

**Atributos funcionais foliares de *Myrcia insularis* Gardner O. Berg (Myrtaceae) em Floresta Estacional semidecidual sobre Afloramento Rochoso e Restinga**

**Neilor Lacôrte Borges**

**Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF**

**Campos dos Goytacazes**

**Fevereiro 2018**

**Atributos funcionais foliares de *Myrcia insularis* Gardner O. Berg (Myrtaceae) em Floresta Estacional semidecidual sobre Afloramento Rochoso e Restinga**

**Neilor Lacôrte Borges**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Biociências e Biotecnologia.

Orientadora: Dra Maura Da Cunha

**Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF**  
**Campos dos Goytacazes**  
**Fevereiro 2018**

**Atributos funcionais foliares de *Myrcia insularis* Gardner O. Berg (Myrtaceae) em Floresta Estacional semidecidual sobre Afloramento Rochoso e Restinga**

**Neilor Lacôrte Borges**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Biociências e Biotecnologia.

Aprovado em 28 de Fevereiro de 2018.

Comissão Examinadora:

---

Dra. Cátia Henriques Callado – UERJ

---

Dr. Luis Miguel Mazorra Morales – UENF

---

Dr. Clóvis de Paula Santos – UENF

---

Dra. Maura Da Cunha – UENF (Orientadora)

O presente trabalho foi desenvolvido no setor de Biologia Vegetal do Laboratório de Biologia Celular e Tecidual, pertencente ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, sob orientação da Dra. Maura da Cunha, com financiamento da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e bolsa de mestrado concedida pela CAPES.

*Dedico esta obra a Deus  
em primeiro lugar, e ao meu  
Pai Nei Benevente Borges,  
por ter me concedido todo  
apoio e incentivo para que  
possa cumprir mais essa  
etapa da minha vida.*

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por ter me capacitado, me ensinado e me concedido sabedoria para conseguir superar todas as dificuldades impostas no curso de minha vida, para ele a glória, a honra e o louvor.

Aos meus pais, Nei Benevente Borges e Nilcineia da Silva Lacorte, por todo o incentivo e educação que me deram sem eles meus passos até aqui seriam em vão.

A minha orientadora Maura Da Cunha, que me deu total apoio e amparo para que eu pudesse concluir não só essa etapa da minha vida, mais por sonhar junto comigo essa etapa, me instruindo e corrigindo para que eu pudesse me tornar o que sou.

Agradeço ao meu amigo Saulo Pireda Fernandes por sempre se fazer presente, e principalmente por me orientar em passos importantes da minha vida.

Agradeço ao INEA e a empresa Prumo, na pessoa do Sr: Daniel Nascimento pela logística do estudo.

Agradeço a Capes pela concessão da bolsa de apoio a pesquisa.

Agradeço ao meu amigo Dhiego da Silva Oliveira pelo companheirismo e ajuda na realização de minhas tarefas.

Agradeço ao meu amigo Gabriel do Amaral Ferreira pela ajuda em etapas de conclusão do meu projeto e pelo incentivo na realização deste.

Aos agregados do grupo da professora Maura: Camila Alexandrino, João Victor Castelar, Carlos Eduardo Sanches, Glazi Campbel, Guilherme Rabelo.

Ao professore Clovis de Paula por todo conhecimento transferido ao longo dessa caminhada.

Ao coordenador do Programa de Pós-graduação em Biociências e Biotecnologia Dr. Arnaldo Façanha Fernandes e as funcionárias Beatriz e Marlene.

A minha esposa Gleicy Carvalho pelo incentivo, e inspiração para que eu pudesse chegar ao fim dessa etapa. Motivando-me e entendendo o meu comprometimento com a pesquisa. Apoiando-me nos momentos de dificuldade.

## Índice

Resumo .....	ix
Abstract.....	x
1.Introdução.....	11
1.1 Mata Atlântica .....	12
1.2 Afloramento Rochoso.....	15
1.3 Restinga.....	17
1.4 Família Myrtaceae Juss. e a espécie <i>Myrcia insularis</i> Gardner O. Berg.....	19
1.5 Respostas adaptativas .....	20
1.6 Adaptações estruturais e fisiológicas das plantas.....	21
2. Objetivo Geral.....	23
2.1 Objetivo Específicos.....	23
3. Materiais e Métodos.....	24
3.1 Caracterização da Área de Estudo.....	24
3.2 Seleção da Espécie e Coleta de Material.....	26
3.3 Preparo de amostras para Microscopia.....	27
3.3.1 Fixação e Desidratação .....	27
3.3.2 Microscopia Óptica.....	27
3.3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura .....	28
3.3.4 Microscopia Eletrônica de Transmissão.....	28
3.4 Parâmetros quantitativos estruturais.....	29
3.4.1 Quantificação da Espessura da Epiderme; Parênquima Paliçádico; Parênquima Lacunoso; Mesofilo (paliçádico + lacunoso).....	29
3.4.2 Quantificação de estômatos por área foliar.....	29
3.4.3 Área foliar (AF); Espessura (ESP); Massa da folha por unidade de área (MFA); Suculência (SUC) e Densidade (DEN).....	29
3.5 Análises ecofisiológicas.....	30
3.5.1 Acompanhamento dos parâmetros de emissão de fluorescência da clorofila <i>a</i> .....	30
3.5.2 Medidas de conteúdo dos pigmentos fotossintéticos.....	30
3.6 Análise nutricional.....	31
3.7 Análise Estatística.....	31
4 Resultados.....	32

4.1 Caracterização anatômica e histoquímica das folhas de <i>Myrcia insularis</i> em Restinga Floresta Estacional Semidecidual sobre Afloramento Rochoso (FAR).....	32
4.2 Análises quantitativas dos atributos morfoanatômicos das folhas de <i>M. insularis</i> em Restingas e Floresta Estacional Semidecidual sobre Afloramento Rochoso (FAR).....	37
4.3 Ultraestrutura dos cloroplastos.....	41
4.4 Análise Ecofisiológica.....	43
4.5 Análise de Nutrientes.....	45
6 Discussão.....	46
7 Conclusão.....	54
8 Referências Bibliográficas.....	55



## RESUMO

*Myrcia insularis* é caracterizada por ocorrer em diferentes ecossistemas da Mata Atlântica, como Restinga e Floresta Estacional Semidecidual sobre Afloramento Rochoso (FAR). No entanto, esses dois ecossistemas apresentam características microclimáticas e edáficas contrastantes, o que obriga a referida espécie a desenvolver características adaptativas para co-ocorrerem nesses dois ecossistemas. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo identificar as estratégias morfoanatômicas e fisiológicas que permitiram que a espécie se adaptasse as condições ambientais na Restinga e FAR. Para avaliação dos parâmetros morfoanatômicos, as amostras foram processadas segundo as técnicas usuais para microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura e transmissão. Além disso, a análise de emissão de fluorescência da clorofila *a* foi feita para avaliar o rendimento quântico do PSII. A determinação de pigmentos fotossintéticos foi realizada para corroborar os dados da fluorescência da clorofila *a*. Além disso, as folhas foram analisadas, a fim de obter as diferenças nutricionais entre as áreas estudadas. Como resultados obtidos, as análises morfológicas mostraram que as folhas de *M. insularis* apresentavam-se mais suculentas e esclerificadas, com maior densidade de tricomas e estômatos nas restingas. Em contrapartida, foi observada uma maior área foliar na FAR. Nas análises estruturais, foram observadas a presença de cera epicuticular e de parede periclinal externa mais ornamentada nos ambientes de restinga. Além disso, foi observada maior espessura dos vasos e maior densidade de venação nas restingas. A partir dos parâmetros de fluorescência da clorofila *a* (YII, Fv/Fm, Fv/F0 e Fm/F0), foi possível constatar que os indivíduos de *M. insularis* não apresentavam condições de estresse em nenhuma das áreas estudadas. No entanto, foi observado que o rendimento quântico do PSII foi maior na FAR. A variável taxa de transporte de elétrons (ETR) apresentou maiores valores apenas nos ambientes de restingas às 8h, não sendo observada diferença entre as restingas às 12h e FAR. Com relação a presença de pigmentos foram observadas maior quantidade de antocianina nas restingas. Adicionalmente, também foi observada a presença de compostos fenólicos e alcaloides nas folhas de *M. insularis* em ambos os ambientes. As análises nutricionais não demonstraram diferenças em relação ao estado nutricional das plantas, apenas para P e K. A partir dos dados obtidos foi possível observar uma ampla capacidade adaptacional de *M. insularis*, o que explica a capacidade da espécie em ajustar seus atributos funcionais em respostas às condições ambientais contrastantes entre a Restinga e na Floresta Estacional Semidecidual sobre Afloramento Rochoso.

**Palavras-chave:** Anatomia, Morfologia, Ecofisiologia, Mata Atlântica, Ultraestrutura.

## Abstract

*Myrcia insularis* is characterized by the occurrence in different ecosystems of the Atlantic Forest, such as Restinga and Tropical Semi-deciduous Forest (TSF). However, both ecosystems have distinct microclimatic and edaphic characteristics, which lead the referred species to develop adaptive traits, hence being able to co-occur in these two environments. In this sense, the present work aims to identify the morphological and physiological strategies that allowed the species to adapt to the environmental conditions of Restingas and TSF. To evaluate morphoanatomic parameters, the samples were processed according to the usual techniques for light microscopy and scanning and transmission electron microscopy. In addition, analyses of the chlorophyll *a* fluorescence emission were made to evaluate the quantum yield of PSII. The determination of photosynthetic pigments was also performed to corroborate with the data of chlorophyll *a* fluorescence. Moreover, the leaves were subjected to nutritional analysis to identify any nutritional differences between the studied areas. The morphological analysis has shown that *M. insularis* leaflets are more succulent and sclerified in Restingas besides to have a higher density of trichomes and stomata in this environment. In contrast, the leaflets have shown a larger leaf area in TSF. Through structural analysis, it was possible to observe the presence of more irregular epicuticular wax and external periclinal wall, a greater vessel thickness and higher venation density in Restinga. In the physiological analyzes, *M. insularis* individuals did not present conditions of stress in any of the studied areas for the parameters of the chlorophyll fluorescence (YII, Fv/Fm, Fv/F0 e Fm/F0) observed. However, the quantum yield of PSII was higher in TSF. The ETR variable presented higher values only at 8 a.m. in Restinga and no difference was observed between Restinga at 12 p.m. and TSF. Regarding the presence of pigments, a greater amount of anthocyanin was observed in Restinga. In addition, was observed the presence of phenolic compounds and alkaloids in the leaflets of the *M. insularis*. The nutritional analyzes did not show many differences regarding the nutritional state of the plants, presenting significant differences only for P and K. From the data obtained it was possible to observe a wide phenotypic plasticity of the *M. insularis*, which explains the ability of the species to adjust its functional traits in response to the contrasting environmental conditions between Restinga and TSF.

**Key words:** Anatomy, Morphology, Ecophysiology, Mata Atlântica, Ultrastructure

## **Introdução**

As restingas são planícies de areia holocênicas formadas a cerca de 20.000 anos, resultado de um processo conhecido como regressão marítima (Cirne *et al.*, 2003). Posteriormente, estas faixas de areia foram colonizadas por espécies de plantas provenientes de ecossistemas vizinhos, como a Floresta Estacional Semidecidual sobre Afloramento Rochoso (FAR) (Freire, 1990). No entanto, para que essas espécies sobrevivessem sobre essas planícies arenosas foi necessário o desenvolvimento de estratégias adaptativas para tolerar as condições impostas pelo novo ambiente. A capacidade adaptativa dessas espécies está intimamente relacionada à sua plasticidade fenotípica (Via *et al.*, 1993).

A plasticidade fenotípica é a capacidade que um determinado organismo tem de alterar seu fenótipo em resposta as variantes ambientais (Alpert e Simms, 2002). Desta forma, permitem que os organismos alterem suas características fisiológicas e estruturais em resposta as interações estabelecidas com o ambiente (Sultan, 2000). Este fato indica que as avaliações das mudanças morfoanatômicas e fisiológicas são fortes indicadores da competência que a planta tem em responder as condições estabelecidas pelo ambiente (Via *et al.*, 1993).

As restingas são ecossistemas que apresentam condições ambientais bastante severas, tais como: déficit hídrico, pois o solo é arenoso e retém pouca água (Schwinning e Ehleringer, 2001); altos índices de salinidade do solo (Assumpção e Nascimento, 2000); alta irradiância, com valores acima de 2000 Mol durante o verão; altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar (Pireda, 2013). Frente a essas condições ambientais severas, as espécies de plantas que ajudaram na consolidação da vegetação de restinga tiveram que desenvolver inúmeras adaptações estruturais e fisiológicas para sobreviver no novo ambiente.

Estas variantes influenciam em vários aspectos na existência da planta, na forma, no tamanho e também na fisiologia foliar. Assim, as alterações estruturais e fisiológicas são fatores que indicam a competência da planta em responder as mudanças do ambiente. Contudo, essas mudanças podem ocorrer de forma diferente dependendo da espécie (Via *et al.*, 1993). Ou seja, cada espécie responde de forma diferente às mudanças ambientais (Strauss-Debenedetti e Bazzaz, 1996).

Com base em todas as informações pré-estabelecidas, pode-se dizer que as restingas apresentam características extremas as quais fazem com que as espécies de plantas

desenvolvam mecanismos altamente eficientes para a sua sobrevivência. Por isso, se fazem necessários estudos para compreender a composição vegetacional das restingas, fornecendo informações sobre os aspectos morfológicos, ultraestruturais e fisiológicos das espécies. E dessa forma levantar informações que possam ajudar a compreender como espécies de ecossistemas vizinhos, como por exemplo, espécies de FAR, colonizaram as áreas de restinga.

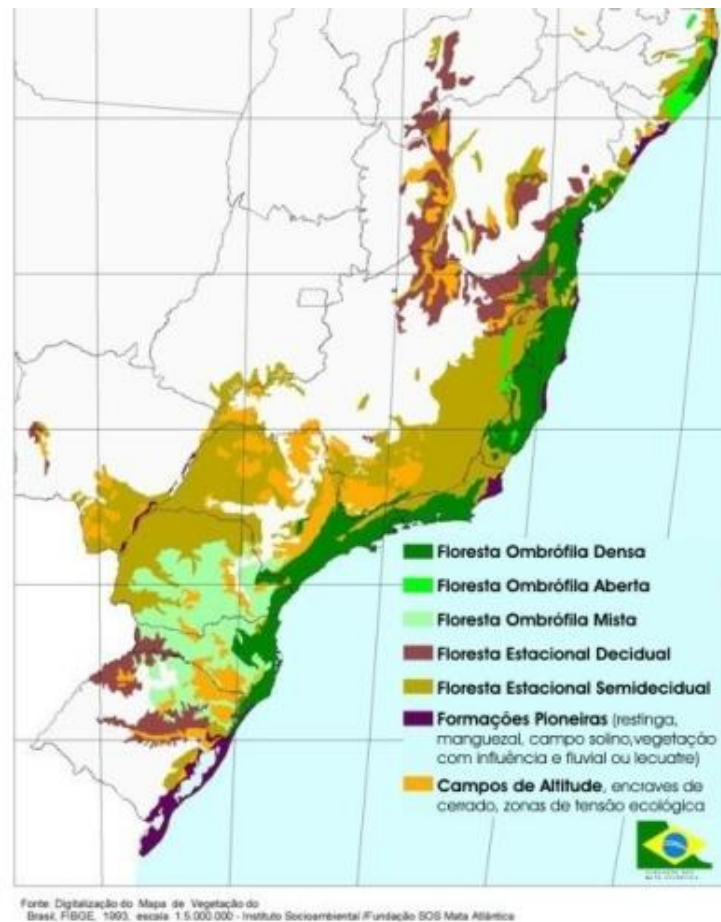
Nesse sentido, nosso grupo vem desenvolvendo diversos estudos que visam compreender melhor as características adaptativas das plantas, em um âmbito anatômico-ecológico mesclado a aspectos ecofisiológicos (Rabelo *et al.* 2012; 2013; Sanches, 2013; Pireda, 2013; Marques *et al.*, 2015, Campbel *et al.*, 2016; Moreno *et al.*, *in press*). Ademais, esse trabalho faz parte de um projeto maior intitulado “E-26/010.002077/2016 - Estratégias adaptativas de espécies vegetais que coexistem em ecossistemas de restinga e de florestas semidecíduas do Norte/Noroeste Fluminense”, que tem como proposta principal identificar os principais atributos funcionais que permitiram com que espécies de ecossistemas vizinhos colonizassem as áreas de restinga. A partir desse projeto será possível fornecer informações consistentes sobre as estratégias adaptativas das espécies de plantas, e assim levantar dados, contribuindo para o entendimento dos processos de consolidação da vegetação de restinga.

## **1.1 Mata Atlântica**

O Brasil é o país que abriga em seu território a maior biodiversidade do planeta, pois cerca de um terço das florestas tropicais remanescentes do mundo estão localizadas em nosso território (Brasil-Mma, 2016). Estas florestas abrigam uma enorme quantidade de animais e plantas, sendo chamadas de repositórios da diversidade biológica (Lamas *et al.*, 2006). Dentre esses repositórios, está inclusa a Mata Atlântica. A Mata Atlântica é considerada um dos principais sítios de repositório de biodiversidade mundial devido a sua grande diversidade de plantas e de animais. (Silva, 2015).

A Mata Atlântica está situada em um complexo de ecorregiões distribuídas entre Brasil, Paraguai e Argentina. No Brasil, sua extensão varia muito, podendo chegar a estados que apresentam latitudes tropicais, como Ceará e Rio Grande do Norte, até estados com latitudes subtropicais, como o Rio Grande Do Sul (Di Bitetti *et al.*, 2003).

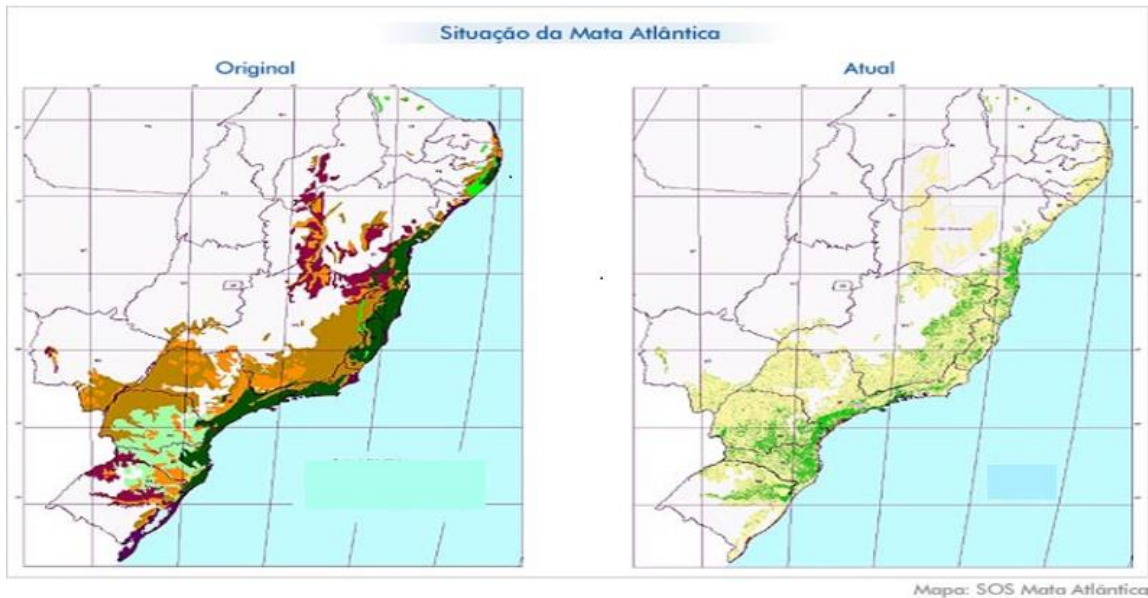
Essa amplitude latitudinal e longitudinal, atreladas a fatores altitudinais, explicam o fato da Mata Atlântica não ser uma formação vegetacional homogênea, e sim composta por uma série de ecossistemas tais como: Florestas Ombrófilas Densa, Ombrófilas Mista (Mata de Araucária), Estacional Semidecidual e Estacional Decidual, além de ecossistemas associados como manguezais, restingas, campos de altitudes (Figura 1) (SOS Mata Atlântica – INPE, 2010).



**Figura 1.** Mapa evidenciando os diferentes perfis fitofisionômicos da Mata Atlântica. (Fonte: Adaptado do Atlas das Vegetações do Brasil da Fundação SOS Mata Atlântica, 2010).

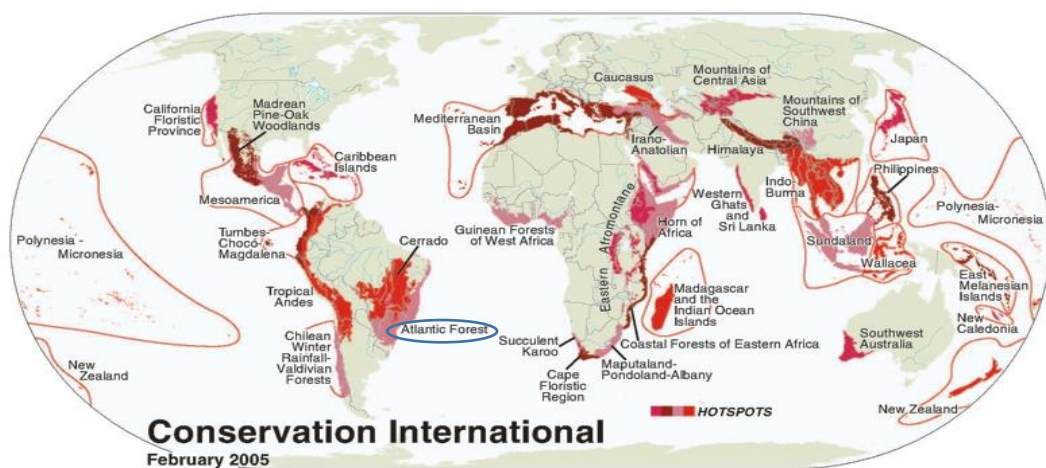
A área original da Mata Atlântica correspondia a aproximadamente 1,5 milhões de Km<sup>2</sup> (Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, 2001), porém, atualmente só resta cerca de 7,4 % de sua área original (Myers *et al.*, 2000). Essa drástica redução vem ocorrendo desde a colonização do Brasil, há cerca de 500 anos (Figura 2) (Lagos e Muller, 2007). Assim que os portugueses chegaram ao Brasil, a área ocupada pela Mata Atlântica tornou-se o centro populacional do país. Neste período, atividades como a criação de gados, o desmatamento e a exploração de madeira começaram a transformar este

ecossistema em pastos monoculturais (Di Bitetti, *et al.*, 2003). Devido a esses tipos de atividades, este bioma segue perdendo cada vez mais sua área.



**Figura 2-** Mapa comparando a área original da mata atlântica com a área atual. Fonte: SOS mata atlântica. <http://www.sosmatatlantica.org.br/>

A intensa redução de sua área atrelada ao auto grau de diversidade e endemismo são fatores que contribuem para a inclusão da Mata Atlântica como um dos 34 *hotspots* mundiais (Myers *et al.*, 2000) (Figura 3).



**Figura 3.** Mapa mostrando os 34 “hotspots” do mundo. Círculo indicando o bioma Mata Atlântica. Fonte: Conservation International, 2005.

Apesar dos investimentos nos campos de vigilância e de proteção, as florestas remanescentes estão sendo reduzidas a arquipélagos de fragmentos florestais muito



pequenos e separados entre si (Gascon *et al.*, 2000). Atualmente, o domínio da Mata Atlântica abriga mais de 60 % da população brasileira. E a fragmentação florestal ocorrida aumenta a vulnerabilidade deste bioma às mudanças climáticas, pois os fragmentos florestais são mais sujeitos aos processos de savanização e de homogeneização biótica, ou seja, de perda de biodiversidade (Scaran, 2007).

Apesar do intenso desmatamento e fragmentação, alguns fragmentos tais como à Floresta Estacional Semidecidual sobre Afloramento Rochoso (FAR) ainda resistem à intensa devastação de suas áreas (Di Bitetti *et al.*, 2003).

## **1.2 Afloramento Rochoso**

Os afloramentos rochosos são elevações monolíticas ou agrupadas que aparecem isoladas na paisagem circundante. Embora sejam encontrados sob os mais variados domínios climáticos, são mais abundantes em regiões tropicais e subtropicais, especialmente em locais de clima árido e semiárido (Frahm 1996, Porembski *et al.*, 1998). Esses ecossistemas são caracterizados por oscilações de temperatura, de ventos e de elevadas taxas de evaporação (Oliveira e Godoy, 2007). Ainda assim, estas formações rochosas oferecem diversos microhabitats, como fendas, depressões e ilhas de solo, em uma variação microclimática separada, muitas vezes, por centímetros (Porembski *et al.* 1998).

Os afloramentos rochosos abrigam uma vasta comunidade de plantas (Araújo *et al.* 2008), tanto fanerógamas quanto a criptógamas. Estudos de cunho florístico vêm sendo realizados em afloramentos rochosos nos trópicos, mas, para o Brasil, os estudos começaram a aumentar a partir da década de noventa. Apesar disso, o conhecimento sobre esta flora ainda é insuficiente, de norte a sul do país. Somado a esse cenário, esses poucos estudos são direcionados em sua maioria para a flora de fanerógamas (Scarano, 2007). Afloramentos rochosos podem abrigar vários tipos florestais, dentre estes a Floresta Estacional Semidecidual (FES).

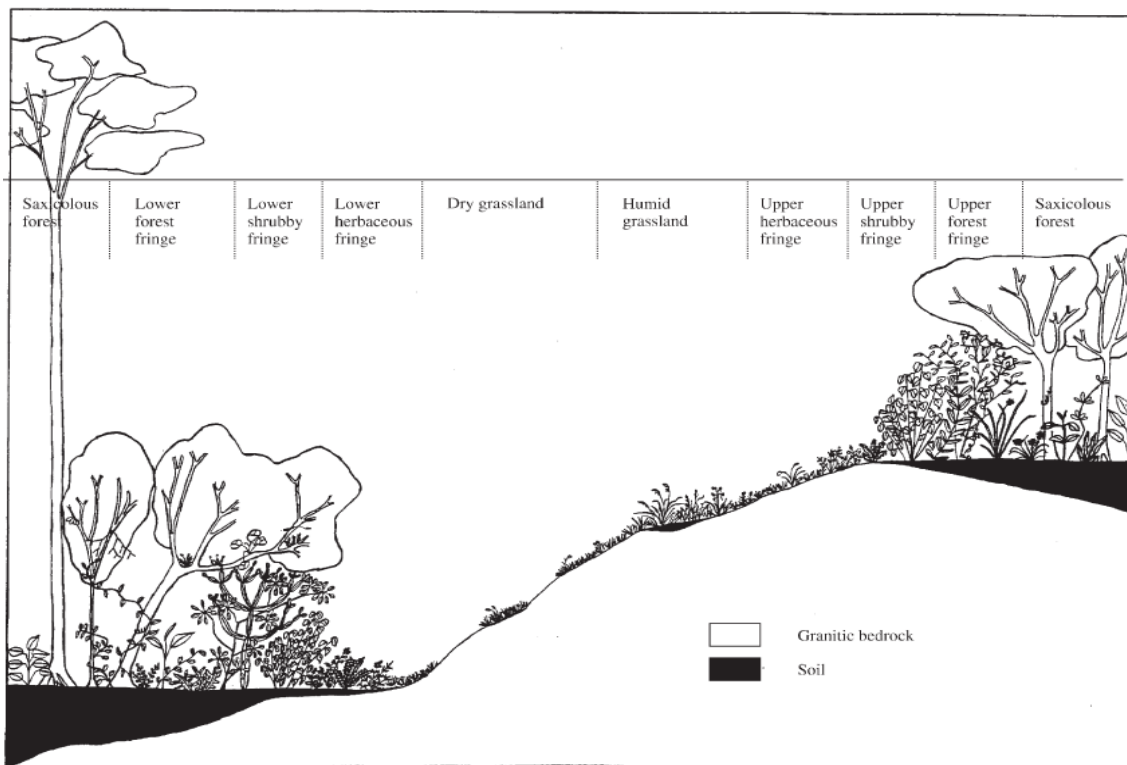
A FES, também chamada de Floresta Tropical Subcaducifólia, é uma fitofisionomia peculiar da Mata Atlântica, apresentando uma fitofisionomia de transição entre as florestas de encosta litorânea e as formações não florestais de interior (Veloso *et al.*, 1991). Este tipo de formação florestal ocorre em áreas de clima marcado por duas estações: áreas de clima tropical e áreas de clima subtropical. A região de clima tropical é caracterizada por apresentar temperatura média anual em torno dos 21 °C, e estações

chuvosas e secas bem definidas. Já na região de clima subtropical, é caracterizada por apresentar uma temperatura média em torno dos 15 °C, e um período curto de seca seguido de uma acentuada baixa térmica (IBGE, 2004).

Por apresentar alternância de um período chuvoso com outro de seca, foi empregado a FES o termo estacional, termo que se refere a uma condição temporal (IBGE, 2004). Ademais, as árvores presentes nas FES apresentam uma variação muito grande de sua cobertura foliar. Na estação chuvosa, a cobertura foliar arbórea chega a 90 %, já na estação seca, esta é reduzida, podendo chegar a 50 %. (Soares e Almeida, 2016). Estes indivíduos arbóreos, por perderem constantemente suas folhas na estação seca, são chamados de caducifólios (Velooso *et al.*, 1991). Estes, são alvos de ações antrópicas, fazendo com que as áreas de FES sejam reduzidas constantemente.

A constante fragmentação tem reduzido às áreas naturais dessas formações florestais (Machado *et al.*, 2004). Das áreas florestais remanescentes, muitas estão representadas por fragmentos pequenos, imersos numa paisagem dominada pela agricultura e por centros urbanos (Durigan *et al.*, 2000). Dentre esses fragmentos, destaca-se o Maciço do Itaoca, que é caracterizado como Afloramento Rochoso que apresenta pequenas ilhas rochosas, essas são chamadas de *inselberg*.





**Figura 4.** Distribuição hipotética da vegetação em afloramento rochoso sob influência da deposição de substrato disponível e de topografia. Fonte: Parmentier (2003).

Do ponto de vista ecológico, estas formações funcionam como ilhas terrestres de rocha exposta com vegetação arbóreo-arbustiva no seu entorno (Parmentier, 2003). De acordo com Moura *et al.*, 2011, os *inselbergs* apresentam comunidades vegetais peculiares, distintas entre si com espécies muito especializadas. Meirelles *et al.* (1998) destacam ainda que estas formações estabelecem habitat único e exclusivo para muitas espécies. Diante da carência de conhecimento sobre as comunidades vegetais que se desenvolvem nos *inselbergs* e a intensa degradação antrópica dessas paisagens, torna-se necessário a realização de estudos anatômico-ecológicos e de conservação das espécies existentes.

### 1.3 Restinga

A costa brasileira é caracterizada predominantemente por apresentar diferentes origens e feições, podendo conter dunas moveis e fixas, terraços marinhos e fluviais, planícies aluviais e restingas (Ponçano *et al.*, 1981). Na literatura, a palavra restinga tem vários significados. No sentido geomorfológico restrito, as restingas seriam parte da planície costeira, formadas por sedimentos depositados pelo mar como resultado das transgressões e regressões ocorridas nos oceanos nos últimos milhares de anos, relacionadas a períodos glaciais e interglaciais (Araújo e Lacerda, 1987). No entanto, no

sentido geomorfológico amplo, restinga está relacionada de modo geral a planície costeira, em decorrência da dificuldade de diferenciar seus aspectos geomorfológicos. Em geral, as restingas compreendem cordões de areia depositados paralelamente a linha da costa como consequência da dinâmica construtiva e destrutiva do mar, preenchendo ou tendendo a preencher reentrâncias do extenso litoral (Guerra e Guerra, 1997).

O significado botânico para o termo restinga foi definido como “conjunto de comunidades fisionomicamente distintas que sofrem influências marinhas ou fluvio-marinhas e ocorrem em áreas com grande diversidade ecológica (Suguió e Tessler, 1984). Esta vegetação em sua grande maioria é colonizada por espécies originadas de outros ecossistemas, como Florestas Estacionais Semidecíduais e Caatinga (Araújo e Lacerda, 1987). No entanto, estas espécies sofreram adaptações devido às condições diferentes de seu ambiente original (Freire, 1990). A colonização dessas áreas costeiras por espécies oriundas de outros ecossistemas foi de grande importância para o processo de estabilização deste ecossistema (Costa *et al.* 1984). Esta colonização atuou principalmente na compactação do solo de áreas próximas as linhas de marés altas, minimizando assim os efeitos erosivos sobre esse ecossistema (Lamêgo, 1974). Além de, promover a proteção e estabilização do substrato contra a ação dos ventos, um dos principais agentes modificadores das paisagens litorâneas (Assumpção e Nascimento, 2000).

Estudos sobre a composição florística de restinga ainda são escassos, e a pouca informação influencia na classificação das fisionomias vegetais desse ecossistema. Para as restingas do estado do Rio de Janeiro, somente a partir da década de 80 foram realizados trabalhos com o propósito de impulsionar o conhecimento a respeito deste ecossistema (Lacerda e Hay, 1982; Araújo e Henriques, 1984; Henriques *et al.*, 1986; Rizzini *et al.*, 1990; Sá, 1996; Menezes e Araújo, 1999). No entanto, esses autores concentraram seus estudos principalmente entre as restingas de Guaratiba e Macaé. Apesar de a região Norte ser a detentora das maiores áreas de restinga do estado do Rio de Janeiro, esses ecossistemas foram praticamente negligenciados. Os estudos foram iniciados com Assumpção e Nascimento (2000), que relataram a estrutura e composição florística dos diferentes perfis fitofisionômicos da restinga da região. Dentre as áreas de restingas, localizadas na região norte do estado, uma que merece especial destaque é o Complexo Lagunar de Grussaí/Iquipari, devido sua grande extensão e diversidade de espécies.

Baseado no trabalho de Assumpção e Nascimento (2000) foi possível verificar que uma das famílias mais abundantes nas formações de restinga no Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro é a família Myrtaceae, e por isso faz jus a destaque nesse trabalho.

#### **1.4 Família Myrtaceae Juss. e a espécie *Myrcia insularis* Gardner O. Berg**

Myrtaceae é uma das mais importantes de Angiospermae, corresponde a cerca de 1,32 % do total das Angiospermae conhecidas. Essa família apresenta-se dividida em uma única tribo, Myrteae, e três subtribos: Myrciinae, Eugeniinae e Myrtinae (Landrun e Kavvasaki, 1997). São descritos cerca de 140 gêneros e 3.500 espécies de árvores e arbustos (Angiosperm phylogeny III, 2009).

No Brasil foram registradas cerca de 23 gêneros e 1.025 espécies, distribuídas na sua grande maioria na Mata Atlântica, (*Myrtaceae in* Flora do Brasil 2020 em construção, 2018). A família Myrtaceae é considerada uma das famílias mais representativas do Brasil pelo fato de ocorrerem em diversos tipos de vegetação, como: Floresta Ombrófila ou Mata Atlântica de encostas (Soares-Silva, 2000); Floresta Amazônica (Silva *et al.*, 2005); Restinga (Lourenço e Barbosa, 2012) e Cerrado (Silva-Filho, 2006).

Diversos estudos florísticos e fitossociológicos citam a família Myrtaceae pela capacidade de adaptabilidade aos ambientes aos quais estas são encontradas (Aragão e Conceição, 2007). Esta família também apresenta um grande potencial econômico, pois muitas de suas espécies são utilizadas na alimentação, como as espécies *Psidium guajava* L. (goiaba) e *Eugenia uniflora* L. (pitanga), consumidas em forma de suco, doces, geleias e sorvetes (Lorenzi *et al.*, 2006).

A família Myrtaceae também apresenta uma grande importância ecológica, pois muitas espécies apresentam frutos suculentos e carnosos sendo usados como fontes de alimento à fauna silvestre (Sobral *et al.*, 2010). Muitos animais que se alimentam desses frutos acabam veiculando a dispersão das sementes e favorecendo a sobrevivência e permanência dessas espécies (Pizzo, 2003). Atualmente, diversos estudos estão sendo feitos a fim de caracterizar melhor a diversidade das espécies da família Myrtaceae. (*Myrtaceae in* Flora do Brasil 2020 em construção, 2018).

*Myrcia insularis* Gardner O. Berg é uma das espécies representantes da família Myrtaceae. Essa espécie é popularmente conhecida como vapiroanga ou guarapiroanga, e

é endêmica da Mata Atlântica (Candolle, 1928, Sobral *et al.*, 2015). *M. insulares* ocorre nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul, e sua distribuição se limita ao norte da Bahia. Já nos estados de Pernambuco e Alagoas sua distribuição é mais ampla (McVaugh, 1956; Sobral *et al.*, 2015). Esta espécie apresenta árvores com tamanhos bem consideráveis podendo chegar a 12 metros de altura. Suas folhas se diferenciam das demais espécies de *Myrcia*, pelo fato de apresentarem venação primária plano-convexa adaxialmente, brácteas lancioladas e bractéolas lineares, lobos de cálices diferenciados, ápice agudo e disco estaminal glabro e frutos subgloboides (Candolle, 1928). *M. insulares* apresenta cotilédones foliáceos e revestimento macio em suas sementes, isso combinado com ovários bilaterais ou trilocular contendo dois óvulos e inflorescências geralmente em panículas (Sobral *et al.*, 2010, Sobral *et al.*, 2015).

Por apresentar tais características *Myrcia insulares* pode ter alto potencial adaptativo, podendo desenvolver atributos específicos. Assim, esta poderia se adaptar a diferentes ambientes, respondendo consideravelmente as variações ambientais.

### **1.5 Respostas adaptativas**

As plantas sofrem um série de variações quanto as suas estruturas morfofisiológicas. Essas mudanças ocorrem devido aos organismos de uma mesma espécie serem capazes de sobreviver e competir com sucesso em uma faixa muito ampla de condições de ambiente. Essas variações são características do resultado do processo evolutivo conhecido como adaptações (Harper e Ogden, 1970).

Respostas adaptativas ocorrem em grandes escalas de tempos; ou seja, várias gerações transmitem tais características ao decorrer do tempo. Ademais, mudanças adaptam uma população a um novo ambiente (Schlichting e Smith, 2002). Por outro lado, o processo de aclimação é caracterizado com alterações instantâneas e contornáveis, sendo um processo que ocorre em curto prazo quando comparado ao processo adaptativo (Arenque *et al.*, 2014)

Sultan (2000) define adaptação como um conjunto de modificações provocadas na constituição de um organismo como resultado da ação contínua de um meio diferente daquele em que inicialmente se desenvolveu seus ascendentes. Fatores morfogênicos são os que influenciam e formam as estruturas das plantas. Sendo as condições de clima e de solo responsáveis por determinar ou modificar a organização da planta. Em cada ser vivo existe um padrão de desenvolvimento estabelecido e comandado pelo seu

patrimônio genético (genótipo). Contudo, fatores abióticos agem sobre os genes e modificam sua expressão em vários sentidos fazendo estes adquirirem uma plasticidade fenotípica (Sultan, 2003).

Plasticidade fenotípica é definida como mudanças que ocorrem em um organismo em relação às condições ambientais. Essas mudanças podem ocorrer em vários níveis, contudo são extremamente importantes para as plantas em razão de estas apresentarem seu modo de vida sésil (Sultan, 2003). Essas modificações podem ser em caráter morfológico, em que ocorrem mudanças estruturais, e fisiológicas (Schlichting e Smith, 2002).

### **1.6 Adaptações Estruturais e Fisiológicas das folhas**

As adaptações das plantas ocorrem em resposta ao ambiente ao qual estão inseridas. As plantas de restinga por estarem em um ambiente com baixa disponibilidade hídrica, exposta a altos níveis de irradiação e temperaturas elevadas, solo salino, e interferência do vento apresentam características adaptativas diferentes das plantas encontradas em Florestas sobre afloramento rochoso (FAR) devido às condições ambientais contrastantes entre esses dois ambientes (Mantuano *et al.*, 2006).

Plantas que vivem em condições de alta irradiância e baixa disponibilidade hídrica desenvolvem espessa camada protetora em células epidérmicas, chamada de cutícula. Esta tem um importante papel na fotoproteção e evidências da importância desta barreira determinarão a quantidade de irradiação que chega ao mesófilo (Oliveira e Akisue, 1989; Santos *et al.*, 2016).

A baixa disponibilidade de água e a alta irradiância também tende a influenciar na espessura e suculezas dos tecidos foliares (Kluge e Ting, 1978). Por exemplo, folhas mais suculentas refletem a capacidade de armazenamento de água e geralmente estão associados a ambientes xerofíticos, como as restingas (Nobel, 1988; Lamont e Lamont, 2000; Schwinning e Ehleringer, 2001).

A presença de apêndices de origem epidérmica, conhecidos como tricomas, também são características encontradas em plantas submetidas à condição de baixa disponibilidade hídrica como nas restingas (Pireda *et al.*, 2013). Estes têm uma função de criar um microclima úmido diminuindo a perda de água por evapotranspiração, além de promover a reflexão da irradiação solar, evitando o aquecimento das folhas (Oliveira e Akisue, 1989; Santos *et al.*, 2016).

Os estômatos das plantas que vivem nestas condições tendem a adaptar-se ao estresse hídrico, sendo encontrados mais frequentemente na face abaxial das folhas. Os estômatos estão relacionados com a entrada e saída de ar no interior dos órgãos em que se encontram ou, ainda, com a saída de água na forma de vapor. Neste caso, estes estômatos presentes na superfície abaxial reduzem sua exposição aos altos índices de luminosidade e a baixa umidade do ar, diminuindo dessa forma a perda de água para o ambiente (Esau, 1974, Alquini *et al.*, 2003).

As plantas em respostas as condições de alta irradiância tendem a apresentar parênquima paliçádico com células maiores, podendo apresentar mais de uma camada, proporcionando uma distribuição mais igualitária da luz pelo mesofilo foliar (Vogelmann *et al.*, 1996, Rabelo *et al.*, 2012). Em contrapartida, plantas submetidas a condições de baixas irradiância podem apresentar um parênquima lacunoso mais desenvolvido, o que poderia atuar como uma câmara de espelhos refletindo a luz não absorvida pelo parênquima paliçádico. Com isso, o caminho óptico da luz no interior do mesofilo tende a se prolongar, aumentando assim a chance dessa luz ser captada pelos cloroplastos (DeLucia *et al.*, 1996).

Condições de calor, seca, excessiva concentração de sais no solo e altos índices de luminosidade, fatores estes inerentes das restingas, podem induzir a produção de forma reativas de oxigênio (ROS) (Hernández *et al.*, 2000; Sairam e Saxena, 2001; Apel e Hirt, 2004). Cabe ressaltar que um dos principais sítios de produção de ROS nas plantas são os cloroplastos. Estes podem sofrer alterações nas suas características ultraestruturais, tais como: desorganização de suas membranas internas, aumento do volume do estroma, e maior acúmulo de plastoglóbulos (Austin II *et al.*, 2006; Vitória *et al.*, 2006; Lage-Pinto *et al.*, 2008; Bréhélin e Kessler, 2008; Rabelo *et al.*, 2013).

Alterações nas características estruturais dos cloroplastos provocadas por estresse ambiental podem refletir sobre os aspectos fisiológicos da planta. Altos índices de luminosidade podem danificar a estrutura dos complexos antena do fotossistema dois (PSII), ou induzir a saturação das plastoquinonas Qa, e com isso, comprometer a transferência de elétrons ao longo da cadeia transportadora de elétrons (Taiz e Zeiger, 2013). Estas alterações podem levar a um estado fotoinibitório do PSII, o que provoca uma alteração em toda a cinética de emissão de fluorescência da clorofila **a** (Maxwell e Johnson, 2000).

## 2. Objetivo Geral

Comparar os aspectos estruturais e ecofisiológicos da lâmina foliar da espécie *Myrcia insularis* Gardner O. Berg (Myrtaceae), presente em área de Floresta Estacional Semidecidual sobre Afloramento Rochoso (FAR) e de Restinga (RPPN Fazenda Caruara), a fim de compreender quais mecanismos adaptativos foliares possibilitaram que esta espécie de Floresta Estacional Semidecidual sobre Afloramento Rochoso (FAR) se adaptasse as áreas de Restinga.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Analisar os parâmetros morfológicos, relacionados à massa foliar por unidade de área (MFA), suculência (SUC), densidade (DEN) e área foliar (AF), das folhas de *Myrcia insularis*;
- Avaliar os aspectos anatômicos das folhas de *Myrcia insularis* no ambiente de Restinga e Floresta Estacional Semidecidual sobre Afloramento Rochoso (FAR);
- Avaliar a integridade dos cloroplastos em resposta ao aumento de irradiação no ambiente de Restinga e Floresta Estacioanl Semidecidual sobre Afloramento Rochoso (FAR);
- Determinar o conteúdo de clorofila *a*, clorofila *b*, carotenoides e antocianina nas folhas;
- Avaliar a eficiência fotoquímica do fotossistema II (PSII) a partir da emissão de fluorescência da clorofila *a* nas folhas;
- Relacionar os aspectos estruturais e ecofisiológicos da lâmina foliar como resposta adaptativa às estratégias de sobrevivência das espécies nas duas áreas de estudo.

### 3. Material e Métodos

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na Reserva Particular do Patrimônio Nacional - Fazenda Caruara, localizado no município de São João da Barra, região Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro (21° 72654` S e 41° 03645` W), sendo considerado um dos maiores e mais conservados fragmentos de restingas do Complexo Lagunar de Grussaí/Iquipari, como uma área de aproximadamente cinco mil hectares (Figura 5). O solo desta região se mostra como areias quartzosas marinhas associadas à podzol hidromórficos (RadamBrasil, 1983). O clima é classificado como Aw (Alvares 2014), é intitulado como tropical subúmido a semiárido, com precipitação pluviométrica média anual variando de 800 a 1200 mm, apresentando maiores taxas de precipitação durante os meses de verão (novembro a janeiro), e os menores nos meses de inverno (maio a agosto) (Assumpção e Nascimento, 2000). A temperatura média varia entre 20 a 30 °C (Suzuki, 1997; Nunes, 1998).

A segunda área é uma formação vegetal, presente em uma Floresta Estacional Semidecidual sobre um Afloramento Rochoso (FAR) (Maciço do Itaoca). O maciço do Itaoca se encontra no norte do Estado do Rio de Janeiro (21°48' S 41°26' W), município de Campos dos Goytacazes (Figura 5). Apresenta uma área de 900 ha com elevação granítica, onde sua altitude máxima é de 420 m, sobre uma planície costeira (RadamBrasil, 1983). Esta área se encontra em uma matriz muito antropizada, formada por canaviais e pedreiras. O clima da região é classificado como Aw (Alvares, 2014), tipo quente e úmido, com período seco de maio a agosto e com ocorrência de veranicos em fevereiro (RadamBrasil, 1983). Os solos predominantes no município são latossolos amarelos em Tabuleiros, e na Baixada associações e complexos de neossolos flúvicos, gleissolosháplicos e cambissolos háplicos, que se mostram desenvolvidos de substratos colúvioaluvionais (Silva *et al.*, 2003).

As características vegetacionais entre as duas áreas são bastante contrastantes. O Maciço do Itaoca apresenta uma formação vegetacional florestal, com a presença de um dossel bem consolidado (Figura 5 B). As restingas por sua vez, não apresentam dossel, sendo a vegetação constituída por moitas espaçadas que podem atingir até 2 metros de altura (Figura 5 C).





**Figura 5:** Localização das áreas de estudo (A) (Google Erth). Vegetação de FAR (B); e Restinga (C) Arquivos próprios do autor

Essas diferenças vegetacionais entre as duas áreas de estudo influenciam diretamente nas condições microclimáticas. Foram observados maiores valores de irradiância e de temperatura na restinga (RPPN – Fazenda Caruara), em quanto maiores valores de umidade foram encontrados em FAR (Maciço do Itaoca) (Tabela 1).

A determinação dos parâmetros microclimáticos acima citados foi feita mediante medições em quatro pontos distintos, com distância média de 3 metros de um ponto para o outro, ao redor de cinco indivíduos, em cada setor estudado. Medições de temperatura e umidade foram realizadas com o termohigrômetro (Termohigrômetro Digital Impac TH01), ao passo que medidas de irradiação foram feitas com um radiômetro LI-250A, às 8 h e 12 h, ambos em períodos de coleta.

**Tabela 1.** Caracterização microclimática das áreas de estudo.

<b>Dados Microclimáticos</b>	<b>Irradiação (Mol)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Umidade (%)</b>
<b>Floresta 8h</b>	<b>5,987</b>	<b>21,66</b>	<b>79,18</b>
<b>Floresta 12h</b>	<b>26,10</b>	<b>23,76</b>	<b>73,23</b>
<b>Restinga 8h</b>	<b>958,67</b>	<b>28,50</b>	<b>49,55</b>
<b>Restinga 12h</b>	<b>1278,65</b>	<b>34,44</b>	<b>39,70</b>

### **3.2 Seleção da espécie e coleta de material**

A espécie utilizada *Myrcia insularis* foi fundamentada nos inventários realizados pela Empresa Prumo, para o ambiente de restinga (RPPN Fazenda Caruara), e no levantamento florístico para FAR (Maciço do Itaoca), realizado por Souza (2015), A espécie foi selecionada baseada na alta frequência relativa com que ocorre em ambas às áreas de estudo.

Entre as duas áreas estudadas foram observadas diferenças com relação ao hábito da espécie em questão na FAR; a espécie apresenta porte arbóreo, com altura média de aproximadamente 10 metros (Figura 6A). Na restinga, a espécie assume um porte arbóreo-arbustivo, atingindo cerca de 2 metros de altura (Figura 6B). Em cada ambiente foram selecionados cinco indivíduos, totalizando, portanto, dez indivíduos analisados. Foram coletadas cinco folhas completamente desenvolvidas do terceiro nó, resultando em uma amostragem de cinquenta amostras divididas entre os dois ambientes.



**Figura 6:** Hábito de *Myrcia insularis* na FAR – Maciço do Itaoca (A) e na Restinga – RPPN Fazenda Caruara (B). Arquivos próprios do autor

### 3.3. Preparo de amostras para Microscopia

Para análises em microscopia, foram utilizadas as regiões do terço mediano, o bordo, a nervura central de uma folha restinga e uma de FAR de cada um dos dez indivíduos selecionados.

#### 3.3.1. Fixação e Desidratação

Fragmentos da lâmina foliar foram fixados em uma solução aquosa de glutaraldeído 2,5 %, formaldeído 4,0 % e tampão cacodilato de Sódio 0,05 M em pH 7,2 (Da Cunha, 2000). Posteriormente, foram lavados neste mesmo tampão e pós-fixados em uma solução aquosa de tetróxido de Ósmio 1 % e tampão cacodilato de Sódio 0,05 M, à temperatura ambiente, pH 7,2. Após nova lavagem no mesmo tampão, os fragmentos do terço mediano e bordo foliar foram desidratados em uma série crescente de acetona.

#### 3.3.2. Microscopia Óptica

Após a desidratação, os fragmentos foram submetidos às etapas de infiltração onde a acetona foi substituída gradualmente pela resina epóxi (Epon 812). As amostras embebidas em resina pura foram colocadas em formas e levadas a estufa a 60 °C por 48 h para a polimerização e obtenção de blocos. Em um ultramicrótomo (Reicheit Ultracut S) foram retirados cortes semifinos entre 0,60 e 0,70  $\mu\text{m}$  de espessura com o auxílio de

faca de diamante no sentido transversal. Essas secções foram coradas com azul de toluidina 1 % por 1 minuto (O'Brien e McCully, 1981). As lâminas foram seladas com Entellan® (Merck) e observadas em microscopia óptica de campo claro (Axioplan ZEISS).

Para analisar as estruturas da epiderme em vista frontal e contagem de estômatos, foram dissociadas as faces adaxial e abaxial da epiderme. Para tal, as amostras foram colocadas em um Becker com solução de ácido nítrico 80 % e água destilada 20 %. O Becker foi colocado sobre uma placa aquecedora a 150 °C até que as faces adaxial e abaxial das epidermes fossem dissociadas. Em seguida, as faces epidérmicas foram colocadas em lâminas, coradas com safranina 10 % e montadas com glicerina 50 %. As amostras dissociadas foram observadas em microscópio óptico de campo claro (Axioplan ZEISS).

### **3.3.3. Microscopia Eletrônica de Varredura**

Após as etapas de fixação e desidratação, as amostras foram submetidas ao ponto crítico para substituir toda acetona por CO<sub>2</sub> líquido, com o auxílio do aparelho *Bal-Tec Critical Point Dryer CPD 030*, em condições de alta pressão. Desta maneira os danos causados pela tensão superficial associada à evaporação são praticamente eliminados. Em seguida, os fragmentos secos foram fixados de forma a permitir a sua observação com fita adesiva de carbono em suportes próprios e cobertos com uma fina camada de ouro de 20 nm (*Bal-Tec Sputer Coater SCD 050*). As imagens foram obtidas no microscópio eletrônico de varredura *EVO 40 ZEISS* a uma voltagem de 25 KV.

### **3.3.4. Microscopia Eletrônica de Transmissão**

Após as etapas de fixação e desidratação, o material foi embebido e emblocado da mesma forma que para a microscopia óptica. Com o auxílio do ultramicrotomo e faca de diamante, foram obtidos cortes ultrafinos com, aproximadamente, 70 nm de espessura. Estes cortes foram coletados em grades de cobre de 300 mesh, as quais foram primeiramente revestidas com formvar. Os cortes foram contrastados com acetato de uranila 5,0 %, por 40 minutos, e citrato de chumbo, por 5 minutos (Reynolds, 1963). As imagens foram obtidas com o auxílio do microscópio eletrônico de transmissão *JEOL 1400 Plus*, a uma voltagem de 80 kV.



### **3.4. Parâmetros quantitativos estruturais**

Os parâmetros a seguir foram medidos separadamente para cada tipo de folha Restinga e FAR.

#### **3.4.1. Quantificação da espessura da epiderme; parênquima paliçádico; parênquima lacunoso; mesofilo (paliçádico + lacunoso)**

A espessura da epiderme e da cutícula, parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e mesofilo (parênquima paliçádico + parênquima lacunoso) foram calculados a partir de secções transversais do terço médio da lâmina foliar. Foram examinados 25 campos para cada folha analisada. As imagens obtidas foram processadas e analisadas utilizando sistema digital de processamento de imagens *Image Pro-Plus*.

A autenticidade da cera epicuticular foi identificada por lavagem de folhas em clorofórmio por 1 minuto e comparando-se com folhas não lavadas utilizando-se da Microscopia Eletrônica de Varredura (*ZEISS - DSEM 962*).

#### **3.4.2. Quantificação de estômatos por área foliar**

A determinação do número de estômatos por mm<sup>2</sup> por área foliar foi realizada a partir da observação das epidermes dissociadas em um microscópio de campo claro *Axioplan ZEISS*. Foram processadas e analisadas 280 imagens de áreas de 0,012 mm<sup>2</sup> utilizando sistema digital de processamento de imagens *Image Pro-Plus*.

#### **3.4.3. Área foliar (AF); Espessura (ESP); Massa da folha por unidade de área (MFA); Suculência (SUC) e Densidade (DEN)**

Para determinação da área foliar, foram coletadas cinco folhas frescas de Restinga e FAR de cada indivíduo, as quais foram escaneadas e tiveram sua área mensurada por meio do sistema digital de processamento de imagens *ImageJ*.

Discos foliares de tamanho determinado foram retirados em cada uma das folhas coletadas para se determinar a MFA e a SUC. Os discos foram hidratados em água destilada por 24 horas e sua massa saturada foi medida em uma balança digital (0,001g) e a ESP (mm) medida com um paquímetro digital ( $\pm 0,01$  mm). Os discos hidratados foram colocados em estufa a 55 °C por 72 horas para obtenção da massa seca. A partir destes valores, foram calculados a SUC (g.m<sup>-2</sup>), que é o resultado da diferença entre a massa saturada e a massa seca dividida pela área dos discos utilizados, e a MFA (g.m<sup>-2</sup>) que é a razão entre a massa seca dos discos por sua área (Kluge e Ting, 1978). Os

valores de DEN ( $\text{mg mm}^{-3}$ ) foram obtidos a partir da fórmula:  $\text{DEN} = \text{MFA/ESP}$  (Witkowski e Lamont, 1991).

### **3.5. Análises ecofisiológicas**

As medidas descritas a seguir foram obtidas durante o verão (Janeiro). Foram utilizados dez indivíduos adultos da espécie em que a altura permita tais avaliações (cinco indivíduos de Restinga e de FAR). Foram feitas medições em dez folhas (cinco indivíduo de Restinga e cinco de FAR) completamente expandidas que apresentarem poucas variações de cor verde em cada um dos indivíduos das duas áreas e em dois horários diferentes (8h e 12h). Para possibilitar tais medições, os ramos foram primeiramente destacados e colocados em vasilhames com água.

#### **3.5.1. Acompanhamento dos parâmetros de emissão de fluorescência da Clorofila *a***

Os parâmetros de emissão de fluorescência da clorofila *a* foram acompanhados às 8 h e 12 h. Para isso, foi utilizado o fluorímetro modulado portátil *FMS2* (Hansatech, UK). As medidas foram feitas na região central da superfície adaxial (evitada à região da nervura central) de 300 folhas intactas (100 folhas em cada horário), completamente expandidas, saudáveis (livres de necrose ou ferimentos) e com coloração semelhante.

As folhas foram expostas ao escuro, com auxílio de pinça, por 30 minutos, sendo posteriormente expostas à luz de medição (aproximadamente  $6 \mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  a 660 nm), seguida pela exposição à luz branca actínica de alta intensidade ( $10.000 \mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), aplicada por 0,8 segundos, conforme adaptação das técnicas descritas por Genty *et al.* (1989) e Van Kooten e Snel (1990). Foram registradas e submetidas à análise as seguintes variáveis da cinética de fluorescência da clorofila *a*: rendimento quântico máximo do FSII ( $F_v/F_m$ ), a razão  $F_m/F_0$  e  $F_v/F_0$ ; e rendimento quântico efetivo ( $Y$ ).

Os valores foram apresentados como a média de 25 medições, que representam 25 repetições.

#### **3.5.2. Medidas do conteúdo dos pigmentos fotossintéticos**

Discos do limbo foliar com 1,0 cm de diâmetro foram retirados de cinco folhas distintas de cinco indivíduos de cada espécie estudada para determinação do teor de pigmentos fotossintéticos, utilizando o método de extração com acetona 100% (Hiscox e Israel stam, 1979). Os discos foliares foram imersos em 5,0 ml de acetona, mantidos no escuro e, posteriormente, foram realizadas leituras em espectrofotômetro (*Shimadzu*

1240 Japan) nas absorvâncias de 480, 649 e 665nm. Os cálculos para a determinação das concentrações dos pigmentos supracitados foram desenvolvidos de acordo com o procedimento descrito por Wellburn (1994):

$$[\text{Clorofila a}] (\mu\text{g mL}^{-1}) = 12,19A_{665} - 3,45A_{649}$$

$$[\text{Clorofila b}] (\mu\text{g mL}^{-1}) = 21,99A_{649} - 5,32A_{665}$$

$$[\text{Carotenóides}] (\mu\text{g mL}^{-1}) = (1000A_{480} - 2,14 \text{ Clorofila a} - 70,16 \text{ Clorofila b})/220$$

A determinação das concentrações de antocianina foi realizada com o medidor portátil do conteúdo de antocianina (*ACM – 200 Plus Opti-Science*).

### 3.6 Análise nutricional

Para realização das análises nutricionais das folhas, foram coletadas folhas frescas de três indivíduos de Restinga e de três indivíduos de FAR. Em cada um dos indivíduos foram coletadas cerca de 500g de folhas de sol e 500g de folhas de sombra, as quais foram colocadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório para quantificação dos valores de carbono (C), nitrogênio (N) e fósforo (P) presente nessas folhas. As folhas foram lavadas com água corrente e água deionizada, secas a 60 °C até atingir peso constante, moídas em moinho elétrico de faca e homogeneizadas em grau e pistilo. As determinações de C e N totais foram feitas em amostras secas utilizando-se um autoanalisador de CHNS/O (*Perkin Elmer 2400*) (Allen, 1989).

Para a extração de P, subamostras (0,20 g) foram digeridas em 4,4 ml de uma solução de ácido sulfúrico concentrado (350 ml), água oxigenada 100 volumes (420 ml), selênio (0,42 g) como catalisador e sulfato de lítio (14 g) em solução ácida (Allen, 1989). A determinação desse nutriente foi feita em espectrofotometria de emissão por plasma induzido (*ICP/AES-Varian*). Todo o procedimento analítico foi realizado no pólo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), situado na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ.

### 3.7 Análise estatística

Para verificação da normalidade dos dados aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk (Zar, 1996), o qual indicou que alguns dados apresentaram distribuição normal e outros não. As comparações morfológicas e anatômicas entre os locais coletados foram feitas

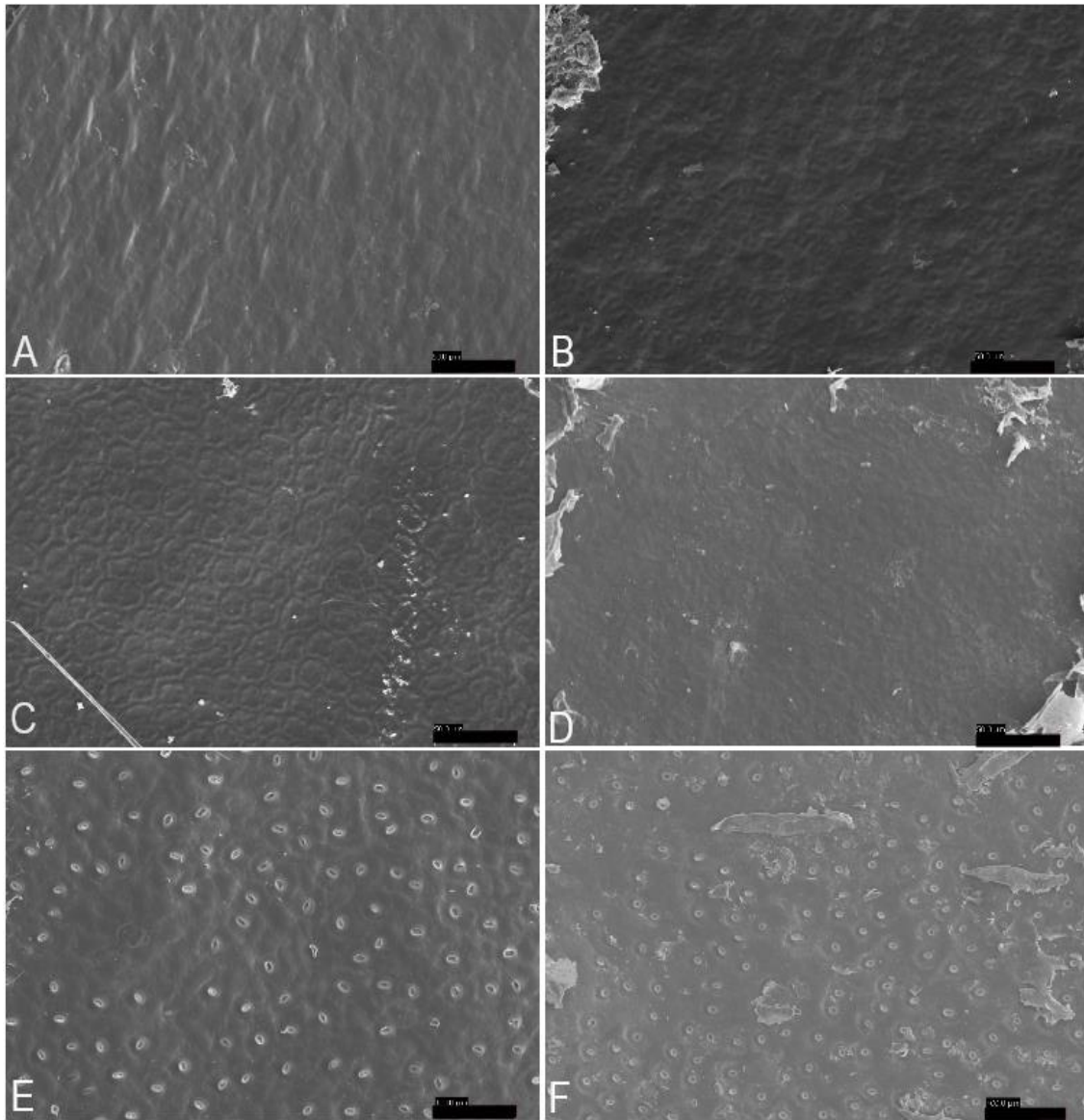
usando Box Plot (McGill *et al.*, 1978). As análises estatísticas foram feitas com os softwares *Statistica 7* (Statsoft, Tulsa, OK) e *Systat 12* (Systat, 2007).

#### **4. Resultados**

##### **4.1 Caracterização anatômica e histoquímica das folhas de *Myrcia insularis* em Restinga e Floresta Estacional Semidecidual sobre Afloramento Rochoso (FAR)**

Na superfície adaxial das folhas, foi observada a presença de cera epicuticular com mais ornamentações no ambiente de Restinga em comparação a Floresta (Figura 7A e B). A cutícula, assim como a cera epicuticular, também apresentou uma superfície mais ornamentada na Restinga do que na Floresta (Figura 7C e D). A superfície abaxial, por sua vez, não apresentou diferenças entre as áreas estudadas (Figura 7E e F).





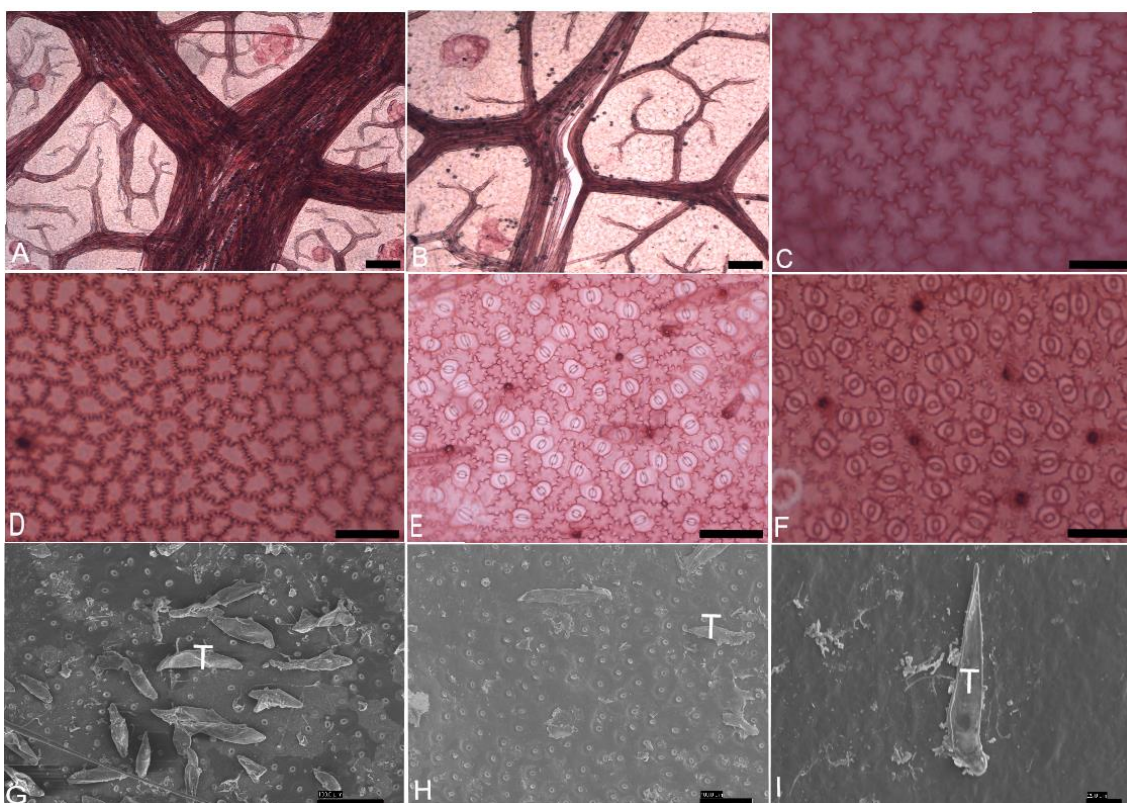
**Figura 7:** Análise micromorfológica da superfície foliar *Myrcia insularis* em ambientes de Restinga e Floresta observadas em microscopia eletrônica de varredura. A – Superfície adaxial da epiderme em Restinga com cera. B – Superfície adaxial da epiderme em Floresta com cera. C – Superfície adaxial da epiderme em Restinga sem cera. D – Superfície adaxial da epiderme em Floresta sem cera. E - Superfície abaxial da epiderme mostrando estômatos em Restinga. F – Superfície abaxial da epiderme mostrando os estômatos em Floresta. Barras: A, B, C e D: 50 $\mu$ m; E e F: 100 $\mu$ m.

O padrão de venação das folhas de *M. insularis* apresentou diferenças entre as áreas estudadas. Foi observado maior espessamento das venações secundárias e maior ramificação do sistema vascular em ambientes de Restinga (Figura 8A e B).

Através da dissociação epidérmica foi possível constatar que as paredes anticlinais das células epidérmicas são mais sinuosas na Floresta do que na Restinga em ambas as superfícies da folha (Figura 8C-F). Além disso, as folhas de Restinga apresentam maior quantidade de estômatos em relação às folhas de Floresta (Figuras 8E

e F). Ademais, os estômatos de *M. insularis* estão envolvidos por células que não se diferenciam das outras células epidérmicas, sendo caracterizados assim como anomocíticos (Figura 8E e F).

Com o uso da microscopia de varredura, foi possível observar a presença de tricomas tectores na superfície abaxial das folhas de *M. insularis* em ambos os ambientes, sendo que as folhas dos indivíduos da espécie na Restinga apresentavam maiores quantidades dessas estruturas quando comparados as folhas dos indivíduos de Floresta (Figura 8G-I).



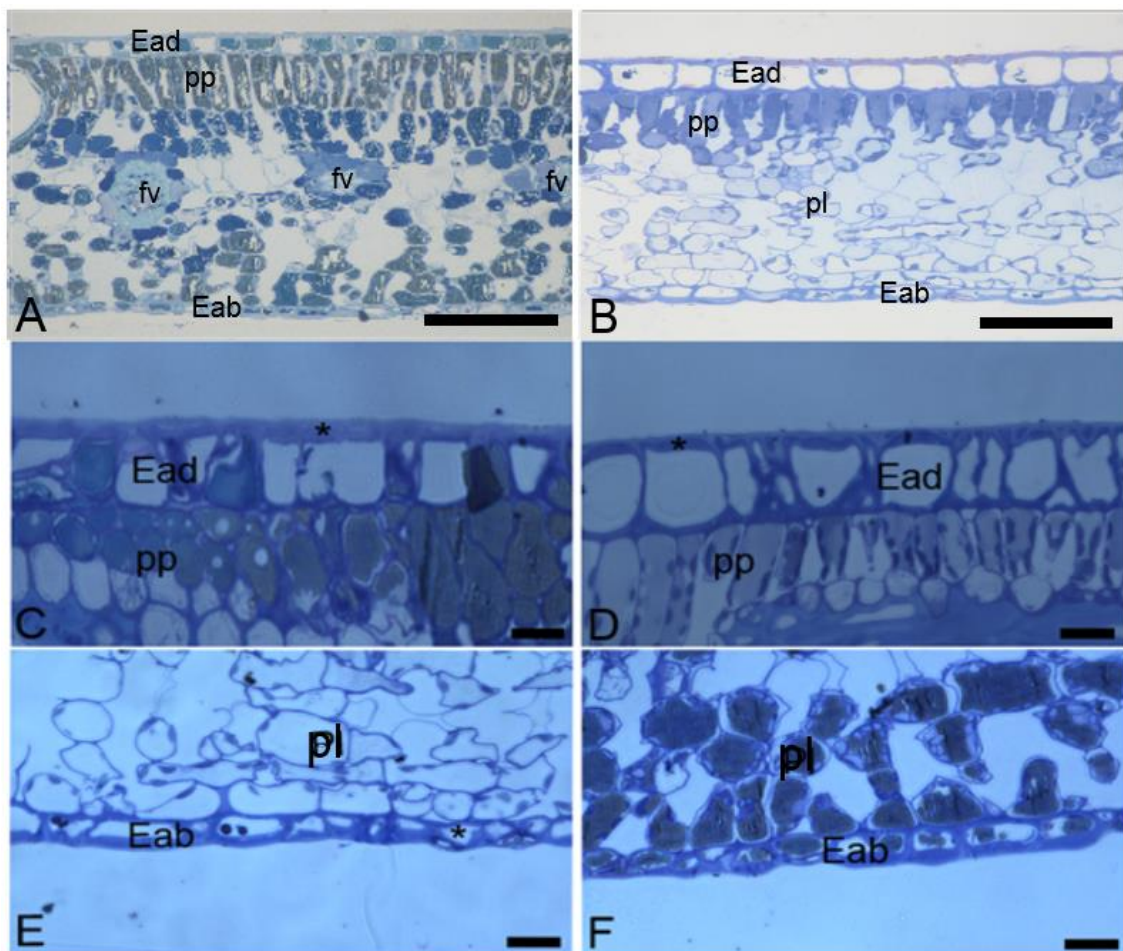
**Figura 8:** Caracterização morfológica das folhas de *M.insularis* em ambientes de Restinga e Floresta visualizados em microscopia óptica (A, B, C, D, E e F), e microscopia eletrônica de varredura (G, H e I). A – Padrão de venação das folhas na Restinga; B – Padrão de venação das folhas em Floresta; C – Superfície adaxial das folhas na área de Restinga. D – Superfície adaxial na área Floresta; E – Superfície abaxial na área de Restinga; F – Superfície abaxial na área de Floresta. G – Visão geral da folha mostrando a presença de tricomas tectores nas folhas de Restinga, H– Visão geral mostrando a presença de tricomas tectores nas folhas de Floresta; I – Detalhe do tricoma tector na folha de Restinga. Barras: A, B - 10 $\mu$ m., C, D, E e F - 20 $\mu$ m, G e H 100  $\mu$ m, I - 25 $\mu$ m.

Através da microscopia óptica, foi possível observar que as folhas de *M. insularis* apresentam mesofilo dorsiventral composto por parênquima paliçádico e lacunoso distintas nos ambientes de Floresta e Restinga (Figura 9A e 9B). As folhas na Restinga apresentam mesofilo mais espesso em relação as folhas dos indivíduos de



Floresta (Figura 9A e 9B). O parênquima paliçádico é constituído por duas camadas de células alongadas e justapostas, e distribuídas perpendicularmente à superfície adaxial (Figura 9A e 9B). Além disso, foi possível observar variações em relação ao tamanho dessas células quando comparadas entre os ambientes de Floresta e Restinga (Figura 9A e B). Em ambos os ambientes, o parênquima lacunoso é constituído de 7 a 9 camadas de células isodiamétricas, apresentando grandes espaços intercelulares (Figura 9A e B).

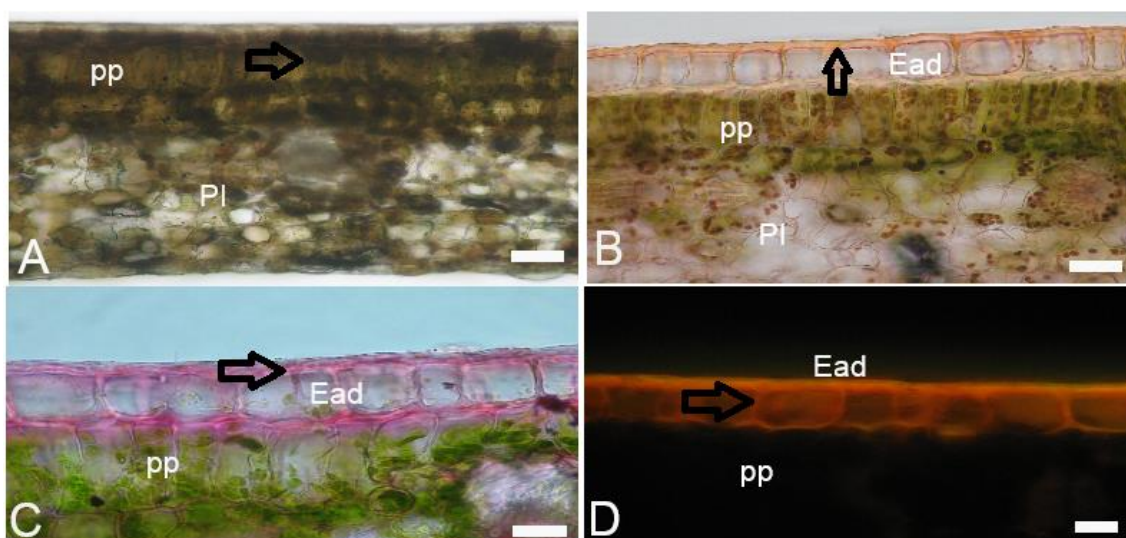
A epiderme nas faces adaxial e abaxial nos ambientes de Floresta e Restinga é constituída por uma única camada de célula (Figura 9C-F), e sobre essas células, foi observada uma espessa camada de cutícula em ambos os ambientes (Figura 9C-F).



**Figura 9:** Caracterização anatômica de *Myrcia insularis* em ambientes de Restinga e Floresta visualizados em microscopia óptica. A – Corte transversal da lâmina foliolar na área de Restinga. B – Corte transversal da lâmina foliolar na área de Floresta. C – Detalhe da epiderme adaxial na área de Restinga. D – Detalhe da epiderme adaxial na área de Floresta. E – Detalhe da epiderme abaxial em Restinga. F – Detalhe da epiderme abaxial em Floresta. Epiderme adaxial (Ead); Epiderme abaxial (Eab); Parênquima paliçádico (pp); Parênquima lacunoso (pl); Feixe vascular (fv); Cutícula (\*). Barras: A, B - 20µm; C, D,E e F - 40µm.

Os testes histoquímicos revelaram a presença de diferentes substâncias nas folhas de *M. insularis*, porém, não foram observadas diferenças entre as áreas de estudo.

A marcação com cloreto férrico mostrou a presença de compostos fenólicos na epiderme adaxial e no parênquima paliçádico (Figura 10A). A coloração com Sudan IV indicou a presença de lipídios na porção mais externa para parede periclinal externa das células epidérmicas (Figura 10B). O vermelho de Rutênio identificou a presença de pectina na região mais interna da parede periclinal externa e na parede anticlinal das células epidérmicas (Figura 10C). A marcação com reagente Laranja de acridina marcou a presença de polissacarídeos ácidos na epiderme adaxial (Figura 10D).



**Figura 10:** Caracterização histoquímica da folha de *Myrcia insularis* visualizados em microscopia óptica. A– Marcação com cloreto férrico. B – Marcação com Sudan IV. C – Marcação com vermelho de Rutênio. D – Marcação com laranja de acridina. Epiderme adaxial (Ead); Epiderme abaxial (Eab); Parênquima paliçádico (pp); Parênquima lacunoso (pl); Feixe vascular (fv); Marcações (→). Barras: A, B, C e D - 20 $\mu$ m.

A tabela 2 apresenta um resumo dos resultados obtidos através dos testes histoquímicos.

**Tabela 2:** Resultado dos testes histoquímicos feitos na lâmina foliar de *M.insularis*

<b>Testes Histoquímicos da Lâmina Foliolar de <i>M. insularis</i></b>					
<b>Lâmina Foliolar</b>	<b>Cloreto Férrico</b>	<b>Sudan IV</b>	<b>Vermelho de Rutênio</b>	<b>Dragendorf</b>	<b>Laranja de acridina</b>
<b>Parede Periclinal Externa</b>	-	+	+	-	+
<b>Epiderme Adaxial</b>	-	-	+	-	+
<b>Epiderme Abaxial</b>	+	-	+	-	+
<b>Parênquima Paliçádico</b>	+	-	-	-	-
<b>Parênquima Lacunoso</b>	+	-	-	-	-

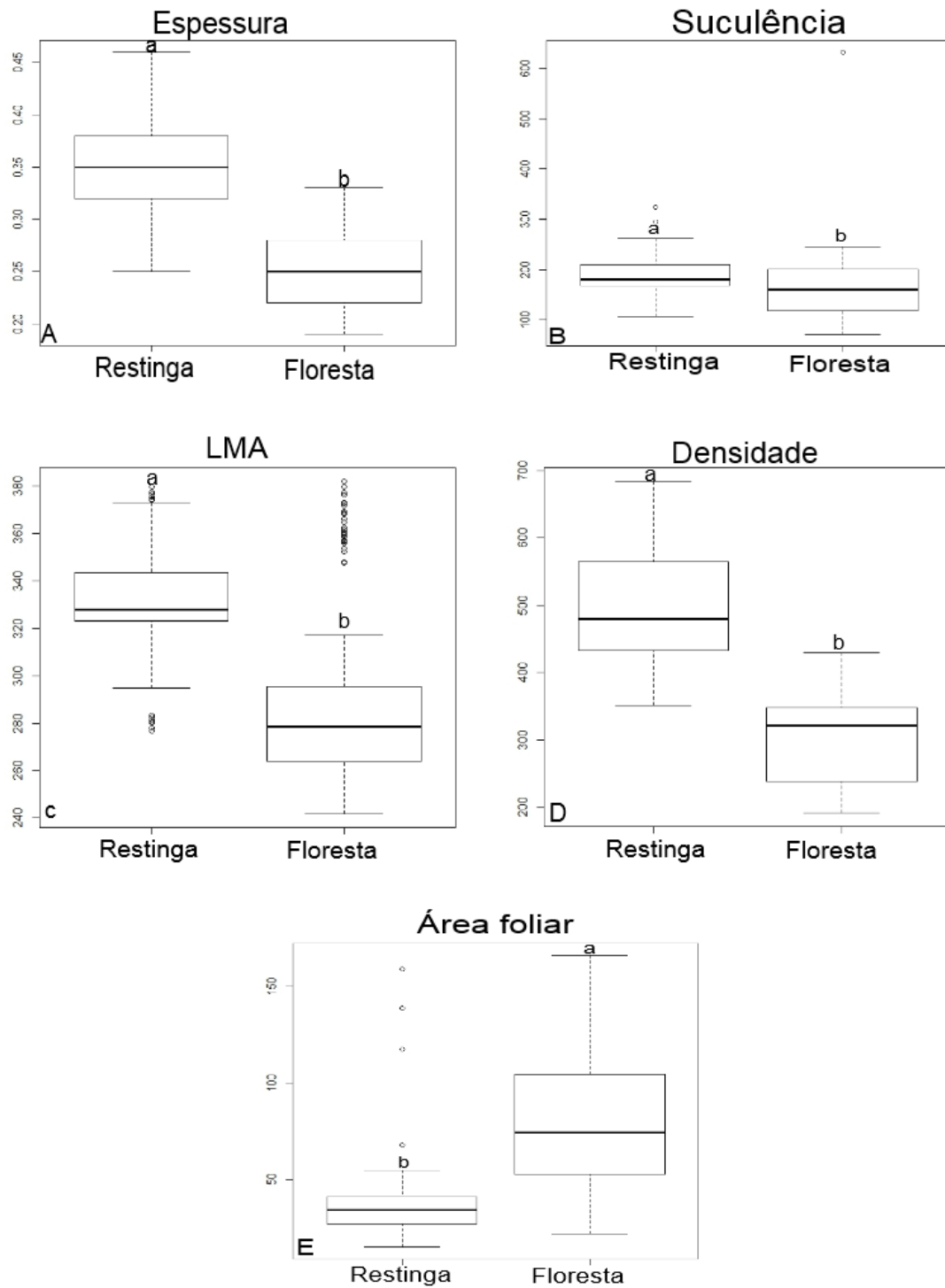
+ marcação positiva

- marcação negativa

#### **4.2 Análises quantitativas dos atributos morfoanatômicos das folhas de *M. insularis* em Restinga e Floresta Estacional Semidecidual sobre Afloramento Rochoso (FAR)**

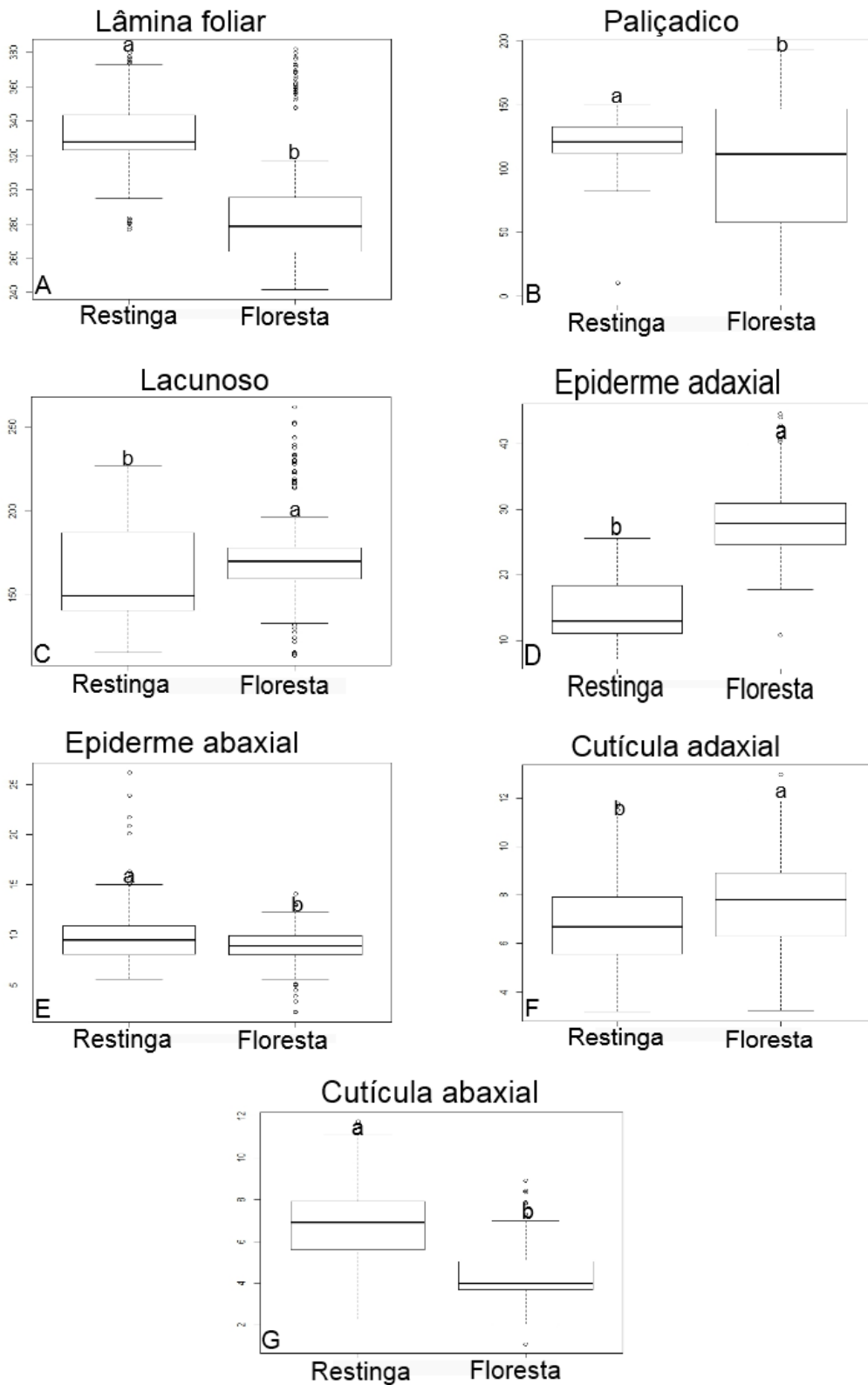
Através das análises quantitativas dos atributos morfoanatômicos foram observadas diferenças significativas entre as áreas de estudo para todos os atributos foliulares analisados.

Os atributos morfológicos apresentaram maiores valores para espessura (ESP), suculência (SUC), massa foliar por unidade de área (MFA) e densidade (DEN) nos indivíduos de Restinga (Figura 11A-D). Em contrapartida, maiores valores foram constatados para área foliar (AF) em indivíduos de Floresta (Figura 11E).



**Figura 11:** Análise quantitativa dos atributos morfológicos das folhas de *M. insularis* em Restinga e Floresta. A- Área foliar. B – Suculência. C – Massa foliar por unidade de área. D – Densidade foliar. E – Espessura. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre as áreas. Teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

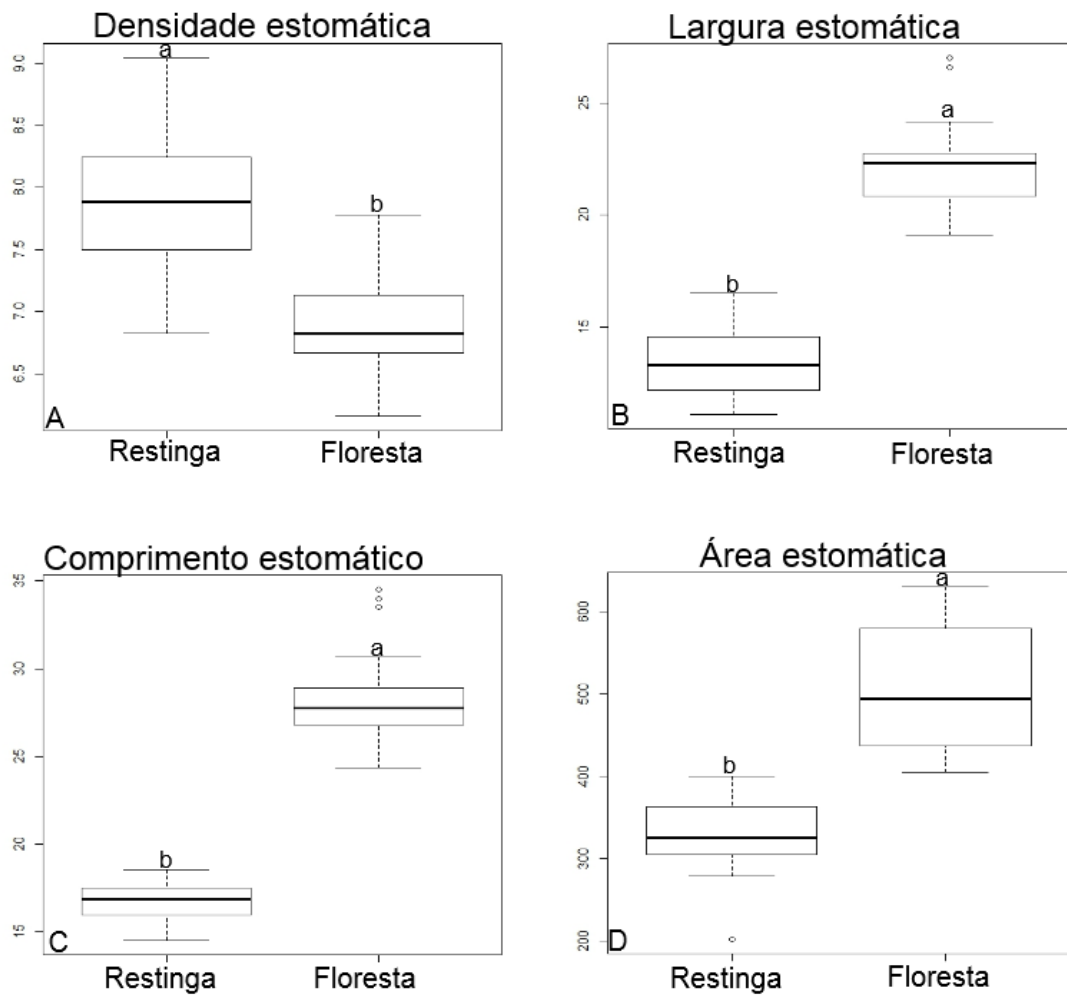
Com relação aos atributos anatômicos foi observado maior espessamento da lâmina foliar (Figura 12A e Figura 9A e B), do parênquima paliçádico (Figura 12B e Figura 9A e B), da epiderme abaxial (Figura 12E) e da cutícula abaxial (Figura 12G) nos indivíduos de Restinga. Atributos como parênquima lacunoso (Figura 12C e Figura 9A e B); epiderme adaxial (Figura 12E e Figura 9C e D) e cutícula adaxial (Figura 12G e Figura 9C e D) apresentam, por sua vez, maior espessamento nas folhas dos indivíduos de Floresta.



**Figura 12:** Análise quantitativa dos atributos anatômicos das folhas de *M. insularis* entre os ambientes de Restinga e Floresta. A – Lâmina foliar. B – Parênquima paliçádico. C – Parênquima lacunoso. D – Epiderme adaxial. E – Epiderme abaxial. F – Cutícula adaxial. G – Cutícula abaxial. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre as áreas. Teste de Tukey ( $p < 0.05$ )



Os estômatos também apresentaram diferenças significativas entre as áreas de estudo. A densidade estomática mostrou-se maior nas folhas de *M. insularis* de Restinga (Figura 13A). No entanto, quando comparados parâmetros estomáticos como largura, comprimento e área estomática, constataram-se parâmetros maiores nas folhas dos indivíduos de Floresta (Figura 13B-D).

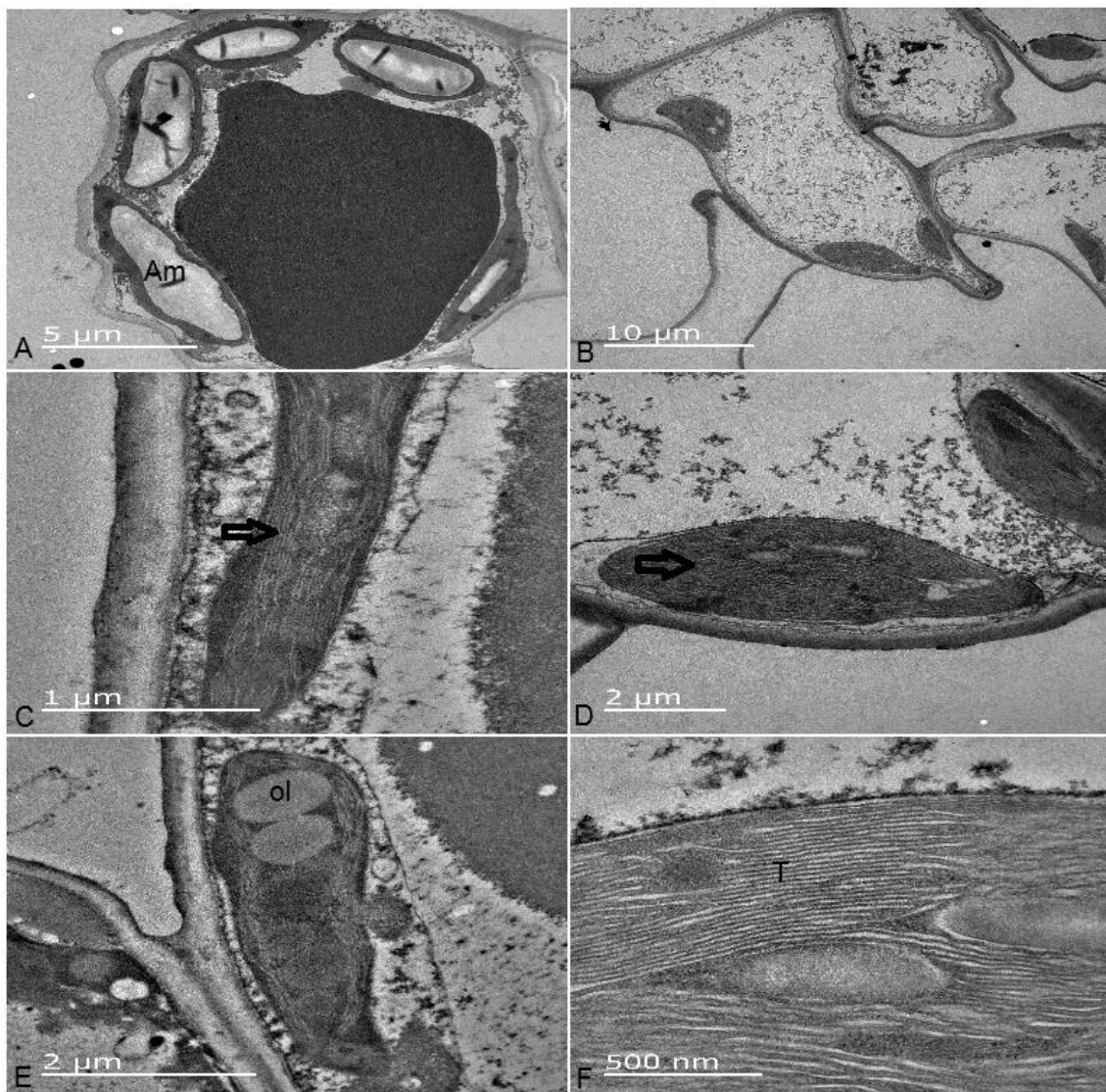


**Figura 13:** Análise qualitativa das características estomáticas de *M.insularis* em Restinga e Floresta. A – Densidade estomática. B – Largura dos estômatos. C – Comprimento dos estômatos. D – Área estomática. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre as áreas. Teste de Tukey (p<0.05).

### 4.3 Ultraestrutura dos cloroplastos

Através da microscopia eletrônica de transmissão, foram observadas diferenças ultraestruturais nos cloroplastos nas folhas de *M. insularis* entre as áreas estudadas.

Os cloroplastos nas folhas de *M. insularis* de Restinga apresentaram grãos de amido ocupando grande parte do estroma, o que não foi constatado nos cloroplastos dos indivíduos de *M. insularis* na Floresta (Figura 14 A e B). Além disso, foi verificada desorganização das membranas tilacoides apenas nos cloroplastos das folhas de indivíduos no ambiente de Restinga (Figura 14 C e D). Gotas de óleo, também, foram encontradas em grandes quantidades distribuídas pelo estroma dos cloroplastos nas folhas de *M. insularis* na Restinga, o que não foi observado nos cloroplastos de Floresta. (Figura 14 E e F).



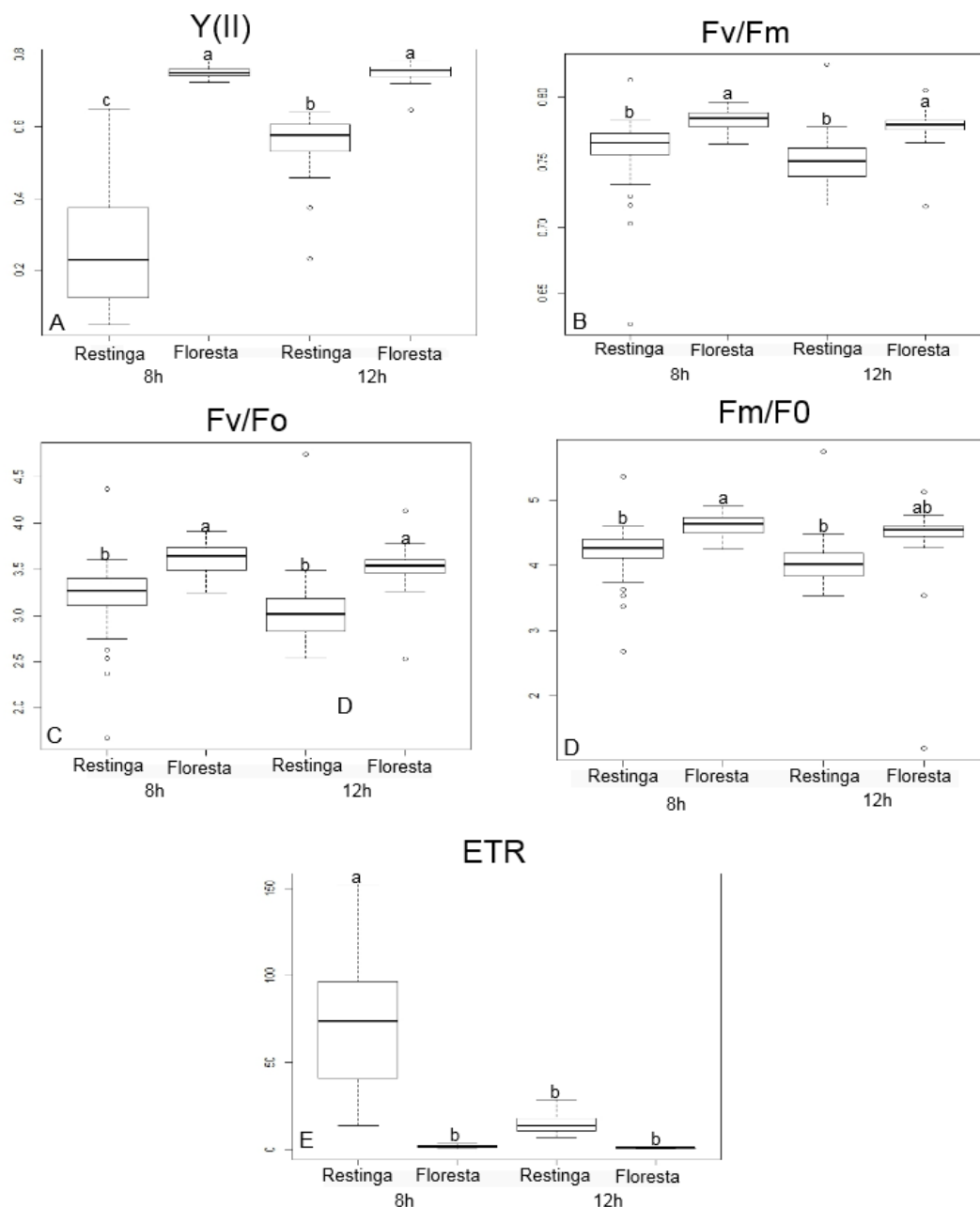
**Figura 14:** Ultraestrutura dos cloroplastos de *M.insularis* em Restinga e Floresta. A - Visão geral das células do mesofilo foliar evidenciando a presença de cloroplastos na Restinga. B - Visão geral das células do mesofilo foliar evidenciando a presença de cloroplastos na Floresta. C - Detalhe dos cloroplastos na Restinga. D - Detalhe dos cloroplastos na Floresta. E – Destaque das gotas de óleo no estroma dos cloroplastos na Restinga. F - Destaque dos cloroplastos na Floresta destacando a ausência de gotas de óleo e organização do tilacoides. A: 5µm B: 10 µm; C, E e F: 1 µm; D e G 2 µm; H 500 µm.

#### 4.4 Análise Ecofisiológica

A partir da emissão de fluorescência da clorofila *a*, foram observadas diferenças em praticamente todas as variáveis analisadas: rendimento quântico efetivo do PSII (Y(II)), rendimento quântico máximo do PSII (Fv/Fm), razão Fv/F0 e Fm/F0, e taxa de transporte de elétrons (ETR).

Para as variáveis Y(II), Fv/Fm, Fv/F0 e Fm/F0, foram observados maiores valores nos indivíduos de Floresta, independentemente do horário, quando comparado ao ambiente de Restinga (Figura 15 A-D). Já na comparação entre horários, para o ambiente de Floresta, constata-se que não houve diferenças entre os horários de 8 h e 12 h para nenhum desses parâmetros (Figura 15 A-D). Para o ambiente de Restinga, com exceção do Y(II), não foi observado diferenças entre os horários de 8 h e 12 h para os demais parâmetros analisados (Figura 15 A-D). Em contrapartida, o Y(II) em indivíduos de Restingas apresentaram maiores valores às 12 h em relação ao período de 8 h (Figura 15A).

O ETR apresentou um padrão diferente dos demais parâmetros de emissão de fluorescência da clorofila *a*. Foram observados maiores valores de ETR apenas nos indivíduos de Restinga às 8 h. Por outro lado, os valores de ETR nos indivíduos de Restinga às 12 h foram semelhantes aos valores obtidos na Floresta, independentemente do horário analisado (Figura 15E).



**Figura 15:** Análise dos parâmetros emissão de fluorescência da clorofila *a* de *M. insularis* em ambiente de Restinga e Floresta. A – Eficiência quântica intrínseca do fotossistema PSII (Y(II)), B – Taxa de transporte de elétrons (ETR). C – Rendimento quântico máximo do PSII (Fv/Fm). D - Razão Fv/F0. E – Razão Fm/F0. Letras iguais não indicam diferenças significativas enquanto que letras diferentes indicam diferenças estatísticas. Teste de Tukey (p<0.05).

Com relação às análises de pigmentos fotossintéticos não foram observadas diferenças significativas para maioria dos pigmentos analisados, com exceção da antocianina que apresentaram maiores valores nas folhas de *M. insularis* de Floresta quando comparados aos indivíduos de Restinga (Tabela 3).

**Tabela 3:** Comparação dos pigmentos fotossintéticos das folhas de *M. insularis* em ambientes de Restinga e Floresta. (\*) indica diferenças significativas entre as áreas de estudo.

Variável/Setor	Floresta	Restinga
Clo. a ( $\mu\text{Mol/cm}^{-2}$ )	0,0707 $\pm$ 0,0176	0,0470 $\pm$ 0,0118
Clo. b ( $\mu\text{Mol/cm}^{-2}$ )	0,0467 $\pm$ 0,0163	0,0219 $\pm$ 0,0092
Clo. a/Clo. b ( $\mu\text{Mol/cm}^{-2}$ )	1,6933 $\pm$ 0,7456	3,3727 $\pm$ 5,0751
Carot. ( $\mu\text{Mol/cm}^{-2}$ )	0,124 $\pm$ 0,0075	0,0180 $\pm$ 0,0077
Clo./Carot. ( $\mu\text{Mol/cm}^{-2}$ )	27,7071 $\pm$ 31,6153	4,1292 $\pm$ 1,2294
Antocianina ( $\mu\text{Mol/cm}^{-2}$ )	21,7360 $\pm$ 4,7364*	19,5560 $\pm$ 2,2589

#### 4.5 Análise de Nutrientes

A análise nutricional foi realizada para avaliar o estado nutricional das folhas de *M. insularis* entre a área de Floresta e Restinga. Os nutrientes analisados foram Carbono, Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Sódio, Cálcio e a relação C/N.

Não foram observadas diferenças significativas para Carbono, Nitrogênio, Sódio, Cálcio, assim como para relação C/N. Já o Fósforo apresentou maiores valores na Restinga, enquanto o potássio apresentou maiores valores na Floresta (Tabela 4).

**Tabela 4:** Média e desvio padrão da concentração de nutrientes (mg/g) e da relação C/N em folhas de *M.insularis* em ambientes de Floresta e Restinga. (\*) Indica diferenças significativas entre as áreas de estudo.

Variável/Setor	Floresta	Restinga
Carbono	404,00 $\pm$ 6,04	309,89 $\pm$ 229,68
Nitrogênio	16,54 $\pm$ 0,46	10,59 $\pm$ 0,15
C/N	24,42 $\pm$ 0,45	29,25 $\pm$ 0,32
Fósforo	0,72 $\pm$ 0,02	2,36 $\pm$ 0,51*
Potássio	19,77 $\pm$ 0,87*	2,82 $\pm$ 0,32
Sódio	15,01 $\pm$ 1,62	15,52 $\pm$ 3,45
Cálcio	6,72 $\pm$ 0,92	4,97 $\pm$ 1,22

## 6. Discussão

As características anatômicas encontradas para *M. insulares*, tais como epiderme unisseriada coberta por camada espessa de cera epicuticular, presença de tricomas tectores e estômatos anomocíticos são características já descritas por Metcalfe e Chalk (1950) para família Myrtaceae. No entanto, Metcalfe e Chalk (1950) descrevem o mesofilo foliar da maioria das espécies de Myrtaceae como isobilateral, porém o mesofilo encontrado para *M. insulares* no presente trabalho foi classificado como dorsiventral. Essa divergência entre o tipo de mesofilo encontrado para *M. insulares* e o descrito por Metcalfe e Chalk (1950) para as Myrtaceae pode ser explicado pelo fato do mesofilo não ser uma característica intrínseca da família, mas podendo ser do gênero. Esta característica encontrada no mesofilo foliar foi relatada para *Myrcia multiflora* (Donato e Morretes, 2011).

A presença de uma cera epicuticular e de cutícula ornamentada são características que podem contribuir para a reflexão da luz excedente (Pireda *et al.*, 2013). A presença dessas ornamentações na cera epicuticular e na cutícula criam uma superfície reflexiva mais eficiente que contribuem para o espalhamento da luz, impedindo assim o superaquecimento do protoplasto (Brakker *et al.* 1993; Kerstiens, 1996), e evitando os danos causados pela irradiação ultravioleta (Holmes e Keiller, 2002). Essa aclimatação favorece as folhas dos indivíduos de Restinga, fazendo com que suas estruturas não sejam prejudicadas pelos altos índices de irradiação, corroborando com Volgelman e Matin (1993).

As distâncias entre nervuras e densidade de venação pode se modificar, na tentativa de atender uma necessidade da planta (Evans e Poorter, 2001). A densidade pode vir a ser maior em folhas expostas ao sol (Esau, 1965), ou ainda sob condições de grande amplitude térmica e umidade (Alvin e Chaloner, 1970). Assim, folhas nestas condições tendem a investir na venação para poder transportar água com uma maior eficiência e contornar o déficit hídrico causado pelas condições ambientais (Carins Murphy *et al.*, 2012). Neste sentido, nossos resultados apontam que as folhas *M. insularis* de Restinga apresentaram uma maior densidade de venação, além de um maior calibre dessas nervuras em relação às folhas de indivíduos de Floresta.

Outra característica que normalmente é influenciada pelas condições ambientais é a sinuosidade da parede anticlinal das células epidérmicas (Sack *et al.*, 2016), mas esta hipótese foi contestada por Mantovani *et al.* (2015). Porém, quando a folha já apresenta

sinuosidade da parede anticlinal, esta pode variar em função dos índices de irradiâncias do ambiente. Comumente folhas submetidas a ambientes sombreados apresentam suas paredes anticlinais mais sinuosas (Santiago *et al.*, 2001). Esse aumento na sinuosidade pode aumentar a área superficial de absorção da luz em locais onde a disponibilidade à mesma é menor, tornando essa absorção mais eficiente (Bone *et al.*, 1985). Isso explica o porquê de as células epidérmicas apresentarem paredes anticlinais mais sinuosas nas folhas de indivíduos da Floresta.

A maior presença de tricomas tectores nas folhas nos indivíduos de Restinga é uma estratégia para restringir a perda de água (Pireda *et al.*, 2013). Santos *et al.* (2016) destacam que a presença de tricomas tectores nas superfícies das folhas pode criar um microclima úmido diminuindo a perda de água por evapotranspiração. Além desse benefício, uma maior densidade de tricomas pode promover a reflexão da irradiação solar, evitando o aquecimento das folhas. Os tricomas também podem atuar na reflexão de irradiação UV-B (Karabourniotis e Bornman, 1999).

A presença de compostos fenólicos e alcaloides nas folhas de *M. insularis* sugere está relacionada com a proteção contra altos índices de irradiação ultravioleta (Li *et al.*, 1993). E também na manutenção da integridade do protoplasto em condições de estresse hídrico (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2011). Além de contribuir na proteção contra ataques de micro-organismos patogênicos e insetos fitófagos (Takahama e Oniki, 2000; Da Cunha *et al.*, 2010).

Os maiores valores de espessura nas folhas de *M. insularis* encontrados nos ambientes de Restinga sugerem a relação com maiores condições de irradiâncias e a baixa capacidade de retenção de água, já observado em Rosado e de Mattos (2007). Santos *et al.* (2010) relataram que espécies que apresentam folhas mais espessas tendem a aumentar a sua capacidade fotossintética e manter o potencial hídrico das folhas mais negativos.

Os valores de espessura da folha de *M. insularis* também sugerem uma íntima relação com os valores de suculência, e refletem o status hídrico das folhas. Plantas adaptadas a ambientes xerofíticos tendem a apresentar folhas mais espessas e suculentas (Lamont e Lamont, 2000), o que representam o investimento na construção de tecidos foliares que iram atuar como reservatório adicionais de água (Rabelo *et al.*, 2013). Além disso, altos níveis de salinidade podem influenciar diretamente no aumento da suculência foliar, uma vez que folhas mais suculenta tendem a apresentar um aumento vacuolar. Esse aumento vacuolar pode retardar o acúmulo de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas

células, mantendo, dessa forma, o equilíbrio osmótico das mesmas (Marschner, 2011). Isso pode explicar maiores valores de espessura e succulência das folhas de *M. insularis* de Restinga apresentavam quando comparado às folhas de Floresta.

A MFA reflete o custo da construção das folhas baseados em carbono (Rosado e de Mattos, 2007). O MFA pode variar em função da disponibilidade de luz, assim, espécies muito expostas à luz tendem a apresentar maiores valores de MFA. Este fato pode justificar os altos valores desse parâmetro encontrado nas folhas de Restinga (Oguchi *et al.*, 2005). Ao contrário, plantas submetidas a ambientes com baixa exposição à luz, tendem a apresentar baixos valores de MFA. Ao investirem na construção de folhas com maior MFA, estas folhas irão ter um gasto energético muito grande, comprometendo sua resistência mecânica e flexibilidade da parede celular, tornando-as mais vulneráveis ao ataque de patógeno (Hanba *et al.*, 2002).

Os maiores valores de densidade foliar encontrados nas folhas de indivíduos de Restinga pode representar um maior índice de esclerofilia foliar, como observado em Rosado e de Matos (2007). Neste sentido, a presença de esclereídes nas folhas tem a função de proporcionar um suporte mecânico, promovendo, dessa forma, rigidez e firmeza a lâmina foliar, evitando que esta murche em períodos secos (Read e Sanson, 2003). Adicionalmente, plantas submetidas a ambientes com escassez de água geralmente apresentam uma grande quantidade de esclereídes, que iram favorecer a retenção de água nas folhas (Salleo *et al.* 1997) e evitar o murchamento celular (Oertli *et al.*, 1990).

Maior AF é comumente encontrada em ambientes mais sombreados, como encontrados em indivíduos da Floresta (Oguchi, 2003). A construção de folhas com maior AF é uma forma de compensação aos ambientes com menor disponibilidade de luz, tornando possível, dessa forma, uma maior interceptação da luz que é filtrada pelo dossel das florestas (Costa *et al.*, 2007). Em contrapartida, os menores valores de AF encontrados nas folhas de *M. insularis* em ambientes de Restinga, sugerem representar uma maneira de minimizar os efeitos da perda de água por evapotranspiração, e diminuir os danos provocados pelo superaquecimento, já sugeridos por James e Bell (2001), observado em altas irradiâncias encontradas nas folhas de *M. insularis* nas Restingas.

O maior espessamento do parênquima paliçádico nas folhas de *M. insularis* no ambiente de Restinga pode estar relacionado a maiores irradiâncias encontradas nesse ecossistema. Segundo Vogelmann *et al.* (1996) e Rabelo *et al.* (2012), o maior



espessamento do parênquima paliçádico em ambientes com altas irradiâncias podem contribuir para uma distribuição mais igualitária da luz pelo mesofilo foliar. Além disso, um maior espessamento das células do paliçádico permite uma maior aproximação dos cloroplastos da parede celular, facilitando a difusão do CO<sub>2</sub> até o estroma dos cloroplastos, o que irá resultar no aumento da taxa fotossintética (Oguchi, 2003).

O maior espessamento do parênquima lacunoso nas folhas de *M. insularis* na Floresta pode estar relacionado às condições de maior sombreamento. Segundo De Lucia *et al.* (1996) e Rabelo *et al.* (2012), o parênquima lacunoso pode atuar como câmaras de espelho em ambientes com baixa luminosidade, aumento do caminho óptico dos fótons, não captados pelo parênquima paliçádico, pelo mesofilo foliar, aumentando assim as chances desses fótons de serem absorvidos pelas moléculas de clorofilas.

Diversos fatores podem determinar a formação mais espessa da cutícula, contudo estas se desenvolvem mais sob condições de altas irradiâncias e baixa disponibilidade hídrica (Cutter, 1986). Quanto mais xérico o ambiente, mais espessa tende a ser a cutícula. Isso pode explicar as folhas de *M. insularis* de Restinga apresentarem uma cutícula abaxial mais espessa em relação aos indivíduos de Floresta. A presença de uma cutícula mais espessa apresenta um papel na proteção das folhas contra a irradiação em excesso (Rabelo *et al.*, 2012, Campbell *et al.*, 2016), uma vez que forma uma barreira a penetração de luz na folha (Cen e Bornman, 1993) e ajuda a controlar a perda de água pela transpiração (Larcher, 2000).

De acordo com Reina-Pinto e Yephremov (2009), a formação de cutícula mais espessa é um mecanismo que atua como barreira impedindo a penetração de micro-organismos (Pascholati e Leite, 1995). A Floresta sobre afloramento rochoso, em nosso estudo, é um ambiente propício a micro-organismos, podendo apresentar uma relação com a presença de uma cutícula adaxial mais espessa presente nas suas folhas.

Os valores de densidade estomática também divergiram nos ambientes de estudo. Segundo Sack e Buckley (2016) altas densidades estomáticas geralmente aparecem em ambientes mais sazonais, estando mais relacionados com a redução da disponibilidade hídrica. As folhas de *M. insularis* de Restinga apresentaram maior densidade estomática em relação às folhas de Floresta. Sugere-se que as folhas dos indivíduos de Restinga apresentam essa adaptação para aumentar a captação de CO<sub>2</sub>. Assim, há uma relação positiva entre o aumento da disponibilidade de luz e a densidade estomática (Klich *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2007). Em contrapartida, as folhas de *M. insularis* de Floresta apresentam maiores valores de comprimento estomático, largura

estomática e área estomática. Estômatos maiores geralmente são característicos de ambientes mesofíticos, estes acabam proporcionando um consumo abundante de água (Galmes *et al.*, 2007). Enquanto estômatos menores são encontrados em ambiente de escassez hídrica, proporcionando um controle hídrico mais adequado (Aasamaa *et al.*, 2001). Estômatos menores apresentam poros estomáticos menores, o que acarreta respostas mais rápidas a quedas no potencial hídrico foliar (Klich *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2007). Em plantas de florestas úmidas, os estômatos maiores são geralmente lentos em suas respostas, o que pode aumentar significativamente a possibilidade de sofrer estresse hídrico se estes ocorressem em ambientes secos (Hetherington e Woodward, 2003). Exatamente por isso, nas folhas de *M. insularis* no ambiente de Floresta, os estômatos se apresentaram maiores, com maior comprimento, largura e área. Pois no ambiente de Floresta a disponibilidade hídrica é maior do que na Restinga, logo, essa espécie não precisa restringir esses parâmetros analisados afim de restringir a perda de água. Em contrapartida, as folhas de *M. insularis* na Restinga apresentaram essa aclimação de restrição quanto a essas variáveis para evitar a perda excessiva de água, uma vez que nas Restingas a disponibilidade de água é consideravelmente menor que na Floresta.

O maior acúmulo de grãos de amido nos cloroplastos nas folhas de *M. insularis* de Restinga se deve principalmente aos maiores valores de irradiâncias neste perfil fitofisionômicos. Segundo Preiss *et al.* (1991), a luz é um fator regulador da atividade de enzimas que atuam na construção dos grãos de amido. A presença de gotas de óleo nos cloroplastos nas folhas de *M. insularis* na Restinga podem ser indicadores de estresse provocados pela alta luminosidade, como observado por Havaux *et al.* (2005). Inúmeros trabalhos têm demonstrado que a quantidade das gotas de óleo é responsiva as altas irradiâncias (Eymery e Rey, 1999; Havaux *et al.*, 2005; Bréhélin e Kessler, 2008). Isto permite explicar a maior quantidade dessas estruturas nas folhas de *M. insularis* na Restinga. Alterações na organização das granas das membranas tilacóides também são indicativos de estresse oxidativo (Molas *et al.*, 2002; Vitória *et al.*, 2006; Lage-Pinto *et al.*, 2008). Rabelo *et al.* (2013) mostraram que altos índices de irradiâncias induzem a desorganização das membranas tilacóides. Dessa forma é possível afirmar que a luz foi o principal fator de desorganização das membranas tilacóides dos cloroplastos nas folhas de *M. insularis* em Restingas.

O Y (II) representa o rendimento quântico efetivo do PSII, e é um parâmetro muito importante para mensurar a proporção de energia absorvida pelo sistema antena

das clorofilas e que está sendo direcionada a redução da QA (Genty *et al.*, 1989). Assim, a altas taxas de luminosidade acabam em reduzir os valores de Y (II) e aumenta a quantidade de energia dissipada (Walters, 2005), isso explica o fato das folhas de Restinga apresentarem valores mais baixos de Y (II) em relação às folhas de indivíduos de Floresta.

A razão Fv/Fm refere-se o rendimento quântico máximo do PSII (Baker e Rosenqvist, 2004). Esta variável é uma boa indicação se algum tipo de alteração durante o processo fotossintético ocorreu, uma vez que a redução dos valores de Fv/Fm indica uma redução da eficiência fotossintética do PSII provocada por algum dano na maquinaria fotossintética (Krause e Weiss, 1991). Bolhàr-Nordenkampf *et al.* (1989) sugerem que quando uma planta não apresenta nenhum dano ao seu aparelho fotossintético, os valores de Fv/Fm devem variar entre 0,75 e 0,85. A redução nos valores de Fv/Fm é um bom indicador de que está ocorrendo fotoinibição resultante de danos provocados por altas irradiâncias (Reigosa e Weiss, 2001). Segundo Björkman e Demming, (1987), os altos índices de luminosidade podem provocar o declínio da razão Fv/Fm, resultado de danos fotoinibitórios nos centros de reação do PSII. No entanto, os valores de Fv/Fm obtidos no presente trabalho, não indicaram nenhum tipo de estresse fotoquímico, uma vez que os valores estavam a cima de 0,75, o que permite sugerir que as plantas estão bem aclimatadas às condições ambientais as quais estão submetidas.

A razão Fv/F0, assim como Fv/Fm, também faz referência ao rendimento quântico do PSII. No entanto, este parâmetro é caracterizado por refletir mais precisamente as mudanças fotoquímicas que a razão Fv/Fm (Paiva *et al.*, 2009). Segundo Roháček (2002), os valores determinados para Fv/F0 em plantas sadias variam entre 4 e 6, o que permite afirmar que as plantas analisadas não apresentaram estado de estresse fotoquímico, uma vez que os valores variaram entre 3,0 e 3,8. Os níveis de luminosidade influenciam diretamente o rendimento do PSII, logo, os resultados obtidos com a análise dessa variável comprovam que as folhas dos indivíduos de Floresta por serem menos expostos a irradiação, o seu recebimento de fótons é significamente menor, e conseqüentemente o rendimento do fotossistema II é menor em comparação as folhas de *M. insularis* de Restinga.

A razão Fm/F0 está diretamente relacionada ao potencial hídrico das folhas e, sob condições de estresse hídrico severos, pode ser reduzida para valores próximos a 1, na qual não ocorre a produção de Fv ( $Fv = Fm - F0$ ) (Reigosa e Weiss, 2001). A

utilização deste parâmetro é um bom indicador para verificar se os indivíduos de *M. insularis* estão sofrendo algum tipo de estresse hídrico. Inúmeros autores vêm estabelecendo esta relação entre o déficit hídrico e o rendimento fotoquímico (Pastenes *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2006; Zhou *et al.*, 2007; Lage-Pinto *et al.*, 2008). Lage *et al.* (2012) mostraram que plantas de *Xylopia sericea* (Annonaceae) expostas diretamente à alta luminosidade apresentam uma redução nos valores de  $F_m/F_0$ , principalmente durante o período mais seco. Contudo, os resultados obtidos no presente trabalho mostraram que os valores de  $F_m/F_0$  não indicaram estado de estresse hídrico nas plantas de ambos os setores, uma vez que seus valores variaram de 4,0 a 4,8.

Para esses parâmetros analisados  $Y$  (II),  $F_v/F_m$ ,  $F_v/F_0$ ,  $F_m/F_0$ , não foram observadas situações de estresse, contudo em todas essas análises as folhas de Restinga apresentaram um desempenho fotossintético menor do que as folhas de Floresta, de acordo com Steponkus (1984), essa redução do desempenho fotossintético ocorre em razão dos altos índices de luminosidade presente nas Restingas.

A ETR representa o fluxo de elétrons na cadeia transportadora de elétrons nos cloroplastos para produção de ATP e NADPH (Taiz e Zeiger, 2013). Menores valores encontrados para ETR em condições de escassez hídrica, excesso de salinidade, e altas irradiâncias, se associam a um menor coeficiente de extinção fotoquímica (Carneiro *et al.*, 2015), o que representa uma maior quantidade de centros de reação do PSII fechados. Nesse sentido, a redução da ETR as 12h na Restinga pode ser explicada pelas altas irradiâncias nesse período do dia na Restinga, o que pode ter levado a saturação do sistema. Em contrapartida, na Floresta os valores de ETR se mantiveram baixos devido à baixa taxa de radiação incidente nas folhas.

As análises dos pigmentos fotossintéticos não mostraram diferenças significantes entre áreas de estudo, com exceção das antocianinas.

As antocianinas podem estar envolvidas na proteção das folhas contra o excesso de luz e de irradiação UV (Sims e Gamon, 2002). Uma maior produção de moléculas de defesa, como antocianinas, flavonóides, e taninos condensados, representam uma reação denominada Reação de hipersensibilidade, que pode levar a morte localizada das células nos locais onde o agressor penetra (Pastírová *et al.*, 2004). Desta maneira é possível responder o fato da ocorrência de uma maior concentração de antocianina nas folhas de *M. insularis* no ambiente de Floresta, pois são mais vulnerais a ação de micro-organismos.

Com relação à análise nutricional das folhas de *M. insularis*, os únicos nutrientes que apresentaram diferenças significativas foram o fósforo e potássio. Cujas concentrações de fósforo se revelaram maiores nas folhas de indivíduos de Restinga, e o potássio nas folhas de indivíduos de Floresta. O fósforo apresenta a função de transferir energia, e está presente nas moléculas que são fontes de energia de todos os eucariotos, como ATP, GTP e UTP. Também é um componente estrutural dos ácidos nucleicos (Malavolta *et al.*, 1997). Sua concentração pode variar entre espécies diferentes de um mesmo ambiente ou entre a mesma espécie em ambientes diferentes (Nardoto *et al.*, 2006). No presente estudo, observamos que as folhas de *M. insularis* Restinga requereram uma concentração de P maior do que as folhas de Floresta, isso pode ser explicado pela maior eficiência e rapidez que a espécie *M. insularis* apresenta em fabricar essas moléculas nos indivíduos de ambiente de Restinga.

O potássio é um macronutriente que atua na ativação de aproximadamente 50 enzimas, destacando-se as sintetases, oxiredutases, desidrogenases, transferases, quinases e aldolases (Mengel e Kirkby, 1978; Marschner, 1995 e Malavolta *et al.*, 1997). Este nutriente ainda está envolvido na síntese de proteínas. Plantas que apresentam baixa concentração deste nutriente apresentam menor turgor da célula, além de problemas de expansão celular (Malavolta *et al.*, 1997). O potássio está envolvido também nos mecanismos de defesa das plantas a pragas e doenças (Perrenoud, 1990). Pretty, (1982), ressalta que plantas bem nutridas em potássio apresentam maior síntese de material para a formação da parede celular, suas paredes são mais espessas devido a maior deposição de celulose e compostos relativos, contribuindo para uma maior estabilidade e um aumento da resistência das plantas ao acamamento e as infestações de doenças e pragas (Beringer e Nothdurft, 1985). Uma maior concentração deste elemento nas folhas de indivíduos de Floresta pode ser explicada pela maior concentração deste elemento neste tipo de solo, que é mais rico em macronutrientes em relação ao solo de Restinga.

## 7. Conclusão

- ❖ A construção de folhas mais espessas, mais esclerificada, com maior densidade estomática e com padrão de venação mais denso nas Restingas, representam a capacidade de *M. insularis* em ajustar suas características morfoanatômicas em função dos maiores índices de irradiâncias e ao maior déficit hídrico encontrados nas Restingas.
- ❖ A construção de cera epicuticular e parede periclinal externa mais irregular, atrelado à presença de compostos fenólicos e alcaloides nas folhas de *M. insularis* nos ambientes de Restingas, representam estratégias que maximizem a dissipação térmica da irradiação excedente.
- ❖ As alterações ultraestruturais nos cloroplastos nas folhas de indivíduos de Restinga são indicativos de estresses oxidativo provocados pelas condições de alta luminosidade, baixa disponibilidade hídrica e salinidade encontradas nos ecossistemas de Restinga.
- ❖ As análises de emissão de fluorescência da clorofila *a* apesar de ter mostrado um maior rendimento quântico do PSII nos indivíduos de Floresta, não indicaram condições de estresse em ambas as áreas.
- ❖ As análises nutricionais não mostraram muitas diferenças quanto às características nutricionais das folhas de *M. insularis*, apresentando variações apenas na concentração de P e K.

A partir desses resultados foi possível concluir que *M. insularis* possui ajustes estruturais e fisiológicos que representam a capacidade da espécie em aclimatar seus atributos em função das condições contrastantes apresentadas entre as Restingas e a Floresta.

## 8. Referências Bibliográficas

- Allison, F.E., 1966.** The fate of nitrogen applied to soils. *Adv. Agron.* 18: 219-258.
- Alpert, P. e Simms, E., 2002.** The relative advantages of plasticity and fixity in different environments: when is it good for a plant to adjust? *Evolutionary Ecology* 16: 285–297.
- Alquini, Y., Bona, C., Boeger, M.R.T., Costa, C.G. & Barros, C.F. 2003.** Epiderme. In *Anatomia Vegetal* (B. Apazzato-da-Glória & S.M. Carmello-Guerreiro, eds.) UFV, Viçosa, p.87-107..
- Alvin, K.; Chaloner, W.G. Parallel** evolution in leaf venation: an alternative view of angiosperm origin. *Nature*, v.226, p. 662-663, 1970.
- Angiosperm Phylogeny Group. 2009.** An update 4. of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. v.161, n. 2, p. 105-21, out..
- Aragão J. G.; Conceição, G. M. 2007.** Importância, diversidade e distribuição.
- Araujo, D.S D. de. e Maciel, N.C., 1998.** Restingas fluminenses: biodiversidade e preservação. *Boletim FBCN* 25: 27-51.
- Araujo, D.S.D. de & Peixoto, A.L., 1975.** Renovação da comunidade vegetal de restinga após uma queimada. In: *Anais do XXVI Congresso Nacional de Botânica*. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. 1-18p.
- Araujo, D.S.D. de e Henriques, R.P.B., 1984.** Análise florística das restingas do Estado do Rio de Janeiro. In: L. D. Lacerda; D. S. D. Araujo; R. Cerqueira; B. Turcq (Eds.) *Restingas: Origem, Estrutura e Processos*. CEUFF, Niterói. 159-194p.
- Araújo, D.S.D. E Lacerda, L.D. 1987.** A natureza das restingas. *Ciência Hoje* 6(32):42-48.
- Araujo, D.S.D., 1997.** Cabo Frio Region. In : Davis, S.D.; Heywood, V.H.; Herrera-MacBryde, O.; Villa-Lobos, J. & Hamilton, A.C. (eds.). *Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation*. Vol. 3: The Americas. IUCN Publications Unit, Cambridge, 373–375p.
- Araújo, F. S., Oliveira, R. F., & Lima-Verde, L. W. 2008.** Composição, espectro biológico e síndromes de dispersão da vegetação de um inselbergue no domínio da caatinga, Ceará. *Rodriguésia*, 59(4), 659-671.

**Araújo, J. D., & Haridasan, M., 2007.** Relação entre deciduidade e concentrações foliares de nutrientes em espécies lenhosas do cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, 30(3), 533-542.

**Arenque, B.C. et al.** Responses of *Senna reticulata*, a legume tree from the Amazonian flood plains, to elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration and water logging. *Trees*, v.28, p.1021-1034, 2014. doi: 10.1007/s00468-014-1015-0.

**Assumpção, J.A.N. e Nascimento, M.T., 2000.** Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/IQUIPARI, São João da Barra, R.J, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 14: 301–315.

**Baker, N. R., & Rosenqvist, E., 2004.** Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of experimental botany*, 55(403), 1607-1621.

**Berg O 1855–1856** Revisio Myrtacearum Americae. *Linnaea* 27:1–472.

**Beringer, H.; Nothdurft, F.** Effects of potassium on plant and cellular structures. In: MUNSON, R.D. (Ed.). Potassium in Agriculture: American Society of Agronomy, Inc.; Crop Science Society of America, Inc.; Soil Science Society of America, Inc. Madison, cap.14, p.35-67. 1985. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 990(1), pp.87-92.

**Bone, R. A.; Lee, D. W.; Norman, J. M. 1985.** Epidermal cells functioning as lenses in leaves of tropical rain-forest shade plants. *Applied Optics*, v.24, p. 1408-1412.

**Bradshaw, A.D., 1965.** Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *In* Advances in genetics. (E.M. Caspary & J.M. Thoday, eds.). Academic Press, New York. 115-155p.

**Brasil- Mma (Ministério do Meio Ambiente).** Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: . Acesso em: 14 de março, 2016.

**Bray, R. J.; Gorham, E. 1964.** Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research*. 2:101-157.

**Bredenkamp, C.L. & Van Wyk, A.E., 1999.** Structure of mucilaginous epidermal cell walls in *Passerina* (Thymelaeaceae). *Botanical journal of the Linnean Society*, 129(3), pp.223-238.

**Bredenkamp, C.L. & Van Wyk, A.E., 2000.** The epidermis in *Passerina*/(Thymelaeaceae): structure, function and taxonomic significance. *Bothalia*, 30(1), pp.69-86.



- Buchholz, A., Schonherr, J., 2000.** Thermodynamic analysis of diffusion of non-electrolytes across plant cuticles in the presence and absence of the plasticiser tributyl phosphate. *Planta* 212: 103–111.
- Caiafa, A.N. e Silva, A.F. 2007.** Structural analysis of the vegetation on a highland granite outcrop in Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 30(4): 657-664.
- Campbell, G., Rabelo, G.R., Da Cunha, M., 2016.** Ecological significance of wood anatomy of *Alseis pickelii* Pilg. & Schmale (Rubiaceae) in a Tropical Dry Forest. *Acta Botanica Brasilica* 30: 124-130.
- Candolle AP 1828** Myrtaceae. Pages 207–296 in AP de Candolle, ed. *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*. Vol 3. Treuttel & Wurtz, Paris.
- Carins Murphy MR, Jordan GJ, Brodribb TJ. 2012.** Differential leaf expansion can enable hydraulic acclimation to sun and shade. *Plant, Cell & Environment* 35: 1407–1418.
- Carneiro, M.M., Gomes, M.P., Santos, H.R., dos Reis, M.V., Mendonça, A.M.D.C. & de Oliveira, L.E., 2015.** Fotorrespiração e metabolismo antioxidante em plantas jovens deseringueira cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio (NO). *Rev. Bras. Ciênc. Agrár. Recife*, 10(1), pp.66-73.
- Carvalho, D.A. & Sá, C.F.C., 2011.** Estrutura do estrado herbáceo de uma restinga arbustiva aberta na APA de Massambaba, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 62: 367–378.
- Carvalho, J. C. T., Gosmann, G., Schenkel, E. P., 2000.** Compostos fenólicos simples e heterosídicos. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Eds.). *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. Florianópolis: Universidade Federal do Rio Grande do Sul., 451-469p.
- Cen, Y.; Bornman, J. F. 1993.** The effect of exposure to enhanced UV-B radiation on the penetration of monochromatic and polychromatic UV-B radiation in leaves of *Brassica napus*. *Physiologia Plantarum*, 87: p 249-255.
- Cerqueira, R., 2000.** Biogeografia das restingas. *Ecologia de restingas e lagoas costeiras*, 1, pp.65-75.
- CesarÉSAR, O. & Monteiro, R. 1995.** Florística e fitossociologia de uma floresta de restinga em Pinguaba (Parque Estadual da Serra do Mar), Município de Ubatuba - SP. *Naturalia* 20:89-105.
- Chaves Filho, J.T. & Stacciarini-Seraphin, E., 2001.** Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. *Revista brasileira de Botânica*, 24(2), pp.199-204.

- Chaves, M. & Davies, B., 2010.** Drought effects and water use efficiency: improving crop production in dry environments. *Functional Plant Biology* 37: 3–6.
- Cirne, P., Zaluar, H.L.T., Scarano, F.R., 2003.** Plant diversity, interspecific associations, and postfire resprouting on a sandy spit in a Brazilian coastal plain. *Ecotropica* 9: 33–38. Communities in stressful Habitats to the Brazilian Atlantic Rainforest.
- Costa, L. C. B.; Castro, E. M.; Pinto, J. E. B. P.; Alves, E.; Bertolucci, S. K. V.; Rosal, L. F.; Moreira, C. M. 2007.** Aspectos da anatomia foliar de *Ocimum selloi* Benth. (Lamiaceae) em diferentes condições de qualidade de luz. *Revista Brasileira de Biociências*, 5: p 6-8.
- Costa, L. C. B.; Castro, E. M.; Pinto, J. E. B. P.; Alves, E.; Bertolucci, S. K. V.; Cronquist, A. 1981.** An integrated system of classification of flowering plants”, 22, Columbia University Press, New York, p 21 e 917.
- Cutter, B.E.; Murphy, W.K.** Effects of potassium on growth and wood anatomy of *Populus hybrid*. *Wood and Fiber*, v.9, n.4, p.282-288. 1978.
- Cutter, E. G. 1986.** Anatomia vegetal – células e tecidos, 2nd ed., Roca, São Paulo, p, 5, 117, 223.
- DeLucia, E.H., Nelson, K., Vogelmann, T.C., Smith, W.K., 1996.** Contribution of intercellular reflectance to photosynthesis in shade leaves. *Plant, Cell and Environment* 19: 159–170.
- Demming-Adams, B. & Adams III, W.W. 1996.** The role of xanthophyll cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. *Trends in Plant Science* 1:21-26
- Di Bitetti, M, S., Placci, G., Dietz, L, A. 2003.** Uma visão de biodiversidade da ecorregião florestas do alto Paraná - bioma mata atlântica. *Unir para preservar a vida: 1-153.*
- Dias, J., Pimenta, J.A., Medri, M.E., Boeger, M.R.T. & Freitas, C.T.D., 2007.** Physiological aspects of sun and shade leaves of *Lithraea molleoides* (Vell.)
- Downes, G.; Turvey, N.D.** Reduced lignification in *Pinus radiata* D. Don. *Australian Forest Research*, v.16, n.4, p.317-377. 1986.
- Durigan, G.; Franco, G.; Saito, M.; Baitello, J.** Estrutura e diversidade do componente arbóreo da floresta na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 371-383, 2000. Engl.(Anacardiaceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(1), pp.91-99.

- Epron, D. e Dreyer, E., 1990.** Stomatal and non stomatal limitation of photosynthesis by leaf water deficits in three oak species: a comparison of gas exchange and chlorophyll a fluorescence data. *Annals of Forest Science* 47: 435–450.
- Esau, K. 1974.** Anatomia das Plantas com sementes. Edgard Blucher, São Paulo. Exóticas Cultivadas. Instituto Plantarum: Nova Odessa, 2006.
- Esau, K.** Plant Anatomy. New York: Wiley and Sons, 1965. 767p
- Evans, J.R.; Poorter, H.** Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant, Cell and Environment*, v.24, p. 755-767. 2001.
- Flora do Brasil 2020 em construção.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB171>>. Acesso em: 11 Jan. 2018.).
- Frahm, J.-P. 1996.** Diversity, life strategies, origins and distribution of tropical inselberg bryophytes. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Série Botánica*, 67(1), 73-86
- Freire, M.S.B., 1990.** Levantamento florístico do Parque Estadual das Dunas de Natal, *Acta Botanica Brasilica* 4: 41-59.
- Fundação SOS Mata Atlântica & Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2010.** Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica.
- Fundação SOS Mata Atlântica e INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2001.** Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1995–2000. Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, São Paulo
- Fundação SOS Mata Atlântica e INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2010.** Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, São Paulo
- Galindo-Leal, C. e I.G. Câmara. 2003.** Atlantic forest hotspots status: an overview. in C. Galindo-Leal & I.G. Câmara (eds.). *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. pp. 3-11. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington, D.C.
- Galmes, J.; Flexas, J.; Savé, R. & Medrano, H. 2007.** Water relations and stomatal characteristics of Mediterranean plants with different growth forms and leaf habits: resp
- Gamon, J.A., Serrano, L. & Surfus, J.S. 1997.** The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. *Oecologia* 112:492-501.

**Gascon, C., B. Williamson e G.A.B. Fonseca. 2000.** Receding forest edges and vanishing reserves. *Science* 288: 1356-1358.

**Genty, B., Briantais, J.M. & Baker, N.R., 1989.** The relationship between the quantum

**Genty, B.; Briantais, J. M.; Baker, N. R. 1989.** The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica Biophysica Acta* 990: p 87-92. geográfica. 2007. 71f. Monografia (Graduação em Ciências com habilitação em Biologia) – Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, 2007.

**Ghanem, M.E., Han, R.M., Classen, B., Quetin-Leclerq, J., Mahy, G., Ruan, C.J., Qin, P., Perez-Alfocea, F. & Lutts, S., 2010.** Mucilage and polysaccharides in the halophyte plant species *Kosteletzkya virginica*: localization and composition in relation to salt stress. *Journal of plant physiology*, 167(5), pp.382-392.

**Gitelson, A.A., Merzlyak, M.N. & Chivkunova, O.B. 2001.** Optical properties and non-destructive estimation of anthocyanin content in plant leaves. *Photochemistry and Photobiology* 74:38-45.

**Givnish, T. J. 1988.** Adaptation to sun and shade: A whole-plant perspective. *Australian Journal of Plant Physiology*, 15. p 63.

Gomes e Sobral-leite 2013 Crystalline rock outcrops in the Atlantic Forest of northeastern Brazil: vascular flora, biological spectrum, and invasive species Polyhanna Gomes • Marcelo Sobral-Leite

**Gray, R.L.; Zeeuw, C.** Effects of potassium fertilizer on the wood density and related anatomical characteristics of Red Pine wood. In: PROCEEDING, 22 ND NORTHEASTERN FOREST TREE IMPROVEMENT CONFERENCE 1974. 1975. p.72-110.

**Guerra, A.T. & Guerra, A.J.T. 1997.** Novo dicionário geológico-geomorfológico. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.

**Hanba, Y.T., Kogami, H., Terashima, I., 2002.** The effect of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. *Plant Cell and Environment* 25: 1021–1030.

**Harper, J. e Ogden, J. 1970.** The reproductive strategy of higher plants. I. The concept of strategy with special reference to *Senecio vulgaris* L. *Journal of Ecology* 58:681-698.

- Henriques, A.T., Kerber, V.A., Moreno, P.R.H., 2004.** Alcalóides: generalidades e aspectos básicos. In: SIMÕES, C.M.O. *et al.* Farmacognosia: da planta ao medicamento. Florianópolis: Editora da UFSC, 1102p.
- Hernández, J.A., Jiménez, A., Mullineaux, P., Sevilla, F., 2000.** Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long-term salts stress is associated with induction of antioxidant defences. *Plant, Cell and Environment* 23: 853–862. [http://www.jbrj.gov.br/publica/livros\\_pdf/plantas\\_floresta\\_atlantica.pdf](http://www.jbrj.gov.br/publica/livros_pdf/plantas_floresta_atlantica.pdf). Acesso em: 07 de dez. 2013.
- Hernandez, J.A.; Campillo, A.; Jimenez, A.; Alacon, J.J & Servilla, F. 1999.** Response of antioxidant systems and leaf water relations to NAC stress in pea plants
- Hetherington, A.M. & Woodward, F.I. 2003.** The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature* 424: 901-908. Hoffmann, W.A. 2000. Post-establishment seedling success in the Brazilian cerrado: A com
- Hiscox, J.D. & Israelstam, G.F., 1979.** A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany* 57: 1332–1334.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 1992.** Manual técnico da vegetação brasileira. Série Manuais Técnicos em Geociências, 1. Rio de Janeiro: FIBGE IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2004. Manual técnico
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2004.** Manual técnico irradiance among three deciduous trees. *Plant, Cell and Environment* 28: 916–927.
- James, S. A.; Bell, D. T. 2001.** Leaf morphological and anatomical characteristics of heteroblastic *Eucalyptus globosus* ssp. *globosus* (Myrtaceae). *Australian Journal of Botany*, 49: p 259-269.
- James, S.A.; D.T. Bell.** Leaf morphological and anatomical characteristics of heteroblastic *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* (Myrtaceae). *Australian Journal of Botany*, v.49, n.2, p. 259 – 269. 2001.
- Johansen, D.A., 1940.** Plant microtechnique. New York, McGraw-Hill Book Co. Inc., 523p.
- Jorge, L.L.F.; SILVA, G.A.; FERRO, V.O.** Diagnose laboratorial dos frutos e folhas de *Anacardium occidentale* L. (Caju). *Rev. bras. farmacogn.* [online], v.5, n.1, p. 55-69. 1996
- Júnior, A, P., Vale, V, S., oliveira, A, P., Gusson, A, E., Dias Neto, O, C., Lopes, S, F., Schia Vini, I. 2010.** Estrutura da comunidade arbórea em um fragmento de floresta

estacional Semidecidual localizado na reserva legal da fazenda irara, Uberlândia, MG. Biosci jornal 26(4): 638-647.

**Klich, M. G. 2000.** Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. *Environmental and Experimental Botany*, 44. p 171-183.

**Kluge M e Brulfert J 2000** Ecophysiology of vascular plants on Floresta Estacional Semideciduals. In: Porembski S, Barthlott W (eds.) Floresta Estacional Semideciduals: biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions. Berlin: Springer-Verlag, pp. 143-176.

**Kluge, M. e Ting, I.P., 1978.** Crassulacean acid metabolism: Analysis of an ecological adaptation. Berlin, Springer-Verlag.

**Krieger, A.; Porembski, S. & Barthlott, W. 2003.** Temporal dynamics of an ephemeral plant community species turnover in seasonal rocks pools on Ivorian *inselbergues*. *Plant Ecol.* 167: 283-292.

**Lagos, A, R., Mulher, B, L, A. 2007.** Hotspots brasileiro mata atlântica. Saúde e ambiente em revista 2(2): 35-45.

**Lamas, I, R., Pinto, L, P, S., Fonseca, M., Lima, R, P, N., Lima, R, X. 2006.** O corredor central da mata atlântica, uma nova escala de conservação da biodiversidade. Ministério do meio ambiente. <http://www.conservation.org.br/publicacoes/files/CorredorCentraldaMataAtlantica> acessado em 15/02/2012.

**Lamego, A.R.O., 1974.** O Homem e a Restinga. 2a ed. Editora Lidor, Rio de Janeiro.

**Lamont, B.B. & Lamont, H.C., 2000.** Utilizable water in leaves of 8 arid species as derived from pressure-volume curves and chlorophyll fluorescence. *Physiologia Plantarum*, 110(1), pp.64-71.

**Landrum, L. R.; Kawasaki, M. L.** The genera of Myrtaceae in Brazil. An illustrate synoptic treatment and identification keys. *Brittonia*, New York, v.49, n.4, p. 508-536, dez. 1997.

**Larcher, W. 2000.** Ecofisiologia vegetal. Rima, São Carlos, Brasil, p 531 e 532.

**Leinz, V. E Leonardos, O.H. 1977.** Glossário geológico. Editora Nacional, São Paulo.

**Lourenço, A. R. L.; Barbosa, M. R. V.** Myrtaceae em restingas no limite norte de distribuição de Mata Atlântica, Brasil. *Rodriguésia*, Rio de Janeiro, v.63, n.02, p.373-393, set. 2012.

**Machado, E.; Oliveira-filho, A.; Carvalho, W.; Souza, J.; Borém, R.; Botezelli, L.** Análise comparativa da estrutura e flora do compartimento arbóreo-arbustivo de um

remanescente florestal na Fazenda Beira Lago, Lavras, MG. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 499-516, 2004

**Malavolta, E.; Haag, H.P.; Sarruge, J.R.; Vencovsky, R.; Valsecchi, O.; Santos, C.L.O.** The relation of the concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in the substrate and in the foliage to cell wall thickness and cellulose concentration in the xylem of Slash Pine. *Academia Brasileira de Ciências*, v.38, n.1, p.173-186, 1966.

**Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A.** Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p

**Mantuano, D.G., Barros, C.F., Scarano, F.R., 2006.** Leaf anatomy variation within and between three “restinga” populations of *Erythroxylum ovalifolium* Peyr. (*Erythroxylaceae*) in Southeast Brazil. *Revista Brasileira Botânica* 29: 209–215.

**Marques, J.B.C., 2012.** Anatomia comparada do lenho de espécies de *Psychotria* L. (*Rubiaceae*) da Ilha Grande, RJ. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia) – Campos dos Goytacazes – Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF.

**Marschner, H.** Mineral Nutrition of Higher Plants. San Diego: Academic Press, 1995. 888p.

**Martin, J. T.; Juniper, B. E. 1970.** The Cuticles of Plants. London, Edward Arnold.

**Martinelli, G. 2007.** Mountain biodiversity in Brazil. *Brazilian Journal of Botany*. V.30, n.4, p.587-597.

**Martinelli, G. e Bandeira, J. 1989.** Campos de altitude. Ed. Index, Rio de Janeiro. 159p.

**Maxwell, K. e Johnson, G.N., 2000.** Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany* 51: 659–668.

**Mazzoni-viveiros, s.c. e costa, c.g. 2003.** Periderme. *In Anatomia Vegetal* (B. Appezzato-da-Glória & S.M. Carmello-Guerreiro, eds.) UFV, Viçosa, p.237-263.

**McVaugh R 1956** Tropical American Myrtaceae: notes on generic concepts and descriptions of previously unrecognized species. *Fieldiana Bot* 29:145–228.

**Medina, E.; Garcia, V.; Cuevas, E. 1990.** Sclerophylly and oligotrophic environments: Relationships between leaf structure, mineral nutrient content, and drought resistance in tropical rain forests of upper Rio Negro region. *Biotropica* 22: 51-64.

**Meirelles, S.T.; Pivello, V.R. e Joly, C.A. 1998.** The vegetation of granite rock outcrops in Rio de Janeiro, and the need for its protection. *Environmental Conservation* 26(1): 10–20.

**Mengel, K.; Kirkby, E.A.** Principles of Plant Nutrition. Berne: International Potash Institute, 1978. 593p.

**Merzlyak, M.N., Solovchenko, A.E. & Gitelson, A.A., 2003.** Reflectance spectral features and non-destructive estimation of chlorophyll, carotenoid and anthocyanin content in apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 27(2), pp.197-211.

mineralisation during crop residue decomposition: A simple dynamic model based on

**Moraes, R.M.de., Delitti, W.B.C., Rinaldi, M.C.S.R., Rebelo, C.F., (1998).** Ciclagem mineral em mata atlântica de encostas e mata sobre resting, Ilha do Cardoso-SP; nutrientes na serapilheira acumulada. *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*. São Paulo, ACIESP 2: 71-77.

**Moreno, M.I.T.P., 2010.** Anatomia foliar de *Faramea intercedens* Mull. Arg. (Rubiaceae) em Florestas sob Regime de Corte Seletivo. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia) – Campos dos Goytacazes – Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF.

**Moura, I.O.; Ribeiro, K.T. & Takahasi, A. 2011.** Amostragem da vegetação em ambientes rochosos. In: Felfili, J.M.; Eisenlohr, P. V.; Melo, M. M. R. F.; Andrade, L. A. & Neto, J. A. A. M. (eds.) *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudo de caso: Vol1*. Viçosa, MG: Ed. UFV

**Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. Fonseca e J. Kent. 2000.** Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-845.

**Nardoto, G. B., Bustamante, M. M. C., Pinto, A. S. e Klink, C. A. 2006.** Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. *Journal of Tropical Ecology* . 22:191–201.

**Novoplansky, A.** Developmental plasticity in plants implications of non-cognitive behavior. *Evolutionary Ecology*, Dordrecht, v. 166, n. 3, p. 189-211, Sept. 2002.

**Ogbonnaya, C.I.** Growth and histo-chemical response of *Gmelina arborea* seedlings to applications of N and K fertilizers and their combinations on oxisolic soil. *Journal of Tropical Forest Science*, v.4, n.4, p.363-378, 1994.



- Oliveira, E.L. 2005.** Fenologia, demografia foliar e características foliares de espécies lenhosas em um Cerrado sentido restrito no Distrito Federal e suas relações com as condições climáticas. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília
- Oliveira, F. E Akisue, G. 1989.** Fundamentos de Farmacobotânica. Atheneu, Rio de Janeiro.
- Oliveira, R. B., & Godoy, S. A. P. 2007.** Composição florística dos afloramentos rochosos do Morro do Forno, São Paulo. *Biota Neotropica*, 7(2), 37-48. DOI: 10.1590/S1676-06032007000200004
- Paiva, L.B., de Oliveira, J.G., Azevedo, R.A., Ribeiro, D.R., da Silva, M.G., Vitória, A.P., 2009.** Ecophysiological responses of water hyacinth exposed to Cr<sup>3+</sup> and Cr<sup>6+</sup>. *Environmental and Experimental Botany* 65: 403–409.parameters and photosynthetic activity. *In Chlorophyll a Fluorescence* (pp. 713-736). Springer Netherlands.parameters and photosynthetic activity. *In Chlorophyll a Fluorescence* (pp. 713-736).
- Parida, A,K; Das,A.B.; Sanada, Y. &Mohantay, P 2004.** Effects os salinity on biochemical componentes of the mangrove
- Parmentier, I. 2003.** Study of the vegetation composition in three inselbergs from continental equatorial Guinea (western Central Africa): effects of site, soil factors and position relative to forest fringe. *Belgian Journal of Botany* 136: 63-72.
- Pascholati, S. F.; Leite, B.** Hospedeiro: mecanismos de resistência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.) *Manual de fitopatologia: princípios e conceitos*. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, v.1, p.193-217, 1
- Pastírová, A.; Repcák, M.; Eliasová, A. 2004.** Salicylic acid induces changes of coumarin metabolites in *Matricaria chamomilla* L. *Plant Science* 167: 819-824.
- Pearce, D.W.; Millard, S.; Bray, D.F. & Rood, S.B. 2006.** Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. *Tree Physiology* 26: 211-218.
- Perrenoud, S.** Potassium and Plant Health. 2 ed. Berne, International Potash Institute, 1990. 363p photosynthetic acclimation: differential responses in leaf anatomy to increasing growth photosynthetic apparatus. Changes in pigment composition, chlorophyll fluorescence photosynthetic apparatus. Changes in pigment composition, chlorophyll fluorescence
- Pinto-Coelho, R.M. 2000.** Fundamentos em ecologia. Artmed Editora, São Paulo.
- Pireda, S., 2013.** Análise estrutural e eficiência fotoquímica de folhas de *Schinus terebinthifolius*raddi. (Anacardiaceae) em dois perfis fitofisionômicos de ecossistema

associado à mata atlântica. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia) – Campos dos Goytacazes – Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF.

**Pizzo, M. A.** Padrão de deposição de sementes e sobrevivência de sementes e plântulas de duas espécies de Myrtaceae na Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 26, p.3, p.371-377. Jul/set. 2003.

**Ponçano, W.L., Carneiro, C.D.R., Bistrichi, C.A., Almeida, F.F.M. E Prandini, F.L. 1981.** Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, v. 1.

**Poorter, H. & Garnier, E., 1999.** Ecological significance of inherent variation in relative growth rate and its components. *Handbook of functional plant ecology*, 20, pp.81-120.

**Porembski, S. e Barthlott, W. 2000.** Inselbergs: biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions. Berlin: Springer-Verlag. p. 117-142.

**Porembski, S., Martinelli, G., Ohlemüller, R., & Barthlott, W. 1998.** Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergues in the Brazilian Atlantic rainforest. *Diversity and Distributions*, 4(3), 107-119. DOI: 10.1046/j.1365-2699.1998.00013.x

**Porembski, S.; Seine, R. & Barthlott, W. 1997.** Inselberg vegetation and the biodiversity of granite outcrops. *Journal of the Royal Society of Western Australia* 80: 193-199.

**Pretty, K.M.** O potássio na qualidade dos produtos agrícolas. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R. (Eds.) Potássio na Agricultura Brasileira. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato (EUA), 1982. p.177-194.

**Rabelo, G.R., Klein, D.E., Da Cunha, M., 2012.** Does selective logging affect the leaf structure of a late successional species? *Rodriguésia* 63: 419–427.

**Rabelo, R.G., Vitória, A.P., Da Silva, M.V.A., Cruz, R.A., Pinho, E.I.B., Ribeiro, D.R., Freitas, A.V., Da Cunha, M., 2013.** Structural and ecophysiological adaptations to forest gaps. *Trees* 27: 259–272.

**Radambrasil., 1983.** Rio de Janeiro/Vitória; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra - SF. 23/24. Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro

**Read, J. & Sanson, G.D., 2003.** Characterizing sclerophylly: the mechanical properties of a diverse range of leaf types. *New Phytologist*, 160(1), pp.81-99.

- Reina-Pinto, J. J.; Yephremov, A.** Surface lipids and plant defenses. *Plant Physiology and Biochemistry* v.47 p.540–549, 2009.
- Rizzini, C.T.** 1997. Tratado de Fitogeografia do Brasil. Aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Âmbito Cultural Edições Ltda., Rio de Janeiro.
- Rocha, J.F., Pimentel, R.R. & Machado, S.R., 2011.** Estruturas secretoras de mucilagem em *Hibiscus pernambucensis* Arruda (Malvaceae): distribuição, caracterização morfoanatômica e histoquímica. *Acta Botanica Brasílica*, pp.751-763.
- Roháček, K., 2002.** Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning and mutual relationships. *Photosynthetica* 40:13-29.
- Romero, G.Q. & J. Vasconcellos-Neto.** 2007. Interações bióticas entre plantas, herbívoros e aranhas, pp. 277-300. Em: *Ecologia e comportamento de aranhas* (M.O. Gonzaga, A.J. Santos & H.F. Japyassú, eds.). Editora Interciência, Rio de Janeiro.
- Rosado, B.H.P. & de Mattos, E.A., 2007.** Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ, Brasil. *Acta botânica brasílica*, 21, pp.741-752.
- Sack L, Buckley TN.** 2016. The developmental basis of stomatal density and flux. *Plant Physiology* (in press). Sack L, Melcher PJ, Zwieniecki MA,
- Sampaio, A.J. de., 1915.** Observações botânicas e simultâneas, IV – Influência de ventos predominantes sobre a vegetação. *Chácaras e Quintas* (Agosto): 105
- Sanches, C.E.S., 2013.** Anatomia e ecofisiologia de *Cordia superba* CHAM. (Boraginaceae) em mata nativa e em mata reflorestada da região do Médio Paraíba no estado do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia) – Campos dos Goytacazes – Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF.
- Sandoval, J.A. et al.** Foliar morphology and anatomy of *Musa* cv. Grande Naine (AAA) plants grown in vitro and during hardening as compared to field-grown plants. *Fruits*, v.49, n.1, p.37-46, 1994.
- Santiago, E. J. A.; Pinto, J. E. B. P.; Castro, E. M.; Lameira, O. A.; Conceição, H. E. O.** 2001. Aspectos da anatomia foliar da pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C. DC.) sob diferentes condições de luminosidade. *Ciências agrotécnicas*, 25(5): p 1035-1042.
- Santos, M., Junior, P.C.P.F., Vailati, M.G. & Paulilo, M.T.S., 2010.** Aspectos estruturais de folhas de indivíduos de *Guapira opposita* (Vell) Reitz (Nyctaginaceae) ocorrentes em Restinga e na Floresta Ombrófila Densa doi: 10.5007/2178-4574.2010v39p59. *INSULA Revista de Botânica*, 39, pp.59-78.

- Scarano, F. R. 2007.** Rock outcrop vegetation in Brazil: a brief overview. *Revista Brasileira de Botânica*, 30(4), 561-568. DOI: 10.1590/S0100-84042007000400002
- Scarano, F.R., 2002.** Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. *Annals of Botany*, 90(4), pp.517-524.
- Scatena, V.L. E Scremin-Dias, E. 2003.** Parênquima, Colênquima e Esclerênquima. *In Anatomia Vegetal* (B. Appezzato-da-Glória & S.M. Carmello-Guerreiro, eds.) UFV, Viçosa, p.109-127.
- Schlichting, C. D.; Smith, H.** Phenotypic plasticity: linking molecular mechanisms with evolutionary outcomes. *Evolutionary Ecology*, Dordrecht, v. 166, n. 3, p. 189-211, Sept. 2002.
- Schreiber, Lukas., 2005.** Polar Paths of Diffusion across Plant Cuticles: New Evidence for an Old Hypothesis. *Annals of Botany* 95: 1069-1073.
- Schwinning, S. e Ehleringer, J.R., 2001.** Water use trade-offs and optimal adaptations to pulse-driven arid ecosystems. *Journal of Ecology* 89: 464–480.
- Sciutti, R.; Morini, S.** Water loss and photosynthesis of plum plantlets is influenced by relative humidity during rooting in vitro. *Journal of Horticultural Science*, v.70, n.2, p.221- 228, 1995.
- Silva, J. M. C.; Rylands, A. B.; Fonseca, G. A. B. O.** Destino das áreas de endemismo da Amazônia. *Megadiversidade*, Belo Horizonte, v.1, n.1, p.124-131, jul. 2005.
- Silva, L. M. T.** Mata Atlântica nas Escolas: Educação e Conservação Ambiental. João Pessoa: F&A Gráfica e Editora LTDA, 2015.
- Silva, L.; Soares, J. 2006.** Composição florística de um fragmento de floresta estacional semidecídua no município de São Carlos-SP. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 647-656, 2003
- Silva-Filho, J. F.** Florística e fitossociologia da área de Proteção ambiental do Inhamum do município de Caxias e comparação com outras áreas do estado do Maranhão, Brasil. Monografia de Graduação. Universidade Estadual do Maranhão. Caxias-MA. 2006.
- Sims, D.A. & Gamon, J.A. 2002.** Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment* 81:337-354

**Soares de Melo, A., Fernandes Suassuna, J., Dantas Fernandes, P., Barbosa Brito, M.E., Fernandes Suassuna, A. & de Oliveira Aguiar Netto, A., 2010.** Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32(1).

**Soares, E. M. S.; Almeida, C. Z.** Interface gráfica e mediação pedagógica em ambientes virtuais: algumas considerações. Disponível em: Acesso em: 14 de Abril de 2016.

**Soares-Silva, L. H.** A família Myrtaceae – subtribos: Myrciinae e Eugeniinae na bacia hidrográfica do Rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil. 2000. 462f. Tese. (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2000.

**Sobral, M., Proença, C., Souza, M., Mazine, F. & Lucas, E. (2010)** Myrtaceae. *In:* Forzza, R.C., Leitman, P.M., Costa, A.F., Carvalho Jr., A.A., Peixoto, A.L., Walter, B.M.T., Bicudo, C., Zappi, D., Costa, D.P., Lleras, E., Martinelli, G., Lima, H.C., Prado, J., Stehmann, J.R., Baumgratz, J.F.A., Pirani, J.R., Sylvestre, L., Maia, L.C., Lohmann, L.G., Queiroz, L.P., Silveira, M., Coelho, M.N., Mamede, M.C., Bastos, M.N.C., Morim, M.P., Barbosa, M.R., Menezes, M., Hopkins, M., Secco, R., Cavalcanti, T.B. & Souza, V.C. *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Published on the internet; <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB010791>.

**Steponkus, P.L. 1984.** Role of the plasma membrane in freezing injury and cold acclimation. *Annual Review of Plant Physiology*, 35: 543-584.

**Stheman, J.; Forzza, R. C.; Salino, A.; Sobral, M.; Costa, D. P.; Kamino, L. H. Y.** Plantas da Floresta Atlântica. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em:

**Strauss-Debenedetti, S., Bazzaz, F. A., 1991.** Plasticity and acclimation in tropical Moraceae of different successional positions. *Oecologia* 87: 377-387.

**Sugio, K. e Tessler, M.G., 1984.** Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: Origem e nomenclatura. In: L. D. Lacerda; D. S. D. Araujo; R. Cerqueira; B. Turcq (Eds.) Restingas Origem, Estrutura e Processos. CEUFF, Niterói. 15-26p.

**Sultan, S. E. 2000.** Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends Plant Sci.* 5: 537–542.

**Sultan, S.E.** Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. *Evolution & Development*, v. 5, n 1, 2003.

- Sultan, S.E., 2003.** Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. *Evolution & development*, 5(1), pp.25-33.
- Sutter, E.; Langhans, R.W.** Formation of epicuticular wax and its effect on water loss in cabbage plants regenerated from shoot-tip culture. *Canadian Journal of Botany*, v.60, p.2896-2902, 1982.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2013.** Fisiologia vegetal. 5ª ed. Porto Alegre, Artmed. 223 – 224p.vegetação brasileira. Série Manuais Técnicos em Geociências, 1. Rio de Janeiro: FIBGE.vegetação brasileira. Série Manuais Técnicos em Geociências, 1. Rio de Janeiro: FIBGE. the C/N ratio of the residues. *Plant Soil* 228: 83-103.
- Thompson, J.; Proctor, J.; Viana, V.; Milliken, W.; Ratter, J. A.; Scott, D. A. 1992.** Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. I. Physical environment, forest structure and leaf chemistry. *Journal of Ecology* 80: 689-703.
- Turner, I.M. 2001.** The ecology of trees in the tropical rain forest. Cambridge University Press, Cambridge.
- Turner, I.M., 1994.** Sclerophylly: primarily protective?. *Functional ecology*, 8(6), pp.669-675.
- Veloso, H. P., Rangel Filho, A. L. & Lima, J. C. A. 1991.** Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE. 123p.
- Via, S., 1993.** Adaptive phenotypic plasticity: target or byproduct of selection in a variable environment. *The American Naturalist* 142: 352-365.
- Vitousek, P. M. 2004.** Nutrient Cycling and Limitation: Hawai'i as a Model System. Princeton University Press: Oxford and Princeton. 223p
- Vitousek, P. M.; Sanford Jr., R. L. 1986.** Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 137-167.
- Volgelmann, T.C.and Martin, G (1993),** The functional significance of palisade tissue:Penetration of directional versus diffuse light. *Plante Cell Environ*, 16, 65-72.
- Wagner, G. J.; Wang, E.; Shepherd, R. W. 2004.** New approaches for studying and exploiting an old protuberance, the plant trichome. *Annales Botanici Fennici* 93: 3-11.
- Waldemar, C.C. e Irgang, B.E. 2003.** A ocorrência do mutualismo facultativo entre *Dyckia maritima* Baker (Bromeliaceae) e o cupim *Cortaritermes silvestrii* (Holmgren), Nasutitermitinae, em afloramentos rochosos no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS. *Acta Botanica Brasilica* 17(1): 37-48.

- Walters, R.G., 2005.** Towards an understanding of photosynthetic acclimation. *Journal of experimental botany*, 56(411), pp.435-447.
- Waring, R. H.; Schlisinger, W. H. 1985.** Forest Ecosystems. Concepts and management. Orlando, Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich Publishers.
- Wellburn, A.R., 1994.** The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers os different resolution, *Journal of Plant Physiology* 144: 307–313.
- Winterringer, G.S. e Vestal, A.G. 1956.** Rock-ledge vegetation in southern Illinois. *Ecological Monographs* 26: 105–30.
- Woodward, F. I.; Lake, J. A.; Quick, W. P. 2002.** Stomatal development and CO<sub>2</sub> : Ecological consequences. *New Phytologist*, 153. p 477.
- Wylie, R. B. 1951.** Principles of foliar organization shown by sunshade leaves from ten pecies of deciduous dicotyledon trees. *American Journal of Botany*, 38: 355-361. yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence.