

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

DANIELY BINDACO HIRATA

**VARIAÇÃO INTERESPECÍFICA EM COMUNIDADES ARBÓREAS DE
RESTINGA COM BASE EM ATRIBUTOS ANATÔMICOS E TEORES
DE PIGMENTOS CLOROPLASTÍDICOS**

VITÓRIA – ES
2018

DANIELY BINDACO HIRATA

**VARIAÇÃO INTERESPECÍFICA EM COMUNIDADES ARBÓREAS DE
RESTINGA COM BASE EM ATRIBUTOS ANATÔMICOS E TEORES
DE PIGMENTOS CLOROPLASTÍDICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Área de concentração: Fisiologia Vegetal.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Camilla Rozindo Dias
Milanez

VITÓRIA – ES

2018

Modelo de ficha catalográfica fornecido pelo Sistema Integrado de Bibliotecas da Ufes para ser confeccionada pelo autor

B612v Bindaco Hirata, Daniely, 1991-
Variação interespecífica em comunidades arbóreas de restinga com base em atributos anatômicos e teores de pigmentos cloroplastídicos / Daniely Bindaco Hirata. - 2018.
77 f. : il.

Orientadora: Camilla Rozindo Dias Milanez.
Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Anatomia. 2. Carotenóides. 3. Clorofila. 4. Diversidade funcional. 5. Ecologia funcional. 6. Lençol freático. I. Rozindo Dias Milanez, Camilla. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 57

DANIELY BINDACO HIRATA

**VARIAÇÃO INTERESPECÍFICA EM COMUNIDADES ARBÓREAS DE
RESTINGA COM BASE EM ATRIBUTOS ANATÔMICOS E TEORES
DE PIGMENTOS CLOROPLASTÍDICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Aprovada em 05 de março de 2018.

Comissão Examinadora:

Dra. Camilla Rozindo Dias Milanez - UFES
Orientadora e Presidente da Comissão

Dr. Geraldo Rogério Faustini Cuzzuol - UFES
Examinador Interno

Dra. Aline Redondo Martins - UNESP
Examinador Externo

"Hoje, ainda almejamos saber por que estamos aqui e de onde viemos. O desejo profundo da humanidade pelo conhecimento é justificativa suficiente para nossa busca contínua"

Stephen Hawking, em "Uma breve história do tempo"

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Isamu e Lucinalva e ao meu padrasto Giovani, por todo amor, incentivo, apoio e esforço que sempre fizeram e ainda o fazem para que eu possa caminhar na direção da realização dos meus sonhos, por confiarem em mim e me transmitirem valores que excedem os valores acadêmicos.

AGRADECIMENTOS

À Deus, gratidão por iluminar meus caminhos. Por me conceder sabedoria para escolher o caminho do bem, serenidade e coragem para aceitar as adversidades que se fizeram presentes, por ser meu suporte e por transmitir acalanto ao coração nos momentos de adversidades.

À Universidade Federal do Espírito Santo pela formação acadêmica, tanto na graduação quanto na pós-graduação, durante o mestrado acadêmico.

Ao Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal por ser um meio construtivo da minha carreira acadêmica, através dos excelentes profissionais na qual tive o prazer de conhecer, através da estrutura física que me proporcionou meios de realizar o meu trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

À orientadora, Prof^a. Dr^a. Camilla Rozindo Dias Milanez, pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho, pelo incentivo de seguir esta belíssima carreira, pelo exemplo de profissional, e principalmente pela amizade e empatia durante estes dois anos, nas diversas conversas, trocas de experiências e aprendizados compartilhados.

À banca examinadora pela participação e contribuição dedicada ao meu trabalho.

Agradeço e dedico, aos meus pais Isamu e Lucinalva, e ao meu padrasto, Giovanni. Vocês agarram os meus sonhos como se fossem de vocês e fazem de tudo para me permitir chegar onde eu quero. Minha eterna gratidão e amor por tudo!

Ao meu irmão, Pedro, por ser um raio de luz e alegria na minha vida. Por me permitir aprender todos os dias sobre o amor.

Ao Jefferson, pelo apoio, incentivo, paciência e todo cuidado durante o desenvolvimento deste trabalho.

Às amigas Fabíola e Marina, pela paciência, apoio, amizade e por estarem ao meu lado nos momentos de dificuldades, por me incentivarem a ser melhor sempre.

Ao Jehová, agradeço e dedico, por ser o grande incentivador e idealizador deste trabalho, pela co-orientação, pelo apoio incondicional em todos os momentos e principalmente, pela amizade firmada. Sem dúvidas, você foi uma peça fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Thiago Tófano, pelo trabalho (ímpar) desenvolvido durante a fase final da dissertação, por estar sempre disposto a ajudar nos momentos solicitados e principalmente, me direcionar e auxiliar no processo de autoconhecimento e de despertar para a melhor versão que eu posso ser.

Aos amigos, Jehová, Dayana, Leonardo, Caroline, Felipe e Ranna, do Laboratório de Anatomia Vegetal (LABAV), por me receberem tão bem, pela fácil convivência, pelas trocas de ideias e conhecimentos, pelos incentivos e por todo apoio.

Aos amigos biólogos que a UFES me deu, por tornarem a caminhada mais leve e alegre. Em especial, agradeço ao Weverson (pelas boas ideias, bate-papos, atualizações sobre diversos assuntos botânicos), à Sandra (pela alegria e empoderamento que trás em minha vida) e à Fernanda (pela paciência, positividade e por aceitar a empreitada de escrevermos um TCC de licenciatura na fase final de nossas dissertações).

Agradeço aos colegas do PPGBV, pela convivência e troca de aprendizados no decorrer destes dois anos de mestrado. Agradeço em especial aos amigos Douglas e Fabiano, pela amizade firmada e apoio solícito em todas as etapas: campos, disciplinas, laboratório, estatística, etc.

Gratidão!

RESUMO

Diante da relevância biológica dos ambientes costeiros, como as restingas, representadas pelos elevados índices de riqueza, diversidade de espécies e heterogeneidade de formações vegetais, fazem-se necessários estudos que busquem avaliar como as mudanças a nível global podem influenciar na composição de comunidades vegetais. Neste sentido, informações a respeito da diversidade funcional e das características das espécies que variam em ambientes contrastantes, como gradientes ambientais, representam meios de se verificar a influência das alterações climáticas nestas formações vegetais. Neste cenário, a disponibilidade hídrica representa um fator de destaque, representado pela projeção de regimes irregulares de chuvas, impactando diretamente as vegetações. Para tanto, mensuramos índices de diversidade funcional, tais como riqueza, uniformidade, dispersão e divergência funcional, além de avaliar a variação interespecífica das espécies utilizadas com base em características anatômicas foliares e teores de pigmentos cloroplastídicos. Além disso, realizamos uma análise de redundância, a fim de se verificar qual a variável ambiental mais significativa para os atributos utilizados. O lençol freático apresentou-se como a variável ambiental mais significativa no presente estudo. Dentre os índices de diversidade funcional, apenas riqueza e dispersão funcional foram responsivos para os atributos anatômicos, evidenciando que os nichos aumentam a medida que distanciam-se do lençol freático e propiciam ambientes vulneráveis à invasão por espécies oportunistas. Os índices de diversidade funcional, para os teores de pigmentos, não foram responsivos a variação do lençol freático. Em relação às características anatômicas analisadas, a epiderme da face adaxial mostrou-se responsiva à variação na disponibilidade hídrica do lençol freático. No entanto, sugere-se a investigação de outras características estruturais, tais como densidade de indumentos e espaços intercelulares. Os teores de pigmentos cloroplastídicos apresentaram-se responsivos à variação do lençol freático, corroborando com o espectro econômico foliar, onde encontram-se em um extremo espécies com estratégias aquisitivas enquanto no outro encontram-se espécies com estratégias conservativas.

Palavras-chave: Anatomia • carotenóides • clorofila • diversidade funcional • ecologia funcional • lençol freático

ABSTRACT

Due to the biological relevance of coastal environments, such as restingas, represented by high richness indexes, species diversity and heterogeneity of plant formations, studies are needed to evaluate how global changes can influence the composition of plant communities. In this sense, information about the functional diversity and the characteristics of the species that vary in contrasting environments, such as environmental gradients, represent means to verify the influence of climate changes on plant formations. In this scenario, water availability represents a prominent factor, represented by the projection of irregular rainfall regimes. In order to do so, we measured indexes of functional diversity, such as richness, uniformity, dispersion and functional divergence, besides evaluating the interspecific variation of the species used based on foliar anatomical characteristics and chloroplastidic pigment contents. In addition, we perform a redundancy analysis, in order to verify which is the most significant environmental variable for the attributes used. The water table was the most significant environmental variable in the present study. Among the functional diversity indexes, only richness and functional dispersion were responsive to the anatomical attributes, evidencing that the niches increase as they distance themselves from the water table and provide environments vulnerable to invasion by opportunistic species. The functional diversity indexes for the pigment contents were not responsive to the variation of the water table. Regarding the anatomical characteristics analyzed, the epidermis of the adaxial face was responsive to the variation in the water availability of the water table. However, it is suggested the investigation of other structural characteristics, such as density of garments and intercellular spaces. The levels of chloroplastidic pigments were responsive to the variation of the water table, corroborating with the foliar economic spectrum, where species with aquarium strategies are found at one extreme while species with conservative strategies.

Keywords: Anatomy • carotenoids • chlorophyll • functional diversity • functional ecology • water table

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Localização do Parque Estadual Paulo César Vinha, na Área de Proteção Ambiental de Setiba (APA de Setiba), Guarapari - ES. Fonte: Plano de manejo do Parque Estadual Paulo César Vinha (CEPEMAR, 2007).....24
- Figura 2** - Áreas de estudo. A-B) Floresta não inundável; C-D) Floresta de transição; E-F) Floresta periodicamente inundada.....25
- Figura 3** - Morfologia foliar das espécies estudadas. A) *Aspidosperma pyricollum* Müll.Arg (Apocynaceae). B) *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae). C) *Emmotum nitens* Miers (Icacinaceae). D) *Eugenia bahiensis* DC. (Myrtaceae). E) *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae). F) *Guarea macrophylla* Vahl (Meliaceae). G) *Micropholis venulosa* Pierre (Sapotaceae). H) *Protium icicariba* Marchand (Burseraceae). I) *Rudgea reticulata* Benth. (Rubiaceae). J) *Symphonia globulifera* L.f. (Clusiaceae). K) *Tabebuia cassinoides* DC. (Bignoniaceae). L) *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae).....31
- Figura 4** - Representação das amostras de coleta de solo, profundidade 0-20 cm. A) Floresta não inundável; B) Floresta de transição; C) Floresta periodicamente inundada.....36
- Figura 5** - Correlação de Pearson entre os índices de diversidade funcional com base nos atributos anatômicos (FRic: riqueza funcional, FEve: uniformidade funcional, FDiv: divergência funcional e FDis: dispersão funcional) em relação à variável ambiental.....40
- Figura 6** - Correlação de Pearson entre os índices de diversidade funcional com base nos teores de pigmentos cloroplásticos (FRic: riqueza funcional, FEve: uniformidade funcional, FDiv: divergência funcional e FDis: dispersão funcional) em relação à variável ambiental.....41
- Figura 7** - Correlações de Pearson dos valores de CWM dos atributos anatômicos em relação à profundidade do lençol freático.....42

Figura 8 - Seções transversais foliares, evidenciando-se a epiderme da face adaxial. A-F) Floresta não inundável; G-L) Floresta de transição; M-R) Floresta periodicamente inundada. A) *Aspidosperma pyricollum*; B) *Eugenia bahiensis*; C) *Guapira opposita*; D,J,P) *Protium icicariba*; E,K,Q) *Emmotum nitens*; F,L,R) *Tapirira guianensis*; G) *Micropholis venulosa*; H) *Guarea macrophylla*; I) *Rugdea reticulata*; M) *Calophyllum brasiliense*; N) *Tabebuia cassinoides*; O) *Symphonia globulifera*. Barra: 20 μ m.....43

Figura 9 - Correlações de Pearson dos valores de CWM dos teores de pigmentos cloroplastídicos em relação à profundidade do lençol freático.....44

Figura 10 - Representação gráfica das estimativas de índices de diversidade funcional em um espaço multidimensional. a) espaço multidimensional ocupado pelos atributos funcionais das espécies em determinada comunidade. b) representação do volume convexo do casco (convex hull volume), correspondente à riqueza funcional. c) representação da árvore de expansão mínima do índice de uniformidade, que está relacionado à regularidade entre os pontos e suas abundâncias. d) representação gráfica do índice de divergência, evidenciando como os atributos das espécies e suas respectivas abundâncias divergem em relação ao centro de gravidade (Gv). (Modificado de VILLÉGER, MASON e MOUILLOT, 2008).....79

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A_{480} = absorbância a 480 nanômetros

A_{645} = absorbância a 645 nanômetros

A_{663} = absorbância a 663 nanômetros

ACP = análise de componentes principais

CHL *a* = clorofila *a*

CHL *b* = clorofila *b*

CWM = community weighted mean

cm = centímetros

DAP = diâmetro acima do peito

EROs = espécies reativas de oxigênio

FDis = functional dispersion

FDiv = functional divergence

FEve = functional evenness

FNI = floresta não inundável

FPI = floresta periodicamente inundada

FRic = functional richness

FT = floresta de transição

g = gramas

IEMA = Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

l = litros

MF = massa fresca

mg = miligramas

mm = milímetros

MO = matéria orgânica

PC1 = componente principal 1

PC2 = componente principal 2

PEPCV = Parque Estadual Paulo César Vinha

SB = soma de bases trocáveis

μm = micrômetro

μmol = micromol

V = volume

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Restinga	16
2.2 Ecologia Funcional	19
2.3 Respostas anatômicas e fisiológicas foliares sob influência hídrica e nutricional	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1 Caracterização da área de estudo	23
3.2 Descrição das espécies em estudo.....	25
3.3 Amostragem e coleta de material botânico	32
3.4 Mensuração dos atributos funcionais	32
3.4.1 Anatomia foliar	32
3.4.2 Teor de pigmentos cloroplastídicos	34
3.5 Determinação da profundidade do lençol freático	35
3.6 Análises do solo	35
3.7 Características ambientais mais relevantes	36
3.8 Quantificação da Diversidade Funcional	37
3.9 Variação interespecífica	38
4 RESULTADOS	38
4.1 Características ambientais mais relevantes	38
4.2 Diversidade funcional	39
4.3 Variação interespecífica	41
5 DISCUSSÃO	44
5.1 Diversidade funcional	44
5.2 Variação interespecífica	46
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
7 REFERÊNCIAS	48
ANEXO A.....	77
ANEXO B.....	80

1 INTRODUÇÃO

As restingas são consideradas ecossistemas costeiros de grande interesse para diversos estudos no campo da biologia vegetal (ARAUJO, PEREIRA e PIMENTEL, 2004; GUEDES, BARBOSA e MARTINS, 2006; PORTZ, 2012). São caracterizadas por apresentar formações vegetais heterogêneas (PEREIRA, 1990) e elevada diversidade e riqueza de espécies (PEREIRA, 2000), mesmo contando com poucas espécies endêmicas, fato atribuído ao tempo insuficiente para as espécies sofrerem o processo de especiação (SCARANO, 2002).

O Espírito Santo possui aproximadamente 400 km de costa litorânea, sendo as áreas de restinga representadas por cerca de 10.000 hectares de cobertura vegetal, constituindo apenas 13% da cobertura original (LANI et al., 2008). A retirada da cobertura vegetal relacionada, principalmente, à especulação imobiliária, à retirada de madeira para utilização como combustível, à extração ilegal de areia e aos incêndios criminosos (PEREIRA, 2007; TEBALDI et al., 2013) são fatores que contribuem para a intensificação da fragmentação e extinção dos remanescentes vegetais costeiros, caracterizados pela baixa resiliência e elevada fragilidade (FALKENBERG, 1999; ARAUJO, PEREIRA e PIMENTEL, 2004; MAGALHÃES, 2005; MEDEIROS, 2007; SACRAMENTO, ZICKEL e ALMEIDA JUNIOR, 2007; TAVARES, 2009; THOMAZI et al., 2013; FERREIRA; SILVA, 2011).

Segundo o Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/2012, art. 4º), as áreas de restinga são classificadas como áreas de proteção permanentes estando resguardada a sua preservação pelo artigo 225, parágrafo 4º da Constituição Brasileira (1988). A restinga de Setiba, localizada no município de Guarapari, é a maior do estado do ES, sendo detentora de alta importância biológica, e por esta razão, é considerada como área prioritária da conservação da biodiversidade da floresta Atlântica (MMA, 2000; IEMA, 2017a).

Diversos estudos ressaltam a diversidade biológica e fitofisionômica da restinga de Setiba (FABRIS, PEREIRA e ARAUJO, 1990; ASSIS, PEREIRA e THOMAZ, 2004; THOMAZI; SILVA, 2014), onde está inserido o Parque Estadual Paulo César Vinha. O Parque apresenta 11 formações vegetais, dentre essas, 4 são formações florestais. No presente estudo, estudamos a floresta periodicamente inundada (FPI), Formação não inundável (FNI) (PEREIRA, 1990; 2003) e a floresta de transição

(FT). Em algumas regiões, as formações FPI e FNI são interconectadas por uma região de transição representada por uma elevação topográfica de aproximadamente 4m de altura, que aqui denominaremos como floresta de transição (FT).

A FPI e FNI diferem entre si em relação a um gradiente hídrico e nutricional do solo. A FPI está posicionada em uma região intercordões, topograficamente mais baixa, com maior deposição de matéria orgânica e influência do afloramento do lençol freático, e por essa razão, as espécies ali presentes estão sujeitas a situações de alagamento temporário, observado ao longo das incursões de campo. Já, a FNI encontra-se localizada sobre o cordão arenoso mais interno em relação ao continente. Devido à presença de solo predominantemente arenoso e com acúmulo de matéria orgânica apenas nos primeiros 20 cm, essa região apresenta uma baixa disponibilidade de retenção de água e rápida ciclagem de nutrientes (MENEZES; ARAUJO, 2005; BARCELOS et al., 2011; MAGNAGO, MARTINS e PEREIRA, 2011; ROCHA, 2012).

Estudos realizados em gradientes ambientais nos permite analisar como as características funcionais variam e, desta forma, constituem uma abordagem indireta para se investigar os efeitos dos futuros cenários de mudanças globais nas comunidades vegetais (MCGILL et al., 2006; CADOTTE, CARSCADDEN e MIROTCHEV, 2011).

Tais alterações podem trazer consequências drásticas na biodiversidade, que pode ser estudada sob diferentes facetas, dentre elas: funcional, taxonômica e filogenética (JARZYNA; JETZ, 2016). Estudos acerca da diversidade filogenética ainda são incipientes, porém vem ganhando destaque e tornando-se bastante promissores (JARZYNA; JETZ, 2016). Estudos realizados a nível de diversidade taxonômica, embora abundantes e relevantes, não são efetivos quando almeja-se realizar pesquisas preditivas em relação às alterações ambientais (SWENSON, 2011). Neste contexto, busca-se a utilização da diversidade funcional, que diz respeito à função que as espécies apresentam em determinado ecossistema, constituindo uma métrica capaz de avaliar as relações entre os ambientes e as características funcionais, identificar processos ecossistêmicos e impactos em relação à mudanças climáticas (PETCHEY; GASTON, 2006; MOLES et al., 2011; REICHSTEIN et al., 2014; KELI, STORCH e JETZ, 2015).

Esperamos encontrar nas zonas de floresta periodicamente inundada, maiores valores de riqueza, dispersão e uniformidade funcional, além de menores valores de divergência funcional. Enquanto nas zonas não inundável, esperamos menores valores de riqueza, dispersão e uniformidade funcional, e maiores valores de divergência funcional. Esperamos encontrar valores intermediários para as zonas de floresta de transição para os atributos anatômicos e fisiológicos mensurados.

Em relação às características funcionais anatômicas, esperamos que nas zonas de floresta periodicamente inundada, o tecido foliar a apresentar maior contribuição para as espécies em estudo, seja o parênquima esponjoso. Tal suposição se dá pelo fato de as espécies encontrarem-se em local com afloramento periódico do lençol freático, podendo representar condições anóxicas para as plantas. Desta forma, um incremento do parênquima esponjoso estaria relacionado à maiores espaços intercelulares, permitindo melhor difusão de oxigênio para os indivíduos. Já para as zonas de floresta não inundável, esperamos encontrar maior contribuição do parênquima paliçádico, tecido diretamente relacionado à capacidade fotossintética das plantas, o que permitiria aos indivíduos maior assimilação de recursos, uma vez que a disponibilidade hídrica representa um fator limitante devido à distância do lençol freático. Outra suposição é que as zonas de floresta de transição apresentem valores intermediários em relação aos tecidos foliares encontrados nas demais zonas.

Em relação aos teores de pigmentos cloroplastídicos, esperamos encontrar maiores teores clorofila *a*, *b* e total, bem como de carotenóides nas zonas de floresta periodicamente inundada, devido à maior disponibilidade hídrica. Em contrapartida, esperamos encontrar menores teores nas zonas de floresta não inundável e valores intermediários nas zonas de floresta de transição.

Neste sentido, objetivou-se analisar como as características anatômicas funcionais e de pigmentos cloroplastídicos variam no gradiente ambiental representado por florestas não inundável, de transição e periodicamente inundada da restinga do Parque Estadual Paulo César Vinha – ES.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Restinga

O termo restinga é empregado em diversas áreas de estudo com diferentes definições. Sob o ponto de vista geomorfológico (LEINZ; LEONARDOS, 1971), a restinga constitui-se de planícies litorâneas que podem ter sido formadas por um conjunto de fatores, tais como: variações no nível relativo do mar, armadilhas de retenção de sedimentos, fontes de areia e correntes de deriva litorânea (SUGUIO; MARTIN, 1990). As fontes arenosas podem ter origem fluvial, quando associadas a corpos d'água (SUGUIO, MARTIN e DOMINGUEZ, 1982), como podem ter origem por sedimentos quartzosos marinhos do Quaternário (SUGUIO; MARTIN, 1990). Essa deposição de origem marinha se deu pela formação de cordões e intercordões paralelos à linha da praia, durante períodos de transgressão e regressão marinha (SUGUIO, MARTIN e BITTENCOURT, 1985).

As transgressões e regressões marinhas ocorreram durante o Holoceno e final do Pleistoceno, períodos em que o nível relativo do mar apresentou grandes variações (SUGUIO, MARTIN e BITTENCOURT, 1985; MARTIN et al., 1987). Esses eventos permitiram a formação de diversas feições nos terrenos costeiros, como a formação de dunas, interdunas e cristas praias ou *beach ridges* (MARTIN et al., 1997).

Sob o ponto de vista botânico e ecológico, a restinga trata-se de um complexo vegetal localizado ao longo da costa litorânea, locais com deposição predominante de sedimentos arenosos, que constituem aproximadamente 70% do litoral brasileiro (ARAUJO, 1992, 2000; RIZZINI, 1997; SCARANO, 2002). A composição florística da restinga está diretamente associada ao bioma Mata Atlântica, região considerada *hotspots* mundial da biodiversidade (FREIRE, 1990; MYERS et al., 2000; SCARANO, 2002). Contudo, outros biomas, também têm influência sobre a vegetação, tais como, Cerrado, Caatinga, Amazônia e Formação de Tabuleiro Litorâneo. As formações vegetais que compõem a restinga estão diretamente relacionadas a fatores abióticos, como a topografia do terreno, variação na profundidade do lençol freático, sazonalidade das inundações, textura dos solos, acúmulo de matéria orgânica, influência da salinidade e direção dos ventos (PEREIRA, 1990, 2003; SILVA, 1999; MENEZES; ARAUJO, 2005; MAGNANO et al., 2011).

Dentre esses fatores, o lençol freático e a topografia do terreno favorecem a formação de regiões não inundáveis, localizadas nos cordões mais elevados, e de

regiões inundáveis ou permanentemente inundadas, localizadas nas zonas intercordões, mais baixas (PEREIRA, 2003; MENEZES; ARAUJO, 2005; MAGNANO et al., 2007; BARCELOS et al., 2011).

A heterogeneidade existente neste ambiente dificulta a classificação das formações vegetais. A busca pela categorização das formações vegetais não é recente e leva em consideração a composição florística e as condições abióticas buscando uma uniformização na categorização das formações. Merecem destaque os trabalhos de Rizzini (1997), Bresolin (1979) e Araujo e Henriques (1984).

Com o intuito de melhor entender as fitofisionomias existentes no Espírito Santo, Ruschi (1950) foi o pioneiro em descrever comunidades de restinga. Pereira (1990) dedicou-se à classificação de comunidades de restinga de Setiba (ES), com base nas descrições postuladas por Araujo e Henriques (1984) e, atualmente seu trabalho é considerado como referência para a classificação da maioria das restingas. Foram estabelecidas 11 formações vegetais para a restinga de Setiba: formação halófila, formação psamófila reptante, formação pós-praia, formação Palmae, mata de Myrtaceae, formação mata seca, formação brejo herbáceo, floresta periodicamente inundada, floresta permanentemente inundada, restinga aberta de Ericaceae, formação aberta de *Clusia*. Vale ressaltar que nem sempre uma única classificação pode ser aplicada integralmente às restingas brasileiras devido à heterogeneidade de ambientes entre as porções norte e sul do país (SILVA, 1999).

Muitos trabalhos fitossociológicos e de levantamentos florísticos foram realizados em diferentes regiões do Brasil. Dentre eles, podemos citar: Assis, Pereira e Thomaz (2004), Scherer (2005), Guedes, Barbosa e Martins (2006), Medeiros et al., (2007), Medeiros et al., (2010) em formações florestais, Fabris, Pereira e Araujo (1990) em formações pós-praia, Giaretta, Menezes e Pereira (2013), Ribeiro e Melo Junior (2016) em formações de dunas, Monteiro et al., (2014), Thomazi e Silva (2014) em formações arbustivas abertas, Klein et al., (2007) em comunidades herbáceas, Pereira (1990), Pereira (2000), Menezes e Araujo (2005), Sacramento et al., (2007), Almeida Junior et al., (2009), Magnago, Martins e Pereira (2011), Oliveira e Landim, (2014) e Santos-filho et al., (2015) em levantamentos florísticos e categorização das fitofisionomias.

As áreas de restinga são classificadas como áreas de proteção permanentes segundo o Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651/2012, art. 4º (BRASIL, 2012),

estando resguardada a sua preservação pelo artigo 225, parágrafo 4º da Constituição Brasileira (BRASIL, 1988). Algumas áreas no Espírito Santo foram consideradas como áreas de preservação de restinga, como: Parque Estadual de Itaúnas, Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra, Reserva Biológica de Comboios, Reserva Natural da Vale, Floresta Nacional de Goytacazes, Área de Proteção Ambiental de Praia Mole, Reserva Ecológica Municipal de Camburi, Reserva Ecológica Municipal de Jacarenema, Parque Estadual Paulo César Vinha, Área de Proteção Ambiental de Setiba e Área de Proteção Ambiental da Lagoa de Guanandy (LANI et al., 2008).

O Parque Estadual Paulo César Vinha localiza-se entre as coordenadas geográficas 20°33'-20°38'S e 40°23'- 40°26'W, possui cerca de 1.500 hectares de extensão e está sob gerenciamento do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), órgão estadual vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo.

2.2 Ecologia Funcional

Entender os mecanismos que regem a dinâmica de montagem e estrutura das comunidades vegetais é alvo de grande interesse de naturalistas, geógrafos, botânicos e ecólogos (KEDDY, 1992; ACKERLY, 2003; GRIME, 2006; BEGON, TOWNSEND e HARPER, 2009; MAYFIELD; LEVINE, 2010). Diversas classes taxonômicas ocupam diferentes ambientes físicos e apresentam padrões morfológicos relacionados a características abióticas como pH, temperatura e salinidade, seja em condições ótimas ou extremas. No entanto, a composição de espécies de uma determinada comunidade pode ter razões históricas. Considerando-se a questão geográfica e o processo de especiação, no qual algumas espécies migraram para outros ambientes enquanto outras não. Por fim, as interações bióticas também influenciam através de exclusão competitiva entre as espécies, principalmente, se estas ocupam o mesmo nicho ecológico (LAMBERS, CHAPIN e PONS, 2008; BEGON, TOWNSEND e HARPER, 2009).

Keddy (1992) postulou que a formação do conjunto de espécies estaria ligada à uma ciência preditiva, a fim de prever quais espécies e suas respectivas abundâncias seriam encontradas sob determinadas condições ambientais. Um

exemplo clássico é encontrado no estudo de van der Valk (1981) que verificou que diferentes condições de alagamento permitiriam ou não a permanência de espécies.

Ambientes adversos atuam selecionando as características mais adaptativas, representando filtros ambientais (KEDDY, 1992). Se as características mantidas lhes garantem otimização do crescimento, sobrevivência, capacidade reprodutiva e impacto direto ou indireto no fitness da espécie, tratam-se de traços funcionais que estão diretamente relacionados à sua performance ecológica (VIOLLE et al., 2007). Esses traços funcionais podem ser definidos como "qualquer característica morfológica, fisiológica ou fenológica mensurável a nível do indivíduo, desde a célula ao organismo inteiro, sem referência ao ambiente ou qualquer outro nível de organização" (VIOLLE et al., 2007). Nesse contexto, informações do meio ambiente não são necessárias para definir uma característica funcional, mas são importantes para identificar variações das características. Estudos ao longo de gradientes ambientais permitem uma interpretação ecológica e evolutiva das características funcionais (MCGILL et al., 2006; VIOLLE et al., 2007).

Dentre os exemplos de características funcionais importantes, destacam-se área foliar específica, massa foliar específica, taxa de crescimento relativo, densidade da madeira, densidade estomática, porém há muitos outros, como: densidade de venação, concentração foliar de nitrogênio e fósforo, tempo de vida da folha, condutividade xilemática, espessura da casca (POORTER; BONGERS, 2006; PÉREZ-HARGUINDEGUY et al. 2013; DE LA RIVA et al. 2016).

Os atributos funcionais são ainda subdivididos em "*hard traits*" e "*soft traits*". Os "*hard traits*" são de difícil mensuração e de custo elevado, enquanto "*soft traits*" são mais fáceis de serem mensuradas e apresentam baixo custo (HODGSON et al., 1999; WEIHER et al., 1999). Porém, uma vez que dificuldade e disponibilidade de recursos financeiros são condições relativas a diversos grupos de pesquisa ao redor do mundo, sugere-se a não utilização destas terminologias (VIOLLE et al., 2007).

A ecologia funcional, desta forma, apresenta-se como uma ferramenta importante para a execução de uma ciência mais preditiva, quanto à estruturação das comunidades e aos processos ecossistêmicos. Assim, pode ser eficaz na elaboração e aplicação de medidas políticas e públicas que garantam a preservação e conservação dos ambientes naturais (MCGILL et al., 2006; DÍAZ; CABIDO, 2001).

2.3 Respostas anatômicas e fisiológicas foliares sob influência hídrica e nutricional

As plantas podem apresentar estratégias que lhes garantem resistência ao estresse, a partir de uma amplitude de respostas que compreende desde a evitação até a tolerância a ambientes estressantes, sendo estas diferentes na escala de tempo em que ocorrem (LAMBERS, CHAPIN e PONS, 2008).

Dentre as respostas estruturais ao estresse, no que diz respeito a anatomia foliar, muitos estudos foram realizados a fim de melhor entender as relações entre os tecidos vegetais e as variáveis ambientais (GRISI et al., 2008; SHAO et al., 2008; BATISTA et al., 2010; ENNAJEH et al., 2010; HAMEED et al., 2012).

Rôças, Scarano e Barros (2001), Catoni et al. (2015), Gao et al. (2016) destacam que adaptações na estrutura anatômica foliar podem contribuir para um melhor desempenho de espécies sob contrastantes condições ambientais nas quais as plantas foram expostas. Tais alterações em tecidos foliares, tal como no parênquima paliçádico e esponjoso, parede celular da epiderme abaxial e adaxial, além de conferir adaptação às plantas, podem também ser utilizados como indicadores climáticos (RÔÇAS, SCARANO e BARROS, 2001).

Estudos sobre efeito do déficit hídrico em plantas, ressaltam que as folhas são mais sensíveis a esta condição e desenvolvem mecanismos de tolerância ou prevenção contra a perda de água. Dentre eles podemos citar: redução do tamanho celular e da área foliar, aumento da cutícula, da produção de substâncias hidrofóbicas como cera epicuticular, da proporção de parênquima paliçádico, da pilosidade foliar, da quantidade de estômatos pequenos, enrolamento da lâmina foliar (CERQUEIRA, 1992; FAHN; CUTLER, 1992; MELO, 2007; MARTINS, MACHADO e ALVES, 2008, CASTRO, PEREIRA e PAIVA, 2009; HERRERA, ESCALA e RENGIFO, 2009; BATISTA et al., 2010; ENNAJEH et al., 2010; ROSSATTO; KOLB, 2010).

Ambientes naturalmente sujeitos ao déficit hídrico são caracterizados por apresentarem solos arenosos e baixa capacidade de retenção hídrica e sujeitos à alta lixiviação de nutrientes. Essa situação afeta negativamente a aquisição e o transporte de nutrientes no solo (BOEGER; WISNIEWSKI, 2003; TAIZ; ZEIGER, 2013). E está relacionado à incidência de plantas com características xeromórficas, tais como: cutícula espessa, parênquima paliçádico e esclerênquima mais desenvolvidos, folhas espessas, espaços intercelulares mais reduzidos, alta

densidade estomática (ESAU, 1974; SOBRADO; MEDINA, 1980; FAHN; CUTLER, 1992; TURNER, 1994; BOEGER; WISNIEWSKI, 2003; ARRUDA, VIGLIO e BARROS, 2009; HAMEED et al., 2012; AMORIM; MELO JÚNIOR, 2017).

Embora tais características estejam relacionadas à situações de seca, elas também são evidenciadas em plantas submetidas à condições de alagamento, representando uma condição estressante para o crescimento, estabelecimento e desenvolvimento das plantas (PAROLIN et al., 2004; HERRERA, ESCALA e RENGIFO, 2009; PAROLIN, 2010; WALDHOFF; PAROLIN, 2010).

Dentre as características comumente observadas em situação de alagamento, destacam-se: células epidérmicas maiores, aumento dos espaços intercelulares, sobretudo, do parênquima esponjoso, permitindo uma melhor difusão do gás carbônico para o interior da planta e acarretando uma maior taxa fotossintética (SOBRADO; MEDINA, 1980; WALDHOFF, FURCH e JUNK, 2002; WALDHOFF, 2003; HERRERA, ESCALA e RENGIFO, 2009; XIAO et al., 2009; YIN; ZHANG e LUO, 2012; PENG et al., 2017).

Diversos são os estudos encontrados na literatura relatando a relação entre a luz e os conteúdos de pigmentos fotossintéticos, uma vez que estão intrinsecamente relacionados (MARTINS et al., 2010; MENGARDA et al., 2012; SOARES, 2012; GAMA, 2013, 2017; FURLAN, 2013; NERY et al., 2016; GOMES, 2017). No entanto, estresses hídricos e nutricionais também se configuram como fatores limitantes à síntese de pigmentos (POCIECHA, KOSCIELNIAK e FILEK, 2008; NIKOLAEVA et al., 2010; ANJUM et al., 2011; RAHBARIAN et al., 2011; ARJENAKI, JABBARI e MORSHEDI, 2012; HERRERA, 2013), e consequentemente são responsáveis por afetar indiretamente o metabolismo primário das plantas, através da fotossíntese (PALTA, 1990; LISAR et al., 2012; CONFORTO et al., 2014).

Via de regra, plantas submetidas tanto a condições de seca quanto de alagamento, estão sujeitas ao processo conhecido como "seca fisiológica", devido à dificuldade em absorver água e nutrientes pelas raízes ou pela ausência de suprimento hídrico no meio (FAROOQ et al., 2009; ANJUM et al., 2011; MAKBUL et al., 2011; LISAR et al., 2012). Paralelamente, observa-se diminuição da condutância estomática ocasionada pelo fechamento dos estômatos, garantindo, desta forma, que a água não seja perdida para o meio, mantendo-se uma correlação linear entre o aporte de gás carbônico e a taxa fotossintética. (LISAR et al., 2012).

Estudos relatam que em situações de estresse hídrico, as plantas apresentam menores teores de clorofila, devido a decréscimos no teor de água e a sintomas de estresse oxidativo, como a formação de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) acarretando em menores taxas fotossintéticas (PALTA, 1990; KIANI et al., 2008; EFEUGLU, EKMEKÇI e ÇIÇEK, 2009; FAROOQ et al., 2009; NIKOLAEVA et al., 2010; ANJUM et al., 2011; MAKBUL et al., 2011; PIRZAD et al., 2011; RAHBARIAN et al., 2011; ARJENAKI, JABBARI e MORSHEDI, 2012; LISAR et al. 2012).

Em contrapartida, os teores de carotenóides se apresentam com valores mais elevados em situações de estresse hídrico, mostrando-se menos sensitivos (LARCHER, 2004; RAHBARIAN et al., 2011; LISAR et al., 2012). Os carotenóides estão relacionados aos mecanismos de fotoproteção do vegetal, pois são agentes não-enzimáticos que atuam na eliminação de EROs (ADAMS; DEMMIG-ADAMS, 1994; JUNG et al., 2000; FURLAN, 2013).

Estudos evidenciam que alterações fisiológicas nos conteúdos de pigmentos cloroplastídicos sugerem a importância deste atributo como um indicador de estresses ambientais (TERZI et al., 2010; MAKBUL et al., 2011).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada no Parque Estadual Paulo César Vinha (Figura 1). A região caracteriza-se por apresentar clima do tipo Aw, representado por verões com estações quentes e chuvosas e invernos com estações secas, segundo classificação proposta por Köppen-Geiger. A região apresenta precipitação média anual de 1.275 mm e temperatura média anual de 24,2°C (CEPEMAR, 2007).

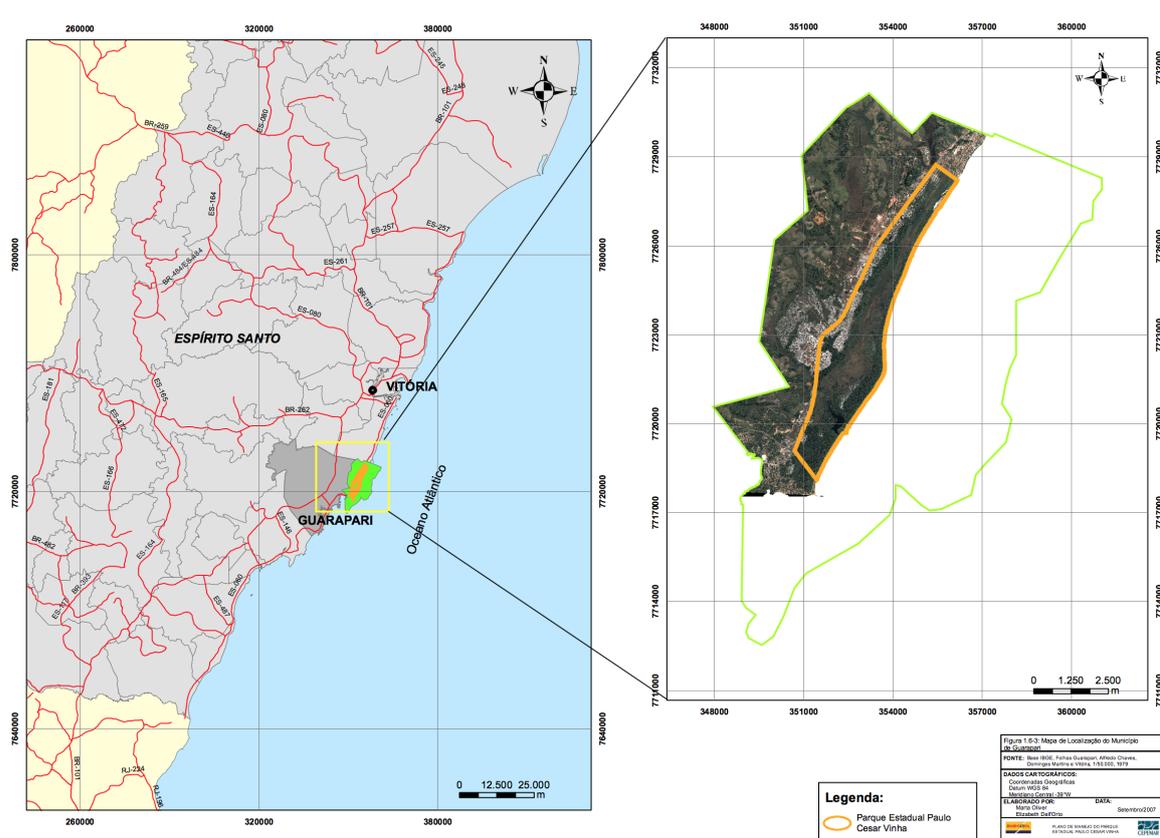


Figura 1 - Localização do Parque Estadual Paulo César Vinha, na Área de Proteção Ambiental de Setiba (APA de Setiba), Guarapari - ES. Fonte: Plano de manejo do Parque Estadual Paulo César Vinha (CEPEMAR, 2007).

Dentre as formações vegetais que constituem o PEPCV, o presente estudo concentrou-se nas formações florestais, classificadas por Pereira (2003), denominadas: floresta periodicamente inundada (FPI), formação não inundável (FNI) (PEREIRA, 1990; 2003) e floresta de transição (FT) (Figura 2).

A floresta periodicamente inundada está posicionada em uma região de intercordões arenosos, topograficamente mais baixa, sujeita a afloramento do lençol freático periódico e maior deposição de matéria orgânica. A floresta não inundável está posicionada sobre o cordão arenoso mais interno em relação ao continente, topograficamente mais elevado, com presença de solo predominantemente arenoso e acúmulo de matéria orgânica apenas nos primeiros 20 cm de solo, caracterizada pela baixa capacidade de retenção de água e rápida ciclagem de nutrientes (MENEZES; ARAUJO, 2005; BARCELOS et al., 2011; MAGNAGO, MARTINS e PEREIRA, 2011; ROCHA, 2012). A floresta de transição é caracterizada por ser uma

região de transição entre FPI e FNI, representada por uma elevação topográfica de aproximadamente 4 metros de altura, constituindo um contínuo vegetacional.



Figura 2 - Áreas de estudo. A-B) Floresta não inundável; C-D) Floresta de transição; E-F) Floresta periodicamente inundada.

3.2 Descrição das espécies em estudo

Aspidosperma pyricollum Müll.Arg (Apocynaceae) (Figura 3A)

Popularmente conhecido como pequiá sobre (LEITE, 2010).

Descrição da espécie: Arbórea, folhas simples, opostas, pecioladas, lâmina foliar elíptica, base cuneada, ápice agudo, venação craspedódroma, presença de látex branco (Material examinado – Herbário VIES).

Distribuição e hábitat: Distribuição pantropical, ocorrendo ao longo da costa brasileira em região de floresta Atlântica, inclusive em restingas (FREIRE, 1990; MAIA; SILVA, 2016; REFLORA, 2017a).

Calophyllum brasiliense Cambess. (Calophyllaceae) (Figura 3B)

Popularmente conhecida como guanandi, galandim, guanandi-carvalho, olandi, olandim, gulande-carvalho, jacareúba (Amazônia) ou guanandi-cedro (LORENZI, 1992).

Descrição da espécie: Porte arbóreo, altura de 20-30 m, diâmetro do caule 40-60 cm, troncos retilíneos e revestidos por casca grossa com fendas, copa frondosa. Espécie perenifólia, folhas opostas, pecioladas, variando de obovadas a elípticas, ápice e base foliar obtusa, bordo inteiro, nervura multinérvia com nervura principal proeminente, glabras e coriáceas. Inflorescências racemiformes, com flores polígamas (SAINT-HILAIRE, 1825; REITZ, KLEIN e REIS, 1978; LORENZI, 1992; MARQUES, 1994; KURTZ, 2015).

Distribuição e hábitat: Distribuição do tipo pantropical, abrangendo desde a América Central ao sul do Brasil, sendo encontrada na floresta Amazônica, Cerrado, floresta Atlântica, incluindo ecossistemas de restingas e manguezais. Encontrada em florestas pluviais, podendo ocorrer em regiões de alagamento. (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 1995; LORENZI, 1992; KURTZ, 2015).

Emmotum nitens (Benth.) Miers (Icacinaceae) (Figura 3C)

Popularmente conhecida como faia, pau-de-sobre, sobre, cabriteiro, bapeba-preta (LORENZI, 2009a).

Descrição da espécie: Árvore de pequeno a médio porte 6-10 m, diâmetro do caule 40-60 cm, troncos curtos e cilíndricos revestidos com casca rugosa, copa globosa. Espécies perenifólias, ramos estriados, folhas alternas, simples, pecioladas, oblongas, coriáceas, ápice foliar acuminado ou agudo, base arredondada, margem levemente revoluta, brilhantes na face superior, nervura central proeminente na face

inferior e inconspícuas na face superior, inflorescências com flores monoclinas, diclamídeas com coloração amarelada (JARDINE, 1850; HOWARD, 1942; LORENZI, 2009a; SOUZA; LORENZI, 2012; VIANA et al., 2016).

Distribuição e hábitat: Distribuição do tipo pantropical, sendo amplamente ocorrente em Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia, característica do Brasil Central, ocupando ambientes de transição para o cerrado, floresta Atlântica, inclusive ambientes de restinga. Ocorre preferencialmente em terrenos elevados com solos férteis e drenados (SOUZA; LORENZI, 2012; REFLORA, 2017b).

Eugenia bahiensis DC. (Myrtaceae) (Figura 3D)

Popularmente conhecida como grumixama, grumixameira, grumixaba, cumbixaba e ibaporoiti (LORENZI, 1992).

Descrição da espécie: Porte arbóreo, altura de 10-15 m, diâmetro do caule 25-40 cm, troncos cilíndricos e curtos. Espécie perenifólia, folhas simples, opostas, coriáceas, glabras, ápice foliar sub-acuminado, base obtusa, flores em racemo, fruto globoso (CANDOLLE, 1828; LORENZI, 1992; SOUZA; MORIM, 2008).

Distribuição e hábitat: Distribuição neotropical, abrangente ao longo do litoral brasileiro na floresta Atlântica com destaque nas florestas de Restinga (SOUZA; LORENZI, 2012). Comumente presente em planícies aluviais e encostas suaves (LORENZI, 1992).

Guapira opposita (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae) (Figura 3E)

Popularmente conhecida como maria-mole, maria-faceira, João-mole, carne-de-vaca ou flor-de-pérola (LORENZI, 2009a).

Descrição da espécie: Porte arbóreo, altura de 6-20 m, diâmetro do caule 40-60 cm, troncos tortuosos revestidos de casca lisas e finas. Espécie perenifólia, folhas simples, opostas, pecioladas, oblongas, ápices acuminados, subcoriáceas, glabras e brilhantes na superfície adaxial e rígido-pubescentes na superfície abaxial. Inflorescências com flores verde-rosadas a amareladas (FURLAN, UDULUTSCH e DIAS, 2008; LORENZI, 2009a; GONÇALVES; LORENZI, 2011).

Distribuição e hábitat: Distribuição pantropical, abrangendo os estados da costa litorânea brasileira, sendo encontrada na floresta Atlântica e em restingas (LORENZI, 2009a; REFLORA, 2017c).

Guarea macrophylla Vahl (Meliaceae) (Figura 3F)

Popularmente conhecida como catiguá-morcego, pau-de-balaio, pau-d'arco, camboatá, marinheiro, calcanhar-de-cutia, atuaba, jitó, jitó-miúdo (LORENZI, 2009b).

Descrição da espécie: Arbórea com altura de 4-10 m, diâmetro do caule 15-25 cm, troncos curtos e canelados revestidos com casca áspera de cor amarronzada, copa larga e densa. Espécie perenifólia, folhas paripinadas, folhas alternas, folíolos opostos, sub opostos, variando entre elíptico, oblongos, obovados ou oblanceolados, ápice variando entre agudo a cuspidado, base variando entre aguda e cuneada, gema apical de crescimento intermitente, subcoriáceas, pecíolos semi cilíndrico. Inflorescências com flores de coloração rósea a vermelho (PASTORE, 2003; LORENZI, 2009b).

Distribuição e hábitat: Distribuição pantropical, ocorrem nas regiões sul e sudeste do Brasil, predominantes na região Central do Brasil, nas matas de galeria e na floresta Atlântica, ocorrendo nas restingas (LORENZI, 2009b; MAGNAGO et al., 2012).

Micropholis venulosa (Mart. & Eichler) Pierre (Sapotaceae) (Figura 3G)

Popularmente conhecida por abiu, rosadinha, rosadinho, mulungu, rosada-verde, uvinha (CARNEIRO et al., 2015).

Descrição da espécie: Arbórea, atinge até 40 m, diâmetro do caule até 100 cm, tronco com fissuras e coloração castanho acinzentada. Lâmina foliar pequena, simples, alterna, glabra, finamente estriada, cartácea, flores campanuladas (PENNINGTON, 1990; MARC, VAN ROOSMALEN e GARCIA, 2000).

Distribuição e hábitat: Distribuição pantropical, presente nos estados do Acre, Amazonas, Rondônia, Pará, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Espírito Santo e Minas Gerais. Abrangem regiões de restinga, de floresta Atlântica, Cerrado e floresta Amazônica (SOUZA; LORENZI, 2012; CARNEIRO et al., 2015).

Protium icariba (DC.) Marchand (Burseraceae) (Figura 3H)

Popularmente conhecido como almesca ou almécega (FERREIRA et al., 2010).

Descrição da espécie: Arbórea de altura ca. 8-14 m, folhas compostas imparipinadas, pecioladas, folíolos coriáceos, oblongo-lanceolados, ápice foliolar acuminado, base oblíqua, venação broquidódroma com nervuras bem proeminentes na superfície abaxial, inflorescências com flores dispostas em racemos de coloração

variando de branco a amarelo esverdeado (FERREIRA et al., 2010; DAL COL, 2017).

Distribuição e hábitat: Distribuição pantropical, o gênero está amplamente distribuído por todo Brasil, em estados como Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro e em formações vegetais como floresta Pluvial Atlântica e restingas (SOUZA; LORENZI, 2012; DALY, 2015).

Rudgea reticulata Benth. (Rubiaceae) (Figura 3I)

Descrição da espécie: Porte arbóreo, altura de 4-8 m, folhas simples, pecioladas, lâmina foliar ovada a amplamente elíptica ou lanceolada, margem revoluta, ápice foliar curto-acuminado, base atenuada, nervura principal proeminente na face abaxial, inflorescências com flores de coloração branca (ZAPPI, 2003).

Distribuição e hábitat: Distribuição tropical ocorrendo nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e sul da Bahia nas florestas Pluviais Atlânticas e restingas (ZAPPI, 2003; BRUNIERA; ZAPPI, 2015).

Symphonia globulifera L.f. (Clusiaceae) (Figura 3J)

Popularmente conhecida como guanandi (ES), oanani, anani, uanani, pitiá-de-lagoa, pau-breu (LORENZI, 1992).

Descrição da espécie: Arbórea de altura de 5-20 m, diâmetro do caule 20-30 cm, tronco com raízes adventícias e ramificações terminais. Espécie semidecídua, folhas simples, opostas, pecioladas, glabras, membranáceas, ápices acuminados, bases cuneadas, venação craspedódroma, apresentam madeira pesada, látex, inflorescências cimosas sub-umbeliformes com flores hermafroditas de coloração vermelho (LORENZI, 1992; MAUES, 2004).

Distribuição e hábitat: distribuição pantropical, presente na região Norte do Brasil e na costa litorânea, englobando a região amazônica e atlântica, sendo predominante em ambientes alagadiços (LORENZI, 1992; SOUZA; LORENZI, 2012).

Tabebuia cassinoides DC. (Bignoniaceae) (Figura 3K)

Popularmente conhecida como caixeta, caxeta, malacaxeta, pau-caxeta, pau-paraíba, pau-de-tamanco, pau-de-viola, corticeira, tabebuia, tabebuia-do-brejo (RJ), tamanqueira ou tamancão (LORENZI, 1992).

Descrição da espécie: Arbórea com altura 6-12 m, diâmetro do caule ca. 30-40 cm. Espécie semidecídua, folhas simples, opostas, glabras, coriáceas, ápice foliar obtuso e base aguda, madeira leve e de superfície lisa, flores hermafroditas variando de branco a amarelo (CANDOLLE, 1845; LORENZI, 1992; CAVALLARI NETO, 2004).

Distribuição e hábitat: Distribuição pantropical, sendo comumente ocorrente em regiões alagáveis ou permanentemente úmidos ao longo da costa litorânea, desde o Pernambuco até o norte de Santa Catarina (LORENZI, 1992; SOUZA; LORENZI, 2012).

Tapirira guianensis Aubl. (Anacardiaceae) (Figura 3L)

Popularmente conhecida como tapiriri, tapirirá, tatapiririca (PA), guapiruba, copiúva, cupiúva (PE), cedrói, cedroí (Amazônia), aroeirana, fruta-de-pombo, pau-pombo, peito-de-pombo (Sul), fruto-de-pombo, cedro-novo, camboatá ou bom-nome (AL) (LORENZI, 1992).

Descrição da espécie: Arbórea com altura ca. 8-14 m, diâmetro do caule 40-60 cm, troncos curtos. Espécie perenifólia, folhas compostas imparipinadas, folíolos glabros, membranáceos, ápices acuminados, bases cuneadas, venação craspedódroma, variáveis na forma e tamanho, madeira macia com superfície uniforme, dióicas, inflorescências com flores amarelas (LORENZI, 1992; LENZA; OLIVEIRA, 2005).

Distribuição e hábitat: Distribuição tropical e subtropical, difundida em quase todas as formações vegetais brasileiras, inclusive restingas, ocorrendo tanto em locais sujeitos ao alagamento quanto em locais de ambientes secos (LORENZI, 1992; SACRAMENTO, ZICKEL e ALMEIDA JUNIOR, 2007; SOUZA; LORENZI, 2012, REFLORA, 2017d).

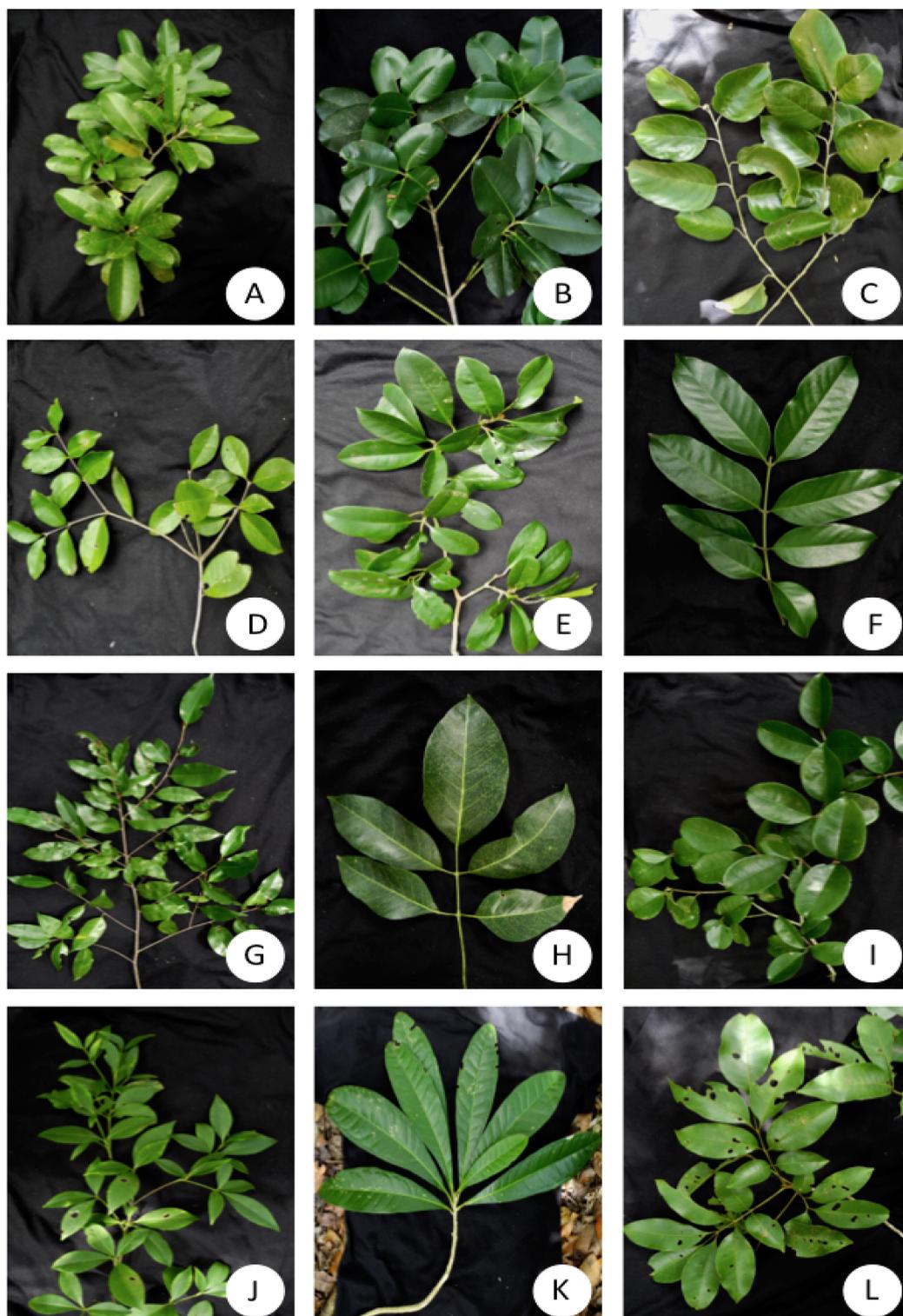


Figura 3 - Morfologia foliar das espécies estudadas. A) *Aspidosperma pyricollum* Müll.Arg (Apocynaceae). B) *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae). C) *Emmotum nitens* Miers (Icacinaceae). D) *Eugenia bahiensis* DC. (Myrtaceae). E) *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae). F) *Guarea macrophylla* Vahl (Meliaceae). G) *Micropholis venulosa* Pierre (Sapotaceae). H) *Protium icariba* Marchand (Bursereae). I) *Rudgea reticulata* Benth. (Rubiaceae). J) *Symphonia globulifera* L.f. (Clusiaceae). K) *Tabebuia cassinoides* DC. (Bignoniaceae). L) *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae).

3.3 Amostragem e coleta de material botânico

Após o reconhecimento da área de estudo, instalaram-se 6 parcelas por ambiente florestal, perpendiculares à linha da praia, com dimensões de 5 x 25 metros. O local de instalação foi escolhido de maneira aleatória dentro da fitofisionomia, adotando como critério para coleta do material botânico, a distância mínima de 10 metros entre uma parcela e outra e a abundância relativa das espécies com valor mínimo de 60% nas parcelas, afim de se verificar a variabilidade interespecífica. A identificação e a quantificação da abundância relativa das espécies fundamentou-se em um estudo fitofisionômico prévio realizado na área de estudo (LOURENÇO-JÚNIOR, dados não publicados).

As coletas foram realizadas em janeiro de 2017, onde foram escolhidas 3 espécies generalistas, que ocorrem nas três zonas florestais (FNI, FT e FPI) e 3 espécies especialistas por área de estudo. Padronizou-se a escolha de cinco indivíduos por espécie, escolhidos ao acaso, e que obedecessem aos seguintes critérios: apresentassem DAP maior que 5 cm e estivessem iluminados, afim de se evitar o efeito da luz. Por apresentar árvores com altura superior à capacidade do podão, optou-se por coletar os ramos mais próximos do chão que estivessem totalmente iluminados. Plantas que estivessem com muitas injúrias causadas por herbívoros deveriam ser descartadas (PEREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013).

Coletou-se folhas do terceiro e quarto nó e as mesmas foram acondicionadas em sacos plásticos úmidos e identificados para as análises anatômicas. Para as análises de pigmentos, acondicionou-se em envelopes de papel alumínio devidamente identificados armazenados em caixa térmica com gelo. Para que houvesse uma maior consistência nas mensurações, recomendou-se a utilização de um mesmo indivíduo para a maior quantidade de análises possível (CORNELISSEN et al., 2003; PEREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013).

3.4 Mensuração dos atributos funcionais

3.4.1 Anatomia foliar

Os atributos anatômicos foliares mensurados foram: espessura foliar, da cutícula, das células epidérmicas das faces adaxial e abaxial e do parênquima paliçádico e esponjoso.

Para o estudo anatômico foliar foram utilizadas amostras do terço mediano de folhas totalmente expandidas. As amostras foram fixadas e estocadas em álcool etílico 70%, conforme prática do Laboratório de Anatomia Vegetal - UFES. Os cortes anatômicos (secções transversais) foram realizados com auxílio de micrótomo de mesa e foram submetidas ao processo de desidratação alcoólica para confecção de lâminas permanentes, coradas com azul de toluidina 0,05% em tampão fosfato 0,1M, pH 6,8 (O' BRIEN et al., 1964) .

O processo de confecção de lâminas ocorreu de acordo com os seguintes passos:

- Cortes em micrótomo de mesa;
- Hipoclorito de sódio 20% da solução comercial (até clarear);
- Lavagem em água destilada;
- Coloração com azul de toluidina (2 minutos);
- Lavagem em água destilada;
- Etanol 70% (2 minutos);
- Etanol 80% (2 minutos);
- Etanol 90% (2 minutos);
- Etanol 100% (3 minutos) – repetir;
- Etanol 100% : Acetato de butila (3:1) (3 minutos);
- Etanol 100% : Acetato de butila (1:1) (3 minutos);
- Etanol 100% : Acetato de butila (1:3) (3 minutos);
- Montagem da lâmina em verniz vitral (PAIVA et al., 2006).

Devido às características próprias de cada material botânico, as amostras nas quais não foi possível a realização de secções em micrótomo de mesa, foram desidratadas em série etílica crescente e incluídas em historesina 2-hidroxietil-metacrilato (Leica®), conforme as recomendações do fabricante:

- Etanol 70% (2 horas);
- Etanol 90% (2 horas) – colocar o material em bomba a vácuo;
- Etanol 100% (2 horas) – repetir;

- Etanol 100% + resina líquida (1:1) = resina de pré-infiltração (4 horas);
- Resina líquida + pó ativador = resina de infiltração (mínimo de 12 horas);
- Resina de infiltração + hardner (endurecedor);
- Inclusão do material no histomolde.

Neste caso, após o emblocamento na resina, fez-se necessária a utilização de micrótomo rotativo, com cortes de espessura variando entre 7-10 μm e os mesmos sendo submetidos à coloração com azul de toluidina, para detecção de paredes lignificadas e celulósicas.

As fotomicrografias foram obtidas em microscópio Nikon Eclipse 50i, utilizando-se o software Nikon NIS-Elements e as mensurações realizadas no software TSview.

3.4.2 Teor de pigmentos cloroplastídicos

Os atributos de pigmentos cloroplastídicos mensurados foram: clorofilas (*a*, *b* e total) e carotenóides.

Para extração dos pigmentos cloroplastídicos, seguiu-se metodologia proposta por Arnon (1949), com utilização de solução de acetona fria 80% (v/v). O material coletado em campo foi acondicionado em sacos de papel alumínio e mantido em ambiente refrigerado. Para cada amostra, foram utilizados 200 mg de massa fresca de folhas do terceiro nó do ramo totalmente expandido. O material foi macerado em almofariz contendo 5 mL de acetona fria a 80%, em ambiente com luz verde, para evitar a fotodegradação dos pigmentos. Em seguida, transferido para um tubo Falcon envolvido em papel alumínio e o solvente adicionado até completar o volume de 15 mL. Os extratos foram diluídos na proporção 1:1 (extrato:solvente) e posteriormente lidos em espectrofotômetro (Genesys™ 10S UV-Vis Spectrophotometer/ Thermo Fisher Scientific), com cubeta de vidro, nos seguintes comprimentos de onda (λ): 480, 645, 663 nanômetros. Os valores de absorbância foram posteriormente duplicados para que se obtivesse o valor real dos extratos.

A determinação dos teores de clorofila *a*, *b*, clorofila total e carotenóides foi realizada mediante fórmula proposta por Arnon (1949) e os valores foram

convertidos a μmol por litro pelas equações de Hendry e Price (1993), multiplicando-se ($\text{Chl}_a \times 1,119$) e ($\text{Chl}_b \times 1,102$).

$$\text{Clorofila a } (\mu\text{mol/l}) = [(12,7.A_{663}) - (2,69.A_{645})].1,119$$

$$\text{Clorofila b } (\mu\text{mol/l}) = [(22,9.A_{645}) - (4,68.A_{663})].1,102$$

$$\text{Clorofila total } (\text{mg/l}) = [(8,02. A_{663}) + (20,2. A_{645})]$$

$$\text{Carotenóides } (\text{mg/l}) = [A_{480} + (0,114.A_{663}) - (0,638.A_{645})].V.1000/(112,5.MF)$$

3.5 Determinação da profundidade lençol freático

Para determinação da profundidade do lençol freático, foram instalados piezômetros com 1 metro de profundidade na floresta periodicamente inundada. A profundidade do lençol freático foi estimada com o auxílio de uma trena milimetrada, onde foram realizadas medições da superfície dos piezômetros até a superfície do lençol freático.

As medições foram realizadas apenas em um momento, durante o mês de junho de 2017. Desta forma, foi possível obter um valor médio para a floresta periodicamente inundada. Os valores médios das demais áreas (floresta não inundável e floresta de transição) foram obtidos indiretamente, utilizando-se uma mangueira de nível, utilizando-se a altura do piezômetro como referência, a distância entre as marcações do nível na mangueira e a angulação do desnível entre as áreas, permitindo um valor aproximado da profundidade de cada parcela do lençol freático.

3.6 Análises do solo

Coleta e preparo das amostras: Para a coleta do solo, foram realizadas amostras simples, na profundidade de 0-20 cm (Figura 4), coletadas de forma aleatória (coletas em ziguezague), para homogeneização da amostra composta. A serrapilheira que estava na superfície do solo foi retirada para que não

comprometesse os resultados das análises e os solos, coletados com auxílio de um trado e acondicionados em sacos plásticos identificados (ARRUDA, MOREIRA e PEREIRA, 2014).

Após homogeneização das amostras, as mesmas foram encaminhadas para o Laboratório de Análises de Solos do Instituto Capixaba de Pesquisas e Extensão Rural (Incaper), para análises físico-química do solo.



Figura 4 - Representação das amostras de coleta de solo, profundidade 0-20 cm. A) Floresta não inundável; B) Floresta de transição; C) Floresta periodicamente inundada.

Análises físico-químicas: Para determinação do percentual de areia grossa, areia fina, silte e argila, realizou-se uma análise granulométrica das amostras de solo, utilizando-se o método analítico proposto por EMBRAPA (1997).

Determinou-se avaliar através das análises químicas realizadas os seguintes parâmetros: potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), alumínio (Al^{3+}), Soma de Bases Trocáveis (SB), Matéria Orgânica (MO), zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu) e boro (B), segundo metodologias propostas por EMBRAPA (1997).

3.7 Características ambientais mais relevantes

Para determinação das características ambientais (edáficas e lençol freático) mais significativas em relação ao gradiente ambiental, realizou-se uma análise de componentes principais (ACP) (SNEATH; SOKAL, 1973), utilizando-se os pacotes "devtools" (WICKHAM; CHANG, 2017) e "ggbiplot" (VU, 2011) do ambiente estatístico R versão 3.4.2 (R Core Team, 2017).

Afim de se verificar, qual variável ambiental atua de forma determinante em relação à distribuição das espécies na área estudada, realizou-se uma análise de redundância com a utilização dos pacotes "vegan" (OKSANEN et al., 2017) e "fields"

(NYCHKA et al., 2017) através do ambiente estatístico R versão 3.4.2 (R Core Team, 2017). A metodologia e o script utilizados para realização da análise, basearam-se na análise realizada por Neves et al., 2017. Os procedimentos constituíram-se na exclusão das espécies localizadas em apenas uma parcela. Posteriormente, foi realizada uma transformação binária de Hellinger (ausência/presença), que é responsável por diminuir o efeito das espécies muito abrangentes. Realizou-se a compilação das variáveis ambientais selecionadas na ACP previamente realizada, com posterior identificação e eliminação das variáveis que apresentaram multicolinearidade através de sua relevância ecológica e do fator de inflação das variâncias (Variance inflation factor - VIF), padronizando-se como significativas, as que apresentassem valor de $VIF < 4$. Por fim, realizou-se a análise de redundância, a partir da variância da matriz de abundância das espécies em função das variáveis ambientais. Afim de se testar a contribuição de cada variável ambiental, aplicou-se teste de ANOVA por permutação (999 permutações) para verificar a significância da análise de redundância.

3.8 Quantificação da Diversidade Funcional

Realizou-se a quantificação da diversidade funcional, que representa a distribuição das características funcionais em uma comunidade. Trata-se de um parâmetro responsivo aos processos que direcionam a composição da assembléia de espécies presentes em uma comunidade, a estrutura dessas comunidades em gradientes ambientais, aos processos relacionados aos serviços ecossistêmicos, aos impactos causados por perturbações, como queimadas, mudanças climáticas, entre outros (VILLÉGER, MASON e MOUILLOT, 2008; MASON; DE BELLO, 2013).

Para obtenção da diversidade funcional dos atributos mensurados, utilizou-se a função 'dbFD', pacote "FD" (LALIBERTÉ, LEGENDRE e SHIPLEY, 2014) do ambiente estatístico R versão 3.4.2 (R CORE TEAM, 2017). Trata-se de um pacote que calcula diversos índices de diversidade, sendo os abordados no presente trabalho: riqueza funcional, uniformidade funcional, divergência funcional (VILLÉGER, MASON e MOUILLOT, 2008), dispersão funcional (LALIBERTÉ; LEGENDRE, 2010) e a média ponderada da comunidade, que está relacionada à composição funcional (LAVOREL et. al., 2008).

Mason et al., (2005) defende a idéia de se decompor a diversidade funcional em índices independentes, com a intenção de diminuir a confusão acerca da estimativa do índice, como também de fornecer meios para analisar as variações nos índices de diversidade funcional em gradientes ambientais (MASON; DE BELLO, 2013). A mensuração de um único valor, torna inviável a investigação detalhada dos processos que integram o funcionamento do ecossistema e as interações do ecossistema e do ambiente com a biodiversidade (MOUILLOT et al., 2005; VILLÉGER, MASON e MOUILLOT, 2008).

3.9 Variação interespecífica

Os valores de CWM dos atributos anatômicos e teores de pigmentos cloroplastídicos foram utilizados com o intuito de se verificar as variações das características com o ambiente. Para tanto, realizaram-se testes de correlação de Pearson, com ajustamento da linha de tendência da distribuição dos dados.

A variável independente constituiu-se na variável ambiental determinante na estruturação da comunidade, apontada pela análise de redundância. As variáveis dependentes constituíram-se dos valores de CWM dos atributos anatômicos e teores de pigmentos cloroplastídicos, bem como os índices de diversidade funcional.

4 RESULTADOS

4.1 Características ambientais mais relevantes

Os resultados da análise de componentes principais foram responsáveis por 74,4% da variação. O primeiro componente principal (PC1) apresentou-se responsável por explicar 49,2% da variação, enquanto o segundo componente principal (PC2) apresentou-se responsável por 25,2% da variação. As características ambientais mais significativas foram ordenadas em: profundidade do lençol freático, Al^{3+} , areia fina, Mn, silte, Ca^{2+} e areia grossa.

A análise de redundância foi realizada para se determinar quais são as variáveis, dentre as resultantes da análise de componentes principais, que atuam de forma determinante em relação à distribuição das espécies. Dentre as sete características resultantes da ACP, apenas a profundidade do lençol freático mostrou-se explicativa em relação à estrutura da comunidade. A partir desse resultado, optou-se por utilizar essa característica para as demais análises realizadas no decorrer do presente trabalho.

4.2 Diversidade funcional

Após a verificação da profundidade do lençol freático como fator determinante para a estrutura da comunidade, foram mensurados os índices de diversidade funcional dos atributos anatômicos e teores de pigmentos cloroplastídicos em relação à variável ambiental em questão.

Os índices de diversidade funcional, com base nos atributos anatômicos analisados, mostraram aumento na riqueza e dispersão funcional à medida que a profundidade do lençol freático aumentou (r^2 : 0.65, p-valor: 0.003; r^2 : 0.564, p-valor: 0.014, respectivamente). Enquanto, a uniformidade e a divergência funcional não apresentaram diferenças estatística em relação à profundidade do lençol freático (r^2 : -0.365, p-valor: 0.135; r^2 : -0.251, p-valor: 0.314, respectivamente) (Figura 5).

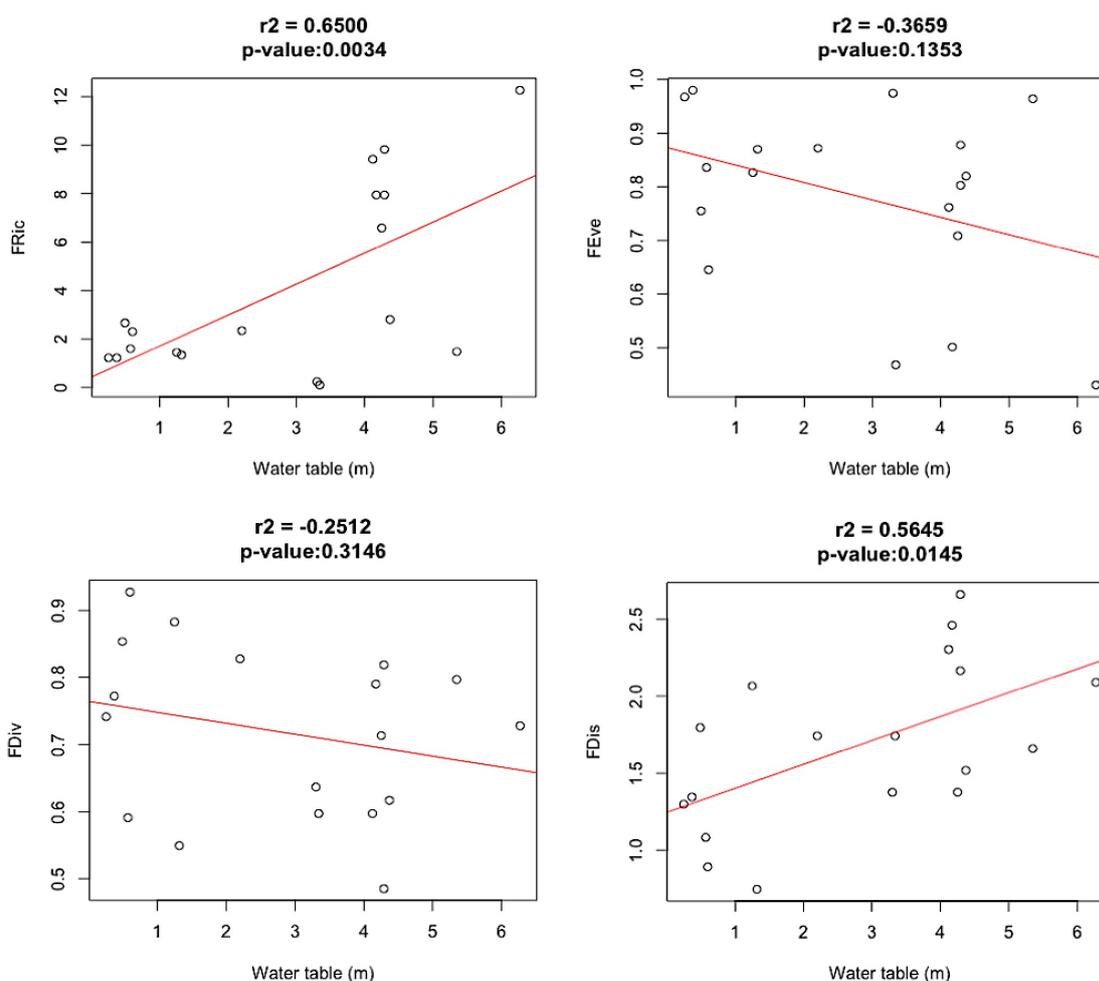


Figura 5 - Correlação de Pearson entre os índices de diversidade funcional com base nos atributos anatômicos (FRic: riqueza funcional, FEve: uniformidade funcional, FDiv: divergência funcional e FDis: dispersão funcional) em relação à variável ambiental.

Os índices de diversidade funcional analisados, com base nos teores de pigmentos cloroplásticos não apresentaram diferença estatística. A riqueza funcional (r^2 : -0.159; p-valor: 0.526), a uniformidade funcional (r^2 : -0.249; p-valor: 0.317), a divergência funcional (r^2 : -0.165; p-valor: 0.512) e a dispersão funcional (r^2 : 0.218; p-valor: 0.282) não diferiram com o aumento da profundidade do lençol freático (Figura 6).

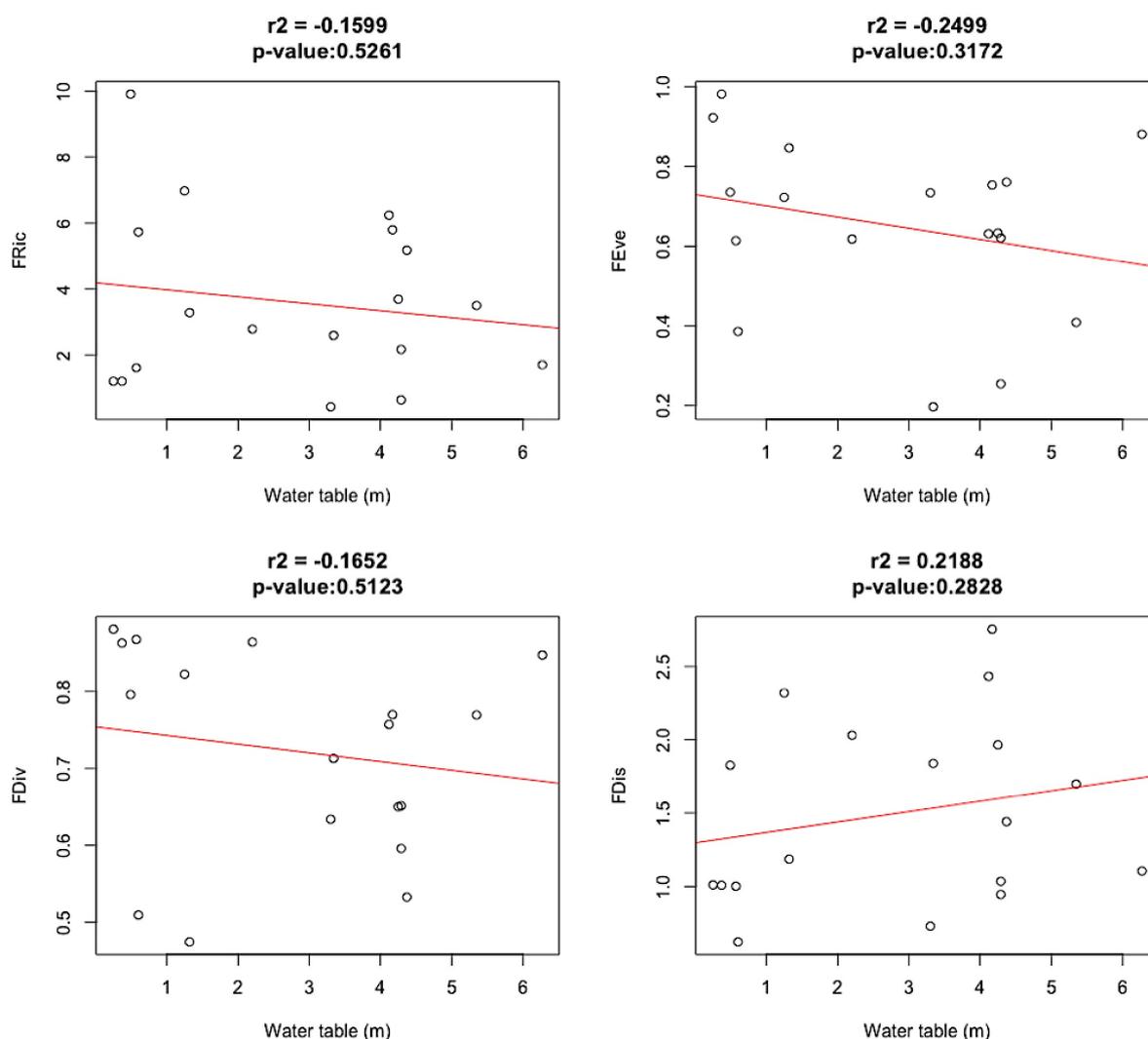


Figura 6 - Correlação de Pearson entre os índices de diversidade funcional com base nos teores de pigmentos cloroplastídicos (FRic: riqueza funcional, FEve: uniformidade funcional, FDiv: divergência funcional e FDis: dispersão funcional) em relação à variável ambiental.

4.3 Variação interespecífica

Os valores de CWM dos atributos anatômicos e de pigmentos cloroplastídicos foram correlacionados à profundidade do lençol freático, com a finalidade de se verificar como tais características distribuem-se ao longo do gradiente hídrico das áreas de estudo.

Em relação aos atributos anatômicos, os valores de CWM da epiderme da face adaxial mostraram-se negativamente correlacionados à profundidade do lençol freático (r^2 : -0.637; p -valor: 0.004), sendo o único atributo mensurado que foi responsivo à variável ambiental (Figura 7). Desta forma, observa-se maior

espessura da face adaxial da epiderme nas espécies presentes na floresta periodicamente inundada, enquanto, menores espessuras são observadas na floresta não inundável (Figura 8). Em contrapartida, os valores de CWM da epiderme da face abaxial (r^2 : 0.286; p-valor: 0.248), cutícula (r^2 : 0.320; p-valor: 0.194), parênquima paliçádico (r^2 : -0.088; p-valor: 0.727), parênquima esponjoso (r^2 : 0.103; p-valor: 0.682) e espessura foliar (r^2 : -0.029; p-valor: 0.908) não apresentaram variação significativa ao longo do gradiente ambiental (Figura 7).

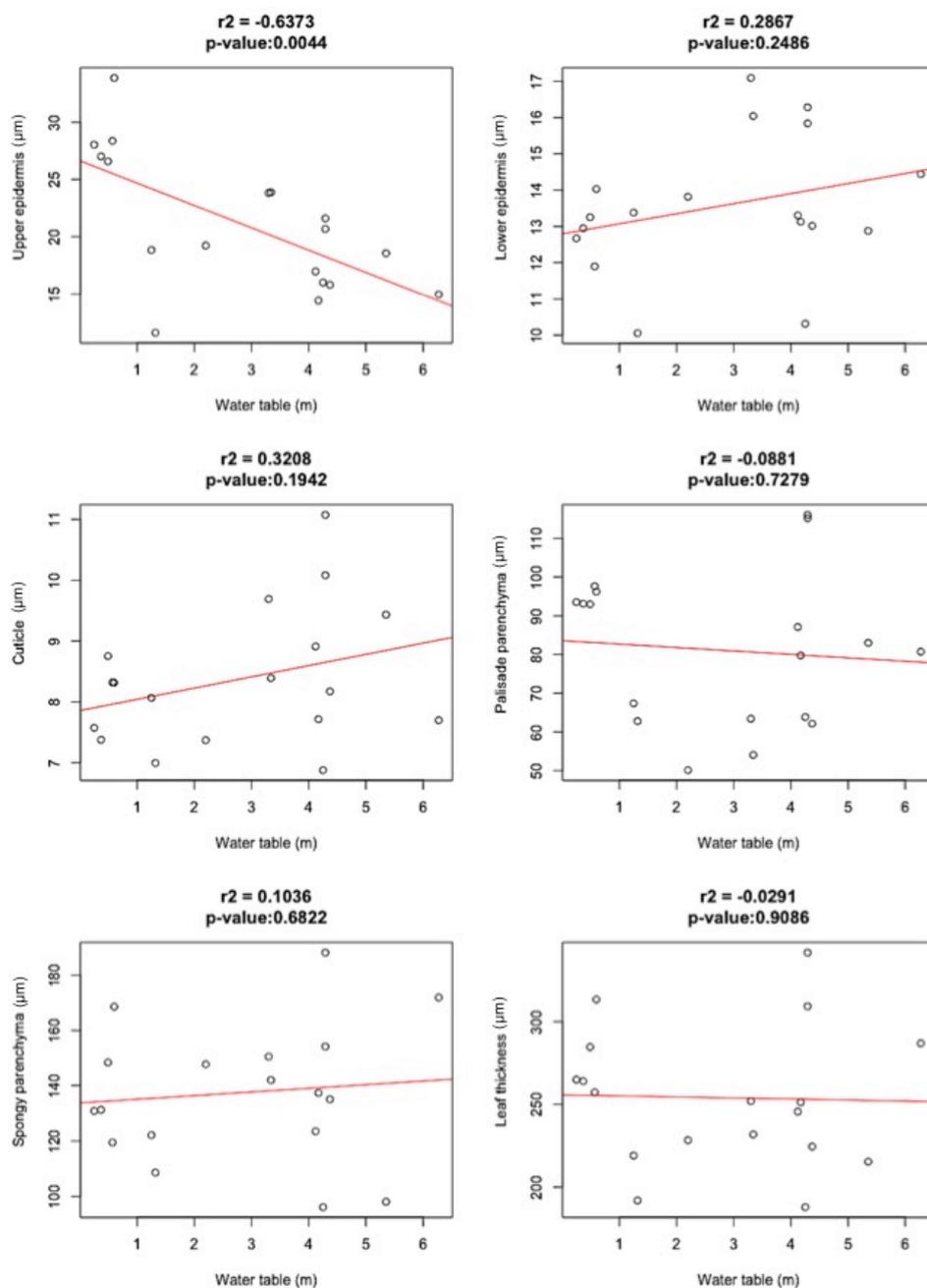


Figura 7 - Correlações de Pearson dos valores de CWM dos atributos anatômicos em relação à profundidade do lençol freático.

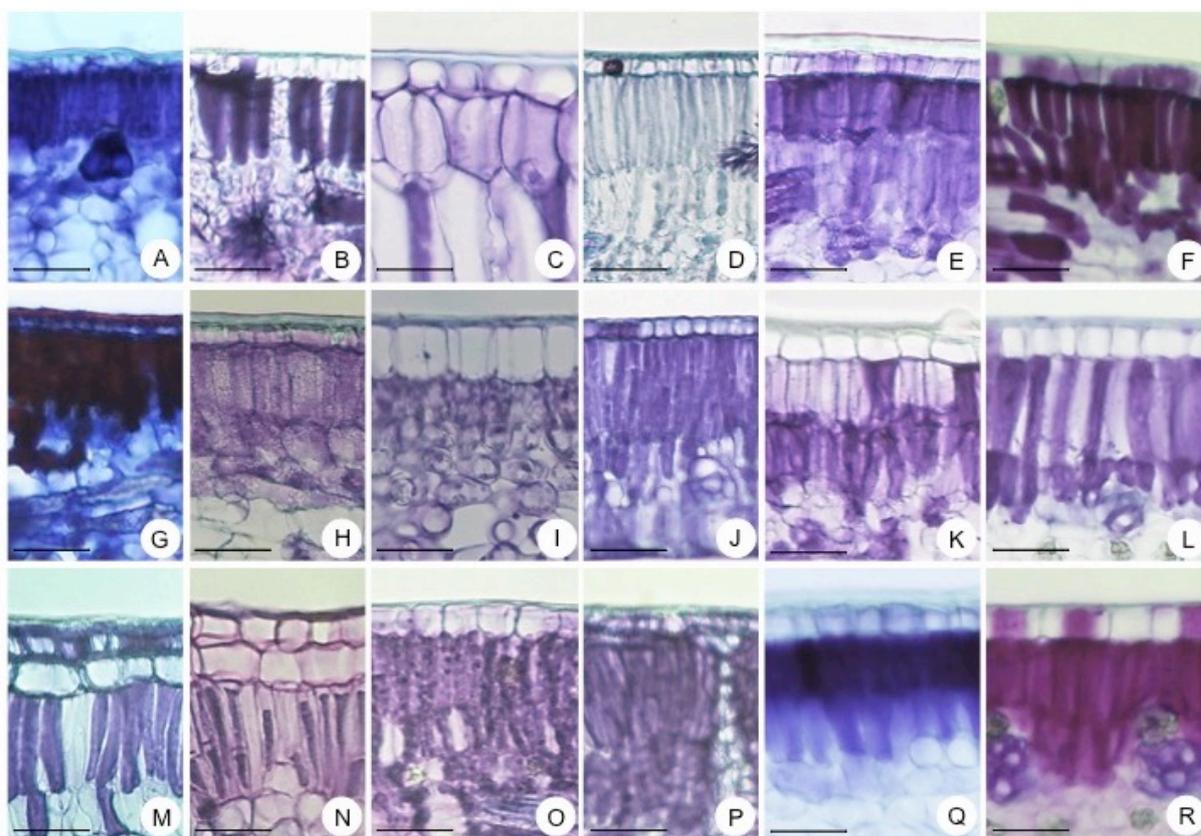


Figura 8 – Seções transversais foliares, evidenciando-se a epiderme da face adaxial. A-F) Floresta não inundável; G-L) Floresta de transição; M-R) Floresta periodicamente inundada. A) *Aspidosperma pyricollum*; B) *Eugenia bahiensis*; C) *Guapira opposita*; D,J,P) *Protium icariba*; E,K,Q) *Emmotum nitens*; F,L,R) *Tapirira guianensis*; G) *Micropholis venulosa*; H) *Guarea macrophylla*; I) *Rugdea reticulata*; M) *Calophyllum brasiliense*; N) *Tabebuia cassinoides*; O) *Symphonia globulifera*. Barra: 20 μm .

Os valores de CWM dos pigmentos cloroplastídicos apresentaram diferença significativa em relação à variável ambiental. Os valores de CWM dos teores de clorofila *a* (r^2 : -0.647; p-valor: 0.003), clorofila *b* (r^2 : -0.687; p-valor: 0.001) e clorofila total (r^2 : -0.660; p-valor: 0.002) e carotenóides (r^2 : -0.629; p-valor: 0.005) apresentaram correlação negativa em relação ao aumento da profundidade do lençol freático (Figura 9).

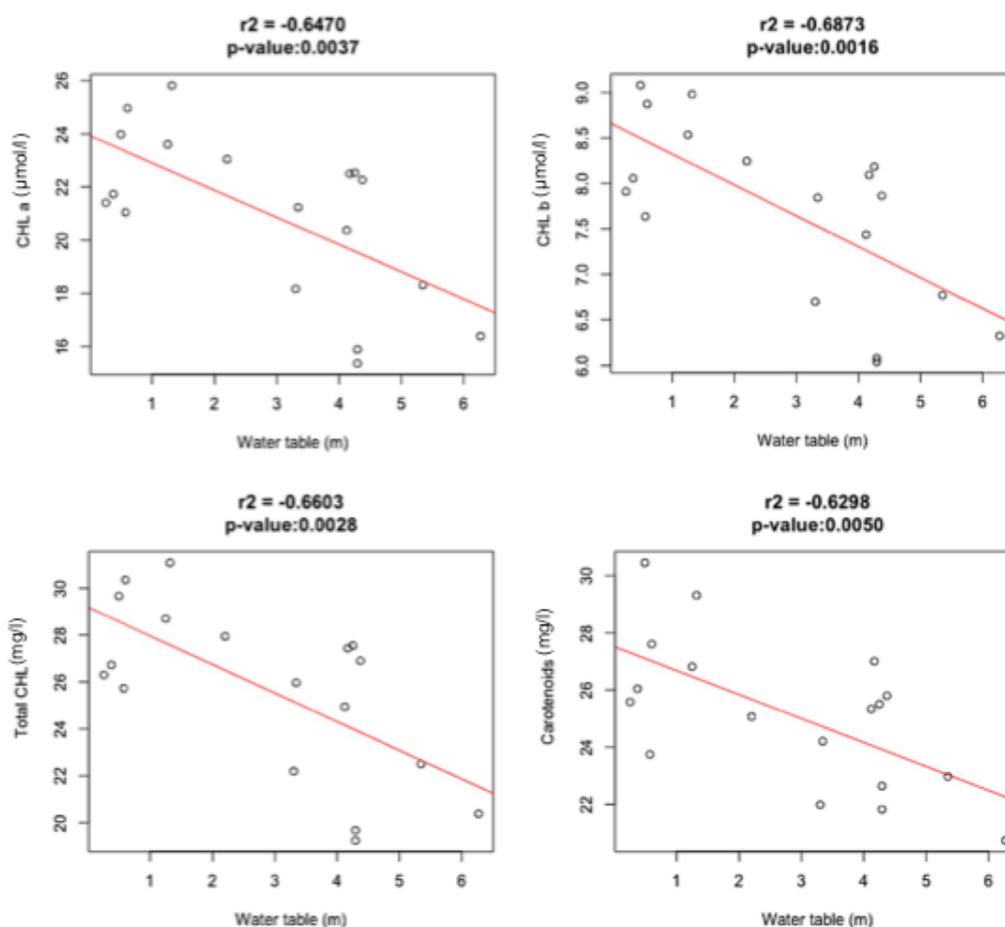


Figura 9 - Correlações de Pearson dos valores de CWM dos teores de pigmentos cloroplastídicos em relação à profundidade do lençol freático.

5 DISCUSSÃO

5.1 Diversidade funcional

A riqueza funcional da comunidade vegetal estudada com base nos atributos anatômicos apresentou-se maior nos ambientes com maior limitação hídrica quando comparadas aos ambientes periodicamente inundados. Sabe-se que as plantas estão sujeitas a múltiplos estresses em ambientes naturais (LARCHER, 2004), sendo, no presente estudo, 65% da variação na riqueza funcional atribuída à profundidade do lençol freático (Figura 5).

As regiões mais próximas ao lençol freático, como a floresta periodicamente inundada, apresentaram menores valores de FRic, logo, espera-se que o espaço do

nicho da comunidade apresente menor tamanho. Considerando-se que a região está sujeita a inundações periódicas, tal situação estressante pode acarretar em episódios de seca fisiológica (LISAR et al., 2012), impossibilitando uma aquisição eficiente dos recursos disponíveis no meio e conseqüentemente, atuando no fitness da espécie e na diminuição de sua produtividade (PETCHEY, 2003; MASON et al., 2005). Verifica-se o aumento de FRic, ou seja, do espaço funcional ao longo do gradiente de lençol freático, no sentido das regiões inundáveis para as não inundáveis. Fatores abióticos e bióticos podem representar limitações ambientais capazes de reduzirem o nicho fundamental que uma espécie pode ocupar, através de filtros ambientais (CORNWELL, SCHWILK e ACKERLY, 2006; GUREVITCH; SCHEINER e FOX, 2009), sendo, neste caso, atribuído à disponibilidade hídrica.

Uma vez que a FRic e FDis representam índices capazes de mensurar a dispersão das espécies (LALIBERTÉ; LEGENDRE, 2010), o resultado encontrado para FDis corrobora com a FRic e mostra a correlação positiva destes valores com o aumento do lençol freático.

A uniformidade funcional, com base nos atributos anatômicos, apresentou-se marginalmente significativa, havendo uma tendência a sua diminuição com o aumento da profundidade do lençol freático. Podemos inferir que os nichos são menos homogêneamente ocupados pelas espécies ali presentes. Com base nos atributos avaliados, possivelmente existem espaços de nicho vazios, ou ainda, espaços subutilizados. Considerando que os atributos avaliados exerçam funções importantes na produtividade da comunidade e na sobrevivência das espécies, a existência de espaços funcionais subutilizados poderiam oportunizar o estabelecimento de espécies invasoras, configurando-se uma situação de maior fragilidade da comunidade vegetal (DUKES, 2001; MASON et al., 2005).

A partir de observações de campo, observa-se nas regiões mais secas, a presença de indivíduos pertencentes à família Bromeliaceae em toda extensão da Floresta não inundável, principalmente por representantes de *Bromelia antiacantha* e *Pseudananas sagenarius*. É relatado na literatura que representantes desta família apresentam capacidade de armazenar água em tanques formados pela disposição em roseta das folhas (ROCHA et al., 2004a; COGLIATTI-CARVALHO et al., 2010). Tal característica confere um caráter facilitador para os demais organismos ao redor, conferindo um ambiente propício para germinação de sementes (ZALUAR;

SCARANO, 2000; ROCHA et al., 2004a, b), além de representar uma característica importante em ambientes como a restinga.

Os resultados revelam uma tendência de que nas regiões mais próximas ao lençol, os nichos apresentam-se mais homoganeamente ocupados, apesar de não ter sido observado diferença significativa. Neste caso, verifica-se que as espécies tendem a ocupar o espaço funcional de maneira mais eficaz, conferindo à comunidade uma maior resistência a invasão (DUKES, 2001; PETCHEY, 2003).

A diversidade funcional está diretamente relacionada aos serviços ecossistêmicos prestados, tal como produtividade (DÍAZ; CABIDO, 2001). No entanto, os índices de diversidade funcional, para os teores de pigmentos cloroplastídicos, não apresentaram resultados significativos.

5.2 Variação interespecífica

Dentre os atributos anatômicos mensurados, a face adaxial da epiderme apresentou diferença significativa em relação ao gradiente hídrico. Nos ambientes mais secos, observa-se uma tendência das plantas apresentarem epiderme menos espessas, enquanto nos ambientes sujeitos a inundações periódicas, tende a apresentar plantas com maiores espessuras de epiderme. Dentre as características xeromórficas que uma planta pode apresentar, destaca-se a redução do tamanho celular (FAHN; CUTLER, 1992), fato evidenciado pelas plantas localizadas na região mais distante do lençol freático.

Ambientes com restrição hídrica, também são caracterizados por plantas que apresentam como estratégia adaptativa um incremento na cutícula e na cobertura de ceras, de modo a reduzir a perda de água através da transpiração e representar um possível mecanismo de tolerância à dessecação (LARCHER, 2004; MOHAMMADIAN, WATLING e HILL, 2007; GRISI et al., 2008; MARTINS; MACHADO e ALVES, 2008; KOSMA et al., 2009; ROSSATTO; KOLB, 2010; BARROS; SOARES, 2012; CUNHA NETO; MARTINS, 2012; FERREIRA; FLORES, 2013). No presente trabalho, embora não se tenha verificado diferença estatística quanto à espessura da cutícula ao longo do gradiente, foi observado um aumento marginal da cutícula dos indivíduos dos ambientes mais secos.

Outro mecanismo que pode estar relacionado ao resultado obtido e poderia representar um *trade-off* entre investimento estrutural e evitação da perda de água é a presença de indumentos na superfície foliar. A presença de superfícies foliares pilosas estão diretamente relacionadas à capacidade de reflexão dos raios luminosos pelos tricomas, à capacidade transpiratória e ao aporte de CO₂ de forma a conferir-lhes resistência à perda de água (BOLHAR-NORDENKAMPOF; DRAXLER, 1993; LARCHER, 2004).

A partir de observações de campo, verificou-se uma maior presença de tricomas nas espécies de ambiente seco quando comparado com as espécies das demais formações florestais. Supõe-se que as espécies do ambiente seco, como estão sujeitas à restrição hídrica, necessitem de estratégias conservativas em relação às folhas e aos recursos disponíveis, podendo estas estarem relacionadas ao controle da perda de água, além de desempenharem função contra herbivoria (HOLMES; KEILLER, 2002; CORRÊA et al., 2007; BOEGER et al., 2008; SILVA, 2012). Recomenda-se a realização de mensurações da densidade de tricomas e dos espaços intercelulares em estudos posteriores, para verificar a influência da profundidade do lençol freático no grau de pilosidade foliar das espécies das comunidades avaliadas.

Embora poucos ajustes estruturais tenham sido evidenciados, nota-se que as espécies destas comunidades ajustaram-se fisiologicamente através da correlação negativa dos pigmentos fotossintéticos e a profundidade do lençol freático. Na região mais próxima ao lençol freático, houve uma maior concentração dos pigmentos fotossintetizantes, como clorofila *a*, *b*, total e carotenóides.

A presença de maiores concentrações de pigmentos está relacionada a maiores taxas fotossintéticas e conseqüentemente, maior produtividade (ASHRAF; HARRIS, 2013; SILVA et al., 2014). Nas regiões onde o lençol freático encontra-se mais distante, menores concentrações de pigmentos foram observadas, representando estratégias conservativas, uma vez que a água neste ambiente é um recurso limitante ao estabelecimento de plantas.

Tal resultado é corroborado por um estudo realizado em escala global, onde verificou-se a distribuição de características foliares através de um espectro econômico foliar. Em que um extremo é representado por plantas com características relacionadas à produtividade, como altas taxas fotossintéticas, altas

concentrações de nutrientes foliares, folhas de curta duração, enquanto no outro extremo as plantas apresentam estratégias mais conservativas, como baixas taxas fotossintéticas, folhas de longa duração, baixas concentrações de nutrientes foliares (WRIGHT et al., 2004).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A riqueza funcional, com base nos atributos anatômicos utilizados, evidenciou que para as espécies estudadas, os nichos aumentam a medida que distanciam-se do lençol freático. Permitindo, desta forma, uma tendência a apresentarem-se menos homogêneos nos ambientes mais secos, aumentando a vulnerabilidade à invasão. Os índices de diversidade funcional para os teores de pigmentos cloroplastídicos, aqui avaliados, não variaram ao longo do gradiente hídrico.

Dentre as características anatômicas analisadas, apenas a epiderme da face adaxial mostrou-se responsiva em relação ao gradiente ambiental. No entanto, sugere-se que outras variações estruturais possam estar correlacionadas ao fator hídrico, tais como densidade de tricomas e os espaços intercelulares. Os teores de pigmentos cloroplastídicos variaram ao longo do gradiente ambiental, onde maiores concentrações foram ocorrentes nas regiões periodicamente inundadas e menores concentrações nas regiões mais secas.

7 REFERÊNCIAS

- ACKERLY, D.D. Community assembly, niche conservatism, and adaptive evolution in changing environments. **International Journal of Plant Sciences**, v.164, n. S3, p. S165-S184, 2003.
- ADAMS, W.W.; DEMMIG-ADAMS, B. Carotenoid composition and down regulation of photosystem II in three conifer species during the winter. **Physiologia plantarum**, v. 92, n. 3, p. 451-458, 1994.

- AMORIM, M.W.; MELO JÚNIOR, J.C.F. Plasticidade morfoanatômica foliar de *Tibouchina clavata* (Melastomataceae) ocorrente em duas formações de restinga. **Rodriguésia**, v. 68, n. 2, 2017.
- ANJUM, S.A.; XIE, X.; WANG, L.; SALEEM, M.F.; MAN,C.; LEI, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 9, p. 2026-2032, 2011.
- ARAUJO, D.S.D.; HENRIQUES, R.P.B. Análise florística das restingas do Estado do Rio de Janeiro. *In*: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D; CERQUEIRA, R. TURCQ,B. (Organizadores). **Restingas: origem, estrutura e processos**. Niterói: CEUFF, p. 47-60, 1984.
- ARAUJO, D.S.D. Vegetation types of sandy coastal plains of tropical Brazil: a first approximation. *In*: U. Seeliger (coord.). **Coastal plant communities of Latin America**. New York, Academic Press. 1992.
- ARAUJO, D.S.D.; PEREIRA, M.C.A.; PIMENTEL, M.C.P. Flora e estrutura de comunidades na Restinga de Jurubatiba-Síntese dos conhecimentos com enfoque especial para a Formação Aberta de Clusia. *In*: ROCHA, C.F.D.; ESTEVES, F.A.; SCARANO,F.R. (Ed.). **Pesquisas de longa duração na restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação**. RiMa, São Carlos, p. 59-76, 2004.
- ARJENAKI, F.G.; JABBARI, R.; MORSHEDI, A. Evaluation of drought stress on relative water content, chlorophyll content and mineral elements of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 4, n. 11, p. 726-729, 2012.
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant physiology**, v. 24, n. 1, p. 1, 1949.

- ARRUDA, M. R.; MOREIRA, A.; PEREIRA, J.C.R. Amostragem e cuidados na coleta de solo para fins de fertilidade. **Embrapa Amazônia Ocidental**, 18p., 2014. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1007420/1/Doc115.pdf>>
- ARRUDA, R.C.O.; VIGLIO, N.S.F.; BARROS, A.A.M. Anatomia foliar de halófitas e psamófilas reptantes ocorrentes na restinga de Ipitangas, Saquarema, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 2, p. 333-352, 2009.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Photosynthesis under stressful environments: an overview. **Photosynthetica**, v. 51, n. 2, p. 163-190, 2013.
- ASSIS, A.M.; PEREIRA, O.J.; THOMAZ, L.D. Fitossociologia de uma floresta de restinga no Parque Estadual Paulo César Vinha, Setiba, município de Guarapari (ES). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 2, p. 349-361, 2004.
- BARCELOS, M.E.F.; RIGUETE, J.R.; SILVA, L.T.P.; SILVA, A.G.; FERREIRA JÚNIOR, P.D. Influência do solo e do lençol freático na distribuição das formações florísticas nas areias reliquiares do Parque Estadual Paulo César Vinha, ES, Brasil. **Natureza on line**, v. 9, p. 134-143, 2011.
- BARROS, I.O.; SOARES, A.A. Adaptações anatômicas em folhas de marmeleiro e velame da caatinga brasileira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 192-198, 2012.
- BATISTA, L.A.; GUIMARÃES, R.J.; PEREIRA, F.J.; CARVALHO, G.R.; CASTRO, E.M. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 475-481, 2010.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Artmed Editora, 2009.

- BOEGER, M. R. T.; GLUZEZAK, R. M.; PIL, M. W.; GOLDENBERG, R.; MEDRI, M. Variabilidade morfológica foliar de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 3, p. 443- 452, 2008.
- BOEGER, M.R.T.; WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 1, p. 61-72, 2003.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, p. 292, 1988.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83> Acesso em: 22 de outubro de 2017
- BRESOLIN, A. Flora da restinga da Ilha de Santa Catarina Material Suplementar: carta chorographica do município de Florianópolis. **INSULA Revista de Botânica**, v. 10, p. 3-54, 1979.
- BRUNIERA, C.P., ZAPPI, D. Rudgea in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB14267>>. Acesso em: 30 de setembro de 2017
- CADOTTE, M.W.; CARSCADDEN, K.; MIROTCHEV, N. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. **Journal of Applied Ecology**. v. 48 p. 1079–1087, 2011.
- CANDOLLE, A.L.P.P. Prodrômus systematis naturalis regni vegetabilis sive enumeratio contracta ordinum, generum specierumque plantarum huc usque

cognitarum, juxta methodi naturalis normas digesta. Sumptibus Sociorum Treuttel et Würtz, 1824-73. v. 3, p. 271, 1828.

CANDOLLE, A.L.P.P. Prodrômus systematis naturalis regni vegetabilis sive enumeratio contracta ordinum, generum specierumque plantarum huc usque cognitarum, juxta methodi naturalis normas digesta. sumptibus sociorum Treuttel et Würtz, 1864. v. 9, p. 213, 1845.

CARNEIRO, C.E.; ALVES-ARAUJO, A.; ALMEIDA JUNIOR., E.B.; TERRA-ARAUJO, M.H. Sapotaceae *In: Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14491>>. Acesso em: 30 de setembro de 2017

CASTRO, E.M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, v. 9, n. 4, 2009.

CATONI, R.; GRANATA, M.U.; SARTORI, F.; VARONE, L.; GRATANI, L. *Corylus avellana* responsiveness to light variations: morphological, anatomical, and physiological leaf trait plasticity. **Photosynthetica**, v. 53, n. 1, p. 35-46, 2015.

CAVALLARI NETO, M. Efeito do manejo na diversidade genética de populações naturais de *Tabebuia cassinoides* LAM (DC), por marcadores isoenzimáticos. Tese de Doutorado em Biologia Vegetal. Universidade de São Paulo. 2004.

CEPEMAR. Plano de Manejo do Parque Estadual Paulo César Vinha. Relatório Técnico COM RT, 2007.

CERQUEIRA, Y.M. Efeito da deficiência de água na anatomia foliar de cultivares de mandioca *Manihot esculenta* Crantz. I-densidade estomática. **Sitientibus**, v. 10, p. 103-115, 1992.

COGLIATTI-CARVALHO, L.; ROCHA-PESSÔA, T.C.; NUNES-FREITAS, A.F.; ROCHA, C.F.D. Volume de água armazenado no tanque de bromélias, em

restingas da costa brasileira. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 1, p. 84-95, 2010.

COHEN, J.S.; RAINFORD, SK.D.; BLOSSEY, B. Community-weighted mean functional effect traits determine larval amphibian responses to litter mixtures. **Oecologia**, v. 174, n. 4, p. 1359-1366, 2014.

CONFORTO, E.C.; CORNÉLIO, M.L.; ANDREOLI, R.P.; GONÇALVES, E.C.P. Validação das unidades arbitrárias do teor de clorofilas obtido em folhas intactas de seringueira. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 2, p. 288-292, 2014.

CORNELISSEN, J.H.C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D.E.; REICH, P.B.; STEEGE, H.; VAN DER HEIJDEN, M.G.A.; PAUSAS, J.G.; POORTER, H. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 51, n. 4, p. 335-380, 2003.

CORNWELL, W.K.; SCHWILK, D.W.; ACKERLY, D.D. A trait-based test for habitat filtering: Convex hull volume. **Ecology**, v. 87, n. 6, p. 1465-1471, 2006.

CUNHA NETO, I.L.; MARTINS, F.M. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Agave sisalana* Perrine ex Engelm (Agavaceae). **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 72-78, 2012.

DAL COL, A.C.S. Comportamento ecológico de *Protium icicariba* (DC.) Marchand em distintas condições ambientais na restinga do Parque Estadual Paulo César Vinha, Guarapari, Espírito Santo, Brasil. **Dissertação de Mestrado em Biologia Vegetal**, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. 2017. 66 p.

DALY, D.C. Burseraceae *In: Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:

<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB6595>>. Acesso em: 30 de setembro de 2017.

DE LA RIVA, E.G.; PÉREZ-RAMOS, I.M.; TOSTO, A.; NAVARRO-FERNÁNDEZ, C.M.; OLMO, M.; MARAÑÓN, T.; VILLAR, R. Disentangling the relative importance of species occurrence, abundance and intraspecific variability in community assembly: a trait-based approach at the whole-plant level in Mediterranean forests. **Oikos**, v. 125, n. 3, p. 354-363, 2016.

DÍAZ, S.; CABIDO, M. Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 16, 646–655, 2001.

DUKES, J.S. Biodiversity and invasibility in grassland microcosms. **Oecologia**, v. 126, n. 4, 563-568, 2001.

EFEUGLU, B.; EKMEKÇI, Y.; ÇIÇEK, N. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. **South African Journal of Botany**, v. 75, n. 1, 34-42, 2009.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

ENNAJEH, M.; VADEL, A.M.; COCHARD, H.; KHEMIRA, H. Comparative impacts of water stress on the leaf anatomy of a drought-resistant and a drought-sensitive olive cultivar. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 85, n. 4, p. 289-294, 2010.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Editora Blucher, 1974. 293 p.

FABRIS, L.C.; PEREIRA, O.J.; ARAUJO, D.S.D. Análise fitossociológica na formação pós-praia da restinga de Setiba, Guarapari, ES. In: WATANABE, S.

(Coord.). **Anais do II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira**. Aciesp, São Paulo, v. 3, p. 455-466, 1990.

FAHN, A.; CUTLER, D. F. **Xerophytes**. Encyclopedia of plant taxonomy. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1992.

FALKENBERG, D.B. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, Sul do Brasil. **INSULA Revista de Botânica**, v. 28, p. 01, 1999.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S.M.A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for sustainable development**, v. 29, n. 1, p. 185-212, 2009.

FERREIRA, L.C.; THOMAZI, R.D.; OLIVEIRA, D.A.C.; SILVA, A.G. Estrutura populacional e padrão espacial de *Protium icicariba* (DC.) Marchand na Área de Proteção Ambiental de Setiba, Espírito Santo, sudeste do Brasil. **Natureza on line**, v. 8, n. 1, p. 39-45, 2010.

FERREIRA, P.F.; SILVA, A.G. A história da degradação da cobertura vegetal da região costeira do estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil. **Natureza on line**, v. 9, p. 10-18, 2011.

FERREIRA, P.M.; FLORES, A.S. Anatomia foliolar de espécies lenhosas de Leguminosae-Caesalpinioideae em uma área de savana em Roraima, Brasil. **Boletim do Museu Integrado de Roraima**, v. 7, n. 2, p. 69-76, 2013.

FORTUNEL, C.; GARNIER, E.; JOFFRE, R.; KAZAKOU, E.; QUESTED, H.; GRIGULIS, K.; LAVOREL, S.; ANSQUER, P.; CASTRO, H.; CRUZ, P.; DOLEZAL, J.; ERIKSSON, O.; FREITAS, H.; GOLODETS, C.; JOUANY, C.; KIGEL, J.; KLEYER, M.; LEHSTEN, V.; LEPS, J.; MEIER, T.; PAKEMAN, R.; PAPADIMITRIOU, M.; PAPANASTASIS, V.P.; QUÉTIER, F.; ROBSON, M.; STERNBERG, M.; THEAU, J.P.; THÉBAULT, A.; ZAROVALI, M. Leaf traits

capture the effects of land use changes and climate on litter decomposability of grasslands across Europe. **Ecology**, v. 90, n. 3, p. 598-611, 2009.

FREIRE, M.S.B. Levantamento florístico do parque estadual das dunas do natal. **Acta Botanica Brasilica**, v. 4, n. 2, p. 41-59, 1990.

FURLAN, A.; UDULUTSCH, R.G.; DIAS, P. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Nyctaginaceae. **Boletim de Botânica**, v. 26, n. 1, p. 51-59, 2008.

FURLAN, L.M. Estudo morfofisiológico e anatômico de dois genótipos de cacauero (*Theobroma cacao* L.) submetidos a diferentes condições de radiação solar. **Dissertação de Mestrado em Biologia Vegetal**, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, 2013. 86 p.

GAMA, V. N. Análises morfofisiológicas de plantas de pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) cultivadas em pleno sol e sombreamento natural. **Dissertação de Mestrado em Biologia Vegetal**, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 2013. 90 p.

GAMA, V. N. Caracterização morfofisiológica e bioquímica de três morfotipos de *Paubrasilia echinata* Lam. expostos a condições de irradiância. 2017. **Tese de Doutorado em Biologia Vegetal**, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, 2017. 112 p.

GAO, F.; CALATAYUD, V.; GARCÍA-BREIJO, F.; REIG-ARMIÑANA, J.; FENG, Z. Effects of elevated ozone on physiological, anatomical and ultrastructural characteristics of four common urban tree species in China. **Ecological Indicators**, v. 67, p. 367-379, 2016.

GIARETTA, A.; MENEZES, L. F.T.; PEREIRA, O.J. Structure and floristic pattern of a coastal dunes in southeastern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 1, p. 87-107, 2013.

- GOMES, M.T.G. Caracterização fotossintética de três espécies arbóreas da Mata Atlântica submetidas a diferentes intensidades lumínicas. **Tese de Doutorado em Biologia Vegetal**, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, 2017. 74 p.
- GONÇALVES, E.G.; LORENZI, H. **Morfologia vegetal**. Instituto Plantarum, São Paulo. 546p, 2. ed.,2011.
- GRIME, J.P. Trait convergence and trait divergence in herbaceous plant communities: mechanisms and consequences. **Journal of Vegetation Science**, v. 17, n. 2, p. 255-260, 2006.
- GRISI, F.A.; ALVES, J.D.; CASTRO, E.M.; OLIVEIRA, C.; BIAGIOTTI,G.; MELO, L.A. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café 'Catuaí' e 'Siriema' submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, 2008.
- GUEDES, D.; BARBOSA, L.M.; MARTINS, S.E. Composição florística e estrutura fitossociológica de dois fragmentos de floresta de restinga no Município de Bertiooga, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, p. 299-311, 2006.
- GUREVITCH, J.; SCHEINER, S.M.; FOX, G.A. **Ecologia Vegetal**. Artmed Editora, 2009.
- HAMEED, M.; BATOOL, S.; NAZ, N. NAWAZ, T. ASHRAF, M. Leaf structural modifications for drought tolerance in some differentially adapted ecotypes of blue panic (*Panicum antidotale* Retz.). **Acta physiologiae plantarum**, v. 34, n. 4, p. 1479-1491, 2012.
- HENDRY, G. A. F.; PRICE, A. H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. *In*: HENDRY, G.A.F; GRIME, J.P. **Methods in comparative plant ecology. A laboratory manual**, 1993.

- HERRERA, A. Responses to flooding of plant water relations and leaf gas exchange in tropical tolerant trees of a black-water wetland. **Frontiers in plant science**, v. 4, 2013.
- HERRERA, A.; ESCALA, M.; RENGIFO, E. Leaf anatomy changes related to physiological adaptations to flooding in Amazonian tree species. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 21, n. 4, p. 301-308, 2009.
- HODGSON, J. G.; WILSON, P.J.; HUNT, R.; GRIME, J.P.; THOMPSON, K. Allocating CSR plant functional types: a soft approach to a hard problem. **Oikos**, p. 282-294, 1999.
- HOLMES, M. G.; KEILLER, D. R. Effects of pubescence and waxes on the reflectance of leaves in the ultraviolet and photosynthetic wavebands: a comparison of a range of species. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 85-93, 2002.
- HOWARD, R.A. Studies of the Icacinaceae III: a revision of Emmotum. *Journal of the Arnold Arboretum*, v. 23, n. 4, p. 479-494, 1942. Disponível em: <<http://www.biodiversitylibrary.org/page/8373835#page/501/mode/1up>> Acesso em: 30 de setembro de 2017.
- IEMA. APA de Setiba, 2017a Disponível em: <https://iema.es.gov.br/APA_Setiba> Acesso em: 22 de outubro de 2017.
- IEMA. Parque Estadual Paulo César Vinha, 2017b. Disponível em: <<https://iema.es.gov.br/PEPCV>> Acesso em: 22 de outubro de 2017.
- JARDINE, W. **The Annals and Magazine of Natural History: Zoology, Botany, and Geology**. Taylor & Francis, Limited, 1850. 2nd ser., v. 10, p. 180-181, 1852. Disponível em: <<http://www.biodiversitylibrary.org/item/19400#page/200/mode/1up>> Acesso em: 10 de agosto de 2017.

- JARZYNA, M.A.; JETZ, W. Detecting the multiple facets of biodiversity. **Trends in ecology & evolution**, v. 31, n. 7, p. 527-538, 2016.
- JUNG, S.; KIM, J.S.; CHO, K.Y.; TAE, G.S.; KANG, B.G. Antioxidant responses of cucumber (*Cucumis sativus*) to photoinhibition and oxidative stress induced by norflurazon under high and low PPFDs. **Plant Science**, v. 153, n. 2, p. 145-154, 2000.
- KEDDY, P.A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 3, n. 2, 157-164, 1992.
- KELI, P.; STORCH, D.; JETZ, W. On the decline of biodiversity due to area loss. **Nature communications**, v. 6, 8837, 2015.
- KIANI, S.P.; MAURY, P.; SARRAFI, A.; GRIEU, P. QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. **Plant science**, v. 175, n. 4, p. 565-573, 2008.
- KLEIN, A.S.; CITADINI-ZANETTE, V.; SANTOS, R. Florística e estrutura comunitária de restinga herbácea no município de Araranguá, Santa Catarina. **Biotemas**, v. 20, n. 3, p. 15-26, 2007.
- KOSMA, D.K.; BOURDENX, B.; BERNARD, A.; PARSONS, E.P.; LU, S.; JOUBÈS, J.; JENKS, M.A. The impact of water deficiency on leaf cuticle lipids of *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v. 151, n. 4, p. 1918-1929, 2009.
- KURTZ, B.C. Guanandi-carvalho, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281282122_Guanandi-carvalho> Acesso em: 30 de setembro de 2017.
- LALIBERTÉ, E.; LEGENDRE, P. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. **Ecology**, v. 91, n. 1, p. 299-305, 2010.

- LALIBERTÉ, E.; LEGENDRE, P.; SHIPLEY, B. FD: measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology, 2014.
- LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S.; PONS, T.L. **Plant Physiological Ecology**. Springer, New York, NY, 2008.
- LANI, J.L.; RESENDE, M.; REZENDE, S.B.; FEITOZA, L.R. (eds.). **Atlas de ecossistemas do Espírito Santo**. GSA, SEMA, Viçosa, 2008. 504p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p.
- LAVOREL, S.; GRIGULIS, K.; MCINTYRE, S.; WILLIAMS, N.S.G.; GARDEN, D.; DORROUGH, J.; BERMAN, S.; QUÉTIER, F.; THÉBAULT, A.; BONIS, A. Assessing functional diversity in the field—methodology matters!. **Functional Ecology**, v. 22, n. 1, p. 134-147, 2008.
- LEINZ, V.; LEONARDOS, O.H. **Glossário Geológico**. Companhia Editora Nacional, São Paulo. 1971. 236 p.
- LEITE, V.R. Structural analysis and environmental vulnerability of a restinga forest fragment in the South of the State of Espírito Santo. 2010. 119 f. Dissertação de (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.
- LENZA, E.; OLIVEIRA, P.E. Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), uma espécie dióica em mata de galeria do Triângulo Mineiro, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 1, p. 179-190, 2005.
- LISAR, S.Y.S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M.M.; RAHMAN, I.M.M. Water stress in plants: causes, effects and responses. In: **Water stress**. InTech, 2012.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, v. 4, 1992.

- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 2., 3. ed., 2009a.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 3., 1. ed. 2009b.
- MAGALHÃES, L.M.S. Complexidade e o manejo de fragmentos de florestas secundárias. **Anais do Encontro Brasileiro de Estudos da Complexidade**. Curitiba: PUC-PR, v. 1, p. 1-11, 2005.
- MAGNAGO, L.F.S.; MARTINS, S.V.; PEREIRA, O.J. Heterogeneidade florística das fitocenoses de restingas nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 245-254, 2011.
- MAGNAGO, L.F.S.; MARTINS, S.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; NERI, A.V. Restinga forests of the Brazilian coast: richness and abundance of tree species on different soils. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 3, p. 807-822, 2012.
- MAIA, V. C.; SILVA, L. O. Insect galls of Restinga de Marambaia (Barra de Guaratiba, Rio de Janeiro, RJ). **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 3, p. 787-795, 2016.
- MAKBUL, S.; GULER, N.S.; DURMIS, N.; GUVEN, S. Changes in anatomical and physiological parameters of soybean under drought stress. **Turkish Journal of Botany**, v. 35, n. 4, p. 369-377, 2011.
- MARC, G.M.; VAN ROOSMALEN, M.G.M.; GARCIA, O.M.C.G. Fruits of the amazonian forest. Part II: Sapotaceae. **Acta Amazonica**, v. 30, n. 2, p. 187-290, 2000.
- MARQUES, M.C.M. Estudos auto-ecológicos do guanandi (*Calophyllum brasiliense* Camb. Clusiaceae) em uma mata ciliar do município de Brotas, SP.

Dissertação de mestrado em Biologia Vegetal. Universidade Estadual de Campinas, 1994.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; DOMINGUEZ, J.M.L; BITTENCOURT, A.C.S.P. Quaternary evolution of the central part of the Brazilian coast. The role of relative sea-level variation and of shoreline drift. **UNESCO Reports in Marine Sciences**, v. 43, p. 97-145, 1987.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M. Geologia do Quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. **CPRM**, Belo Horizonte, 1997. 112 p.

MARTINS, J.R.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; SILVA, A.P.O.; ALVES, E. Teores de pigmentos fotossintéticos e estrutura de cloroplastos de Alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 64-69, 2010.

MARTINS, S.; MACHADO, S.R.; ALVES, M. Anatomia e ultra-estrutura foliar de *Cyperus maritimus* Poir.(Cyperaceae): estratégias adaptativas ao ambiente de dunas litorâneas. **Acta Botanica Brasilica**, p. 493-503, 2008.

MASON, N.W.H.; MOUILLOT, D.; LEE, W.G.; WILSON, J.B. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. **Oikos**, v. 111, n. 1, p. 112-118, 2005.

MASON, N.W.H.; DE BELLO, F. Functional diversity: a tool for answering challenging ecological questions. **Journal of Vegetation Science**, v. 24, n. 5, p. 777-780, 2013.

MAUES, M. M. Ornitofilia em uma espécie arbórea climax (*Symphonia globulifera* L. Clusiaceae) na Floresta Nacional do Tapajós, PA. In: Embrapa Amazônia Oriental-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 25., 2004, Brasília, DF. Resumos. Brasília, DF: UNB: SBZ: CNPq, 2004.

MAYFIELD, M.M.; LEVINE, J.M. Opposing effects of competitive exclusion on the phylogenetic structure of communities. **Ecology letters**, v. 13, n. 9, p. 1085-1093, 2010.

MCGILL, B. J.; ENQUIST, B. J.; WEIHER, E.; and WESTOBY, M. Rebuilding Community Ecology from Functional Traits. **Trends in Ecology and Evolution**. v. 21, 178–185, 2006.

MEDEIROS, A.S.; CONDE, M.M.S.; MENEZES, L.F.T; PEREIRA, O.J. Estrutura e Florística de um trecho de floresta inundada na restinga da Marambaia–RJ–. *In: Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG*, 2007.

MEDEIROS, D.P.W.; SANTOS-FILHO, F.S.; ALMEIDA JÚNIOR, E.B.; PIMENTEL, R.M.M.; ZICKEL, C.S. Estrutura do Componente Lenhoso de uma Restinga no Litoral Sul de Alagoas, Nordeste, Brasil (Structure of the Woody Component of a Restinga on the South Coast of Alagoas, Northeastern Brazil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 3, p. 146-150, 2010.

MELO, H.C. Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setaria anceps* Stapf ex Massey e *Paspalum paniculatum* L. sob condições de déficit hídrico. **Hoehnea**, v. 34, n. 2, p. 145-153, 2007.

MENEZES, L.F.T.; ARAUJO, D.S.D. Formações vegetais da Restinga da Marambaia. História Natural da Marambaia. **Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, Seropédica, p. 67-120, 2005.

MENGARDA, L.H.G.; MILANEZ, C.R.D.; SILVA, D.M.; AGUILAR, M.A.G.; CUZZUOL, G.R.F. Morphological and physiological adjustments of Brazilwood (*Caesalpinia echinata* Lam.) to direct solar radiation. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 24, n. 3, p. 161-172, 2012.

- MMA (Ministério do Meio Ambiente). Avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. In: Avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos, 2000.
- MOHAMMADIAN, M.A.; WATLING, J.R.; HILL, R.S. The impact of epicuticular wax on gas-exchange and photoinhibition in *Leucadendron lanigerum* (Proteaceae). *Acta oecologica*, v. 31, n. 1, p. 93-101, 2007.
- MOLES, A.T.; WALLIS, I.R.; FOLEY, W.J.; WARTON, D.I.; STEGEN, J.C.; BISIGATO, A.J.; CELLA-PIZARRO, L.; CLARK, C.J.; COHEN, P.S.; CORNWELL, W.K.; EDWARDS, W.; EJRNAES, R.; GONZALES-OJEDA, T.; GRAAE, B.J.; HAY, G.; LUMBWE, F.C.; MAGAÑA-RODRÍGUEZ, B.; MOORE, B.D.; PERI, P.L.; POULSEN, J.R.; VELDTMAN, R.; VON ZEIPEL, H.; ANDREW, N.R.; BOULTER, S.L.; BORER, E.T.; CAMPÓN, F.F.; COLL, M.; FARJI-BRENER, A.G.; DE GABRIEL, J.; JURADO, E.; KYHN, L.A.; LOW, B.; MULDER, C.P.H.; REARDON-SMITH, K.; RODRÍGUEZ-VELÁZQUEZ, J.; SEABLOOM, E.W.; VESK, P.A.; VAN CAUTER, A.; WALDRAM, M.S.; ZHENG, Z.; BLENDINGER, P.G.; ENQUIST, B.J.; FACELLI, J.M.; KNIGHT, T.; MAJER, J.D.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; MCQUILLAN, P.; PRIOR, L.D. Putting plant resistance traits on the map: a test of the idea that plants are better defended at lower latitudes. **New Phytologist**, v. 191, 777–788, 2011.
- MONTEIRO, M.M.; GIARETTA, A.; PEREIRA, O.J.; MENEZES, L.F.T. Composição e estrutura de uma restinga arbustiva aberta no norte do Espírito Santo e relações florísticas com formações similares no Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, v. 65, n. 1, 61-72, 2014.
- MOUILLOT, D.; MASON, N.W.H.; DUMAY, O.; WILSON, J.B. Functional regularity: a neglected aspect of functional diversity. **Oecologia**, v. 142, n. 3, p. 353-359, 2005.

- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.
- NERY, F.C.; PRUDENTE, D.O.; ALVARENGA, A.A.; NERY, M.C. Desenvolvimento de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) sob diferentes condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 14, n. 3, 2016.
- NEVES, D. M.; DEXTER, K.G.; PENNINGTON, R.T.; VALENTE, A.S.M.; BUENO, M.L.; EISENLOHR, P.V.; FONTES, M.A.L.; MIRANDA, P.L.S.; MOREIRA, S.N.; REZENDE, V.L.; SAITER, F.Z.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Dissecting a biodiversity hotspot: The importance of environmentally marginal habitats in the Atlantic Forest Domain of South America. **Diversity and Distributions**, v. 23, n. 8, p. 898-909, 2017.
- NIKOLAEVA, M.K.; MAEVSKAYA, S.N.; SHUGAEV, A.G.; BUKHOV, N.G. Effect of drought on chlorophyll content and antioxidant enzyme activities in leaves of three wheat cultivars varying in productivity. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 57, n. 1, p. 87-95, 2010.
- NYCHKA, D.; FURRER, R.; PAIGE, J.; SAIN, S. Package "fields: Tools for spatial data." R package version 9.0, 2017 Disponível em: <URL:www.image.ucar.edu/fields>.
- O'BRIEN, T.P.; FEDER, N.; MCCULLY, M.E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, v. 59, n. 2, p. 368-373, 1964.
- OKSANEN, J., BLANCHET, F.G., FRIENDLY, M., KINDT, R., LEGENDRE, P., MCGLINN, D., MINCHIN, P.R., O'HARA, R.B., SIMPSON, G.L., SOLYMOS, P., STEVENS, M.H.H., SZOECS, E., WAGNER, H. (2017). vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-4. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

- OLIVEIRA, E.V.S.; LANDIM, M.F. Caracterização fitofisionômica das restingas da Reserva Biológica de Santa Isabel, litoral norte de Sergipe. **Scientia Plena**, v. 10, n. 10, 2014.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 52, n. 2, p. 141-194, 1995.
- PAIVA, J.G.A.; FANK-DE-CARVALHO, S.M.; MAGALHÃES, M.P.; GRACIANO-RIBEIRO, D. Verniz vitral incolor 500®: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. **Acta botanica brasílica**, v. 20, n. 2, p. 257-264, 2006.
- PALTA, J.P. Leaf chlorophyll content. **Remote sensing reviews**, v. 5, n. 1, p. 207-213, 1990.
- PAROLIN, P.; DE SIMONE, O.; HAASE, K.; WALDHOFF, D.; ROTTENBERGER, S.; KUHN, U.; KESSELMEIER, J.; KLEISS, B.; SCHMIDT, W.; PIEDADE, M.T.F.; JUNK, W.J. Central Amazon floodplain forests: tree survival in a pulsing system. **The Botanical Review**, v. 70, p. 357–380, 2004.
- PAROLIN, P. Flood-tolerant trees of Amazonian floodplains also tolerate drought. **Pesquisas Botânica**, v. 61, p. 7-38, 2010.
- PASTORE, J.A. Meliaceae *In*: WANDERLEY, M.G.L., SHEPHERD, G.J., MELHEM, T.S., GIULIETTI, A.M., KIRIZAWA, M. (eds.) **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. Instituto de Botânica, São Paulo, vol. 3, pp: 225-240, 2003.
- PENG, Y.; ZHOU, Z.; TONG, R.; HU, X.; DU, K. Anatomy and ultrastructure adaptations to soil flooding of two full-sib poplar clones differing in flood-tolerance. **Flora**, 2017.
- PENNINGTON, T.D. Flora Neotropica Monograph 52. Sapotaceae. The New York Botanical Gardens, New York. 1990. 770p.

- PEREIRA, O.J. Caracterização fitofisionômica da restinga de Setiba, Guarapari, ES. *In: Anais do II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira*, v. 3, p. 207-209, 1990.
- PEREIRA, O.J.; ASSIS, A.M. Florística da restinga de Camburi, Vitória, ES. *Acta botanica brasílica*, 2000.
- PEREIRA, O.J. Restinga: origem, estrutura e diversidade. *In: JARDIM, M.A.G.; BASTOS, N.N.C. & SANTOS, J.U.M. (Eds.) Desafios da Botânica Brasileira no Novo Milênio: Inventário, Sistematização e Conservação da Diversidade Vegetal*. Belém: MPEG, UFRA; Embrapa, Brasil: Museu Paraense Emílio Goeldi. p.177-179, 2003.
- PEREIRA, O.J. Diversidade e conservação das restingas do Espírito Santo. *In: Ecossistemas Costeiros do Espírito Santo*. Vitória, INCAPER, p. 33-44, 2007.
- PEREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAS, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, S.; POORTER, H.; JAUREGUIBERRY, P.; BRET-HARTE, M.S.; CORNWELL, W.K.; CRAINE, J.M.; GURVICH, D.E.; URCELAY, C.; VENEKLAAS, E.J.; REICH, P.B.; POORTER, L.; WRIGHT, I.J.; RAY, P.; ENRICO, L.; PAUSAS, J.G.; DE VOS, A.C.; BUCHMANN, N.; FUNES, G.; QUÉTIER, F.; HODGSON, J.G.; THOMPSON, K.; MORGAN, H.D.; STEEGE, H.; VAN DER HEIJDEN, M.G.A.; SACK, L.; BLONDER, B.; POSCHLOD, P.; VAIERETTI, M.V.; CONTI, G.; STAVER, A.C.; AQUINO, S.; CORNELISSEN, J.H.C. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, v. 61, n. 3, p. 167-234, 2013.
- PETCHEY, O.L. Integrating methods that investigate how complementarity influences ecosystem functioning. *Oikos*, v. 101, n. 2, 323-330, 2003.
- PETCHEY, O.L.; GASTON, K.J. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, v. 9, 741-758, 2006.

- PIRZAD, A.; SHAKIBA, M.R.; ZEHTAB-SALMASI, S.; MAHAMMADII, S.A.; DARVISHZADEH, R.; SAMADI, A. Effect of water stress on leaf relative water content, chlorophyll, proline and soluble carbohydrates in *Matricaria chamomilla* L. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 5, n. 12, p. 2483-2488, 2011.
- POCIECHA, E.; KOŚCIELNIAK, J.; FILEK, W. Effects of root flooding and stage of development on the growth and photosynthesis of field bean (*Vicia faba* L. minor). **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 30, n. 4, p. 529, 2008.
- 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.
- PORTZ, L. Gestão de praias e dunas - aplicações para a região costeira do Rio Grande do Sul. **Tese de Doutorado em Geociências**, Universidade Federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- R CORE TEAM (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2017. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>
- REFLORA - HERBÁRIO VIRTUAL, 2017a. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/ConsultaPublicoHVUC/ConsultaPublicoHVUC.do?idTestemunho=4380335>> Acesso em: 30 de setembro de 2017.
- REFLORA - HERBÁRIO VIRTUAL, 2017b. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/ConsultaPublicoHVUC/Be mVindoConsultaPublicaHVConsultar.do?modoConsulta=LISTAGEM&quantidadeResultado=20&nomeCientifico=emmotum+nitens>> Acesso em: 30 de setembro de 2017.
- REFLORA - HERBÁRIO VIRTUAL, 2017c. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/ConsultaPublicoHVUC/Be>

mVindoConsultaPublicaHVConsultar.do?modoConsulta=LISTAGEM&quantidadeResultado=20&nomeCientifico=guapira+opposita> Acesso em: 30 de setembro de 2017.

REFLORA - HERBÁRIO VIRTUAL, 2017d. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/ConsultaPublicoHVUC/Be> mVindoConsultaPublicaHVConsultar.do?modoConsulta=LISTAGEM&quantidadeResultado=20&nomeCientifico=Anacardiaceae+Tapirira+guianensis> Acesso em: 30 de setembro de 2017.

REICHSTEIN, M.; BAHN, M.; MAHECHA, M.D.; KATTGE, J.; BALDOCCHI, D.D. Linking plant and ecosystem functional biogeography. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, 13697–13702, 2014.

REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**. 28-30. 320p. 1978.

RIBEIRO, P.; MELO JUNIOR, J.C. Richness and community structure of sand dunes (restinga) in Santa Catarina: subsidies for ecological restoration. **Acta Biológica Catarinense**, v. 3, n. 1, 2016.

RIZZINI, A.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos, e florísticos**. v. 2. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997. 746 p.

RÔÇAS, G.; SCARANO, F. R.; BARROS, C. F. 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, n. 2, p. 231-238, 2001.

ROCHA, C.F.D.; COGLIATTI-CARVALHO, L.; NUNES-FREITAS, A.F.; ROCHA-PESSÔA, T.C.; DIAS, A.S.; ARIANI, C.V.; MORGADO, L.N. Conservando uma

larga porção da diversidade biológica através da conservação de Bromeliaceae. **Vidalia**, v. 2, 52-68, 2004a.

ROCHA, C.F.D.; NUNES-FREITAS, A.F.; COGLIATTI-CARVALHO, L.; ROCHA-PESSÔA, T.C. Habitat disturbance in the Brazilian coastal sand dune vegetation and related richness and diversity of Bromeliad species. **Vidalia**, v. 2, 52-72, 2004b.

ROCHA, P.A. Características edáficas de cinco ambientes de restinga do Parque Estadual Paulo César Vinha-ES, Brasil. **Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

ROSCHER, C.; SCHUMACHER, J.; GUBSCH, M.; LIPOWSKY, A.; WEIGELT, A.; BUCHMANN, N.; SCHIMID, B.; SCHULZE, E.D. Using plant functional traits to explain diversity–productivity relationships. **PLoS One**, v. 7, n. 5, 2012.

ROSSATTO, D.R.; KOLB, R.M. *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera (Asteraceae) changes in leaf structure due to differences in light and edaphic conditions. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 605-612, 2010.

RUSCHI, A. **Fitogeografia do Estado do Espírito Santo**. Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão. v. 1, p. 1-353, 1950.

SACRAMENTO, A.C.; ZICKEL, C.S.; ALMEIDA JUNIOR, E.B. Aspectos florísticos da vegetação de restinga no litoral de Pernambuco. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, 2007.

SAINT-HILAIRE, A.; CAMBESSÈDES, J.; JUSSIEU, A. *Flora Brasiliae meridionalis*. [...] accedunt tabulae delineatae a Turpinio aeri que incisae. Regiae Majestati consecratum. 3 vol. (24 parts). Belin, Paris, pagination multiple. Volume 1, 1825 – página 320 - Disponível em: <<http://www.biodiversitylibrary.org/item/98641#page/324/mode/1up>> Acesso em: 10 de agosto de 2017.

- SANTOS-FILHO, F.S.; ALMEIDA JUNIOR, E.B.; LIMA, P.B.; SOARES, C.J.R.S. Checklist of the flora of the restingas of Piauí state, Northeast Brazil. **Check List**, v. 11, n. 2, p. 1598, 2015.
- 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.
- SCHERER, A. O componente arbóreo de matas de restinga arenosa no Parque Estadual de Itapuã, Rio Grande do Sul: fitossociologia, regeneração e padrões de interações mutualistas com a avifauna. Dissertação de Mestrado em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2005. 74 p.
- SCHLEUTER, D.; DAUFRESNE, M.; MASSOL, F.; ARGILLIER, C. A user's guide to functional diversity indices. **Ecological Monographs**, v. 80, n. 3, p. 469-484, 2010.
- SHAO, H.; CHU, L.; JALEEL, C.A.; ZHAO, C.; Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes rendus biologies**, v. 331, n. 3, p. 215-225, 2008.
- SILVA, S.M. Diagnóstico das restingas no Brasil. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da zona costeira e marinha, 1999. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44851843/Diagnostico_das_restingas_no_Brasil20160418-9258-bp8tzx.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1514665157&Signature=YuGCi%2FVAfPb7WOhRk8Ds%2B09wNJI%3D&response-contentdisposition=inline%3B%20filename%3DDiagnostico_das_restingas_no_Brasil.pdf>
- SILVA, M.A.; SANTOS, C.M.; VITORINO, H.S.; RHEIN, A.F.L. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, p. 173-181, 2014.

- SILVA, M.D. Resiliência e susceptibilidade de tipos funcionais vegetais na paisagem no semiárido nordestino. 2012. Tese de doutorado em Geografia, Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. 121 p.
- SNEATH, P.H.A.; SOKAL, R.R. **Numerical taxonomy**. Freeman, San Francisco. 1973.
- SOARES, M.G. Plasticidade fenotípica de plantas jovens de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae) em resposta a radiação solar. **Dissertação de Mestrado em Biologia Vegetal**, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 2012. 97 p.
- SOBRADO, M.A.; MEDINA, E. General morphology, anatomical structure, and nutrient content of sclerophyllous leaves of the “bana” vegetation of Amazonas. **Oecologia** v. 45, p. 341-345, 1980.
- SOUZA, M.C.; MORIM, M.P. Subtribos Eugeniinae O. Berg e Myrtinae O. Berg (Myrtaceae) na Restinga da Marambaia, RJ, Brasil. **Acta botanica brasílica**, v. 22, n. 3, p. 652-683, 2008.
- SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das plantas nativas e exóticas do Brasil, baseado em APG III**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2012. 768p.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L. Evolução da planície costeira do Rio Doce (ES) durante o Quaternário: influência das flutuações do nível do mar. In: Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil, 1982. Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/exldoc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_35-36/41924.pdf>

- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira, 1985.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L. Geomorfologia das restingas. *In: Anais do II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: estrutura, função e manejo*, v. 2, p. 185-205, 1990.
- SWENSON, N.G. Phylogenetic beta diversity metrics, trait evolution and inferring the functional beta diversity of communities. **PloS one**, v. 6, n. 6, p. e21264, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Artmed, 2013.
- TEBALDI, A.L.C.; FIEDLER, N.C.; JUVANHOL, R.S.; DIAS, H.M. Ações de prevenção e combate aos incêndios florestais nas unidades de conservação estaduais do Espírito Santo. **Flor@m – Floresta e Ambiente**, 2013.
- TERZI, R.; SAĞLAM, A.; KUTLU, N., NAR, H.; KADİOĞLU, A. Impact of soil drought stress on photochemical efficiency of photosystem II and antioxidant enzyme activities of Phaseolus vulgaris cultivars. **Turk Journal Bot**, v. 34, p. 1-10, 2010.
- THOMAZI, R.D.; ROCHA, R.T.; OLIVEIRA, M.V.; BRUNO, A.S.; SILVA, A.G. Um panorama da vegetação das restingas do Espírito Santo no contexto do litoral brasileiro. **Natureza on line**, v. 11, n.1, p.1-6, 2013.
- THOMAZI, R.D.; SILVA, A.G. Florística, diversidade e estrutura horizontal e vertical de uma área de vegetação arbustiva aberta numa planície arenosa costeira do Espírito Santo, sudeste do Brasil. **Natureza on line**, v. 12, p. 10-18, 2014.
- TURNER, I. M. Sclerophylly: primarily protective? **Functional ecology**, v. 8, n. 6, p. 669-675, 1994.

- VAN DER VALK, A.G. Succession in wetlands: a gleasonian approach. **Ecology**, v. 62, n. 3, p. 688-696, 1981.
- VIANA, P.L.; MOTA, N.F.O.; GIL, A.B.S.; SALINO, A.; ZAPPI, D.C.; HARLEY, R.M.; IIKIU-BORGES, A.L.; SECCO, R.S.; ALMEIDA, T.E.; WATANABE, M.T.C.; SANTOS, J.U.M.; TROVÓ, M.; MAURITY, C.; GIULIETTI, A.M. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: história, área de estudos e metodologia. **Rodriguésia**, v.67, n. 5, 2016.
- VILLÉGER, S.; MASON, N.W.H.; MOUILLOT, D. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. **Ecology**, v. 89, n. 8, p. 2290-2301, 2008.
- VIOLLE, C.; NAVAS, M.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I. GARNIER, E. Let the concept of trait be functional!. **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007.
- VU, V.Q. Package ggbiplot: A ggplot2 based biplot. R package version 0.55, 2011. Disponível em: <<http://github.com/vqv/ggbiplot>>
- WALDHOFF, D.; FURCH, B.; JUNK, W.J. Fluorescence parameters, chlorophyll concentration, and anatomical features as indicators for flood adaptation of an abundant tree species in Central Amazonia: *Symmeria paniculata*. **Environ. Exp. Bot.** v. 48, p. 225-235, 2002.
- WALDHOFF, D. Leaf structure in trees of Central Amazonian floodplain forests (Brazil). **Amazoniana** v. 17 , p. 451-469, 2003.
- WALDHOFF, D.; PAROLIN, P. Morphology and anatomy of leaves. *In: Amazonian Floodplain Forests*. Springer Netherlands, p. 179-202, 2010.

- WEIHER, E.; CLARKE, G.D.P.; KEDDY, P.A. Community assembly rules, morphological dispersion, and the coexistence of plant species. **Oikos**, v. 81, p. 309–322, 1998.
- WEIHER, E.; VAN DER WERF, A.; THOMPSON, K.; RODERICK, M.; GARNIER, E.; ERIKSSON, O. Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. **J. Veg. Sci.** 10: 609–620, 1999.
- WICKHAM, H.; CHANG, W. Package devtools: Tools to Make Developing R Packages Easier, 2017. R package version 1.13.4. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=devtools>>
- WRIGHT, I.J.; REICH, P.B.; WESTOBY, M.; ACKERLY, D.D.; BARUCH, Z.; BONGERS, F.; CAVENDER-BARES, J.; CHAPIN, T.; CORNELISSEN, J.H.C.; DIEMER, M.; FLEXAS, J.; GARNIER, E.; GROOM, P.K.; GULIAS, J.; HIKOSAKA, K.; LAMONT, B.B.; LEE, T.; LEE, W.; LUSK, C.; MIDGLEY, J.J.; NAVAS, M.; NIINEMETS, U.; OLEKSYN, J.; OSADA, N.; POORTER, H.; POOT, P.; PRIOR, L.; PYANKOV, V.I.; ROUMET, C.; THOMAS, S.C.; TJOELKER, M.G.; VENEKLAAS, E.J.; VILLAR, R. The worldwide leaf economics spectrum. **Nature**, v. 428, n. 6985, p. 821–827, 2004.
- ZALUAR, H.L.T.; SCARANO, F.R. Facilitação em restingas de moitas: um século de buscas por espécies focais. In: ESTEVES, F.A.; LACERDA, L.D. (eds.). **Ecologia de Restingas e Lagoas costeiras**, NUPEM/ UFRJ. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 3–23, 2000.
- XIAO, Y.; JIE, Z.; WANG, M.; LIN, G.; WANG, W. Leaf and stem anatomical responses to periodical waterlogging in simulated tidal floods in mangrove *Avicennia marina* seedlings. **Aquatic Botany**, v. 91, n. 3, p. 231–237, 2009.
- YIN, D.; ZHANG, Z.; LUO, H. Anatomical responses to waterlogging in *Chrysanthemum zawadskii*. **Scientia horticultrae**, v. 146, p. 86–91, 2012.

ZAPPI, D. Revision of *Rudgea* (Rubiaceae) in southeastern and southern Brazil.

Kew Bulletin, p. 513-596, 2003.

ANEXO A - Descrição dos índices de Diversidade Funcional

Riqueza funcional (functional richness; FRic): índice de diversidade que calcula o espaço funcional que os atributos ocupam em determinada comunidade (Figura 10a). Sua utilização está relacionada a potencial ocupação dos nichos, consequentemente refletem processos como produtividade (MASON et al., 2005; SCHLEUTER et al., 2010). Pode ser mensurado em apenas um atributo, unidimensional, sendo constituído pela diferença entre o valor máximo e mínimo (MASON et al., 2005), ou pode ser mensurado por meio de vários atributos, multidimensional, constituindo o volume ocupado por mais de um atributo em uma comunidade, representado pelo "volume convexo do casco" (*convex hull volume*) (CORNWELL, SCHWILK e ACKERLY, 2006). A abrangência de valores dos atributos distribuídos são conectados por linhas que delimitam o volume ocupado na comunidade (Figura 10b), representando a riqueza funcional da comunidade (MASON et al., 2005; CORNWELL, SCHWILK e ACKERLY, 2006; VILLÉGER, MASON e MOUILLOT, 2008).

Uniformidade funcional (functional evenness; FEve): índice de diversidade que representa a uniformidade em relação à distância que os espaços funcionais, apresentam entre si, levando-se em conta a abundância de espécies (Figura 10c) (MASON et al., 2005; VILLÉGER, MASON e MOUILLOT, 2008). Sua utilização está relacionada à utilização dos recursos disponíveis no ambiente e consequentemente refletindo em processos como produtividade (MASON et al., 2005; SCHLEUTER et al., 2010). A mensuração da uniformidade funcional se dá pela formação da "árvore de expansão mínima" (*minimum spanning tree*), através da formação de uma árvore que interliga as espécies presentes no espaço ocupado pelos valores dos atributos funcionais, onde o menor número de ramos deve ser atingido (VILLÉGER, MASON e MOUILLOT, 2008).

Divergência funcional (functional divergence; FDiv): índice de diversidade que representa o grau de distribuição da abundância de espécies, como se diferenciam e divergem, no volume funcional ocupado pelos atributos das espécies (Figura 10d). Sua utilização está relacionada ao grau de diferenciação dos recursos, desta forma,

relacionado à competição (MASON et al., 2005; SCHLEUTER et al., 2010). A obtenção da diversidade funcional se dá pela distância euclidiana entre o centro de gravidade do volume ocupado pelos atributos e as abundâncias das espécies (VILLÉGER, MASON e MOUILLOT, 2008).

Dispersão funcional (functional dispersion; FDis): índice de diversidade que calcula a distância média ponderada, a dispersão, dos atributos funcionais por indivíduo das espécies, no espaço funcional, em relação ao centróide de todas as espécies da comunidade. A ponderação se dá pela abundância relativa das espécies (LALIBERTÉ; LEGENDRE, 2010). A dispersão funcional é utilizada para verificar o quão dispersos ou agrupados estão os atributos funcionais. Ecologicamente, quando os valores estão dispersos são relacionados à competição e quando agrupados, são relacionados a presença de filtros ambientais e conseqüentemente adaptação a ambientes sob condições estressantes (WEIHER, CLARKE e KEDDY, 1998).

Média ponderada da comunidade (community-weighted mean; CWM): valor médio dos atributos por espécie ponderado pela abundância relativa das espécies em um determinado local, constituindo um valor ponderado de atributo funcional para a comunidade que será correlacionado às variáveis ambientais (LAVOREL et al., 2008). Trata-se de uma faceta da diversidade funcional relacionada à composição funcional de espécies e, conseqüentemente, ao funcionamento do ecossistema, uma vez que escala os valores individuais dos representantes das espécies para valores referentes à comunidade (LAVOREL et al., 2008; FORTUNEL et al., 2009; ROSCHER et al., 2012; COHEN, RAINFORD e BLOSSEY, 2014).

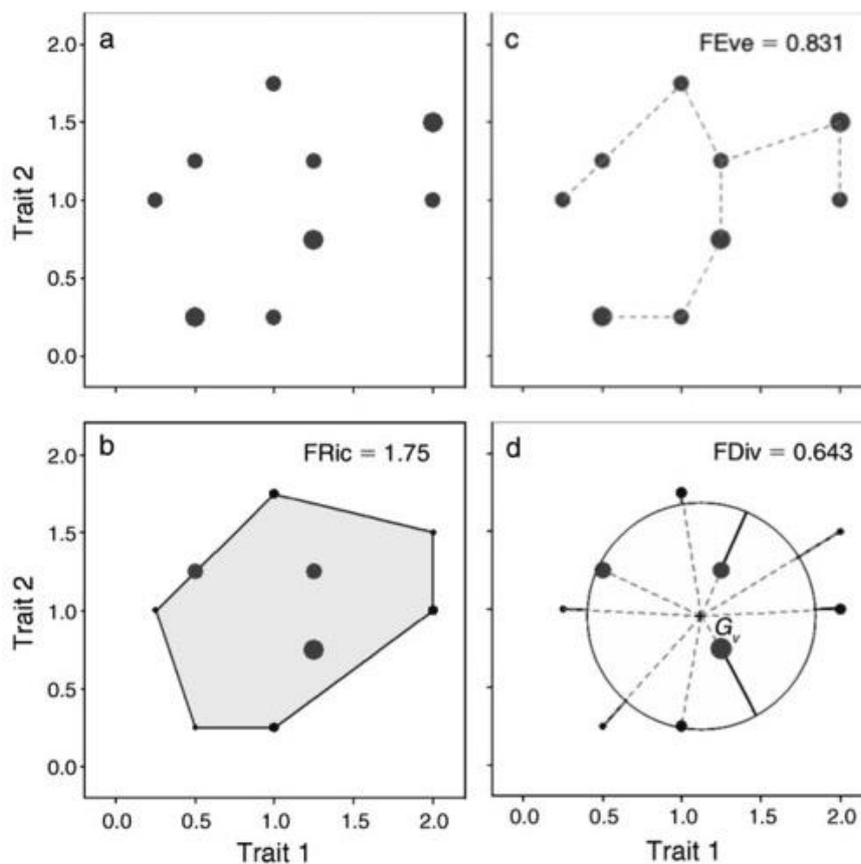


Figura 10 - Representação gráfica das estimativas de índices de diversidade funcional em um espaço multidimensional. a) espaço multidimensional ocupado pelos atributos funcionais das espécies em determinada comunidade. b) representação do volume convexo do casco (*convex hull volume*), correspondente à riqueza funcional. c) representação da árvore de expansão mínima do índice de uniformidade, que está relacionado à regularidade entre os pontos e suas abundâncias. d) representação gráfica do índice de divergência, evidenciando como os atributos das espécies e suas respectivas abundâncias divergem em relação ao centro de gravidade (G_v). (Modificado de VILLÉGER, MASON e MOUILLOT, 2008).

ANEXO B - Análises de solo

Parcela	Lençol freático	pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SB	MO	Zn	Mn	Cu	B	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
P1L1	0.57	4.1	3.4	32	48	5.61	0.53	1.65	6.43	9.83	0.8	1.0	0.10	1.1	180	521	157	142
P1L2	0.60	4.8	8.7	64	31	3.76	1.10	0.25	5.16	4.84	3.0	18.5	0.07	2.1	521	32	425	22
P1L3	0.37	3.8	2.5	38	45	2.63	0.39	2.20	3.32	6.37	0.7	1.1	0.05	1.2	489	360	78	72
P1L7	0.49	3.6	2.3	36	34	1.16	0.37	2.80	1.77	7.70	0.7	1.1	0.05	0.6	821	90	57	32
P2L2	0.25	4.9	4.2	68	55	18.5	1.81	0.10	20.71	21.72	2.7	4.3	0.34	1.8	268	293	297	142
P5L1	6.27	4.2	8.9	58	17	2.59	0.78	0.70	3.59	4.93	1.3	3.3	0.00	3.0	820	35	46	100
P6L2	5.35	4.3	12.3	73	48	4.68	1.88	0.90	6.96	10.08	2.1	7.8	0.02	7.2	836	39	15	110
P6L3	4.17	4.0	11.5	56	32	3.26	1.14	1.25	4.68	10.49	2.6	11.9	0.03	4.4	791	35	74	100
P5L4	4.12	4.2	7.0	62	43	1.91	1.01	1.05	3.27	7.70	1.6	5.6	0.01	3.0	843	20	46	90
P3L3	1.32	4.3	10.3	249	101	4.31	2.38	1.05	7.77	13.27	3.3	8.9	0.03	10.7	823	37	20	120
P3L5	1.25	4.3	7.8	60	31	2.02	0.99	0.80	3.29	5.23	2.2	3.3	0.08	3.5	861	28	21	90
P4L1	4.37	4.2	8.6	87	42	2.21	1.29	1.25	3.90	7.79	2.2	3.2	0.06	3.6	807	47	46	100
P4L5	2.20	4.3	6.8	58	22	2.20	1.19	0.75	3.64	7.92	1.7	2.8	0.05	2.5	810	23	87	80
P4L6	3.30	4.2	6.4	65	31	1.94	1.47	1.55	3.71	7.34	1.2	2.0	0.05	3.2	864	20	17	100
P4L7	3.34	4.4	4.9	50	26	2.44	1.11	1.10	3.79	6.34	1.6	5.8	0.08	3.3	812	9	80	100
P5L7	4.29	4.4	5.4	79	49	2.85	1.36	1.00	4.62	9.04	2.0	5.3	0.05	3.1	864	16	20	100
P6L6	4.25	4.3	10.7	73	21	2.86	1.13	0.70	4.27	7.99	1.8	4.7	0.02	3.2	846	23	31	100
P6L7	4.29	4.2	4.6	54	45	2.38	0.98	1.10	3.70	7.86	1.7	8.2	0.04	3.0	868	18	24	90