de distribuição de atributos entre e dentro de espécies ao longo de gradiente

Para verificar os efeitos da variação intraespecífica e da substituição (*turnover*) de espécies no padrão de distribuição de atributos em um gradiente, utilizamos a metodologia proposta por LEPS et al. (2011). Este método combina análises de valores médios por atributos, ditos fixos e específicos, e verifica sua diferença. Para tanto, a análise prosseguiu com os atributos considerados funcionais, ou seja, somente aqueles que apresentaram relação significativa a algum gradiente edáfico. Elaboramos, então, duas novas matrizes: uma matriz que considera somente a variação interespecífica, com as médias de cada atributo pelas espécies; e, uma matriz que considera a variação interespecífica mais a variação intraespecífica, com os valores dos atributos de cada amostra/espécie/parcela, para cada comunidade. Em seguida, foram calculados os valores de CWM, a partir das matrizes de atributos e de matrizes de porcentagem de cobertura correspondentes. As médias de cada atributo, ponderadas pela abundância, por comunidade foram calculadas em duas etapas;

cada etapa utilizando uma das matrizes. Utilizamos a função “trait.flex.anova”, descrita por LEPS et al. (2011), no ambiente R. Como resultado da combinação das matrizes de CWM por atributo (interespecífica x intraespecífica e interespecífica) obtivemos a contribuição da substituição de espécies e da variação intraespecífica na variação de cada atributo funcional.

2.3 RESULTADOS

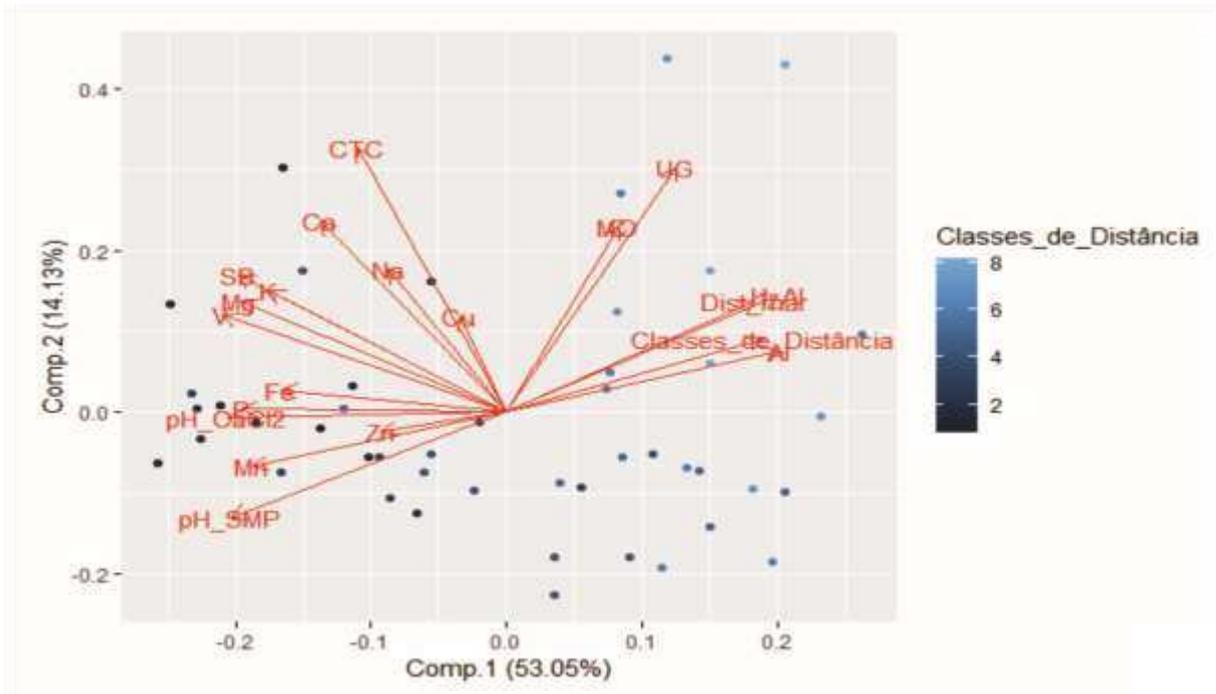
2.3.1 Padrões gerais de distribuição de atributos em vegetação herbácea costeira

Na totalidade dos dados (considerando ambos os sítios) foram analisadas 482 amostras espécie/parcela, de 72 espécies, pertencentes a 23 famílias botânicas. No sítio 1 foram coletadas 291 amostras, distribuídas em 22 parcelas (uma transeção com oito parcelas e duas com sete parcelas); e, no sítio 2, foram coletadas 191 amostras distribuídas em 24 parcelas (três transeções com oito parcelas cada). O número de parcelas na Ilha do Mel foi menor, pois duas transeções eram mais curtas em relação as demais.

Na PCA do solo, os três primeiros eixos são interpretáveis, com 53, 14 e 10%, respectivamente, explicando 77% da proporção acumulada da variação. No eixo um (Comp.1 – Figura 2), verifica-se que valores mais negativos se referem a concentrações mais elevadas de nutrientes (coeficiente de correlação médio entre macro e micronutrientes igual a -0,23) e pH (coeficiente de correlação -0,27) do solo, enquanto que valores mais positivos representam o aumento da distância das parcelas em relação ao mar (coeficiente de correlação 0,24). No eixo dois (Comp.2 – Figura 2), em direção ao extremo positivo, identifica-se aumento na umidade (0,40) e CTC (0,43) do solo. E, finalmente, no eixo três (PC3), verifica-se que no extremo negativo prevalecem altas concentrações de matéria orgânica (MO; -0,47), enquanto que no extremo positivo há maiores concentrações do micronutriente cobre (Cu; 0,40). Como os coeficientes de correlação foram baixos, os gradientes verificados podem ser considerados suaves, significando que a variação dos componentes edáficos verificados é baixa. Entretanto, ainda podemos identificar três gradientes suaves distintos: PC1 que reflete um gradiente suave decrescente de nutrientes na direção

mar-interior; e, PC2 e PC3 que refletem gradientes edáficos suaves desacoplados do gradiente mar-interior, em que PC2 reflete um padrão aleatório na umidade do solo entre as comunidades e PC3 reflete um padrão aleatório entre MO e Cu.

FIGURA 2: ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DO SOLO, REFERENTE ÀS ANÁLISES DE PADRÕES GERAIS (ILHA DO MEL E PONTAL DO SUL)



LEGENDA: UG – umidade gravimétrica; DM – distância do mar; MO – matéria orgânica; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; V – valor V

Através da análise Betadisper, verificamos que a transeção dois possui a maior variação entre as variáveis edáficas analisadas, em ambos os sítios. Desta forma, inicialmente, a verificação dos atributos anatômicos ocorreu ao longo da transeção dois de ambos os sítios. Na seleção de atributos utilizamos o conjunto de dados biológicos da transeção dois de cada sítio, totalizando 153 amostras, de 51 espécies, sendo 99 provenientes do sítio 1 e 54 provenientes do sítio 2. Selecionamos os atributos SLA, LDMC, plantas rastejantes e escaladoras, espessura da parede externa da epiderme adaxial, espessura do limbo, espessura da cutícula adaxial, espessura do parênquima esponjoso, estômatos desprotegidos e folhas anfiestomáticas, eliminando atributos correlacionados.

Com os valores de CWM destes atributos, as regressões lineares simples significativas ($p < 0,05$) com algum gradiente edáfico foram SLA, LDMC, RastEsc, SP, Est/D, LT e PEAd. Todos estes atributos apresentaram autocorrelação espacial entre as parcelas com menor distância entre si ($I > 0,1$).

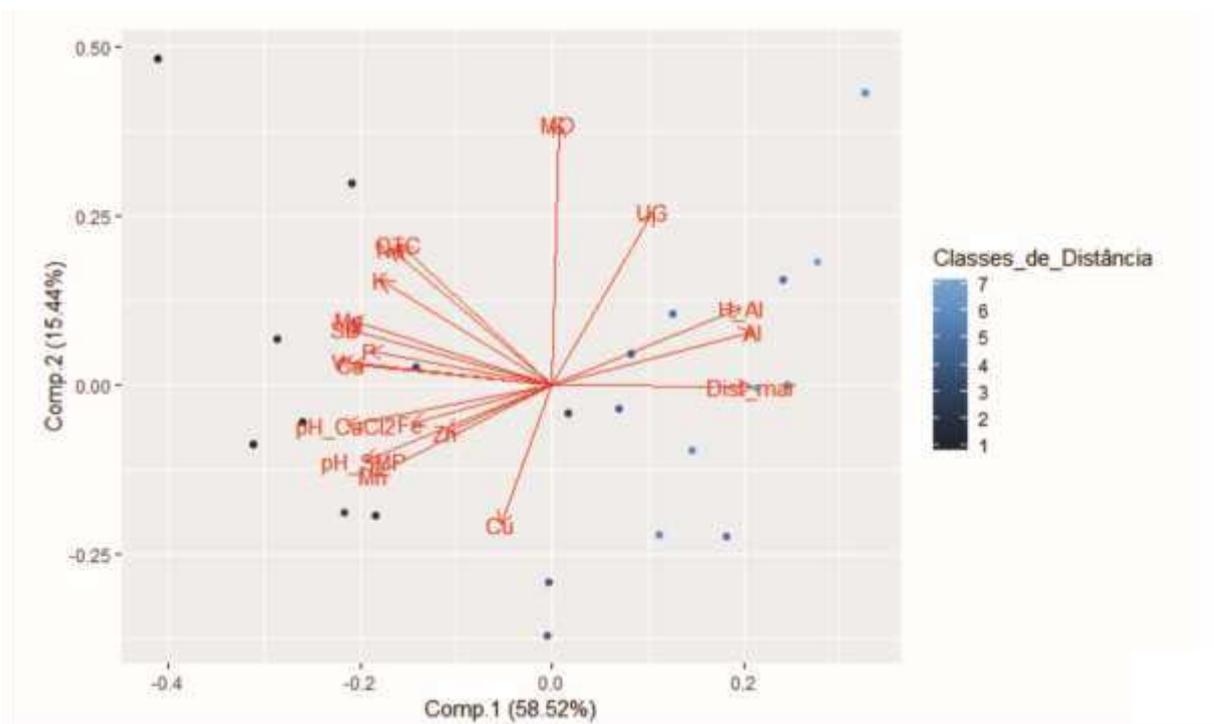
A autocorrelação espacial foi resolvida para os atributos SLA e LDMC (Tabela 2). Para o SLA, o melhor modelo que explica a variação dos dados e diminui a autocorrelação espacial considera o gradiente de recursos (PC1 – Apêndice 9). Porém, a magnitude do efeito do preditor edáfico é suave, mas positiva. Com relação ao LDMC, o melhor modelo considera o mesmo gradiente, porém a autocorrelação espacial só foi minimizada com a adição de dois filtros espaciais (Apêndice 9). A magnitude do efeito do gradiente de recursos é forte e positiva, enquanto que, dos filtros espaciais é suave, positiva para um filtro espacial e negativa para outro. Verificando os valores de correlação de Pearson entre SLA e LDMC obtemos um r igual a $-0,17$. Portanto, os dois atributos apresentam uma correlação baixa e negativa, porém não significativa ($p = 0,26$).

2.3.2 Padrões específicos de distribuição de atributos em vegetação herbácea costeira

Na PCA do solo específica para o sítio 1, os dois primeiros componentes são interpretáveis, explicando 58,52 e 15,44% da variação ambiental, respectivamente. No eixo um (Comp.1 – Figura 3), valores positivos referem-se a distância relativa do mar (coeficiente de correlação $\sim 0,27$) e altas concentrações de alumínio ($\sim 0,26$) e valores negativos referem-se a um conjunto de variáveis edáficas (cálcio, magnésio, potássio, fósforo, entre outros micronutrientes), que juntas representam maior disponibilidade de recursos (coeficiente de correlação médio $\sim -0,23$), somado a maiores valores de pH (coeficiente de correlação $\sim -0,28$). Desta forma, de acordo com este eixo, pode-se estabelecer um gradiente de recursos edáficos, perpendicular à linha da praia, no qual a disponibilidade de recursos e de pH decresce em direção ao interior do continente. No eixo dois (Comp.2 – Figura 3), valores positivos relacionam-se com a alta concentração de matéria orgânica (0,50) e de umidade (0,33) e valores negativos relacionam-se a alta concentração do micronutriente cobre

(~ -0,27). Portanto, com relação a este eixo, interpreta-se um gradiente de matéria orgânica, umidade e cobre, não relacionado à distância do mar, ou seja, há um padrão aleatório destas variáveis edáficas. Os valores baixos nos coeficientes de correlação em relação aos eixos da PCA justificam-se da mesma maneira que para a análise geral.

FIGURA 3: ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DO SOLO, REFERENTE AOS PADRÕES ESPECÍFICOS (ILHA DO MEL).



LEGENDA: UG – umidade gravimétrica; DM – distância do mar; MO – matéria orgânica; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; V – valor V

Verificando a correlação dos atributos em uma PCA, a partir de 289 amostras em 22 parcelas, no sítio 1, considerando atributos morfológicos e anatômicos, selecionou-se os atributos: área foliar específica (SLA), conteúdo de matéria seca foliar (LDMC), plantas C4, plantas rastejantes e/ou escaladoras (RastEsc), espessura do parênquima esponjoso (SP), estômatos desprotegidos (Epi_D), espessura do limbo (LT), espessura da cutícula da face adaxial (Cad), espessura da parede periclinal externa da epiderme adaxial (PEAd) e espessura da epiderme adaxial (EpiAd).

Todos os CWMs dos atributos com relações significativas ($p > 0,05$) a algum eixo da PCA (SLA, LDMC, RastEsc, SP, Cad, PEAd e EpiAd) apresentaram diferentes níveis de autocorrelação espacial ($I > 0,1$) nas classes de distância mais curtas entre parcelas adjacentes.

A autocorrelação espacial foi resolvida para os atributos SLA, LDMC, LT, SP, EpiAd e RastEsc (Tabela 2 – Apêndice 10). O melhor modelo que explica a variação nos valores de CWM de SLA e EpiAd, considera os eixos PC1 e PC2 da PCA edáfica. A relação de SLA e EpiAd com PC1 é relativamente forte e negativa para SLA e positiva para EpiAd; enquanto, a relação com PC2 para ambos os atributos é suave e positiva. Para o LDMC, o melhor modelo considera PC1 mais dois filtros espaciais que minimizam a autocorrelação espacial dos resíduos. A relação entre LDMC e PC1 é positiva e forte, enquanto, a relação com ambos os filtros espaciais é suave e positiva para um filtro e negativa para o outro. A variação das médias dos atributos LT e RastEsc entre as comunidades é melhor explicada por PC1, com adição de um filtro espacial que minimiza a autocorrelação espacial dos resíduos. A relação de ambas as variáveis com PC1 é suave e negativa; enquanto, a relação com o filtro espacial é positiva para ambas, porém suave para LT e relativamente forte para RastEsc. Por fim, a variação de SP é explicada somente por PC1, através de uma relação negativa e relativamente forte.

Verificando a correlação entre os atributos funcionais identificados em relação ao gradiente edáfico, observamos valores negativos e relativamente fortes entre RastEsc e LDMC (-0,71, $p < 0,01$); e, SP e LDMC (-0,68, $p < 0,01$). Observamos, também, valores positivos e relativamente fortes entre SP e LT (0,67, $p < 0,01$); e, SP e RastEsc (0,64, $p < 0,01$). Correlações suaves e negativas ocorrem entre EpiAd e SP (-0,54, $p < 0,01$); SLA e LDMC (-0,45, $p < 0,05$); LT e LDMC (-0,43, $p < 0,05$); e, LT e EpiAd (-0,31, $p > 0,05$); enquanto que positivas, entre EpiAd e LDMC (0,55, $p < 0,01$); LT e RastEsc (0,54, $p < 0,01$); e, SLA e RastEsc (0,47, $p < 0,05$).

TABELA 2: RESULTADOS DAS REGRESSÕES LINEARES E MÚLTIPLAS ENTRE OS ATRIBUTOS E AS VARIÁVEIS EDÁFICAS PREDITORAS SELECIONADAS PREVIAMENTE.

Atributos Funcionais	Resultados por modelo				Resultados por variável preditora			
	p-valor	r	R ²	R ² (adj)	Coeff.	Coeff. padrão (β)	Erro-padrão	t
SLA (geral)								
PC1	0,025	0,33	0,11	0,11	0,412	0,33	0,18	2,32
SLA (específica)								
PC1					-0,46	-0,53	0,15	-2,98
PC2	0,008	0,63	0,40	0,37	0,58	0,34	0,30	1,92
LDMC (geral)								
PC1					3,90	0,24	2,23	1,74
PC3	0,009	0,44	0,20	0,18	13,81	0,37	5,03	2,74
LDMC (específica)								
PC1					11,87	1,04	1,84	6,45
SF1					43,64	0,24	22,40	1,95
SF3	<0,001	0,85	0,73	0,70	-63,66	-0,36	28,54	-2,23
LT (específica)								
PC1					-4,03	-0,29	2,96	-1,36
SF2	0,015	0,60	0,36	0,32	87,97	0,4	46,48	1,89
EpiAd (específica)								
PC1					0,91	0,68	0,21	4,41
PC2	<0,001	0,74	0,55	0,53	0,80	0,31	0,40	2,00
SP (específica)								
PC1	<0,001	0,65	0,43	0,43	-3,78	-0,65	0,98	-3,85
RastEsc (específica)								
PC1					-0,02	-0,37	0,007	-2,60
SF2	<0,001	0,84	0,71	0,69	0,46	0,59	0,11	4,18

LEGENDA: PC1 – *principal component* 1, gradiente de recursos, no sentido mar-interior; PC2 – *principal component* 2, padrão aleatório entre MO e umidade x Cu; PC3 – *principal component* 3, padrão aleatório entre MO e Cu; SF – *spatial filter* (filtro espacial).

2.3.3 Importância relativa da variação intraespecífica e do *turnover* de espécies

A tabela 3 destaca os valores de contribuição da substituição (*turnover*) de espécies e da variação intraespecífica na variação dos atributos ao longo do gradiente mar-interior. Considerando os valores totais, a substituição de espécies é o principal fator relacionado à variação total dos atributos. Entretanto, considerando a variação

ambiental, do gradiente mar-interior, a contribuição entre substituição de espécies e variação intraespecífica é variável entre os atributos.

Considerando a análise geral, para SLA, a substituição de espécies é o principal fator de contribuição na variação dos dados; enquanto que para a análise específica, a variação intraespecífica é a que mais contribui para a variação dos dados. Com relação ao LDMC, na análise geral, não houve contribuições efetivas dos dois fatores ao longo do gradiente.

Na análise específica, a substituição de espécies também é o principal fator que contribui para a variação dos dados ao longo do gradiente, quando comparada com a partição da variação intraespecífica muito baixa. O mesmo ocorre com a variação de plantas rastejantes e/ou escaladoras (RastEsc), da espessura do limbo (LT) e da espessura do parênquima esponjoso (SP). Para a espessura da epiderme adaxial, a contribuição dos fatores é igual ao longo do gradiente. Somente para a variação da SLA, a variação intraespecífica é relativamente mais importante que a substituição de espécies.

TABELA 3: RESULTADOS DA ANÁLISE QUE VERIFICA A PORCENTAGEM DE CONTRIBUIÇÃO DO *TURNOVER* DE ESPÉCIES E VARIAÇÃO INTRAESPECÍFICA, NA VARIAÇÃO DOS ATRIBUTOS AO LONGO DO GRADIENTE MAR-INTERIOR (PC1).

		Ilha do Mel + Pontal do Sul				Ilha do Mel			
		TO	VI	CV	T	TO	VI	CV	T
SLA	PC1	0,109	<0,001	-0,002	0,106	0,026	0,131	0,118	0,275
	Resíduos	0,539	2,167e ⁻⁵	0,134	0,893	0,532	0,093	0,099	0,724
	Total	0,648	0,029	0,132	1	0,558	0,225	0,217	1
LDMC	PC1	0,028	0,004	0,022	0,054	0,244	0,089	0,294	0,627
	Resíduos	0,740	0,073	0,132	0,945	0,285	0,056	0,031	0,373
	Total	0,768	0,077	0,155	1	0,530	0,145	0,326	1
LDMC	PC3	0,053	0,020	0,065	0,138	-	-	-	-
	Resíduos	0,715	0,057	0,090	0,861	-	-	-	-
	Total	0,768	0,077	0,155	1	-	-	-	-
RastEsc	PC1	-	-	-	-	0,440	0	0	0,440
	Resíduos	-	-	-	-	0,56	0	0	0,56
	Total	-	-	-	-	1	0	0	1
LT	PC1	-	-	-	-	0,136	0,011	0,077	0,225
	Resíduos	-	-	-	-	0,58	0,079	0,116	0,775
	Total	-	-	-	-	0,717	0,09	0,193	1
EpiAd	PC1	-	-	-	-	0,117	0,111	0,229	0,457
	Resíduos	-	-	-	-	0,624	0,172	-0,253	0,542
	Total	-	-	-	-	0,741	0,283	-0,024	1
SP	PC1	-	-	-	-	0,333	0,006	0,087	0,426
	Resíduos	-	-	-	-	0,453	0,107	0,013	0,574
	Total	-	-	-	-	0,786	0,113	0,10	1

LEGENDA: TO – turnover de espécies; VI – variação intraespecífica; CV – co-variação; T – total.

2.4 DISCUSSÃO

O gradiente edáfico, apesar de suave, implica em variação nos atributos foliares em nível de comunidade. O gradiente ambiental é suave pois está relacionado à variação, também suave, dos componentes edáficos entre as comunidades, perpendicularmente à linha da praia, no sentido mar-interior.

O gradiente decrescente de disponibilidade de recursos edáficos, em ambas as análises, geral (Ilha do Mel e Pontal do Sul) e específica (somente Ilha do Mel), não é novidade dentre os estudos em sistemas de dunas costeiras em outros locais no mundo (KIM; BAE, 2009; CARBONI; ZELEN; ACOSTA, 2016; ANGIOLINI; BONARI; LANDI, 2017; CONTI et al., 2017). A alta disponibilidade de recursos mais próximo ao mar pode estar relacionado ao spray marinho, que carrega nutrientes, além da salinidade (KIM; BAE, 2009; MAUN, 2009). Além do gradiente principal mar-interior, a ocorrência de variáveis edáficas não estruturadas em relação ao gradiente mar-interior sugere que considerar unicamente a distância do mar como gradiente ambiental nem sempre é confiável (FENU et al., 2012; DALOTTO et al., 2018).

Em locais com solos restritivos, como estepes semiáridas, o solo influencia comunidades de plantas anuais, porém não representa um filtro ambiental tudo ou nada, ou seja, não é a única variável ambiental (LUZURIAGA; GONZÁLEZ; ESCUDERO, 2015). Desta forma, sugere-se que o solo não seja o único fator que condiciona a variação das respostas funcionais ao longo de gradiente mar-interior. Este fato é corroborado por alguns atributos que não foram relacionados a nenhum gradiente edáfico identificado. Estes atributos podem representar características importantes no ambiente de dunas costeiras, como plantas C4. A ausência de variação nas médias por comunidade de plantas C4, por exemplo, representa uma estratégia desacoplada das características edáficas, porém importante em um ambiente com distúrbios e estresse nutricional em geral. Apresentar via fotossintética C4 confere vantagens fisiológicas e morfológicas que levam a dominância de plantas C4 em dunas costeiras (MAHDAVI; BERGMEIER, 2018). Outros atributos que não apresentaram relação ao gradiente edáfico, como folhas anfiestomáticas, tricomas e espessura da cutícula, sugere resposta a fatores distribuídos uniformemente, mas estressantes, como alta luminosidade e alta temperatura.

Os resultados das médias da área específica foliar (SLA) por comunidade nas análises geral (Ilha do Mel e Pontal do Sul) e específica (somente Ilha do Mel) foram distintos. Considerando o significado funcional deste atributo, altos valores de SLA estão relacionados a um aumento da disponibilidade de recursos edáficos (REICH; WALTERS; ELLSWORTH, 1992; POORTER; JONG, 1999; REICH et al., 1999; POORTER; BONGERS, 2006; HODGSON et al., 2011). No padrão específico, a SLA responde a disponibilidade de recursos edáficos, decrescente ao longo do gradiente

mar-interior, uma vez que, a variação das médias por comunidade também é decrescente ao longo deste gradiente. Em ambiente de dunas costeiras, já foi observada relação entre SLA e salinidade (CONTI et al., 2017). Em nossa análise específica, dentre os recursos com maior abundância no extremo do gradiente mais próximo ao mar, está o sódio, um proxy para a salinidade. O SLA também está relacionado à dinâmica de água no ambiente (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013), portanto ao estresse por aridez, implícito na salinidade e na porosidade do solo. Além disso, altos valores de SLA em locais com altas concentrações de nutrientes também já foi identificado anteriormente em zonas costeiras (PAKEMAN; HEWISON; LEWIS, 2017). Considerando que LMA ($1/SLA$) é o inverso de SLA, espécies em solos mais pobres tinham maior LMA e maior longevidade foliar, em locais com altas índices pluviométricos (WRIGHT; WESTOBY; REICH, 2002), corroborando, também, nossos achados.

Além disso, na verificação de padrões específicos, a SLA responde positivamente a um padrão não estruturado ao gradiente mar-interior, com correlação positiva a matéria orgânica. Relação diretamente proporcional entre SLA e MO já foi identificada anteriormente para espécies dominantes em um gradiente de sucessão florística, em zonas costeiras do sul do Brasil (MELO JÚNIOR; BOEGER, 2017).

Considerando os resultados do padrão específico para SLA e analisando os valores de CWM deste atributo em cada sítio separadamente, sugere-se que o padrão geral identificado é influenciado pela variação deste atributo no sítio 2, Pontal do Sul. Altos valores de SLA são observados em determinadas comunidades no sítio 2, as quais apresentavam proximidade com arbustos mais altos que os encontrados no sítio 2. Os períodos de sombra ao longo do dia sobre estas comunidades podem estar influenciando os valores de CWM da SLA, pois este atributo responde positivamente ao aumento de sombreamento (HODGSON et al., 2011).

Altos valores de SLA estão relacionados com altas taxas de crescimento, produtividade e assimilação, além de baixa longevidade foliar, em resposta ao aumento da disponibilidade de recursos edáficos – ou seja – fertilidade. (REICH; WALTERS; ELLSWORTH, 1992; POORTER; JONG, 1999; REICH et al., 1999; POORTER; BONGERS, 2006; HODGSON et al., 2011). Somado a isto, estratégias ruderais ou competitivas se enquadram neste padrão de baixo estresse relativo, relacionado ao solo (maior concentração relativa de nutrientes edáficos que o extremo

oposto do gradiente), somado a alta perturbação (GRIME, 1977; COSTA; CORDAZZO; SEELIGER, 1996). Portanto, encaixa-se nesta descrição as comunidades mais próximas ao mar.

Em ambas as análises, geral e específica, o atributo que considera plantas rastejantes e/ou escaladoras decresce ao longo do gradiente mar-interior. Neste caso, o atributo parece estar mais relacionado as condições geomorfológicas ao longo do gradiente. No extremo mais próximo ao mar ocorrem as dunas, com solo mais instável e maior impacto eólico (HESP, 1991; MAUN, 2009). Desta forma, este tipo de morfologia caulinar, permitiria maior resistência nestes locais com alta mobilidade. Em muitos casos, plantas rastejantes e/ou escaladoras também podem apresentar reprodução vegetativa, um fator adicional importante em locais com alta mobilidade do solo (alta perturbação) e que podem acarretar rupturas ao longo do corpo vegetal.

A variação da espessura do limbo (LT) é uma característica diretamente relacionada com a variação da intensidade luminosa (HODGSON et al., 2011). Entretanto, apesar da alta insolação aparentemente uniforme nas regiões campestres e costeiras, o que sugeriria uma variação na espessura foliar não significativa, nossos resultados demonstraram uma variação média decrescente ao longo do gradiente mar-interior. Folhas mais espessas permitem a exposição de uma fração maior da biomassa foliar à maior intensidade luminosa, permitindo uma maior taxa de retorno fotossintética, possivelmente através de altas taxas de assimilação de gás carbônico por unidade de área foliar (GARNIER et al., 1999; NIINEMETS, 2001). Folhas mais espessas estão relacionadas com alta insolação e baixo estresse relativo ao solo, diretamente relacionados a uma estratégia provavelmente ruderal (GRIME, 1977; SMITH et al., 1997).

A espessura do parênquima esponjoso (SP) foi decrescente ao longo do gradiente mar-interior. Desta forma, podemos inferir baixas densidades foliares, conferida pela abundância de espécies com pouco esclerênquima e células com paredes finas, no extremo do gradiente mais próximo ao mar (NIINEMETS, 2001; RÔÇAS; SCARANO, 2001). Folhas densas estão relacionadas a paredes celulares espessas e baixas frações de espaço aéreo (como a compactação das células do mesofilo, relacionada ao parênquima esponjoso que pode estar pouco desenvolvido), refletindo na longevidade foliar, da mesma forma que o LDMC (NIINEMETS, 2001). Desta forma, a densidade foliar aumentaria ao longo do gradiente, da mesma forma

que o observado para LDMC. Considerando ambiente com alta insolação (folhas de sol) e baixo estresse relativo (maior disponibilidade de recursos edáficos no extremo do gradiente mais próximo ao mar), o parênquima esponjoso está relacionado a dispersão interna da luz e captura de gás carbônico, aumentando a fotossíntese por unidade de área foliar (SMITH et al., 1997).

A ausência de correlações entre SLA e outras variáveis anatômicas importantes no extremo do gradiente com mais recursos, bem como a correlação positiva entre SP e LT, pode indicar que as características anatômicas e morfológicas estão desacopladas. Ou seja, plantas com diferentes estruturas foliares coexistem, resultando numa estratégia aquisitiva, provavelmente ruderal, devido as características edáficas de baixo estresse relativo e alta perturbação (GRIME, 1977; WRIGHT et al., 2004). Entretanto, outro estudo identificou que SLA e LT são negativamente correlacionados, como descrito à priori (DÍAZ et al., 2004). Além disso, algumas divergências evolutivas na estrutura da folha ocorrem repetidamente em direção à extremidade inferior dos gradientes de precipitação e nutrientes do solo. Estes incluem folhas mais estreitas, menor área foliar específica (SLA), lâmina mais espessa e tecido foliar mais denso (CUNNINGHAM; SUMMERHAYES; WESTOBY, 1999). Os resultados divergentes de correlação para espessura do limbo foliar podem ocorrer devido a variações na metodologia de obtenção dos dados. Neste trabalho, este atributo foi medido sob microscópio considerando a espessura de regiões fotossinteticamente ativas, entre nervuras. SP e LT apresentam uma correlação positiva e relativamente forte, podendo haver causalidade entre estes atributos, de modo que a maior espessura do parênquima esponjoso pode implicar numa maior espessura do limbo, nas regiões próximas a praia (SMITH et al., 1997). A porcentagem de volume de ar dentro da folha pode estar aumentando com a espessura, novamente relacionado com aumento das taxas fotossintéticas (SMITH et al., 1997; MEDIAVILLA; ESCUDERO; HEILMEIER, 2001).

Plantas rastejantes e/ou escaladores apresentaram-se com um hábito funcional, estando relacionado a exploração de recursos, persistência após distúrbios e, conseqüentemente, a competição (WEIHER et al., 1999; PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). As comunidades mais próximas ao mar, sob solos relativamente mais ricos em nutrientes, apresentam maior quantidade de plantas com este hábito, correlacionado positivamente com SP, LT e SLA e, negativamente, ao LDMC. Através

da correlação com estes atributos funcionais podemos inferir que se trata de uma estratégia provavelmente ruderal, que visa a aquisição de recursos (GRIME, 1977).

O conteúdo de matéria seca foliar (LDMC), tanto na análise geral quanto específica, é positivamente correlacionado com a disponibilidade decrescente de recursos ao longo do gradiente mar-interior. O LDMC já foi identificado como um preditor do uso de recursos e do conteúdo de nitrogênio foliar, devendo ser utilizado para avaliar gradientes de fertilidade do solo desacoplados da sombra (como ambientes costeiros), além de refletir uma maior longevidade foliar (WILSON; THOMPSON; HODGSON, 1999; HODGSON et al., 2011). Altos valores de LDMC em comunidades sob baixa disponibilidade de recursos edáficos significa que as plantas conservam recursos internos mais eficientemente (POORTER E GARNIER, 1999). Além disso, altos valores de LDMC estão relacionados a esclerofilos em ambientes costeiros (CICCARELLI et al., 2016). Nossos resultados sugerem que as comunidades mais distantes do mar apresentam provavelmente estratégias estresse-tolerantes, sob condições com alto estresse em relação ao solo e baixa perturbação, relativos ao extremo do gradiente mais próximo ao mar (GRIME, 1977).

A espessura da epiderme adaxial (EpiAd) observada foi positivamente correlacionada com o gradiente. Em locais com baixo teor de nutrientes, assim como o extremo interior do gradiente, a espessura total da epiderme adaxial e abaxial foi maior que em outros locais com maior concentração de nutrientes (CUNNINGHAM; SUMMERHAYES; WESTOBY, 1999). Maiores médias na espessura da epiderme também estiveram relacionadas com maior concentração de matéria orgânica e umidade. Em cultivares, o estresse hídrico resultou na diminuição do tamanho das células epidérmicas, característica relacionada a espessura da epiderme (BOSABALIDIS; KOFIDIS, 2002). Desta forma, a espessura da epiderme pode estar respondendo de maneiras semelhantes a variação do estresse de recursos edáficos. Tanto em habitats com menor disponibilidade de recursos quanto maior disponibilidade hídrica e matéria orgânica, uma vez que se trata de um tecido de revestimento e proteção dos órgãos vegetais, que pode conservar recursos (água e nutrientes), este atributo ocorreu com maiores médias por comunidade no extremo do gradiente mais distante do mar.

A correlação relativamente forte e positiva entre EpiAd e LDMC é suportada pela literatura, uma vez que ambos os atributos estão relacionados a esclerofilia.

Longevidade foliar é uma característica relacionada ao LDMC, mas também a alta concentração de materiais estruturais (relacionado à baixa SLA), como a espessura das paredes externas da epiderme que contribuem para a espessura da epiderme e também no conteúdo de matéria seca foliar. Esclerófilos são associados a solos pobres em nutrientes, adaptados à conservação de nutrientes (TURNER, 1994). Além disso, como observado neste trabalho, baixos valores de SLA não estão relacionados com alta espessura da epiderme em solos com baixas concentrações de nutrientes (CUNNINGHAM; SUMMERHAYES; WESTOBY, 1999). Desta forma, considerando o extremo mais interior do gradiente, como um hábitat mais estressante em termos de nutrientes edáficos e com menor perturbação, relativamente ao extremo oposto do gradiente, a estratégia predominante pode ser considerada estresse-tolerante (GRIME, 1977).

Na escala específica, SLA e LDMC são negativamente correlacionados, como descrito pela literatura (WILSON; THOMPSON; HODGSON, 1999). Além disso, as correlações entre atributos anatômicos e SLA foram fracas, indicando que estes atributos estão desacoplados (LIU et al., 2019). Em oposição, as correlações identificadas entre LDMC e os atributos anatômicos são relativamente mais fortes, indicando que a variação anatômica pode ser um componente da variação morfológica da folha em habitats mais estressantes, como a baixa disponibilidade relativa de nutrientes no solo.

O extremo do gradiente mais próximo ao mar pode representar os estágios iniciais na sucessão ecológica, desta forma, favorecendo plantas com crescimento rápido, que adquirem recursos externos rapidamente (GARNIER; ORTEZ; ILLE, 2004), demonstrado pelos altos valores de SLA, altos valores na espessura foliar e do parênquima paliçádico e baixos valores de LDMC, em médias por comunidade, na análise específica. Aliado a isso, a variação da maioria dos atributos está relacionada a substituição de espécies, contribuindo para a sucessão ecológica. Em uma zona costeira da Califórnia, em vegetação lenhosa, observou-se que as tendências nos atributos são também devidas, majoritariamente, a substituição de espécies (CORNWELL; ACKERLY, 2009).

2.5 CONCLUSÕES

As comunidades de plantas herbáceas em ambiente costeiro demonstraram estar exibindo diferentes padrões funcionais médios em relação as variações edáficas. A variação nos padrões médios dos atributos funcionais foi utilizada como proxy para verificar estratégias aquisitivas (ruderal) e conservativas (estresse-tolerante). Considerando menor estresse edáfico nas comunidades mais próximas ao mar, maiores valores de SLA e LT, independentemente, maximizam a sobrevivência das espécies, ao passo que se relacionam com altas taxas de assimilação, implicando em taxas de crescimento mais rápidas. Assim, estas plantas cresceriam e se reproduziriam mais rapidamente, garantindo a sobrevivência da espécie, em um local que sofre continuamente com ventos intensos e erosão marítima, ou seja, alta perturbação. Folhas duras e resistentes (alto LDMC) nestas áreas seriam muito custosas e lentas para serem produzidas, de modo que esta estratégia não otimizaria o desenvolvimento e reprodução necessários para a sobrevivência. Portanto, uma estratégia ruderal tende a ser mais eficiente em comunidades próximas ao mar. Folhas mais longevas, no extremo mais interior do gradiente, através de altos valores médios de LDMC, parece ser uma boa estratégia estresse-tolerante para sobreviver ao estresse de recursos e baixa perturbação relativos. Concluímos que gradientes com variações suaves na disponibilidade de recursos edáficos apresentam padrões funcionais, que incluem *soft traits*, como SLA e LDMC, e *hard traits*, como SP, LT e EpiAd. Além disso, a importância da substituição de espécies na variação dos atributos funcionais, sugere sucessão ecológica. Isto pode significar que as espécies não são tão plásticas como o esperado e cada qual está respondendo a heterogeneidade do gradiente edáfico ao longo da vegetação costeira de plantas herbáceas. Entretanto, para melhor avaliar a plasticidade destes atributos seria interessante verificar a variação das médias por comunidade em uma escala temporal, uma vez que a heterogeneidade edáfica pode variar ao longo do ano.

É importante salientar que não somente as folhas (apesar de serem os órgãos mais plásticos) respondem funcionalmente aos gradientes ambientais. Em regiões semiáridas e áridas da China, há uma forte coordenação de atributos radiculares e foliares. Isto sugere uma forte adaptação da planta inteira para uma estratégia de economia de recursos mais conservadora ou aquisitiva (LIU et al., 2010). Outras

características foliares também podem ser importantes para avaliar a distribuição das espécies em solos heterogêneos, como as concentrações de fósforo foliares, que em uma vegetação arbórea de Borneu, separou as espécies em um segundo eixo de economia foliar que representa um “espectro do hábitat edáfico das folhas” (BALTZER; THOMAS, 2010). Além disso, o sistema radicular e os órgãos subterrâneos também podem ser funcionalmente importantes (OLIVEIRA et al., 2005).

O gradiente de heterogeneidade edáfica entre as comunidades relevou padrões funcionais médios que podem ser discutidos a luz das estratégias ecológicas. Entretanto, pode haver heterogeneidade edáfica dentro das comunidades, refletindo padrões independentes do gradiente de recursos mar-interior (CONTI et al., 2017).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O zoneamento das dunas costeiras está relacionado com a distribuição da vegetação (ACOSTA; CARRANZA; IZZI, 2008). Umidade do solo, nutrientes, exposição ao vento, soterramento pela areia, spray marinho e salinidade: variam consideravelmente através do zoneamento de dunas e tem potencial para serem fatores determinantes (WILSON; SYKES, 1999). Através da ecologia funcional, como um campo interdisciplinar, que fornece metodologias que permitem a compreensão de padrões ecológicos a partir de características morfológicas, fisiológicas ou anatômicas, identificamos atributos funcionais em gradiente edáfico de disponibilidade de recursos, no sentido mar-interior. As médias da comunidade ponderadas pela abundância das espécies (CWMs) resumiram eficientemente as respostas funcionais, de modo que, espécies mais abundantes conferem maior peso a seus atributos pois influenciam em maior escala os processos ecológicos a nível de comunidade. Entretanto, o CWM relaciona-se, apenas, em parte aos processos ecológicos que atuam nas comunidades.

Dentre os estudos em ambiente costeiro, Carboni *et al.* (2013) ressalta a importância da diversidade funcional em capturar os aspectos funcionais de comunidades costeiras. No Brasil, tem-se estudos em comunidade costeira herbácea (CHAGAS *at al.*, 2010), arbustiva (AMORIM & MELO JÚNIOR, 2017), arbórea (VENDRAMI, 2014), e ao longo de um gradiente vegetacional (MELO JÚNIOR & BOEGER, 2017). Desta forma, um estudo funcional mais amplo, na restinga herbácea, incluiria a diversidade funcional, para inferir processos de montagem e serviços ecossistêmicos atuantes dentre as comunidades.

As zonas costeiras, aliado a importância do desenvolvimento de estudos funcionais em restinga herbácea, em vários locais do mundo, são altamente vulneráveis, devido à pressão antrópica (DEFEO *et al.*, 2009; MALAVASI *et al.*, 2014). Além dos fatores ambientais, as pressões antrópicas sofridas pelos ambientes costeiros tende a estar relacionadas aos mesmos fatores, os quais influenciam a degradação e a perda de hábitat: mudanças climáticas (aumento da temperatura, tempestades e nível do mar e mudanças nos padrões ocorrentes), erosão (perda de hábitat), e pressões antrópicas (pastejo e desmatamento, fogo, turismo obrigatório, especulação imobiliária, atropelamento e trilhas entre as plantas, poluição) (BROWN,

2002; CIRNE et al., 2003; CICCARELLI, 2014). Em nosso estudo, o sítio 2 (Pontal do Sul) é potencialmente mais influenciado por atividades antrópicas que o sítio 1 (Ilha do Mel), que por sua vez, está abrigado em um parque ecológico. Em comunidades vegetais costeiras, além dos distúrbios naturais, aqueles de origem antrópica também determinam processos dinâmicos específicos que podem representar um grande potencial de bioindicação da dinâmica e do estado de conservação das regiões costeiras (LOMBA; ALVES; HONRADO, 2008).

Somente em decorrência das alterações climáticas, projeta-se que os ambientes costeiros percam a maior parte de sua distribuição geográfica real (PRISCO; CARBONI; ACOSTA, 2013). O aumento no nível do mar deslocaria as comunidades em resposta a invasão das influências marinhas. Porém, o desenvolvimento humano impediria este processo, resultando no desaparecimento dos sistemas de dunas e da proteção contra a erosão costeira (GREAVER; STERNBERG, 2007).

No Brasil, a vegetação costeira é considerada área de preservação permanente, devido sua importância na fixação de dunas e estabilização de mangues (Lei 12.651, de 25 de maio de 2012). Ampliar os estudos em ambientes costeiros, principalmente nos âmbitos fisiológico e morfológico, junto a um grande número de espécies, pode fornecer informações ecológicas importantes, que auxiliem na preservação, conservação e recomposição destes ambientes, que tem sido constantemente fragmentado (MARQUES *et al.*, 2015). Apesar da riqueza de estratégias com relação às mudanças ambientais, a especulação imobiliária e o turismo predatório são duas fontes de estresse que as plantas destes ambientes podem não ser capazes de suportar (SCARANO *et al.*, 2001).

Para promover a preservação e a conservação desses ambientes, certamente é necessário conhecer com mais propriedade a dinâmica e a ecologia costeira, principalmente ao longo da costa brasileira.

4 CONCLUSÃO GERAL

Verificamos a existência de padrões médios de atributos funcionais em comunidades costeiras de plantas herbáceas, distribuídos ao longo de um gradiente mar-interior, em resposta a variação dos componentes edáficos ao longo deste gradiente. Por fim, concluímos que os padrões identificados nos atributos funcionais, em nível de comunidade, maximizam a sobrevivência das espécies em condições estressantes distintas.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, a; BLASI, C.; STANISCI, a. Spatial Connectivity and Boundary Patterns in Coastal Dune Vegetation in the Circeo National Park, Central Italy. **Journal of Vegetation Science**, v. 11, n. 1, p. 149–154, 2000.
- ACOSTA, A.; CARRANZA, M. L.; IZZI, C. F. Are There Habitats That Contribute Best to Plant Species Diversity in Coastal Dunes? **Biodiversity and Conservation**, v. 18, n. 4, p. 1087–1098, 2008.
- ÁLVAREZ-MOLINA, L. L. et al. Richness, Diversity, and Rate of Primary Succession over 20 Year in Tropical Coastal Dunes. **Plant Ecology**, v. 213, n. 10, p. 1597–1608, 2012.
- AMORIM, M. W.; MELO JÚNIOR, J. C. F. de. FUNCTIONAL DIVERSITY OF RESTINGA SHRUB SPECIES ON THE COASTAL PLAIN OF SOUTHERN BRAZIL. 2012.
- ANGIOLINI, C.; BONARI, G.; LANDI, M. Focal Plant Species and Soil Factors in Mediterranean Coastal Dunes: An Undisclosed Liaison? **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, p. 1–11, 2017.
- ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C. Geologia e geomorfologia. In: MARQUES, M. C. M.; BRITZ, R. M. DE (Ed.). **História Natural e Conservação da Ilha do Mel**. Curitiba: Editora UFPR, 2005.
- ATHAYDE, S. F.; BRITZ, R. M. de. As unidades de conservação. In: **História Natural e Conservação da Ilha do Mel**. [s.l.: s.n.]
- BALTZER, J. L.; THOMAS, S. C. A Second Dimension to the Leaf Economics Spectrum Predicts Edaphic Habitat Association in a Tropical Forest. **PLoS ONE**, v. 5, n. 10, p. 1–7, 2010.
- BERTNESS, M. D.; CALLAWAY, R. Positive Interactions in Communities. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 9, n. 5, p. 187–191, 1994.
- BOEGER, M. R. T.; GLUZEZAK, R. M. Adaptações Estruturais de Sete Espécies de Plantas Para as Condições Ambientais Da Área de Dunas de Santa Catarina, Brasil. **Iheringia - Serie Botanica**, v. 61, n. 1–2, p. 73–82, 2006.
- BONILHA, R. M. et al. Characterization of the Soil Fertility and Root System of Restinga Forests. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1804–1813, 2012.
- BONITO, A. et al. Estuarine, Coastal and Shelf Science CO₂ Sequestration in Two Mediterranean Dune Areas Subjected to a Different Level of Anthropogenic Disturbance. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 196, p. 22–30, 2017.
- BORCARD, D.; LEGENDRE, P. All-Scale Spatial Analysis of Ecological Data by Means of Principal Coordinates of Neighbour Matrices. **Ecological Modelling**, v. 153,

p. 51–68, 2002.

BOSABALIDIS, A. M.; KOFIDIS, G. Comparative Effects of Drought Stress on Leaf Anatomy of Two Olive Cultivars. **Plant Science**, v. 163, p. 375–379, 2002.

BRITEZ, R. M. de. Solos. In: MARQUES, M. C. M.; BRITEZ, R. M. DE (Ed.). **História Natural e Conservação da Ilha do Mel**. Curitiba: Editora UFPR, 2005.

BRITEZ, R. M. de; MARQUES, M. C. M. Caracterização geral. In: MARQUES, M. C. M.; BRITEZ, R. M. DE (Ed.). **História Natural e Conservação da Ilha do Mel**. Curitiba: Editora UFPR, 2005.

BROWN, A. C. Sandy Shore Ecosystems and the Threats Facing Them: Some Predictions for the Year 2025. v. 29, n. 1, p. 62–77, 2002.

BRUELHEIDE, H. et al. Global Trait-Environment Relationships of Plant Communities. **Nature Ecology & Evolution**, v. 2, p. 1906–1917, 2018.

BRUNBJERG, A. K. et al. Disturbance Drives Phylogenetic Community Structure in Coastal Dune Vegetation. **Journal of Vegetation Science**, v. 23, n. 6, p. 1082–1094, 2012.

BRUNBJERG, A. K. et al. Disturbance in Dry Coastal Dunes in Denmark Promotes Diversity of Plants and Arthropods. **Biological Conservation**, v. 182, p. 243–253, 2015.

CARBONI, M.; ZELEN, D.; ACOSTA, A. T. R. Measuring Ecological Specialization along a Natural Stress Gradient Using a Set of Complementary Niche Breadth Indices. **Journal of Vegetation Science**, v. 27, p. 892–903, 2016.

CASTANHO, C. de T. et al. A Meta-Analysis of Plant Facilitation in Coastal Dune Systems: Responses, Regions, and Research Gaps. **PeerJ**, v. 3, p. 1–16, 2015.

CASTANHO, C. T.; OLIVEIRA, A. A.; INÁCIO, P. Does Extreme Environmental Severity Promote Plant Facilitation? An Experimental Field Test in a Subtropical Coastal Dune. **Oecologia**, v. 178, p. 855–866, 2015.

CASTANHO, C. T.; OLIVEIRA, A. A.; PRADO, P. I. The Importance of Plant Life Form on Spatial Associations along a Subtropical Coastal Dune Gradient. **Journal of Vegetation Science**, v. 23, n. 5, p. 952–961, 2012.

CASTANHO, C. T.; PRADO, P. I. Benefit of Shading by Nurse Plant Does Not Change along a Stress Gradient in a Coastal Dune. **PLoS ONE**, v. 9, n. 8, p. 1–9, 2014.

CASTELO, A. J.; BRAGA, J. M. A. Checklist of Sand Dune Vegetation on the Tropical Southeastern Brazil Coast. Pdf. **Check List**, v. 13, n. 2, p. 1–11, 2017.

CASTRO-DÍEZ, P.; PUYRAVAUD, J. P.; CORNELISSEN, J. H. C. Leaf Structure and Anatomy as Related to Leaf Mass per Area Variation in Seedlings of a Wide Range of Woody Plant Species and Types. **Oecologia**, v. 124, p. 476–486, 2000.

CICCARELLI, D. Mediterranean Coastal Sand Dune Vegetation: Influence of Natural

and Anthropogenic Factors. **Environmental Management**, v. 54, n. 2, p. 194–204, 2014.

CICCARELLI, D. et al. Mediterranean Sea Cliff Plants: Morphological and Physiological Responses to Environmental Conditions. **Journal of Plant Ecology**, v. 9, n. 2, p. 153–164, 2016.

CICCARELLI, D.; BACARO, G.; CHIARUCCI, A. Coastline Dune Vegetation Dynamics: Evidence of No Stability. **Folia Geobotanica**, v. 47, n. 3, p. 263–275, 2012.

CIRNE, P. et al. PLANT DIVERSITY , INTERSPECIFIC ASSOCIATIONS , AND POSTFIRE RESPROUTING ON A SANDY SPIT IN A BRAZILIAN COASTAL PLAIN. p. 33–38, 2003.

CONTI, L. et al. Environmental Gradients and Micro-Heterogeneity Shape Fine-Scale Plant Community Assembly on Coastal Dunes. **Journal of Vegetation Science**, v. 28, n. 4, p. 762–773, 2017.

CORNWELL, W. K.; ACKERLY, D. D. Community Assembly and Shifts in Plant Trait Distributions across an Environmental Gradient in Coastal California. **Ecological Monographs**, v. 79, n. 1, p. 109–126, 2009.

COSTA, C. S. B.; CORDAZZO, C. V.; SEELIGER, U. Shore Disturbance and Dune Plant Distribution. **Journal of Coastal Research**, v. 12, n. 12, p. 133–140, 1996.

COSTA, D. S. et al. Community-Weighted Means and Functional Dispersion of Plant Functional Traits along Environmental Gradients on Mount Kilimanjaro. v. 28, p. 684–695, 2017.

CUNNINGHAM, S. A.; SUMMERHAYES, B.; WESTOBY, M. EVOLUTIONARY DIVERGENCES IN LEAF STRUCTURE AND CHEMISTRY , COMPARING RAINFALL AND SOIL NUTRIENT GRADIENTS. **Ecology**, v. 69, n. 4, p. 569–588, 1999.

DALOTTO, C. E. S. et al. Facilitation Influences Patterns of Perennial Species Abundance and Richness in a Subtropical Dune System. **AoB Plants**, v. 10, p. 1–8, 2018.

DEFEO, O. et al. Threats to Sandy Beach Ecosystems: A Review. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 81, p. 1–12, 2009.

DÍAZ BARRADAS, M. C. et al. Plant Functional Types and Ecosystem Function in Mediterranean Shrubland. **Journal of Vegetation Science**, v. 10, n. 5, p. 709–716, 1999.

DÍAZ, S. et al. The Plant Traits That Drive Ecosystems: Evidence from Three Continents. **Journal of Vegetation Science**, v. 15, n. 3, p. 295–304, 2004.

DÍAZ, S. et al. The Global Spectrum of Plant Form and Function. **Nature**, v. 529, n. 7585, p. 167–171, 2016.

DÍAZ, S.; CABIDO, M. Plant Functional Types and Ecosystem Function in Relation to

- Global Change. **Journal of Vegetation Science**, v. 8, p. 463–474, 1997.
- DÍAZ, S.; CABIDO, M. Vive La Différence: Plant Functional Diversity Matters to Ecosystem Processes. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 16, n. 11, p. 646–655, 2001.
- DIAZ, S.; CABIDO, M.; CASANOVES, F. Plant Functional Traits and Environmental Filters at a Regional Scale. **Journal of Vegetation Science**, v. 9, n. 1, p. 113–122, 1998.
- DICKISON, W. C. **Integrative Plant Anatomy**. San Diego: Academic Press, 2000.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2 edição ed. [s.l.: s.n.]
- FEAGIN, R. A. et al. The Spatial Patterns of Functional Groups and Successional Direction in a Coastal Dune Community. **Journal of Vegetation Science**, v. 18, n. 4, p. 417–425, 2007.
- FENU, G. et al. Environmental Factors Influencing Coastal Vegetation Pattern: New Insights from the Mediterranean Basin. **Folia Geobotanica**, 2012.
- FOREY, E. et al. The Relative Importance of Disturbance and Environmental Stress at Local and Regional Scales in French Coastal Sand Dunes. **Journal of Vegetation Science**, v. 19, n. 4, p. 493–502, 2008.
- FOREY, E.; TOUZARD, B.; MICHALET, R. Does Disturbance Drive the Collapse of Biotic Interactions at the Severe End of a Diversity – Biomass Gradient? **Plant Ecology**, v. 206, p. 287–295, 2010.
- GARCÍA NOVO, F. et al. Plant functional types in coastal dune habitats. In: MARTINEZ, M. L.; PSUTY, N. P. (Ed.). **Coastal dunes, ecology and conservation**. Ecological ed. [s.l.] Springer, 2004.
- GARNIER, E. et al. Relationships between Photosynthesis , Nitrogen and Leaf Structure in 14 Grass Species and Their Dependence on the Basis of Expression. **New Phytologist**, v. 143, p. 119–129, 1999.
- GARNIER, E. G.; ORTEZ, J. A. C.; ILLE, G. E. B. PLANT FUNCTIONAL MARKERS CAPTURE ECOSYSTEM PROPERTIES DURING SECONDARY SUCCESSION. **Ecology**, v. 85, n. 9, p. 2630–2637, 2004.
- GARNIER, E.; LAURENT, G. Leaf Anatomy , Specific Mass and Water Content in Congeneric Annual and Perennial Grass Species. **New Phytologist**, v. 128, p. 725–736, 1994.
- GREAVER, T. L.; STERNBERG, L. S. L. Fluctuating Deposition of Ocean Water Drives Plant Function on Coastal Sand Dunes. **Global Change Biology**, v. 13, n. 1, p. 216–223, 2007.
- GRIME, J. P. Three Primary Strategies in Plants. **The American Naturalist**, v. 111, n. 982, p. 1169–1194, 1977.

- HESP, P. A. Ecological Processes and Plant Adaptations on Coastal Dunes. **Journal of Arid Environments**, v. 21, p. 165–191, 1991.
- HODGSON, J. . et al. Allocating C-S-R Plant Functional Types : A Soft Approach to a Hard Problem. **Oikos**, v. 85, p. 282–294, 1999.
- HODGSON, J. G. et al. Is Leaf Dry Matter Content a Better Predictor of Soil Fertility than Specific Leaf Area? **Annals of Botany**, n. 1998, p. 1337–1345, 2011.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book Co. Inc., 1940.
- KAISER, E. Verfahren Zur Herstellung Einer Tadellosen Glycerin-Gelatine. **Bot. Zentralb**, v. 1880, p. 25–26, 1880.
- KIM, D.; BAE, Æ. K. A Conceptual Model of Coastal Dune Ecology Synthesizing Spatial Gradients of Vegetation, Soil , and Geomorphology. **Plant Ecology**, v. 202, p. 135–148, 2009.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédia: Universidade Rural, 1997.
- LANDI, M.; RICCERI, C.; ANGIOLINI, C. Evaluation of Dune Rehabilitation after 95 Years by Comparison of Vegetation in Disturbed and Natural Sites. **Journal of Coastal Research**, v. 284, n. 5, p. 1130–1141, 2012.
- LANE, C. et al. Characterizing Environmental Gradients and Their Influence on Vegetation Zonation in a Subtropical Coastal Sand Dune System. **Journal of Coastal Research**, v. 4, p. 213–224, 2008.
- LAVOREL, S.; GARNIER, E. Predicting Changes in Community Composition and Ecosystem Functioning from Plant Traits : p. 545–556, 2002.
- LEPS, J. et al. Community Trait Response to Environment : Disentangling Species Turnover vs Intraspecific Trait Variability Effects. **Ecography**, v. 34, p. 856–863, 2011.
- LIU, C. et al. Variation in Leaf Morphological, Stomatal, and Anatomical Traits and Their Relationships in Temperate and Subtropical Forests. **Nature**, n. March, p. 1–8, 2019.
- LIU, G. et al. Coordinated Variation in Leaf and Root Traits across Multiple Spatial Scales in Chinese Semi-Arid and Arid Ecosystems. **New Phytologist**, v. 188, p. 543–553, 2010.
- LOHBECK, M.; LEBRIJA-TREJOS, E.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Functional Trait Strategies of Trees in Dry and Wet Tropical Forests Are Similar but Differ in Their Consequences for Succession. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, p. 1–15, 2015.
- LOMBA, A.; ALVES, P.; HONRADO, J. Endemic Sand Dune Vegetation of the Northwest Iberian Peninsula: Diversity, Dynamics, and Significance for Bioindication and Monitoring of Coastal Landscapes. **Journal of Coastal Research**, v. 2, p. 113–121, 2008.

- LORTIE, C. J.; CUSHMAN, J. H. Effects of a Directional Abiotic Gradient on Plant Community Dynamics and Invasion in a Coastal Dune System. **Journal of Ecology**, v. 95, n. 3, p. 468–481, 2007.
- LUZURIAGA, A. L.; GONZÁLEZ, J. M.; ESCUDERO, A. Annual Plant Community Assembly in Edaphically Heterogeneous Environments. **Journal of Vegetation Science**, v. 26, p. 866–875, 2015.
- MAHDAVI, P.; BERGMEIER, E. Plant Functional Traits and Diversity in Sand Dune Ecosystems across Different Biogeographic Regions. **Acta Oecologica**, v. 74, p. 37–45, 2016.
- MAHDAVI, P.; BERGMEIER, E. Distribution of C4 Plants in Sand Habitats of Different Climatic Regions. **Folia Geobotanica**, v. 53, p. 201–211, 2018.
- MALAVASI, M. et al. The Impact of Human Pressure on Landscape Patterns and Plant Species Richness in Mediterranean Coastal Dunes. **Plant Biosystems**, p. 1–10, 2014.
- MARQUES, M. C. M.; BRITZ, R. M. de. **História Natural e Conservação da Ilha do Mel**. Curitiba: Editora UFPR, 2005.
- MARQUES, M. C. M.; SILVA, S. M.; LIEBSCH, D. Coastal Plain Forests in Southern and Southeastern Brazil: Ecological Drivers, Floristic Patterns and Conservation Status. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 38, n. 1, p. 1–18, 2015.
- MARQUES, M. C. M.; SWAINE, M. D.; LIEBSCH, D. Diversity Distribution and Floristic Differentiation of the Coastal Lowland Vegetation : Implications for the Conservation of the Brazilian Atlantic Forest. p. 153–168, 2011.
- MARQUES, R. Forest Structure and Species Composition along a Successional Gradient of Lowland. v. 14, n. 3, 2014.
- MAUN, M. A. **The Biology of Coastal Dunes**. New York: Oxford University Press, 2009.
- MEDIAVILLA, S.; ESCUDERO, A.; HEILMEIER, H. Internal Leaf Anatomy and Photosynthetic Resource-Use Efficiency : Interspecific and Intraspecific Comparisons Internal Leaf Anatomy and Photosynthetic Resource-Use Efficiency : Interspecific and Intraspecific Comparisons. **Tree Physiology**, v. 21, p. 251–259, 2001.
- MELO JÚNIOR, J. C. F. de; BOEGER, M. R. T. Functional Traits of Dominant Plant Species of the Brazilian Sandy Coastal Plain. **International Journal of Current Research**, v. 9, n. 1, p. 45585–45593, 2017.
- MELO JÚNIOR, J. C. F.; BOEGER, M. R. T. Leaf Traits and Plastic Potential of Plant Species in a Light-Edaphic Gradient from Restinga in Southern Brazil. **Acta Biológica Colombiana**, v. 21, n. 1, p. 51–62, 2016.
- MILLER, T. E.; GORNISH, E. S.; BUCKLEY, H. L. Climate and Coastal Dune Vegetation: Disturbance, Recovery, and Succession. **Plant Ecology**, v. 206, n. 1, p. 97–104, 2009.

MUNGUÍA-ROSAS, M. A. et al. Variation in Leaf Traits across a Precipitation Gradient in Coastal Sand Dunes in Yucatan Peninsula. **Journal of Arid Environments**, n. December, p. 0–1, 2018.

MYERS, N. et al. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. **Nature**, v. 403, p. 853–858, 2000.

NEL, R. et al. Estuarine , Coastal and Shelf Science The Status of Sandy Beach Science: Past Trends , Progress , and Possible Futures. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 150, p. 1–10, 2014.

NIINEMETS, Ü. GLOBAL-SCALE CLIMATIC CONTROLS OF LEAF DRY MASS PER AREA , DENSITY , AND THICKNESS IN TREES AND SHRUBS. **Ecology**, v. 82, n. 2, p. 453–469, 2001.

OLIVEIRA, R. S. et al. Deep Root Function in Soil Water Dynamics in Cerrado Savannas of Central Brazil. **Functional Ecology**, v. 19, n. 4, p. 574–581, 2005.

PAKEMAN, R. J. et al. Species Composition of Coastal Dune Vegetation in Scotland Has Proved Resistant to Climate Change over a Third of a Century. **Global Change Biology**, v. 21, n. 10, p. 3738–3747, 2015.

PAKEMAN, R. J.; HEWISON, R. L.; LEWIS, R. J. Linking Functional Traits and Species Preferences to Species ' Abundance and Occupancy Trends through Time to Identify Habitat Changes in Coastal Ecosystems. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 27, n. June, p. 35–44, 2017.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. New Handbook for Standardised Measurement of Plant Functional Traits Worldwide. **Australian Journal of Botany**, 2013.

POORTER, H.; JONG, R. O. B. D. E. A Comparison of Specific Leaf Area , Chemical Composition and Leaf Construction Costs of Field Plants from 15 Habitats Differing in Productivity. **New Phytologist**, v. 143, p. 163–176, 1999.

POORTER, L.; BONGERS, F. LEAF TRAITS ARE GOOD PREDICTORS OF PLANT PERFORMANCE ACROSS 53 RAIN FOREST SPECIES. **Ecology**, v. 87, n. 7, p. 1733–1743, 2006.

PRATES, A. P. L.; GONÇALVES, M. A.; ROSA, M. R. **Panorama da Conservação dos Ecossistemas Costeiros e Marinhos no Brasil**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2012.

PRISCO, I. et al. Temporal Changes in the Vegetation of Italian Coastal Dunes: Identifying Winners and Losers through the Lens of Functional Traits. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 5, p. 1533–1542, 2016.

PRISCO, I.; CARBONI, M.; ACOSTA, A. T. R. The Fate of Threatened Coastal Dune Habitats in Italy under Climate Change Scenarios. v. 8, n. 7, p. 1–14, 2013.

PRISCO, I.; STANISCI, A.; ACOSTA, A. T. R. Mediterranean Dunes on the Go: Evidence from a Short Term Study on Coastal Herbaceous Vegetation. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 182, p. 40–46, 2016.

RANGEL, T. F.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M. SAM: A Comprehensive Application for Spatial Analysis in Macroecology. **Ecography**, v. 33, p. 46–50, 2010.

RAUNKIÆR, C. **The life forms of plants and statistical plant geography**. Oxford: Clarendon Press, 1934.

REICH, A. P. B.; WALTERS, M. B.; ELLSWORTH, D. S. LEAF LIFE-SPAN IN RELATION TO LEAF , PLANT , AND STAND CHARACTERISTICS AMONG DIVERSE ECOSYSTEMS '. **Ecological Monographs**, v. 62, n. 3, p. 365–392, 1992.

REICH, P. B. et al. GENERALITY OF LEAF TRAIT RELATIONSHIPS : A TEST ACROSS SIX BIOMES. **Ecology**, v. 80, n. 6, p. 1955–1969, 1999.

RICOTTA, C.; MORETTI, M. CWM and Rao ' s Quadratic Diversity : A Unified Framework for Functional Ecology. p. 181–188, 2011.

RÔÇAS, G.; SCARANO, F. R. Leaf Anatomical Variation in Alchornea Triplinervia (Spreng) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) under Distinct Light and Soil Water Regimes. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 136, p. 231–238, 2001.

RODERJAN, C. V. et al. As Unidades Fitogeográficas Do Estado Do Paraná, Brasil. **Ciência & Ambiente**, v. 24, p. 75–92, 2002.

ROSADO, B. H. P. et al. Changes in Plant Functional Traits and Water Use in Atlantic Rainforest: Evidence of Conservative Water Use in Spatio-Temporal Scales. **Trees - Structure and Function**, v. 30, n. 1, p. 47–61, 2016.

ROSADO, B. H. P.; DE MATTOS, E. A. Variação Temporal de Características Morfológicas de Folhas Em Dez Espécies Do Parque Nacional Da Restinga de Jurubatiba , Macaé , RJ , Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 3, p. 741–752, 2007.

ROSADO, B. H. P.; MATTOS, E. A. On the Relative Importance of CSR Ecological Strategies and Integrative Traits to Explain Species Dominance at Local Scales. **Functional Ecology**, v. 31, n. 10, p. 1969–1974, 2017.

RUOCCO, M. et al. Mediterranean Coastal Dune Systems: Which Abiotic Factors Have the Most Influence on Plant Communities? **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 149, p. 213–222, 2014.

SANTOS-FILHO, F. S.; ALMEIDA JR, E. B.; ZICKEL, C. S. Do Edaphic Aspects Alter Vegetation Structures in the Brazilian Restinga? **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 3, p. 613–623, 2013.

SASS, W. S. **Botanical microtechnique**. 2. ed. Ames: The Iowa State College Press, 1951.

SCARANO, F. R. et al. Four Sites with Contrasting Environmental Stress in Southeastern Brazil: Relations of Species, Life Form Diversity, and Geographic Distribution to Ecophysiological Parameters. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 136, n. 4, p. 345–364, 2001.

SCARANO, F. R. Structure, Function and Floristic Relationships of Plant Communities in Stressful Habitats Marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. **Annals of Botany**, v. 90, n. 4, p. 517–524, 2002.

SCARANO, F. R. et al. PLANT MORPHO-PHYSIOLOGICAL VARIATION UNDER DISTINCT ENVIRONMENTAL EXTREMES IN RESTINGA VEGETATION Fabio. **Rodriguésia**, v. 60, n. 1, p. 221–235, 2009.

SMITH, W. K. et al. Leaf Form and Photosynthesis: Do Leaf Structure and Orientation Interact to Regulate Internal Light and Carbon Dioxide? **BioScience**, v. 47, n. 11, p. 785–793, 1997.

SMITH, W. K. et al. Associations between Leaf Structure , Orientation , and Sunlight Exposure in Five Western Australian Communities Stable URL : [Http://www.jstor.org/stable/2446554](http://www.jstor.org/stable/2446554) REFERENCES Linked References Are Available on JSTOR for This Article : You May Need to Log In. **American Journal of Botany**, v. 85, n. 1, p. 56–63, 1998.

STUBBS, W. J.; WILSON, J. B. Evidence for Limiting Similarity in a Sand Dune Community. **Journal of Ecology**, v. 92, n. 4, p. 557–567, 2004.

TURNER, I. M. Sclerophylly: Primarily Protective? **Functional Ecology**, v. 8, p. 669–675, 1994.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal**. [s.l: s.n.]

VIOLLE, C. et al. Let the Concept of Trait Be Functional! **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882–892, 2007.

WEIHER, E. et al. Challenging Theophrastus : A Common Core List of Plant Traits for Functional Ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 10, p. 609–620, 1999.

WESTOBY, M. et al. Plant Ecological Strategies: Some Leading Dimensions of Variation Between Species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, n. 1, p. 125–159, 2002.

WILSON, J. B.; SYKES, M. T. Is Zonation on Coastal Sand Dunes Determined Primarily by Sand Burial or by Salt Spray ? A Test in New Zealand Dunes. **Ecology Letters**, p. 233–236, 1999.

WILSON, P. J.; THOMPSON, K.; HODGSON, J. Specific Leaf Area and Leaf Dry Matter Content as Alternative Predictors of Plant Strategies. **New Phytologist**, v. 143, p. 155–162, 1999.

WOLFE, S. A.; NICKLING, W. G. The Protective Role of Sparse Vegetation in Wind Erosion. n. November 2014, 1993.

WRIGHT, I. A. N. J.; WESTOBY, M.; REICH, P. B. Convergence towards Higher Leaf Mass per Area in Dry and Nutrient-Poor Habitats Has Different Consequences for Leaf Life Span. **Journal of Ecology**, v. 90, p. 534–543, 2002.

WRIGHT, I. J. et al. The Worldwide Leaf Economics Spectrum. **Nature**, v. 428, n. 6985, p. 821–827, 2004.

APÊNDICE 1

Valores das variáveis edáficas para cada parcela/comunidade analisada, em ambos os sítios.

P	UG	pH	DM	C	MO	K	P	Na	Cu	Mn	Fe	Zn	Al	H+Al	Ca	Mg	SB	CTC	V
			m	g/dm ³		mg/dm ³							cmol _c /dm ³						%
Ilha do Mel																			
Tranção 1																			
1	5.634	5.1	0	3.7	6.379	2.8	6.1	2.1	0.1	44.2	178.2	1.8	0	1.9	0.5	0.8	1.316	3.216	40.926
2	5.046	5.1	7	3.7	6.379	3.8	4.5	2.6	-0.1	29.2	169	1.8	0	2	0.4	1.1	1.521	3.521	43.198
3	4.989	5.2	14	0.6	1.034	3.7	3.1	1.5	0	34.8	199.8	1.5	0	2	0.3	0.9	1.216	3.216	37.811
4	4.34	4.8	26	0.6	1.034	1.9	2.8	0.9	0.3	18.6	162.9	1.5	0.11	2	0.2	0.4	0.609	2.609	23.336
5	4.674	4.7	33	0.6	1.034	2	3	0.7	0.2	26.5	175.7	1.5	0.13	2.2	0.2	0.5	0.708	2.908	24.351
6	7.581	4.4	45	0.6	1.034	1.9	1.7	0.7	0.4	4.3	105	2.9	0.21	2.5	0.1	0.3	0.408	2.908	14.027
7	7.79	4.4	57	0.6	1.034	1.8	1.5	0.6	0.1	10.6	153.5	1.2	0.22	2.5	0.2	0.5	0.707	3.207	22.051
8	7.744	4.3	69	3.7	6.379	1.8	1.9	0.6	-0.1	13.7	172.1	1.4	0.27	2.5	0.1	0.3	0.407	2.907	14.007
Tranção 2																			
1	6.952	5.1	0	10.2	17.586	7.4	6.3	5.6	0.1	28.8	173.9	2.2	0	2	0.4	1.2	1.643	3.643	45.104
2	3.411	5.2	7	0.6	1.034	3.6	3.8	2	0.1	22.4	146.1	1.3	0	2	0.3	0.8	1.118	3.118	35.854
3	4.55	5.1	14	6.9	11.897	2.2	2.8	0.8	0.1	17.9	163.9	1.2	0	2	0.3	0.9	1.209	3.209	37.677
4	5.008	4.7	28	6.9	11.897	1.9	2.2	0.8	0.1	12.5	143	1	0.1	2.4	0.2	0.4	0.608	3.008	20.222
5	6.19	4.3	40	6.9	11.897	1.7	2.2	0.8	-0.2	1.6	89.5	0.9	0.33	2.4	0.1	0.3	0.408	2.808	14.525
6	5.995	4.2	52	3.7	6.379	1.5	2.2	0.7	-0.3	5.2	123	0.7	0.22	2.4	0.1	0.2	0.307	2.707	11.337
7	8.492	4.1	64	6.9	11.897	1.7	2.2	0.7	0	-1.8	143.7	0.8	0.39	2.5	0.1	0.3	0.407	2.907	14.012

Tranção 3																			
1	5.033	5.4	0	3.7	6.379	3.3	4.8	1.2	0.1	25.6	146.7	1.4	0	1.9	0.3	1.1	1.414	3.314	42.662
2	6.978	5.1	7	6.9	11.897	3.1	2.2	2.5	-0.1	11.5	162.7	1.6	0	2.2	0.4	1.2	1.619	3.819	42.39
3	5.343	4.7	14	3.7	6.379	1.9	2.5	0.7	0	24.6	166.9	1.4	0.19	2.4	0.2	0.6	0.808	3.208	25.185
4	4.729	4.5	26	5.3	9.138	1.6	2.8	0.6	-0.2	24.9	144.3	1.3	0.15	2.2	0.1	0.5	0.607	2.807	21.616
5	4.905	4.4	41	10.2	17.586	1.4	2.2	0.5	0	15.6	152.2	1.2	0.18	2.2	0.1	0.4	0.506	2.706	18.692
6	5.134	4.6	48	0.6	1.034	1.6	1.9	0.6	0	13.8	122.2	0.9	0.16	2.2	0.2	0.4	0.607	2.807	21.616
7	15.457	4.2	55	8.5	14.655	1.7	1.7	0.7	-0.1	-2.3	118.3	0.7	0.36	2.7	0.1	0.3	0.407	3.107	13.11

P	UG	pH	DM	C	MO	K	P	Na	Cu	Mn	Fe	Zn	Al	H+Al	Ca	Mg	SB	CTC	V
			m	g/dm ³		mg/dm ³							cmol _c /dm ³						%

Pontal do Sul

Tranção 1

1	3.688	6.5	0	2.1	3.621	6.2	6.1	0.8	0.2	26.1	194	1.3	0	1.8	0.4	1.4	1.819	3.619	50.267
2	3.845	6.8	7	0.6	1.034	4.5	6.3	0.8	0	37.4	203.6	1.8	0	1.8	0.4	1.5	1.915	3.715	51.548
3	4.43	5.7	14	0.6	1.034	3.4	4.8	0.7	0	19.3	148.5	1	0	2	0.3	1.3	1.612	3.612	44.625
4	4.052	5.1	21	0.6	1.034	2.3	4.8	0.9	0	11.3	117.5	3	0.11	2.2	0.2	1.1	1.31	3.51	37.318
5	4.07	5.1	28	0.6	1.034	1.8	5.5	0.7	0.3	28.3	189.7	1.7	0.13	2.2	0.2	1.2	1.408	3.608	39.018
6	3.306	4.6	38	3.7	6.379	2.6	5.9	0.5	0	25.6	180.7	1.6	0.14	2.4	0.2	0.6	0.809	3.209	25.206
7	4.21	4.5	55	3.7	6.379	2.1	3.8	0.6	0.3	10	155.8	1.2	0.18	2.4	0.3	0.7	1.008	3.408	29.577
8	6.836	4.8	67	3.7	6.379	2.4	3.8	0.5	0.1	0.5	114.4	1.2	0.21	2.4	0.4	0.9	1.308	3.708	35.281

Tranção 2

1	4.4	6.9	0	6.9	11.897	8.8	8.5	1.6	0.1	30.7	205.7	1.7	0	1.8	0.3	1.6	1.929	3.729	51.736
2	3.619	6.8	7	0.6	1.034	4.3	5.9	0.8	0.2	19.4	149.7	1.1	0	1.8	0.4	1.5	1.914	3.714	51.541

3	4.352	6.6	19	0.6	1.034	3.8	7.4	0.8	0.2	24	181	1.2	0	1.8	0.2	1.5	1.713	3.513	48.765
4	5.452	5.8	31	5.3	9.138	6.7	4.3	2.5	0	38.6	183.7	1.5	0	2	0.3	1.6	1.928	3.928	49.084
5	3.934	4.9	43	3.7	6.379	1.7	4.5	0.6	0.2	6.6	146.9	1.3	0.16	2.4	0.3	0.4	0.707	3.107	22.754
6	17.161	4.6	54	5.3	9.138	3.2	3.5	1	0.1	1.8	144.8	1.4	0.22	2.5	0.3	1.1	1.413	3.913	36.103
7	13.12	4.5	81	3.7	6.379	3	2.8	0.9	0.2	1.3	128	2.3	0.22	2.4	0.2	0.5	0.712	3.112	22.869
8	21.338	4.4	93	6.9	11.897	2.7	2	1.1	0.4	6	133.6	0.9	0.31	3	0.4	0.6	1.012	4.012	25.219
Tranção 3																			
1	2.962	6.6	0	0.6	1.034	5.6	9.1	1.2	0.3	44.2	216.1	2.6	0	1.8	0.4	1.2	1.62	3.42	47.361
2	3.101	6.8	7	0.6	1.034	4.4	6.6	1	0.2	30.2	198	1.5	0	1.8	0.4	1.6	2.016	3.816	52.825
3	2.891	6.3	14	0.6	1.034	4.2	6.6	0.8	0.1	43	212	2.1	0	1.9	0.3	1.9	2.214	4.114	53.819
4	3.579	5.9	26	6.9	11.897	3.8	5.9	0.8	0.1	26.4	193.2	1.5	0	1.9	0.2	0.8	1.013	2.913	34.78
5	4.68	5.6	38	0.6	1.034	6	4.8	1.2	0	33.2	184.5	1.5	0	2	0.3	1.3	1.621	3.621	44.76
6	5.674	4.7	55	3.7	6.379	2.2	2.7	0.9	0.1	2.6	147.8	1.1	0.35	2.2	0.3	0.9	1.21	3.41	35.475
7	17.076	4.4	75	8.5	14.655	2.6	2.3	1	0.3	10.7	166.1	1.2	0.3	2.7	0.5	0.9	1.411	4.111	34.323
8	10.138	4.3	92	3.7	6.379	2.3	1.5	0.9	0.2	11.1	167.1	1.2	0.3	2.7	0.2	0.9	1.11	3.81	29.13

Legenda: P – parcela; UG – umidade gravimétrica; DM – distância do mar; MO – matéria orgânica; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; V – valor V.

APÊNDICE 2

Tabela com ranking do número total de amostras por espécie por sítio de estudo, bem como, a respectiva família de cada espécie.

Espécies	Amostras			Família
	Ilha do Mel	Pontal do Sul	Total	
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	17	19	36	Apiaceae
<i>Spartina ciliata</i>	11	14	25	Poaceae
<i>Ischaemum minus</i>	12	9	21	Poaceae
<i>Microstachys corniculata</i>	17	1	18	Euphorbiaceae
<i>Sporobolus virginicus</i>	9	7	16	Poaceae
<i>Smilax campestris</i>	13	2	15	Smilacaceae
<i>Eragrostis sp</i>	8	6	14	Poaceae
<i>Sphagneticola trilobata</i>	12	2	14	Asteraceae
<i>Stylosanthes viscosa</i>	10	4	14	Fabaceae
<i>Paspalum pumilum</i>	8	5	13	Poaceae
<i>Tibouchina clavata</i>	11	2	13	Melastomataceae
<i>Andropogon lateralis</i>	8	4	12	Poaceae
<i>Conyza bonariensis</i>	9	3	12	Asteraceae
<i>Cyperus ligularis</i>	6	6	12	Cyperaceae
<i>Dichantherium sabulorum</i>	12	0	12	Poaceae
sp58	9	3	12	Poaceae
<i>Pterocaulon lorentzii</i>	7	4	11	Asteraceae
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	6	5	11	Poaceae
<i>Ageratum conyzoides</i>	7	3	10	Asteraceae
<i>Andropogon sp</i>	1	8	9	Poaceae
<i>Marsypianthes chamaedrys</i>	2	7	9	Lamiaceae
sp5_	3	6	9	Poaceae
<i>Varronia curassavica</i>	9	0	9	Boraginaceae
<i>Diodia radula</i>	4	4	8	Rubiaceae
<i>Eragrostis ciliaris</i>	0	8	8	Poaceae
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	1	7	8	Convolvulaceae
<i>Aristolochia trilobata</i>	5	1	6	Aristolochiaceae
<i>Baccharis sp</i>	5	1	6	Asteraceae
<i>Fimbristylis cymosa</i>	6	0	6	Poaceae
<i>Symphopappus casarettoi</i>	1	5	6	Asteraceae
<i>Chamaecrista flexuosa</i>	4	1	5	Cesalpiniaceae
<i>Epidendrum fulgens</i>	5	0	5	Orchidaceae

<i>Imperata brasiliensis</i>	0	5	5	Poaceae
<i>Lantana undulata</i>	4	1	5	Verbenaceae
<i>Porophyllum ruderale</i>	2	3	5	Asteraceae
sp64	5	0	5	Poaceae
<i>Androtrichum trigynum</i>	0	4	4	Poaceae
<i>Sauvagesia erecta</i>	4	0	4	Ochnaceae
sp54	4	0	4	Asteraceae
sp66	4	0	4	Poaceae
<i>Zornia latifolia</i>	3	1	4	Fabaceae
<i>Borreria sp</i>	2	1	3	Rubiaceae
<i>Centella asiatica</i>	3	0	3	Apiaceae
<i>Cynodon maritimus</i>	0	3	3	Poaceae
<i>Cyperus aggregatus</i>	2	1	3	Cyperaceae
<i>Cyperus sp</i>	0	3	3	Cyperaceae
<i>Kyllinga vaginata</i>	2	1	3	Cyperaceae
sp76	2	1	3	Poaceae
sp94	0	3	3	Polygalaceae
<i>Coccocypselum sp</i>	2	0	2	Rubiaceae
<i>Cuphea calophylla</i>	0	2	2	Lithraceae
<i>Digitaria fuscescens</i>	2	0	2	Poaceae
<i>Ipomoea cairica</i>	2	0	2	Convolvulaceae
<i>Ipomoea sp</i>	0	2	2	Convolvulaceae
<i>Phyllanthus tenellus</i>	0	2	2	Euphorbiaceae
<i>Rhinchospora tenuis</i>	2	0	2	Cyperaceae
sp84	0	2	2	Poaceae
sp87	2	0	2	Poaceae
<i>Xyris jupicai</i>	0	2	2	Xyridaceae
<i>Achyrocline satureioides</i>	1	0	1	Asteraceae
<i>Blutaparon portulacoides</i>	0	1	1	Amaranthaceae
<i>Chloris ciliata</i>	1	0	1	Poaceae
<i>Davilla rugosa</i>	1	0	1	Dilleniaceae
<i>Enhydra sp</i>	0	1	1	Asteraceae
<i>Ludwigia sp</i>	0	1	1	Onagraceae
<i>Panicum sp</i>	1	0	1	Poaceae
<i>Pleurocaulon angustifolium</i>	0	1	1	Asteraceae
<i>Polygala appendiculata</i>	0	1	1	Polygalaceae
sp101	0	1	1	Poaceae
sp108	0	1	1	Asteraceae
sp72	1	0	1	Não identificada
<i>Vigna longifolia</i>	1	0	1	Fabaceae
Total	291	191	482	23

APÊNDICE 3

Espécies com maior número de ocorrências total entre os sítios estudados.



Legenda: A - *Hydrocotyle bonariensis*; B - *Spartina ciliata*; C - *Ischaemum minus*; D - *Microstachys corniculata*; E - *Sporobolus virginicus*; F - *Smilax campestris*; G - *Eragrostis sp.*; H - *Sphagneticola trilobata*; I - *Stylosanthes viscosa*; J - *Paspalum pumilum*; K - *Tibouchina clavata*; L - *Andropogon lateralis*; M - *Conyza bonariensis*; N - *Cyperus ligularis*; O - *Dichantherium sabulorum*; P - sp58.

APÊNDICE 4

Valores médios dos atributos significativamente relacionados com o gradiente edáfico por espécie e por sítio.

Espécie	SLA			LDMC		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
<i>Achyrocline satureioides</i>	27,689	27,689	27,689	156,897	156,897	156,897
Ilha do Mel	27,689	27,689	27,689	156,897	156,897	156,897
<i>Ageratum conyzoides</i>	41,331	30,354	53,597	125,664	102,719	161,705
Ilha do Mel	42,701	31,303	53,597	120,724	102,719	148,128
Pontal do Sul	38,133	30,354	45,913	137,191	112,678	161,705
<i>Andropogon lateralis</i>	19,542	16,573	26,955	345,755	302,137	379,885
Ilha do Mel	20,133	16,573	26,955	346,213	302,137	379,885
Pontal do Sul	18,359	16,731	20,973	344,839	332,043	371,418
<i>Andropogon sp</i>	11,833	9,273	14,651	334,332	317,978	369,742
Ilha do Mel	14,651	14,651	14,651	321,725	321,725	321,725
Pontal do Sul	11,481	9,273	12,892	335,907	317,978	369,742
<i>Androtrichum trigynum</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pontal do Sul	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>Aristolochia trilobata</i>	22,558	18,335	26,715	202,520	176,588	231,668
Ilha do Mel	22,809	18,335	26,715	196,691	176,588	219,269
Pontal do Sul	21,301	21,301	21,301	231,668	231,668	231,668
<i>Baccharis myriocephala</i>	2,541	0,000	15,243	37,296	0,000	223,775
Ilha do Mel	3,049	0,000	15,243	44,755	0,000	223,775
Pontal do Sul	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>Blutaparon portulacoides</i>	11,937	11,937	11,937	85,074	85,074	85,074
Pontal do Sul	11,937	11,937	11,937	85,074	85,074	85,074
<i>Borreria sp</i>	34,029	14,630	50,189	175,221	107,246	247,962
Ilha do Mel	43,728	37,267	50,189	138,850	107,246	170,455
Pontal do Sul	14,630	14,630	14,630	247,962	247,962	247,962
<i>Centella asiatica</i>	17,276	14,906	18,943	174,774	159,435	190,239
Ilha do Mel	17,276	14,906	18,943	174,774	159,435	190,239
<i>Chamaecrista flexuosa</i>	23,072	19,032	30,307	355,982	153,355	482,051
Ilha do Mel	24,082	20,020	30,307	324,464	153,355	428,571
Pontal do Sul	19,032	19,032	19,032	482,051	482,051	482,051
<i>Chloris ciliata</i>	28,269	28,269	28,269	243,895	243,895	243,895
Ilha do Mel	28,269	28,269	28,269	243,895	243,895	243,895
<i>Coccocypselum sp</i>	26,085	21,466	30,704	228,385	203,787	252,983
Ilha do Mel	26,085	21,466	30,704	228,385	203,787	252,983
<i>Conyza bonariensis</i>	23,800	19,074	27,164	117,781	97,720	139,017

Ilha do Mel	24,033	19,074	27,164	115,161	97,720	124,312
Pontal do Sul	23,102	21,223	25,690	125,642	107,921	139,017
<i>Cuphea calophylla</i>	18,462	16,692	20,233	314,513	296,798	332,227
Pontal do Sul	18,462	16,692	20,233	314,513	296,798	332,227
<i>Cynodon maritimus</i>	25,597	19,416	31,862	394,994	373,984	431,648
Pontal do Sul	25,597	19,416	31,862	394,994	373,984	431,648
<i>Cyperus aggregatus</i>	25,102	21,308	29,650	255,835	231,214	284,804
Ilha do Mel	25,479	21,308	29,650	241,350	231,214	251,486
Pontal do Sul	24,348	24,348	24,348	284,804	284,804	284,804
<i>Cyperus ligularis</i>	9,185	8,042	9,874	261,638	201,763	278,584
Ilha do Mel	9,215	8,136	9,874	254,075	201,763	270,286
Pontal do Sul	9,155	8,042	9,732	269,202	249,196	278,584
<i>Cyperus sp</i>	19,460	18,272	21,434	300,270	266,231	327,582
Pontal do Sul	19,460	18,272	21,434	300,270	266,231	327,582
<i>Davilla rugosa</i>	8,479	8,479	8,479	381,921	381,921	381,921
Ilha do Mel	8,479	8,479	8,479	381,921	381,921	381,921
<i>Dichanthelium sabulorum</i>	23,771	18,627	30,029	235,404	212,338	274,378
Ilha do Mel	23,771	18,627	30,029	235,404	212,338	274,378
<i>Digitaria fuscescens</i>	27,877	27,877	27,878	180,868	124,242	237,493
Ilha do Mel	27,877	27,877	27,878	180,868	124,242	237,493
<i>Diodia radula</i>	17,680	11,921	22,471	178,371	147,346	267,038
Ilha do Mel	18,498	16,763	20,815	165,741	157,268	183,086
Pontal do Sul	16,862	11,921	22,471	191,002	147,346	267,038
<i>Enhydra sp</i>	22,078	22,078	22,078	118,902	118,902	118,902
Pontal do Sul	22,078	22,078	22,078	118,902	118,902	118,902
<i>Epidendrum fulgens</i>	8,564	6,963	10,963	65,342	55,688	77,130
Ilha do Mel	8,564	6,963	10,963	65,342	55,688	77,130
<i>Eragrostis ciliaris</i>	28,425	23,704	32,494	309,305	278,334	336,878
Pontal do Sul	28,425	23,704	32,494	309,305	278,334	336,878
<i>Eragrostis sp</i>	19,010	12,994	30,597	372,306	301,447	419,203
Ilha do Mel	22,171	15,709	30,597	347,849	301,447	401,611
Pontal do Sul	14,795	12,994	16,513	404,917	389,374	419,203
<i>Fimbristylis cymosa</i>	13,030	10,985	14,378	248,364	220,298	275,519
Ilha do Mel	13,030	10,985	14,378	248,364	220,298	275,519
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	20,143	15,766	25,534	143,620	109,144	175,905
Ilha do Mel	21,266	16,948	25,534	134,493	109,144	175,905
Pontal do Sul	19,137	15,766	23,838	151,786	125,073	168,472
<i>Imperata brasiliensis</i>	13,352	10,583	15,657	395,329	381,124	413,599
Pontal do Sul	13,352	10,583	15,657	395,329	381,124	413,599
<i>Ipomoea cairica</i>	47,448	40,898	53,999	103,325	98,264	108,385
Ilha do Mel	47,448	40,898	53,999	103,325	98,264	108,385
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	12,763	8,119	17,028	128,842	86,182	168,312
Ilha do Mel	17,028	17,028	17,028	86,182	86,182	86,182
Pontal do Sul	12,154	8,119	14,814	134,936	113,742	168,312
<i>Ipomoea sp</i>	27,803	26,198	29,408	195,048	191,598	198,498

Pontal do Sul	27,803	26,198	29,408	195,048	191,598	198,498
<i>Ischaemum minus</i>	28,850	25,802	33,526	278,680	238,022	316,718
Ilha do Mel	27,642	25,802	29,920	285,947	266,514	316,718
Pontal do Sul	30,461	27,725	33,526	268,991	238,022	291,931
<i>Kyllinga vaginata</i>	23,101	15,177	29,650	249,303	231,214	265,632
Ilha do Mel	22,413	15,177	29,650	248,423	231,214	265,632
Pontal do Sul	24,475	24,475	24,475	251,064	251,064	251,064
<i>Lantana undulata</i>	21,872	18,414	24,380	208,020	181,368	239,992
Ilha do Mel	22,736	22,083	24,380	200,027	181,368	217,227
Pontal do Sul	18,414	18,414	18,414	239,992	239,992	239,992
<i>Ludwigia sp</i>	22,792	22,792	22,792	265,146	265,146	265,146
Pontal do Sul	22,792	22,792	22,792	265,146	265,146	265,146
<i>Marsypianthes chamaedrys</i>	37,180	26,386	59,990	168,688	87,254	222,486
Ilha do Mel	52,822	45,654	59,990	107,920	87,254	128,586
Pontal do Sul	32,711	26,386	45,012	186,050	141,149	222,486
<i>Microstachys corniculata</i>	23,813	16,556	30,490	209,715	174,343	285,078
Ilha do Mel	23,945	16,556	30,490	209,060	174,343	285,078
Pontal do Sul	21,570	21,570	21,570	220,847	220,847	220,847
<i>Panicum sp</i>	20,145	20,145	20,145	196,634	196,634	196,634
Ilha do Mel	20,145	20,145	20,145	196,634	196,634	196,634
<i>Paspalum pumilum</i>	38,221	32,307	49,528	174,071	159,851	198,685
Ilha do Mel	37,991	32,449	49,528	173,416	159,851	195,638
Pontal do Sul	38,589	32,307	43,324	175,118	163,102	198,685
<i>Phyllanthus tenellus</i>	22,156	17,876	26,436	331,898	304,207	359,589
Pontal do Sul	22,156	17,876	26,436	331,898	304,207	359,589
<i>Pleurocaulon angustifolium</i>	19,210	19,210	19,210	241,868	241,868	241,868
Pontal do Sul	19,210	19,210	19,210	241,868	241,868	241,868
<i>Polygala appendiculata</i>	26,760	26,760	26,760	216,450	216,450	216,450
Pontal do Sul	26,760	26,760	26,760	216,450	216,450	216,450
<i>Porophyllum ruderale</i>	34,010	26,762	42,430	137,856	115,365	166,520
Ilha do Mel	37,823	33,217	42,430	134,584	132,170	136,999
Pontal do Sul	31,467	26,762	38,983	140,038	115,365	166,520
<i>Pterocaulon lorentzii</i>	16,608	11,836	24,185	262,501	205,996	326,729
Ilha do Mel	16,448	11,836	24,185	262,999	229,398	294,335
Pontal do Sul	16,888	12,429	19,841	261,628	205,996	326,729
<i>Rhinchospora tenuis</i>	14,673	14,443	14,903	289,843	269,945	309,740
Ilha do Mel	14,673	14,443	14,903	289,843	269,945	309,740
<i>Sauvagesia erecta</i>	31,816	25,748	38,152	211,187	180,103	254,818
Ilha do Mel	31,816	25,748	38,152	211,187	180,103	254,818
<i>Smilax campestris</i>	7,339	6,125	9,256	360,016	312,391	388,312
Ilha do Mel	7,235	6,125	8,537	358,371	312,391	388,312
Pontal do Sul	8,018	6,780	9,256	370,702	363,381	378,024
<i>sp101</i>	32,727	32,727	32,727	272,449	272,449	272,449
Pontal do Sul	32,727	32,727	32,727	272,449	272,449	272,449
<i>sp108</i>	25,136	25,136	25,136	190,397	190,397	190,397

Pontal do Sul	25,136	25,136	25,136	190,397	190,397	190,397
sp5	8,388	6,804	9,697	387,977	362,484	408,901
Ilha do Mel	9,340	8,970	9,697	377,932	362,484	403,414
Pontal do Sul	7,912	6,804	8,863	393,000	379,059	408,901
sp54	23,751	21,761	24,657	143,241	122,281	152,475
Ilha do Mel	23,751	21,761	24,657	143,241	122,281	152,475
sp58	24,818	20,377	30,802	302,885	257,313	357,485
Ilha do Mel	25,781	23,014	30,802	299,785	257,313	322,552
Pontal do Sul	21,930	20,377	23,331	312,184	273,394	357,485
sp64	13,462	11,941	15,805	400,284	387,663	410,934
Ilha do Mel	13,462	11,941	15,805	400,284	387,663	410,934
sp66	16,424	12,355	20,040	401,181	379,892	415,553
Ilha do Mel	16,424	12,355	20,040	401,181	379,892	415,553
sp72	5,374	5,374	5,374	300,372	300,372	300,372
Ilha do Mel	5,374	5,374	5,374	300,372	300,372	300,372
sp76	25,554	21,796	28,958	237,682	203,829	285,616
Ilha do Mel	23,852	21,796	25,909	254,609	223,602	285,616
Pontal do Sul	28,958	28,958	28,958	203,829	203,829	203,829
sp84	31,448	30,066	32,830	201,444	193,888	208,999
Pontal do Sul	31,448	30,066	32,830	201,444	193,888	208,999
sp87	12,686	12,300	13,071	337,432	316,068	358,795
Ilha do Mel	12,686	12,300	13,071	337,432	316,068	358,795
sp94	53,418	40,796	71,708	159,767	141,454	174,950
Pontal do Sul	53,418	40,796	71,708	159,767	141,454	174,950
Spartina ciliata	13,937	9,294	60,937	377,110	340,096	414,166
Ilha do Mel	11,230	9,828	13,148	362,138	340,096	391,294
Pontal do Sul	16,064	9,294	60,937	388,874	346,014	414,166
Sphagneticola trilobata	23,858	19,155	31,044	142,185	81,274	187,007
Ilha do Mel	24,002	19,155	31,044	136,168	81,274	176,230
Pontal do Sul	22,993	21,008	24,978	178,288	169,569	187,007
Sporobolus virginicus	13,881	11,008	16,884	414,622	359,359	452,330
Ilha do Mel	14,803	12,597	16,884	396,401	359,359	431,783
Pontal do Sul	12,696	11,008	14,353	438,048	412,731	452,330
Stenotaphrum secundatum	22,205	18,310	27,364	223,579	177,262	244,939
Ilha do Mel	22,987	18,310	27,364	220,082	177,262	244,939
Pontal do Sul	21,267	20,261	22,550	227,776	216,188	237,279
Stylosanthes viscosa	17,254	13,813	19,831	226,971	193,785	257,311
Ilha do Mel	17,427	15,341	19,831	222,148	193,785	253,009
Pontal do Sul	16,820	13,813	19,294	239,029	215,631	257,311
Symphopappus casarettoi	11,346	9,304	16,251	220,514	180,783	245,003
Ilha do Mel	11,498	11,498	11,498	208,103	208,103	208,103
Pontal do Sul	11,316	9,304	16,251	222,996	180,783	245,003
Tibouchina clavata	7,996	6,496	9,362	302,463	263,429	341,461
Ilha do Mel	8,065	6,855	9,362	300,053	263,429	341,461
Pontal do Sul	7,617	6,496	8,738	315,720	307,461	323,980

<i>Varronia curassavica</i>	12,984	10,907	16,316	213,316	153,695	249,068
Ilha do Mel	12,984	10,907	16,316	213,316	153,695	249,068
<i>Vigna longifolia</i>	17,215	17,215	17,215	266,166	266,166	266,166
Ilha do Mel	17,215	17,215	17,215	266,166	266,166	266,166
<i>Xyris jupicai</i>	24,583	19,555	29,611	196,092	187,443	204,740
Pontal do Sul	24,583	19,555	29,611	196,092	187,443	204,740
<i>Zornia latifolia</i>	24,968	21,414	28,185	158,589	152,460	173,138
Ilha do Mel	25,266	21,414	28,185	153,740	152,460	155,930
Pontal do Sul	24,076	24,076	24,076	173,138	173,138	173,138

LEGENDA: NA – não avaliado; SLA – área específica foliar; LDMC – conteúdo de matéria seca foliar.

APÊNDICE 5

Valores médios dos atributos significativamente relacionados com o gradiente edáfico por espécie, da Ilha do Mel.

Espécies	RastEsc	EpiAd			SP			LT		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Achyrocline_satureioides	0	72,364	72,364	72,364	128,560	128,560	128,560	267,260	267,260	267,260
Ageratum_conyzoides	0	29,907	39,187	26,300	91,223	110,986	66,539	217,754	278,780	146,280
Andropogon_lateralis	0	54,147	79,500	43,262	0,000	0,000	0,000	172,681	331,120	131,291
Andropogon_sp	0	32,112	32,112	32,112	0,000	0,000	0,000	255,640	255,640	255,640
Aristolochia_trilobata	1	41,255	50,844	34,565	69,108	119,082	39,360	170,482	208,330	131,140
Baccharis_myriocephala	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Borreria_sp	0	55,230	55,230	55,230	36,031	36,031	36,031	153,700	153,700	153,700
Centella_asiatica	0	38,282	41,255	35,680	141,930	151,060	130,310	317,890	343,620	298,800
Chamaecrista_flexuosa	0	21,269	23,527	18,977	72,755	80,615	63,495	179,794	196,295	160,190
Chloris_ciliata	0	54,858	54,858	54,858	0,000	0,000	0,000	153,550	153,550	153,550
Coccocypselum_sp	1	36,557	41,028	32,086	46,985	49,523	44,447	160,430	161,482	159,378
Conyza_bonariensis	0	46,173	55,527	39,917	136,875	336,980	99,235	299,399	346,110	257,300
Cyperus_aggregatus	0	96,169	103,361	88,977	0,000	0,000	0,000	203,973	217,460	190,485
Cyperus_ligularis	0	30,544	33,896	26,537	0,000	0,000	0,000	644,357	689,730	584,320
Davilla_rugosa	1	31,034	31,034	31,034	100,700	100,700	100,700	310,580	310,580	310,580
Dichanthelium_sabulorum	0	38,504	57,534	18,943	43,555	74,666	0,000	283,511	344,450	230,740
Digitaria_fuscescens	1	45,599	51,710	39,487	0,000	0,000	0,000	159,295	159,360	159,230
Diodia_radula	0	50,175	54,635	44,823	99,570	110,162	87,639	225,138	239,870	212,480
Epidendrum_fulgens	0	28,510	32,558	25,779	0,000	0,000	0,000	2160,280	2568,000	1732,000
Eragrostis_sp	0	23,835	60,210	11,039	0,000	0,000	0,000	159,231	180,940	114,480

Fimbristylis_cymosa	0	35,639	39,917	33,227	0,000	0,000	0,000	475,106	521,240	449,030
Hydrocotyle_bonariensis	0	24,379	28,321	18,955	179,524	221,610	150,230	410,557	488,040	354,825
Ipomoea_cairica	1	43,396	46,206	40,586	68,890	75,115	62,665	225,553	233,230	217,875
Ipomoea_pes-caprae	1	49,952	49,952	49,952	194,220	194,220	194,220	716,000	716,000	716,000
Ischaemum_minus	0	48,521	57,423	39,248	0,000	0,000	0,000	128,097	137,780	121,180
Kyllinga_vaginata	0	146,288	151,975	140,602	0,000	0,000	0,000	272,655	279,710	265,600
Lantana_undulata	0	37,130	46,161	28,210	61,855	67,569	54,412	175,891	192,226	157,884
Marsypianthes_chamaedrys	0	35,478	38,398	32,558	66,385	76,796	55,973	174,545	182,259	166,830
Microstachys_corniculata	0	37,628	44,377	31,034	70,737	96,280	62,665	205,316	230,740	181,770
Panicum_sp	1	68,238	68,238	68,238	0,000	0,000	0,000	233,230	233,230	233,230
Paspalum_pumilum	0	63,309	68,634	51,736	0,000	0,000	0,000	196,295	235,720	162,680
Porophyllum_ruderale	0	26,872	27,429	26,314	98,770	111,220	86,320	228,043	238,210	217,875
Pterocaulon_lorentzii	0	39,048	49,100	28,141	52,513	79,952	35,405	177,049	192,750	152,640
Rhinchospora_tenuis	0	103,359	113,616	93,103	32,349	64,698	0,000	240,035	250,160	229,910
Sauvagesia_erecta	0	58,189	62,331	56,545	31,297	34,716	29,982	152,014	158,589	145,702
Smilax_campestris	1	29,715	37,018	22,489	198,825	237,380	154,380	405,063	480,478	313,556
sp5_	0	18,593	19,652	17,506	0,000	0,000	0,000	444,697	457,330	431,880
sp54	1	20,739	20,739	20,739	220,365	220,365	220,365	344,035	344,035	344,035
sp58	0	49,004	62,775	40,140	0,000	0,000	0,000	132,339	148,570	117,030
sp64	0	25,957	41,032	16,279	0,000	0,000	0,000	144,436	158,610	137,780
sp66	0	59,457	72,252	40,586	0,000	0,000	0,000	153,135	175,960	138,610
sp72	0	NA								
sp76	0	26,091	26,091	26,091	0,000	0,000	0,000	185,090	185,090	185,090
sp87	0	47,722	47,722	47,722	0,000	0,000	0,000	330,340	330,340	330,340
Spartina_ciliata	0	17,324	18,286	16,155	0,000	0,000	0,000	364,065	437,410	287,180
Sphagneticola_trilobata	1	49,639	57,757	40,363	92,608	127,405	68,400	264,506	346,940	224,515
Sporobolus_virginicus	0	19,916	24,196	16,056	0,000	0,000	0,000	204,513	226,590	187,580
Stenotaphrum_secundatum	0	33,998	45,659	28,098	0,000	0,000	0,000	233,209	273,070	183,845
Stylosanthes_viscosa	0	26,225	34,119	22,300	66,068	87,150	53,120	274,938	321,210	220,780

Symphiopappus_casarettoi	0	22,300	22,300	22,300	25,645	25,645	25,645	452,350	452,350	452,350
Tibouchina_clavata	0	26,213	37,687	20,070	60,085	72,698	53,743	167,953	193,564	154,539
Varronia_curassavica	0	27,744	31,443	25,199	76,285	94,552	64,893	231,213	254,400	205,425
Vigna_longifolia	1	28,098	28,098	28,098	73,870	73,870	73,870	177,620	177,620	177,620
Zornia_latifolia	0	52,740	55,527	47,388	89,349	107,486	78,719	225,622	241,530	210,820

LEGENDA: RastEsc – planta rastejante e/ou escaladora; EpiAd – espessura da epiderme adaxial; SP – espessura do parênquima esponjoso; LT – espessura do limbo foliar.

APÊNDICE 6

Resultado da análise geral das médias por comunidade ponderadas pela abundância das espécies, referentes aos atributos significativamente relacionados ao gradiente ambiental edáfico.

S	T	P	Distmar	SLA				LDMC			
				m	CWM	Média	Var	DesvPad	CWM	Média	Var
1	1	1	0	22,08737	20,725	51,524	7,178	237,0642	236,660	17109,286	130,802
			2	24,12164	24,955	87,688	9,364	208,8155	216,657	13286,662	115,268
			3	20,54529	26,166	198,704	14,096	226,1906	220,037	13724,258	117,151
			4	18,20017	19,049	90,755	9,527	229,2122	231,484	6945,767	83,341
			5	18,05335	17,886	59,788	7,732	267,8285	222,428	7437,286	86,240
			6	17,32891	18,158	81,446	9,025	293,3804	279,481	7122,340	84,394
			7	21,96653	20,898	112,083	10,587	298,6977	240,862	10310,803	101,542
			8	14,01637	18,501	67,053	8,189	294,9106	234,378	9664,245	98,307
2	1	1	0	25,13602	20,832	67,144	8,194	151,2913	232,049	21921,348	148,059
			2	23,43503	23,656	263,807	16,242	189,0415	238,284	19065,140	138,077
			3	16,75803	21,576	96,686	9,833	239,4711	220,772	7618,132	87,282
			4	17,73061	20,003	87,664	9,363	263,8331	235,628	11356,211	106,566
			5	18,41891	19,726	122,941	11,088	263,3873	229,990	8499,499	92,193
			6	19,07064	16,879	70,343	8,387	279,0224	267,933	11318,415	106,388
			7	17,28276	17,763	112,988	10,630	290,6019	263,800	13048,235	114,229
3	1	1	0	19,56668	21,816	37,494	6,123	254,2626	217,568	8618,847	92,838
			2	23,32574	26,170	183,255	13,537	219,1437	202,680	7839,531	88,541
			3	21,46787	23,555	125,315	11,194	285,823	237,350	9301,018	96,442

		4	26	21,78141	21,512	63,554	7,972	266,5781	240,549	7651,900	87,475
		5	41	15,99281	20,627	108,583	10,420	222,1736	209,788	7142,844	84,515
		6	48	19,71743	19,741	44,996	6,708	246,5222	254,526	6035,686	77,690
		7	55	23,22199	18,343	55,441	7,446	300,6923	271,339	4941,213	70,294
2	1	1	0	15,94537	21,522	110,583	10,516	125,2657	158,936	4030,841	63,489
		2	7	13,16188	17,602	95,111	9,753	291,956	254,549	16972,064	130,277
		3	14	28,02097	26,693	256,424	16,013	285,6246	239,447	13860,962	117,733
		4	21	14,91441	18,572	92,417	9,613	257,7577	281,727	10842,698	104,128
		5	28	26,29607	21,463	144,939	12,039	252,0599	293,488	13819,509	117,556
		6	38	21,83444	20,660	42,032	6,483	215,7112	237,768	6888,074	82,994
		7	55	18,23617	21,494	90,343	9,505	284,0139	260,004	14584,979	120,768
		8	67	24,14706	24,423	103,068	10,152	237,5961	229,385	6018,047	77,576
	2	1	0	11,93652	11,937	#DIV/0!	#DIV/0!	85,07436	85,074	#DIV/0!	#DIV/0!
		2	7	12,88231	12,410	7,556	2,749	405,0418	402,570	206,480	14,369
		3	19	10,23571	12,530	20,941	4,576	372,5713	279,426	34510,104	185,769
		4	31	16,29706	21,811	94,149	9,703	285,6584	252,625	11523,736	107,349
		5	43	22,69175	20,631	113,354	10,647	247,6939	256,202	7523,876	86,740
		6	54	20,02407	21,265	159,240	12,619	303,5156	278,848	9740,448	98,694
		7	81	21,84291	18,389	59,554	7,717	305,9153	303,188	6070,813	77,915
		8	93	19,26721	18,086	108,542	10,418	226,4341	257,816	15784,203	125,635
	3	1	0	12,59165	11,611	15,621	3,952	246,3498	223,023	11390,970	106,728
		2	7	11,85753	12,675	21,563	4,644	286,6793	236,938	19464,650	139,516
		3	14	15,10567	16,490	46,553	6,823	221,8657	228,533	11322,483	106,407
		4	26	14,29643	15,161	90,761	9,527	292,878	288,812	22544,940	150,150
		5	38	19,60699	15,338	101,696	10,084	313,2414	253,258	23452,086	153,141
		6	55	20,81724	25,352	599,040	24,475	293,9395	251,346	7278,373	85,313
		7	75	20,12723	22,026	53,558	7,318	259,1024	261,917	8359,388	91,430
		8	92	23,16297	13,957	96,850	9,841	268,5552	288,549	23407,258	152,994

LEGENDA: S – sítio (1: Ilha do Mel; 2: Pontal do Sul); T – transeção; P – parcela; Distmar – distância do mar de cada parcela, em relação a primeira parcela de cada transeção; RastEsc – planta rastejante e/ou escaladora; SLA – área específica foliar; LDMC – conteúdo de matéria seca foliar; CWM – *community weight mean*; Var – variância; DesvPad – desvio padrão.

APÊNDICE 7

Resultado da análise específica (referente ao sítio 1 – Ilha do Mel) das médias por comunidade ponderadas pela abundância das espécies, referentes aos atributos morfológicos significativamente relacionados ao gradiente ambiental edáfico.

T	P	Distmar	RastEsc				SLA				LDMC			
			m	CWM	Média	Var	DesvPad	CWM	Média	Var	DesvPad	CWM	Média	Var
1	1	0	0,273	0,200	0,200	0,447	22,087	20,725	51,524	7,178	237,064	236,660	17109,286	130,802
	2	7	0,171	0,250	0,214	0,463	24,122	24,955	87,688	9,364	208,816	216,657	13286,662	115,268
	3	14	0,265	0,143	0,143	0,378	20,545	26,166	198,704	14,096	226,191	220,037	13724,258	117,151
	4	26	0,159	0,200	0,171	0,414	18,200	19,049	90,755	9,527	229,212	231,484	6945,767	83,341
	5	33	0,174	0,077	0,077	0,277	18,053	17,886	59,788	7,732	267,828	222,428	7437,286	86,240
	6	45	0,202	0,167	0,152	0,389	17,329	18,158	81,446	9,025	293,380	279,481	7122,340	84,394
	7	57	0,006	0,056	0,056	0,236	21,967	20,898	112,083	10,587	298,698	240,862	10310,803	101,542
	8	69	0,146	0,118	0,110	0,332	14,016	18,501	67,053	8,189	294,911	234,378	9664,245	98,307
2	1	0	0,684	0,200	0,200	0,447	25,136	20,832	67,144	8,194	151,291	232,049	21921,348	148,059
	2	7	0,614	0,250	0,214	0,463	23,435	23,656	263,807	16,242	189,042	238,284	19065,140	138,077
	3	14	0,305	0,267	0,210	0,458	16,758	21,576	96,686	9,833	239,471	220,772	7618,132	87,282
	4	28	0,244	0,125	0,117	0,342	17,731	20,003	87,664	9,363	263,833	235,628	11356,211	106,566
	5	40	0,172	0,143	0,129	0,359	18,419	19,726	122,941	11,088	263,387	229,990	8499,499	92,193
	6	52	0,103	0,118	0,110	0,332	19,071	16,879	70,343	8,387	279,022	267,933	11318,415	106,388
	7	64	0,041	0,118	0,110	0,332	17,283	17,763	112,988	10,630	290,602	263,800	13048,235	114,229
3	1	0	0,133	0,250	0,205	0,452	19,494	21,816	37,494	6,123	254,614	217,568	8618,847	92,838
	2	7	0,284	0,273	0,218	0,467	23,326	26,170	183,255	13,537	219,144	202,680	7839,531	88,541
	3	14	0,184	0,154	0,141	0,376	21,468	23,555	125,315	11,194	285,823	237,350	9301,018	96,442
	4	26	0,188	0,167	0,147	0,383	21,975	21,512	63,554	7,972	264,533	240,549	7651,900	87,475

5	41	0,022	0,067	0,067	0,258	15,993	20,627	108,583	10,420	222,174	209,788	7142,844	84,515
6	48	0,010	0,056	0,056	0,236	18,826	19,741	44,996	6,708	233,436	254,526	6035,686	77,690
7	55	0,067	0,200	0,178	0,422	23,222	18,343	55,441	7,446	300,692	271,339	4941,213	70,294

LEGENDA: T – transeção; P – parcela; Distmar – distância do mar de cada parcela, em relação a primeira parcela de cada transeção; RastEsc – planta rastejante e/ou escaladora; SLA – área específica foliar; LDMC – conteúdo de matéria seca foliar; CWM – *community weight mean*; Var – variância; DesvPad – desvio padrão.

APÊNDICE 8

Resultado da análise específica (referente ao sítio 1 – Ilha do Mel) das médias por comunidade ponderadas pela abundância das espécies, referentes aos atributos anatômicos significativamente relacionados ao gradiente ambiental edáfico.

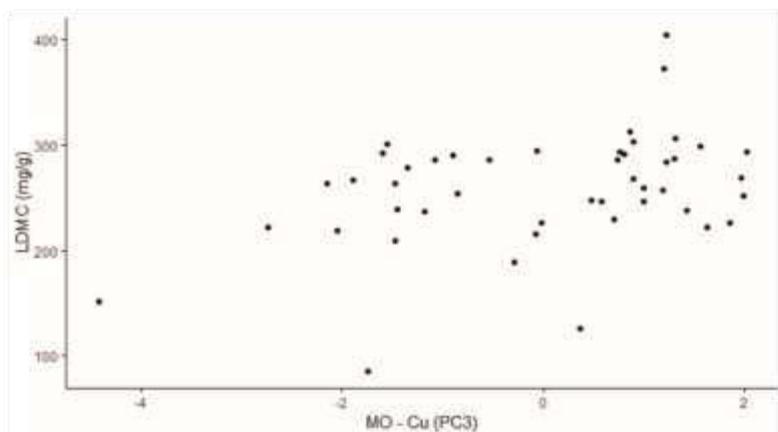
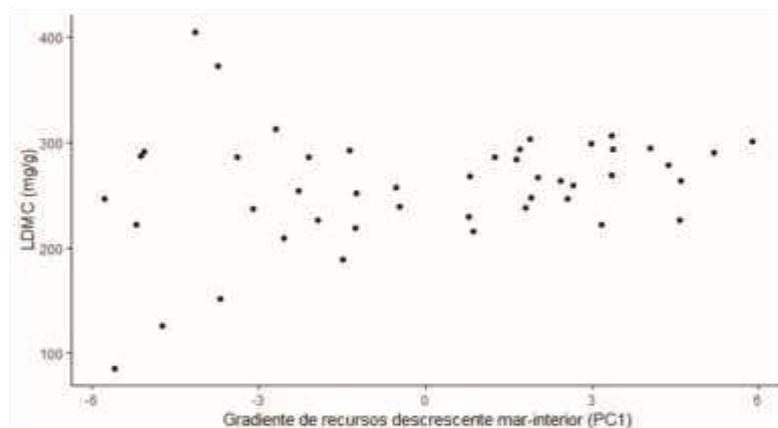
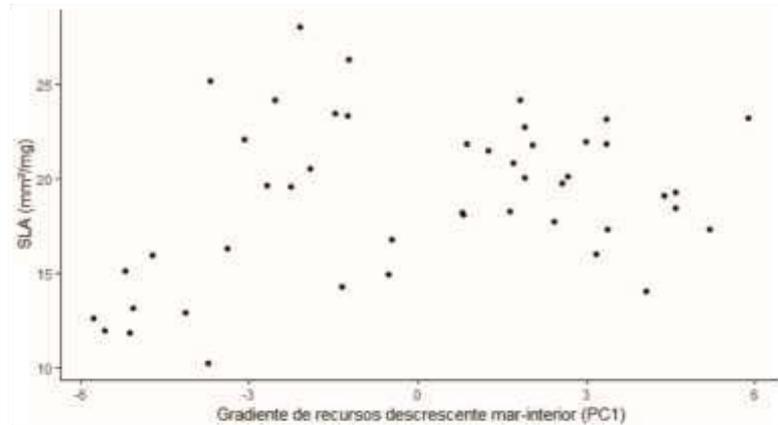
T	P	Distmar	EpiAd				SP				LT			
			m	CWM	Média	Var	DesvPad	CWM	Média	Var	DesvPad	CWM	Média	Var
1	1	0	31,960	28,678	202,138	14,218	36,309	57,934	8054,068	89,744	259,020	312,495	13276,136	115,222
	2	7	31,793	36,061	570,526	23,886	85,134	62,616	6502,437	80,638	279,639	278,003	11814,682	108,695
	3	14	26,646	45,061	2261,910	47,560	90,268	63,870	6463,195	80,394	318,724	300,673	10681,818	103,353
	4	26	28,877	29,298	90,843	9,531	67,383	64,150	4273,283	65,370	277,499	285,536	10482,265	102,383
	5	33	35,680	30,000	96,536	9,825	56,209	67,522	4625,267	68,009	286,629	387,515	184196,870	429,182
	6	45	38,429	35,499	157,391	12,546	46,276	45,557	3648,695	60,404	230,086	271,604	26398,965	162,478
	7	57	37,730	44,100	210,354	14,504	46,489	46,648	1947,579	44,131	219,563	338,782	257956,671	507,894
	8	69	39,889	40,036	245,141	15,657	66,259	68,557	4260,916	65,276	285,510	379,549	256749,946	506,705
2	1	0	35,388	28,616	71,843	8,476	77,053	53,286	5861,299	76,559	301,357	313,400	10129,573	100,646
	2	7	38,780	31,521	164,472	12,825	92,761	69,734	5019,857	70,851	337,184	291,397	13257,192	115,140
	3	14	33,457	42,065	1169,313	34,195	77,792	70,678	6336,439	79,602	335,582	284,130	8427,283	91,800
	4	28	40,586	34,799	216,625	14,718	65,239	72,215	8891,175	94,293	383,091	388,880	344492,027	586,934
	5	40	37,932	36,424	329,663	18,157	42,537	48,212	3570,804	59,756	235,220	236,111	17033,378	130,512
	6	52	41,559	35,367	407,649	20,190	34,220	41,799	3219,765	56,743	224,394	242,983	22464,361	149,881
	7	64	40,659	39,222	706,514	26,580	28,618	37,326	2216,623	47,081	267,870	316,414	212269,324	460,727
3	1	0	32,444	44,400	671,370	25,911	48,821	49,217	4768,526	69,055	289,457	278,967	27828,021	166,817
	2	7	33,623	33,380	113,298	10,644	78,308	77,749	3746,242	61,207	241,083	243,556	9083,505	95,307
	3	14	39,630	37,975	143,131	11,964	47,615	66,620	4844,032	69,599	226,213	243,437	10986,496	104,816

4	26	39,457	38,013	179,305	13,390	46,078	54,045	3388,430	58,210	257,280	231,711	7478,067	86,476
5	41	31,891	39,473	248,327	15,758	51,163	51,320	2607,664	51,065	225,496	220,442	13236,277	115,049
6	48	39,150	42,540	287,306	16,950	43,468	47,820	3357,989	57,948	253,623	255,712	11869,773	108,948
7	55	45,380	39,990	194,363	13,941	27,795	64,503	5899,024	76,805	172,046	232,938	6573,671	81,078

LEGENDA: T – transeção; P – parcela; Distmar – distância do mar de cada parcela, em relação a primeira parcela de cada transeção; EpiAd – espessura da epiderme adaxial; SP – espessura do parênquima esponjoso; LT – espessura do limbo; CWM – *community weight mean*; Var – variância; DesvPad – desvio padrão.

APÊNDICE 9

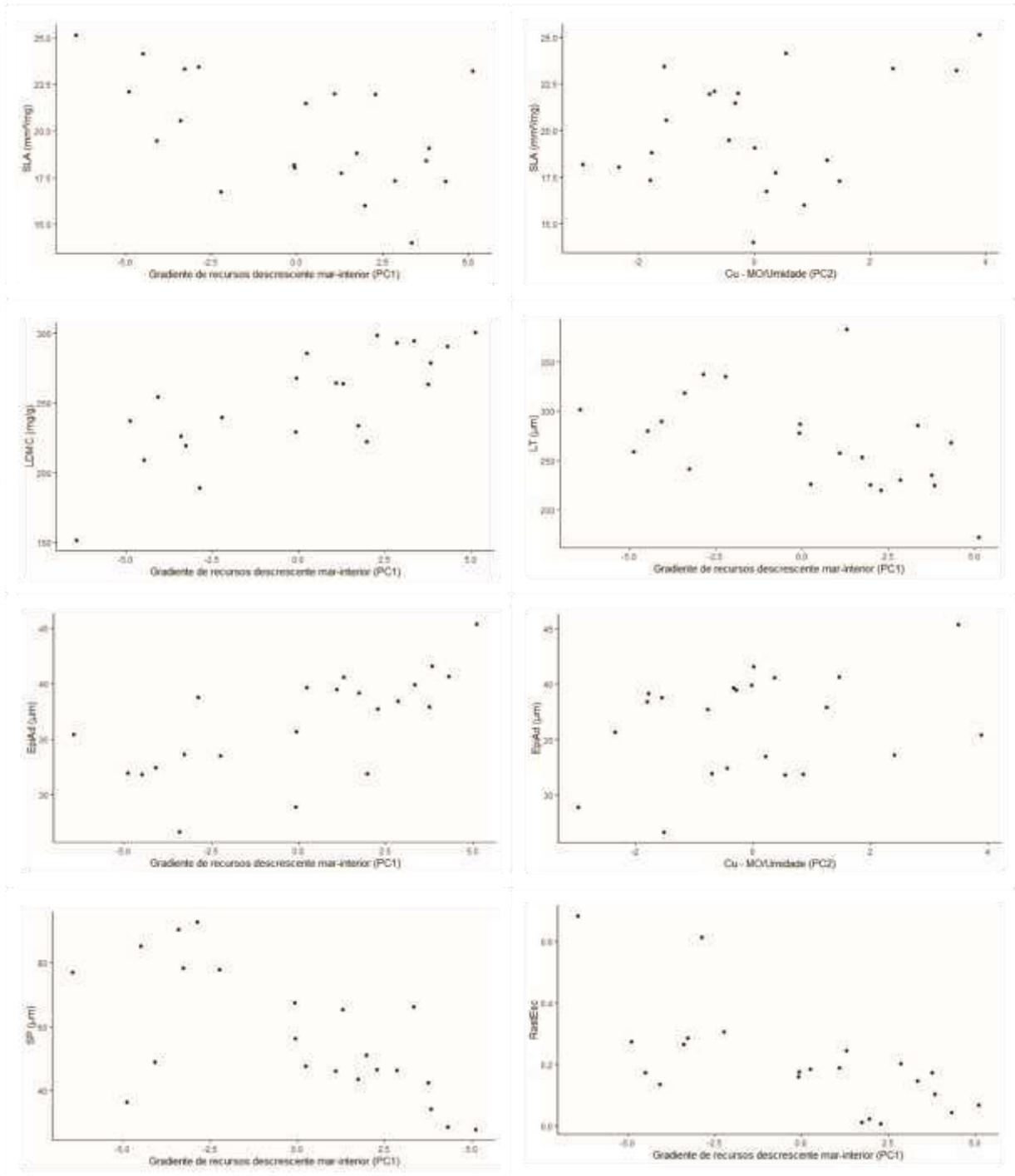
Gráficos de dispersão dos atributos significativamente relacionados ao gradiente edáfico na análise de padrões gerais (Ilha do Mel e Pontal do Sul).



LEGENDA: SLA – área específica foliar; LDMC – conteúdo de matéria seca foliar; MO – matéria orgânica; Cu – cobre.

APÊNDICE 10

Gráficos de dispersão dos atributos significativamente relacionados ao gradiente edáfico na análise de padrões específicos (Ilha do Mel).



LEGENDA: SLA – área específica foliar; LDMC – conteúdo de matéria seca foliar; LT – espessura do limbo; EpiAd – espessura da epiderme adaxial; SP – espessura do parênquima esponjoso; RastEsc – planta rastejante e/ou escaladora; MO – matéria orgânica; Cu – cobre.