



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes**

Anderson dos Santos Portugal

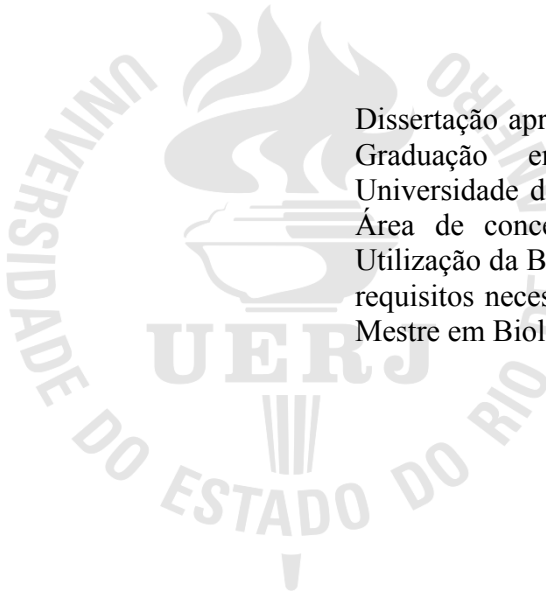
**Caracterização das estratégias ecofisiológicas de samambaias em resposta à  
inundação na restinga de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil**

Rio de Janeiro

2011

Anderson dos Santos Portugal

**Caracterização das estratégias ecofisiológicas de samambaias em resposta à  
inundação na restinga de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil**



Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Área de concentração em Conservação e Utilização da Biodiversidade, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Guerra Santos

Co-Orientador (a): Prof. Dra. Moemy Gomes de Moraes

Rio de Janeiro

2011

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

P853

Portugal, Anderson dos Santos.

Caracterização das estratégias ecofisiológicas de samambaias em resposta à inundação na restinga de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil / Anderson dos Santos Portugal. – 2011.  
94f : il.

Orientador: Marcelo Guerra Santos.  
Co-orientadora: Moemy Gomes de Moraes.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.  
Bibliografia: f. 71-94..

1. Ecofisiologia vegetal - Maricá (RJ).- Teses. 2. Samambaia – Maricá (RJ) - Teses. 3. Maricá (RJ) - Inundações - Teses. I. Santos, Marcelo Guerra. II. Moraes, Moemy Gomes de. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. IV. Título.

CDU 581.5(815.3)

Autorizo apenas para fins acadêmicos e científicos a reprodução total ou parcial desta dissertação.

---

Assinatura

---

Data

Anderson dos Santos Portugal

**Caracterização das estratégias ecofisiológicas de samambaias em resposta à inundação na restinga de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Área de concentração em Conservação e Utilização da Biodiversidade, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Data da Defesa 25 de fevereiro de 2011.

Orientador:

---

Dr. Marcelo Guerra Santos  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Coorientadora:

---

Prof. Dra. Moemy Gomes de Moraes  
Universidade Federal de Goiás

Banca examinadora:

---

Dr. Eliemar Campostrini  
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

---

Dr. Eduardo Arco Verde de Mattos  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Dr. (a) Dulce Gilson Mantuano

---

Suplente interno: Dr. (a) Norma Albarello  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Suplente externo: Dr. (a) Selma Ribeiro de Paiva  
Universidade Federal Fluminense

Rio de Janeiro

2011

*“Nada te perturbe  
Nada te espante  
Tudo passa  
Deus não muda,  
A paciência tudo alcança  
Quem a Deus tem nada lhe falta:  
Só Deus Basta.”*

Santa Teresa de Jesus, Doutora da Igreja.

Ao Deus de minha alma, no qual encontro o  
sentido de minha vida.

## AGRADECIMENTOS

“O que te escrevo não tem começo: é uma continuação. Das palavras deste canto que é meu e teu, envola-se um halo que transcende as frases...”.

Clarice Lispector – Água Viva

De todo o processo de elaboração e execução desta Dissertação, este se faz o mais importante, não somente pelo fato de corroborar que não conseguimos fazer ciência por si só, mas pelos personagens que, em sua interlocução moldaram uma nova pessoa. Devo admitir que se não houvessem os créditos a todos aqueles, que mesmo sem saber, tornaram esta caminhada abstrusa, mais leve e divertida, não haveria concretização, de nada valeria. O que há de bom nesta dissertação, em grande parte vem desses generosos colegas e amigos. Os erros remanescentes são meus.

Tamanha e complexa é a relação com meu orientador. O defino assim: meu cúmplice. Falar de tudo que sinto, me traria o nada do empobrecimento das palavras. Deixo o espaço para agradecer, pois nas difíceis lutas da vida acadêmica sempre deixou transparecer o de mais bonito dele, sua humanidade. Obrigado por ter me oferecido muito mais do que o meio acadêmico pode proporcionar.

Dedico ao Luiz José Soares Pinto. Desde a graduação me inspirou e deu energia para continuar, com seu olhar de aprovação mesmo quando muitos não acreditavam. Obrigado por indicar-me o caminho da Botânica e pelo exemplo de fé.

A minha co-orientadora Moemy Moraes por me receber tão acolhedoramente em seu laboratório em Goiás, pelos ensinamentos, pelas dicas e pelo carinho que conseguiu atravessar a distância.

Ao Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal da Universidade do Estado do Rio de Janeiro pela possibilidade de execução (realização) deste trabalho, pelos espaços cedidos e pelas pessoas que permitiram a realização deste estudo.

A toda Comunidade Paroquial Sto. Antônio em Amendoeira pelas orações. A cada coroinha na qual fui coordenador, por sempre me dedicarem muito amor. A amiga Graziela por sempre entender minhas ausências. Ao Pe. Max Celestino que com seu olhar de desconfiança me indagava, pelas discussões que me ajudou a crescer em inteligência e fé.

A Prof.<sup>a</sup> Rosana Lima... Se você soubesse o tamanho do orgulho que tenho de um dia ter participado de um pouco da sua história, não existem meios de mensurar, um oceano cheio de peixinhos se tornaria pequeno. Obrigado por ser o que és.

Ao Prof. Antônio Carlos Freitas, pelas valiosas dicas em Estatística e por ter me ensinado com extrema descontração os passos da fotografia científica.

Ao Prof. Eduardo Arcoverde de Mattos que com pouco de convivência conseguiu (re) construir alguns conceitos meus com extrema competência. Suas sugestões foram valiosas!

A Prof.<sup>a</sup> Catia Callado agradeço, pois nos contrários encontramos grande fonte de crescimento. Obrigado por ser esta larga fonte.

A Prof.<sup>a</sup> Ana Donato que me presenteou com generosas lições de humildade. Obrigado por me ensinar e se dispor mesmo sem ter nada em troca.

A Prof.<sup>a</sup> Ana Valéria, que muito mais que emprestar diversos materiais, seu interesse pelas ciências é inspirador. Você e sua equipe me ajudaram a olhar para o chão.

Aos amigos Joyce, Everson e Aline. Tem muito de vocês em tudo que faço. A Biologia para mim faz sentido porque vocês me emprestaram seus olhos diversas vezes. Obrigado por serem meus escudeiros sempre.

Aos amigos que foram biólogos sem ser, somente para poder me ajudar: Rafael Trindade, Leonardo Vertuli, Bruno Cabral (suas caronas, como foram solícitas) Priscila Pires (sua criatividade inigualável e seu carinho), Fernanda Pires, Wellington Galvão e Vinícius, pelas correções, dicas e paciência comigo. O que seria de mim sem vocês! O mundo precisa de mais pessoas dispostas a ajudar, assim como vocês. São insubstituíveis.

Thársis Gabriel! Meu amigo das terras longínquas de Goiás/Portugal. Obrigado pela sua fé e amizade, foram importantes quando eu não sabia o que fazer e pensei em desistir...

Christiane Roppa, pois além de me mostrar o caminho da Rural para as análises de solo sua fé em Jesus eucarístico é osmótica. Obrigado!

A todas as meninas do curso de mestrado, em especial Carla, Leila, Márcia, Monique e Thaís.

Aos amigos e estagiários Ana Paula, Bruno, Gabriel e Maria Luiza por me acompanharem nos campos e no laboratório, por sempre me falarem palavras lindas de apoio e valorizarem meu trabalho.

A amiga e técnica de Laboratório Lauciene... Cada palavra de encorajamento, cada elogio, a disposição de trazer material que às vezes nem tinha no laboratório, por conversar e me ouvir nas aflições. Pelas dicas preciosas e pela risada gostosa.

Aos motoristas da UERJ/FFP Jonancir (Boroco!) e Fábio Penha. As idas à restinga de Maricá sempre foram divertidíssimas com eles, e nunca me deixaram perdido. Sempre tinham uma história para me colocar descontraído. Fábio, obrigado por ser meu amigo e me ouvir tantas vezes, desde a graduação.

As técnicas de laboratório da UERJ/FFP Luciana, Dayana, Laís, Geciara e Jaqueline, pois não me recorro de que haja um momento em que não estavam solícitas e com um belo sorriso, prontas a me ajudar.

A Jeanne e Silvana, técnicas do Laboratório de Anatomia Vegetal/IBRAG, obrigado pela paciência comigo e com as minhas plantas.

À Capes pela bolsa concedida, sem ela não daria para fazer inúmeras “loucuras” acadêmicas.

Aos meus irmãos (chatos!), cada um de uma forma, sempre me ajudaram. Sylvinho em suas infinitas contradições e brincadeiras sempre dizendo: “Seu gordo!” que no fundo transparecia admiração e porque não um: “Tá muito bom!”. Fillipe que na sua tranquilidade e brincadeiras, em meio o seu olhar perdido sempre sinalizava sua aprovação e admiração. Vocês não poderiam ser melhores!

Aos meus pais pela infância maravilhosa, pelas inúmeras vezes que se sacrificaram pensando em mim... Pelo ambiente de paz dentro de casa, por serem os primeiros a apoiarem em tudo, mesmo sem entenderem de tudo. Pelos ensinamentos que nenhuma faculdade pode me dar (e como são inteligentes!), pelos valores passados, pelas broncas que me ajudaram tanto. Espero que sempre se orgulhem de mim como eu tenho orgulho de tê-los como pais: amo vocês!

À Virgem Maria pela sua poderosa intercessão. Obrigado por sempre me indicar o caminho do teu filho! Em muitos momentos desta dissertação sua presença se fez real.

Ao meu tudo e meu nada, ao esposo de minha alma, aquele que é o próprio sentido, aquele que é o que é, e que permite hoje um ser tão impróprio agradeça por tudo que já transcorreu. O que escrever, se o coração inflamado grita: Amo-te meu Deus!



## *DE SAMAMBAIAS*

“Outro dia, no supermercado, percebi que gosto de samambaias. Gosto do verde delas, das folhas caídas, da sensação de cheio que elas transmitem, dependuradas e firmes como poucas coisas no mundo conseguem ser ao mesmo tempo. Gosto da idéia do sol batendo nelas como se o mundo todo coubesse num sol, de um presente de aniversário às palavras de adeus, das canções de amor aos reencontros, da gargalhada diante da piada mais infame ao desejo secreto que você confessa e, um segundo depois, ri de vergonha e arrependimento.

(...)

Gosto da forma delas e do espaço que ocupam na varanda, como se o mundo todo coubesse no espaço da varanda, da rede ao cinzeiro, do vinho ao ciúme, do vento ao sentimento abafado pela impossibilidade, da saudade às palavras que não acredito, de mim e dele e as nossas histórias todas vistas de frente para o Mestre Álvaro.

Gosto do cheiro de mudança que elas trazem. Porque a verdade é que, desde sempre, até aquele fim de manhã no supermercado, eu olhava as samambaias e achava feiosas, espaçosas e até um pouco cafonas.

(...)

Mas naquele dia não; naquele dia, elas diziam que as coisas mudam, quase todas, quase sempre. Diziam que um dia você alimenta todas as esperanças do mundo e, no outro, as evidências contrárias derrubam o seu olhar e o seu sorriso.

(...)

Um dia você deixa de achar as samambaias cafonas e, quando menos percebe, passa a gostar das coisas - coisas samambaias ou coisas pessoas, coisas comidas ou coisas cores, coisas amargas ou coisas doces, coisas amores ou coisas trabalho - e não consegue mais disfarçar, mesmo que tente minimizar os indícios. E então você faz até o que, sem querer, machucam os outros, e vive uma hora depois da outra com vontade de repetir a frase do livro que apareceu outro dia na minha mesa, não sei vindo de onde, muito menos do que se trata: "Vem comigo. Te explico no caminho".”

**Ana Laura Naha**

(Crônica publicada no segundo Caderno, do Jornal “A Gazeta”, 22 de novembro de 2008)

## RESUMO

PORTUGAL, Anderson dos Santos. *Caracterização das estratégias ecofisiológicas das samambaias em resposta a inundação na restinga de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil*. 2011 94f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

As matas inundáveis e brejos presentes nas restingas desencadeiam uma série de processos que influenciam as características físico-químicas e biológicas do solo, levando as plantas a apresentarem mecanismos de aclimação ou adaptação ao estresse da inundação, como alterações morfológicas e fisiológicas de forma a minimizar os efeitos da falta de oxigênio. Dentre as espécies vegetais de samambaias ocorrentes em ambientes inundáveis nas restingas, se destacam três espécies: *Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch., *Blechnum serrulatum* Rich. e *Thelypteris interrupta* (Willd.) K.Iwats. O objetivo deste trabalho é caracterizar os aspectos ecofisiológicos que os esporófitos dessas samambaias apresentam para sobreviver em ambientes de inundação na restinga de Maricá, estado do Rio de Janeiro. Neste sentido, foi determinada a caracterização física e química dos sítios de ocorrências destas samambaias, as variações foliares entre elas, espessura, densidade, massa por unidade de folha, teor de clorofilas e atributos quantitativos das células epidérmicas, além da quantificação e determinação à distribuição dos carboidratos. Para as variáveis dos vegetais foram feitas coletas na estação chuvosa e seca e para variáveis do solo na estação seca. Os sítios analisados se mostraram extremamente ácidos, de baixa fertilidade e com toxidez por macro e micro nutrientes, indicando que as samambaias apresentam tolerância a estes fatores. Na época chuvosa (inundação), as samambaias apresentaram queda na densidade foliar, acompanhada de um aumento de massa por unidade de folha. Esta habilidade de conseguir ganhar massa seca por área classifica todas as samambaias analisadas como tolerantes à inundação. Os altos valores de carboidratos solúveis nas folhas indicam aumento da degradação do amido foliar e o menor teor de carboidrato solúvel encontrado nos caules explicita a redução na respiração das raízes destas plantas sob anoxia/ hipoxia, para evitar a oxidação e o incremento do estoque de amido de reserva, elucidando estratégia de tolerância à inundação. A menor disponibilidade de água na estação seca afeta diretamente os atributos foliares diminuindo o índice estomático, a suculência e a massa por unidade de folha, no qual reflete na queda das concentrações de clorofilas. Os menores valores nas concentrações de clorofila têm influencia direta na presença de amidos foliar que são estocado e, alterando toda a dinâmica dos carboidratos nestas espécies. A análise do sítio onde cresce *Acrostichum danaeifolium* indica níveis críticos de Na no solo e provavelmente, a produção de mucilagem no caule e no pecíolo é uma estratégia de tolerância ao ambiente salino e inundado. O elevado índice de cobertura de *Blechnum serrulatum* em ambientes inundados indica que esta espécie possui adaptações a solos hidromórficos, entre elas, grande capacidade de estocagem de amido no caule. A maior sinuosidade das células epidérmicas em *T. interrupta* permite uma alta suculência mantendo o *status* hidrológico da folha em ambas as estações. Os resultados apresentados, além de agregar informações sobre a biologia das samambaias nos neotrópicos, irão contribuir para a compreensão da dinâmica de ocupação de espécies herbáceas em ambientes alagáveis nas restingas brasileiras

Palavras chaves: Ecofisiologia, Ambientes inundáveis, Restinga e Pteridófitas

## ABSTRACT

The flooded forests and swamps present in sandy coastal plains (restingas) trigger a series of processes influencing the physico-chemical and biological soil, bringing the plants to make mechanisms of acclimation or adaptation to the stress of flooding as morphological and physiological changes in order to minimize the effects of lack of oxygen. The most widely distributed species in restingas wetland environments are *Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch., *Blechnum serrulatum* Rich. and *Thelypteris interrupta* (Willd.) K. Iwats. The aim of this study is to characterize the ecophysiological aspects of these fern sporophytes that have to survive in wetland environments at Restinga de Maricá, Rio de Janeiro state, Brazil. In the fern sites, the physical and chemical soil characterization, leaf variation (thickness, density, mass per unit leaf, chlorophylls and quantitative attributes of epidermal cells) and the concentration of soluble carbohydrates and starch were determined. The plants were collected in the rainy and dry seasons and the soil in the dry season. The sites examined were extremely acid soils of low fertility and toxicity by macro and micro nutrients, indicating that the ferns have tolerance to these factors. In the wet season (flood), the ferns showed a decline in foliage density, accompanied by an increase in mass per unit leaf. This ability to achieve dry weight gain per area classifies all ferns analyzed as flood tolerant. The high values of soluble carbohydrates in leaves indicate increased degradation of leaf starch. The lower contents of soluble carbohydrate found in the stems explain the reduction in respiration of plant roots under anoxia / hypoxia, to avoid oxidation and increase the stock of starch reserve, elucidating a strategy of tolerance to flooding. Reduced availability of water in the dry season directly affects leaf traits, decreasing the stomata index, succulence and leaf mass per unit, in which reflects on the decline in chlorophyll concentrations. The lowest values of chlorophyll concentrations have a direct bearing on the leaf starches that are stored in the leaves and thus alter the dynamics of the carbohydrates in these species. The analysis of the site where it grows *Acrostichum danaeifolium* indicates critical levels of Na in the soil, probably, to the production of mucilage in stems and petioles is a strategy of tolerance to saline and flooded environment. The high rate of coverage of *Blechnum serrulatum* in flooded environments indicates that the species has adapted to hydromorphic soils, including a large storage capacity of starch in the stem. The high sinuosity of epidermal cells in *Thelypteris interrupta* allows high succulence, maintaining the hydrological status of the leaves in both seasons. These results add information about the neotropical ferns biology and they contribute to understanding the dynamics of occupation of herbaceous species in wetland environments in Brazilian restingas.

Key words: Ecophysiology, Wetland environments, Restinga and Pteridophytes

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Respostas das plantas ao estresse abiótico em relação às características do estresse e da planta .....	17
Figura 2 -	Restinga de Maricá (RJ).....	26
Figura 3 -	<i>Acrostichum danaeifolium</i> Langsd. & Fisch (Pteridaceae).....	29
Figura 4 -	<i>Blechnum serrulatum</i> Rich. (Blechnaceae) .....	30
Figura 5 -	<i>Thelypteris interrupta</i> (Willd.) K.Iwats (Thelypteridaceae) .....	31
Figura 6 -	Desenho experimental de uma parcela de 100 m <sup>2</sup> de área a linha de amostragem e os plots (1m <sup>2</sup> ) por linha em disposição alternada.....	37
Tabela 1 -	Valores para análise química de sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), acidez potencial (H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> ), alumínio (AL), soma das bases trocáveis (S), soma das bases potencial (T), saturação por bases (V), saturação de alumínio (m), saturação por sódio (n), nitrogênio total (N-total), pH água, carbono orgânico (C org), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (ZN) e manganês (Mn) e análise granulométrica, percentuais de areia grossa, areia fina, silte e argila para os três sítios de coleta .....	40
Tabela 2 -	Resultados da interpretação dos parâmetros químicos e físicos dos três sítios de coleta de solo.....	41
Figura 7 -	Fotomicrografia da epídeme de <i>Acrostichum danaeifolium</i> .....	42
Figura 8 -	Fotomicrografia da epídeme <i>Blechnum serrulatum</i> .....	42
Figura 9 -	Fotomicrografia da epídeme <i>Thelypteris interrupta</i> .....	43
Tabela 3 -	Densidade estomática, densidade de células epidérmicas na face abaxial e densidade de células epidérmicas na face adaxial para estação chuvosa e seca de folhas de samambaias da Restinga de Maricá (RJ).....	44
Figura 10 -	Gráficos de atributos foliares: espessura foliar, suculência, Massa de folha por unidade de área e densidade foliar de samambaias na estação chuvosa e seca, Restinga de Maricá (RJ).....	47
Figura 11 -	Gráficos de concentrações de clorofila <i>a</i> , <i>b</i> , total e <i>a/b</i> em folhas de samambaias na estação chuvosa e estação seca. Restinga de Maricá (RJ).....	50
Figura 12 -	Gráficos de concentração de carboidratos solúveis em samambaias da Restinga de Maricá, RJ.....	52
Figura 13 -	Gráficos de concentração de amido em samambaias da Restinga de Maricá (RJ).....	54

Tabela 4 -	Tabela com os valores dos atributos fitossociológico de frequência e cobertura relativa .....	55
Figura 14 -	Ação antrópica frente uma população de <i>Acrostichum danaeifolium</i> Restinga de Maricá, RJ .....	57

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Micrograma por centímetro quadrado
3- PGA	3- fosfoglicerato
A	Absorbância
AD	<i>Acrostichum danaeifolium</i>
ANOVA	Análise de variância
APA	Área de Proteção Ambiental
ATP	Adenosina Trifosfato
BSI	<i>Blechnum serrulatum</i> de ambiente inundado
BSS	<i>Blechnum serrulatum</i> de ambiente não inundado
C org	Carbono orgânico
C a	Conteúdo de clorofila a ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )
C a/b	Razão entre os conteúdos clorofila a e b ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )
C b	Conteúdos de clorofila b ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )
CE	Número de células epidérmicas
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
Ct	Conteúdo de clorofila total ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )
CTC	Capacidade de troca catiônica
DEN	Densidade foliar
ESP	Espessura foliar
F	Valores do teste da diferença das médias para a análise de variância
F.A.A. 70%	Formol 10% (5 ml), Ácido Acético Glacial, (5 ml) e álcool 70% (90 ml)
H <sup>+1</sup> + Al <sup>+3</sup>	Acidez potencial
LABFER	Laboratório de análises de plantas, solo e resíduos
LABGEO	Laboratório de Geologia
m	Saturação por sódio
MFA	Massa da folha por unidade de área
Mg	Magnésio
mg de açúcar. gMS <sup>-1</sup>	Miligramas de açúcar por grama de massa seca
MS	Massa seca
MT	Massa saturada
N-total	Nitrogênio total
N-orgânico	Nitrogênio orgânico
N-mineral	Nitrogênio mineral
R <sup>2</sup>	Coefficiente de determinação
rpm	Rotações por minutos
S	Soma das bases trocáveis
SAD	Sítio de ocorrência de <i>Acrostichum danaeifolium</i>
SBS	Sítio de ocorrência de <i>Blechnum serrulatum</i> em ambiente seco
SBT	Sítio de ocorrência de <i>Blechnum serrulatum</i> e <i>Thelypteris interrupta</i>
SUC	Suculência
T	Soma das bases potencial
TI	<i>Thelypteris interrupta</i>
TFSA	Terra fina seca ao ar
V	Valores de saturação por bases

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1	<b>ABORDAGEM GERAL</b> .....	15
1.1	<b>Estratégias adaptativas em vegetais</b> .....	16
1.2	<b>Mecanismos de tolerância à inundação</b> .....	19
1.3	<b>Solos ácidos e mecanismos vegetais de tolerância</b> .....	22
1.4	<b>Estudos ecofisiológicos de samambaias no Brasil</b> .....	23
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	25
2.1	<b>Objetivos Gerais</b> .....	25
2.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	25
3	<b>METODOLOGIA</b> .....	26
3.1	<b>Área de estudo</b> .....	26
3.1.1	<u>Área de Proteção Ambiental de Maricá</u> .....	26
3.1.2	<u>Aspectos Geomorfológicos da Restinga de Maricá</u> .....	27
3.1.3	<u>Dados climatológicos sobre a Restinga de Maricá</u> .....	27
3.2	<b>Espécies estudadas</b> .....	28
3.2.1	<u><i>Acrostichum danaeifolium</i> Langsd. &amp; Fisch. (Pteridaceae)</u> .....	28
3.2.2	<u><i>Blechnum serrulatum</i> Rich. (Blechnaceae)</u> .....	29
3.2.3	<u><i>Thelypteris interrupta</i> (Willd.) K.Iwats (Thelypteridaceae)</u> .....	30
3.3	<b>Amostragem das samambaias</b> .....	31
3.3.1	<u>Densidade de células epidérmicas</u> .....	32
3.3.2	<u>Atributos foliares: Suculência, massa da folha por unidade de área, espessura e densidade foliar</u> .....	32
3.3.3	<u>Concentrações de clorofilas</u> .....	33
3.3.4	<u>Teores de carboidratos solúveis e amido</u> .....	35
3.3.5	<u>Aspectos das populações de <i>Blechnum serrulatum</i></u> .....	36
3.3.6	<u>Análise estatística</u> .....	37
3.4	<b>Amostragem de solo</b> .....	38
3.4.1	<u>Análises físicas e químicas</u> .....	38
4	<b>RESULTADOS</b> .....	39
4.1	<b>Análises químicas e físicas do solo</b> .....	39
4.2	<b>Células epidérmicas</b> .....	41

4.3	<b>Atributos foliares: Suculência, massa da folha por unidade de área, espessura e densidade foliar.....</b>	<b>45</b>
4.4	<b>Concentrações de clorofilas .....</b>	<b>48</b>
4.5	<b>Teores de carboidratos solúveis.....</b>	<b>51</b>
4.6	<b>Teores de amido.....</b>	<b>53</b>
4.7	<b>Tamanho das populações de <i>Blechnum serrulatum</i> .....</b>	<b>55</b>
5	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>
5.1	<b>Estratégias ecofisiológicas de três esporófitos de samambaias ambientes em inundáveis na restinga de Maricá.....</b>	<b>56</b>
5.2	<b>Comparações ecofisiológica dos ecotipos de <i>Blechnum serrulatum</i> na restinga de Maricá.....</b>	<b>62</b>
6	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>64</b>
7	<b>PERSPECTIVAS.....</b>	<b>67</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>68</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>83</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>85</b>



## INTRODUÇÃO

### 1 ABORDAGEM GERAL

*“A sobrevivência e habilidade competitiva dos organismos em um dado hábitat depende de estratégias adaptativas desenvolvidas na sua evolução. Essas estratégias moldam a complexa variação morfo-fisiológica associada à variação ambiental”.*

Valério de Patta Pillar, 1994, em Estratégias adaptativas e padrões de variação da vegetação.<sup>1</sup>

A Mata Atlântica é um dos biomas mais importantes do mundo, sendo considerado um "Hotspot", devido ao elevado número de espécies endêmicas por área e por estar constantemente ameaçado de destruição. Contudo, sua relevância não está somente relacionada à sua diversidade biológica, mas também a sua diversidade de ambientes como os ecossistemas litorâneos de restinga e de manguezal, que são considerados formações associadas (Pinto *et al.* 1996).

Segundo, o decreto estado do Rio de Janeiro nº 41.612 de 23 de dezembro de 2008, a restinga é uma acumulação arenosa litorânea, paralela à linha da costa, de forma geralmente alongada pelo mar, onde se encontram associações vegetais de características mistas, comumente conhecidas como “vegetação de restinga”, que abrigam comunidades vegetais peculiares.

As comunidades vegetais que formam as restingas derivam de variações no micro relevo, determinando diversas fitofisionômias, estruturas e diferentes ambientes ecológicos, dentre os quais se distinguem as comunidades herbáceas, arbustivas, e arbóreas, podendo ser terrestres ou aquáticas (Araújo, 2000).

Estas comunidades encontram uma gama de variáveis ambientais que limitam seu estabelecimento, tais como diferenças topográficas, a presença de areias quartzosas de alta porosidade e/ou de solos hidromórficos, exposição a altas temperaturas do ar e da superfície do solo e, eventualmente, a alta salinidade atmosférica e do solo, além da alta radiação luminosa (Garcia, 1999; Hay & Lacerda, 1980; De Mattos *et al.*, 2004; Scarano, 2002a, b; Scarano *et al.* 2001).

---

<sup>1</sup> Valério de Patta Pillar, professor da UFRGS, em seu artigo “Estratégias adaptativas e padrões de variação da vegetação” descreve diversos tipos de competências essenciais à sobrevivência dos vegetais, bem como teorias que buscam compreender estas variações.

Adicionalmente, nas matas inundáveis e nos brejos presentes nas restingas, além da influência de muitos desses fatores, ocorrem períodos de inundação sazonal que fazem com que a vegetação sofra com a falta de oxigênio no solo em decorrência de inundação prolongada (Scarano *et al.* 2004), levando as plantas a apresentarem alterações morfológicas e fisiológicas.

Em meio aos fatores abióticos que as restingas estão sujeitas, estão presentes nas formações vegetais características mistas de “hidrossérie” e “xerossérie”, que são adaptações extremas destes vegetais para sobrevivência neste ecossistema (Britto, 1999). Devido às complexas relações que os vegetais possuem com o ambiente, as respostas ecológicas, são reflexos de uma longa história prévia de adaptações gradativas às demandas do ambiente (Pillar, 1994; Fernandez, 2009).

Estas peculiaridades trazem interesses e particularidades para estudos ecofisiológicos, contribuindo para previsões das prováveis respostas à natureza em função das condições ambientais (De Mattos, 1998; De Mattos *et al.* 2004). Para as restingas fluminenses, podemos citar os trabalhos: Meirelles (1997); De Mattos *et al.* (1997, 2004); Menezes & Araujo (2000); Mantovani & Iglesias (2001, 2008, 2010); Scarano *et al.* (2002, 2009); Dias *et al.* (2006); Zamith *et al.* (2006); Pimentel *et al.* (2007); Rosado & Mattos (2007, 2010); Gessler *et al.* (2008); Mantuano (2008). Em todos os trabalhos de ecofisiologia vegetal realizado em restinga, somente há enfoque no grupo das angiospermas, não havendo nenhum trabalho específico com o grupo das samambaias e licófitas.

### 1.1 Estratégia adaptativa em vegetais

A capacidade de sobrevivência dos organismos vegetais ao estresse depende de seus mecanismos de aclimatação ou adaptação ao ambiente (Fig. 1). Os mecanismos de resistência compreendem respostas fisiológicas aos fatores causadores de estresse e podem ser divididos em dois grupos de possibilidades: escape ou tolerância. Os mecanismos de escape, que estão relacionados à redução da atividade metabólica, levam a um estado de dormência (Gaspar *et al.*, 2002; Willadino & Câmara, 2010). Este tipo de mecanismo faz o vegetal a evitar a exposição ao estresse. No outro caso os mecanismos de tolerância ou de resistência, envolvem alta atividade metabólica sob estresse moderado, e baixa sob estresse severo, o que permite à

planta suportar o estresse (Osmond, 1987; Bray *et al.*, 2000; Câmara & Willadino, 2005). Uma planta pode ter vários mecanismos de tolerância e de escape, ou uma combinação de ambos (Willadino & Câmara, 2010).

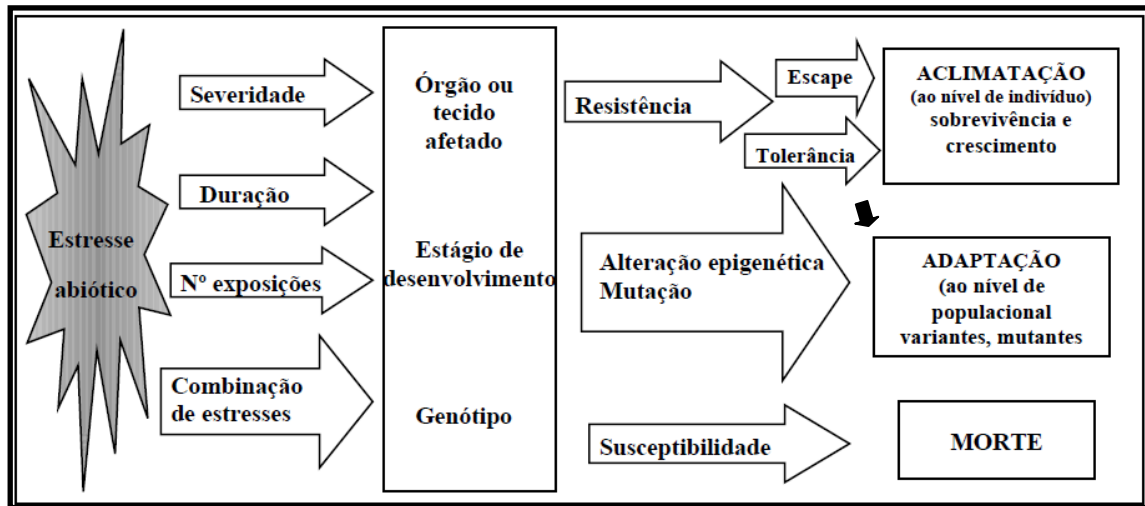


Figura 1 - Respostas das plantas ao estresse abiótico em relação às características do estresse e da planta.

Fonte: Adaptado de Bray *et al.*, 2000; Gaspar *et al.*, 2002 e Willadino & Câmara, 2010.

Em um ambiente estressante o genótipo específico, com as devidas combinações de genes que conferem à capacidade de sobreviver e reproduzir é dominante na população (Bray *et al.*, 2000). Processos de mudanças na frequência gênica de uma população, devido à seleção destes genótipos que determinam resistência ao nível individual, levam a microevoluções e ao longo do tempo geram, em nível populacional, adaptações (Fernandes, 2009).

Ao se falar em ajuste de um organismo individual em resposta às variações de fatores ambientais, os mecanismos de resistência operantes são conhecidos como aclimação (Bray *et al.*, 2000). As plantas possuem uma capacidade incrível de ajustar os atributos estruturais e fisiológicos em escala de segundos ou de estações dentro de um único genótipo. Durante a aclimação, um organismo modifica sua homeostase para se adequar às alterações ambientais externas, levando este vegetal a ter diferentes mudanças (fisiológicas, morfológicas e bioquímicas) ou combinações de mudanças como resposta frente a uma característica ambiental. O conjunto dessas aclimações possível em um único genótipo, sendo a via elucidativa de suas plasticidades fenotípicas (Orcutt & Nilsen, 2000).

Para indicar como as espécies tropicais se estabelecem e co-existem nos ecossistemas existe proposta teorias como a “Teoria do nicho” (McGill et al. 2006) e a “ Teoria neutra”. No entanto estas por não conseguirem abranger complexas questões e na necessidade de respostas para estas, juntas permeiam as bases que consolidam os conceitos da ecologia funcional (Kraft *et al.* 2008). As considerações que envolvem a ecologia funcional se baseiam no grupo funcional, definido como um conjunto de espécies que têm características ecofisiológicas, ou seja, atributos funcionais semelhantes que estariam relacionados, direta ou indiretamente, à capacidade dessas espécies em se dispersar, estabelecer, crescer e persistir num dado ambiente (Héroult, 2007).

Os atributos funcionais são quaisquer características morfológicas, fisiológicas ou fenológicas que afetam o desempenho dos indivíduos em um determinado ambiente (Violle *et al.*, 2007; Kraft *et al.* 2008). A abordagem focada nos atributos funcionais tem sido muito utilizada para entender os processos determinantes na estruturação das comunidades (McGill *et al.* 2006; Rosado, 2007), competição, filtros ambientais e elucidação das adaptações destes organismos.

A determinação da composição de espécies de uma comunidade local, que pertençam ao mesmo nicho funcional, sugere dois processos que afetam esta composição: limitação de similaridade de caracteres (Weiher, 1998) e a filtragem ambiental (Keddy, 1992).

Dependendo das limitações filogenéticas, as influências dos fatores sobre as mesmas, e a competição entre espécies coexistentes podemos encontrar nos vegetais diferentes soluções para o mesmo problema, fato que explica a alta diversidade de formas em ambientes similares (Keddy, 1992) e a divergência de caracteres.

Já os padrões diferenciados de respostas dos vegetais são causados pelas limitações do meio físico e biótico (filtros ambientais) e pelo balanço entre diferentes objetivos que não poderiam ser atingidos ao mesmo tempo (Pillar, 1993). Os filtros ambientais, ao selecionarem as espécies que irão ocorrer em um determinado local, limitam o número de estratégias ecológicas possíveis por condições ambientais restritivas. Essas adaptações às características do meio tendem levar a uma convergência, pois é uma força contrária à limitação de similaridade de determinados atributos funcionais dentro da comunidade (Weiher, 1998).

## 1.2 Mecanismos de tolerância à inundação

Os ambientes com solos inundáveis ou solos hidromórficos, promovem condições de anaerobiose (Liao & Lin, 2001). O decréscimo de oxigênio, característico nestes solos, promove condições de hipoxia e anoxia (Dias - Filho, 2006; Peñas - Fronteras *et al.*, 2009). Ambas as condições exigem dos vegetais uma série de adaptações para a colonização dos ambientes inundados, de forma a otimizar o estabelecimento e a sobrevivência nesse ambiente inóspito (Scarano *et al.*, 1997).

Geralmente, as espécies mais tolerantes ao alagamento evitam a hipoxia, desenvolvendo um sistema eficiente de transporte de gases da parte aérea às raízes submersas (Ishida *et al.*, 2002). Os mecanismos de tolerância das plantas ao alagamento do solo baseiam-se em uma série de características e estratégias que melhoram a troca de gases e mantêm a produção de energia pela planta (Amstrong *et al.*, 2004; Caetano, 2006).

Diferentes processos de adaptação à inundação são descritos para Angiospermas. Quando as raízes estão em condições de anoxia (e/ou hipoxia), observa-se nestas plantas, o desenvolvimento de aerênquima, lacunas originadas no tecido parenquimático que concentra grandes volumes gasosos intercelulares de O<sub>2</sub>, podendo ser encontrado nas raízes, rizomas, nódulos, caules, pecíolos e folhas (Drew *et al.*, 1979, 2000; Drew, 1997; Mattoo & Suttle, 1991; Clark *et al.*, 1999; Schiefelbein, 2000; Buer *et al.*, 2003; Lee *et al.* 2010). A formação do aerênquima tem seu início com a produção endógena de etileno que ocorre através de dois processos: lisogênese (Drew *et al.*, 1979) e esquizogênese (Blom & Voeseneck, 1996).

O aerênquima reduz a resistência interna ao transporte de O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e vários metabólitos gasosos, como o CO<sub>2</sub> e etileno, entre as partes aéreas e das raízes. O transporte de O<sub>2</sub> pelo aerênquima diminui os riscos de anoxia quando a planta está com o seu sistema radicular inundado ou completamente submerso e ainda promove a desintoxicação da rizosfera de substâncias formadas em solos reduzidos, como óxidos ferrosos e manganosos devido à falta de O<sub>2</sub> pelas raízes (Thomas, 2004).

Ainda em relação ao etileno alguns autores indicam este fitormônio como responsável por regular respostas a condições adversas a hipoxia e ataques patogênicos. Pode atribuir aos vegetais uma maior taxa de crescimento das raízes, incluindo também a formação de raízes adventícias, raízes em cabeleira e gravitropismo (Drew *et al.* (1979); Mattoo & Suttle (1991); Clark *et al.* (1999); Schiefelbein (2000); Buer *et al.* (2003)) e Lee *et al.* (2010)).

Com o baixo teor de oxigênio, algumas plantas podem ter respostas na parte aérea, de modo a influenciarem na produção de clorofila *a* e *b*, carotenóides, e na produção de ATP, comprometendo o crescimento geral do vegetal e apresentando clorose (Drew, 2000), pois a inundação afeta importantes processos associados com absorção e assimilação do CO<sub>2</sub> (Alves *et al.* 2002). O estresse causado pela inundação pode trazer mudanças nos fotossistemas antes mesmo de qualquer mudança visível ser evidenciada nas folhas (Naumann *et al.*, 2008).

A diminuição na taxa de fotossíntese tem sido atribuída à redução da condutância estomática e das taxas de transpiração (Terazawa *et al.* 1992; Atkinson *et al.* 2008). O fechamento estomático aumenta a possibilidade de sobrevivência da planta, pois reduz a demanda de água e nutrientes forecida pela atividade da raiz e, ainda, a absorção de nutrientes tóxicos (Jackson & Drew, 1984).

De outro modo, em algumas espécies de ambiente em inundação parcial, não é observado o fechamento estomático (Atkinson *et al.*, 2008). Dada as circunstâncias de redução das taxas de transpiração e da condutância estomática provocadas pelo estresse da inundação (Terazawa *et al.*, 1992; Atkinson *et al.*, 2008), alguns vegetais apresentam um aumento significativo na densidade estomática (Vartapetian & Jackson, 1997; Henrique *et al.*, 2009). Esta é uma estratégia utilizada para algumas plantas de ambiente inundado para aumentarem suas taxas fotossintéticas e assim melhor tolerarem a condição de estresse (Batista *et al.*, 2008).

A níveis morfológicos é possível observar a redução da área foliar (Else *et al.* 1996) e mudanças nos teores de água nas folhas que influenciam diretamente nos valores de espessura foliar (Kluge & Ting, 1978), evidenciando estresse causado pela inundação. Nota-se que mediante o alagamento, as plantas apresentam menor succulência e maiores massas por unidades de área, estratégias esta que visam obter um maior investimento de carbono por unidade de área.

Witkowski & Lamont (1991) afirmam que plantas que se apresentam em estresse devido à inundação tendem a ter em suas folhas uma menor espessura e uma menor densidade, pois há maiores espaços intercelulares (aerênquima). Vile *et al.*, (2005) ressalta que a fração de volume ocupada pelo aerênquima foliar geralmente apresenta uma co-variância com a fração de volume ocupado pela parede celular da matriz, sendo responsável por esta menor densidade.

A habilidade da planta em desenvolver-se em solo inundado pode ser determinada também pela eficiência com que esta ajusta sua atividade fisiológica ao ambiente, visando à

maior aquisição de carbono (Dias-Filho, 2006). A natureza dessas respostas varia grandemente entre espécies, ou mesmo dentro da mesma espécie (diferentes ecótipos), de acordo com a capacidade de aclimação (plasticidade) em função da intensidade do estresse (Dias-Filho, 2006; Scarano *et al.*, 1994).

Valores de carboidratos indicam alguns aspectos do metabolismo do carbono e como este vegetal se comporta em diferentes situações ambientais. Nos ambientes inundados devido à redução dos assimilados de carbono da via fotossintética (Kalashnikov *et al.*, 1994; Yordanova & Popova, 2007), há redução da alocação dos carboidratos para o sistema radicular em comparação a parte aérea (Yamamoto *et al.*, 1995; Dias-Filho & Carvalho, 2000), alterando a relação de biomassa raiz: parte aérea.

O suprimento de carboidratos e a regulação do metabolismo energético são importantes na superação do estresse hipóxico (Andreev *et al.*, 1991; Schluter *et al.*, 1996). Em muitas espécies há intensificação da via glicolítica resultando no aumento do consumo de açúcares. Desse modo, muitas espécies de ambientes inundáveis acumulam açúcares (Barta, 1987; Barret-Lennard *et al.*, 1998; Schluter *et al.*, 1996), aminoácidos (Reggiani *et al.* 1988; 2000), frutanos (Albrecht *et al.*, 1993; Schluter *et al.*, 1996) e amido (Barta, 1987).

As reservas de amido são consideradas de fácil mobilização durante a inundação do solo e podem prover rapidamente os açúcares para o metabolismo aeróbico (Perata *et al.* 1992). A quantidade de amido diminui marcadamente nos períodos de inundação aumentando os teores de monossacarídeos (Liao & Lin, 2001).

Contudo, o transporte de fotoassimilados até as raízes diminui devido à redução da diminuição do ATP disponível para o transporte ativo do floema gerando colapso do sistema de transporte de fotoassimilados, diminuindo a taxa fotossintética das folhas que mesmo assim acumulam amido (Hsu *et al.* 1999).

Como estratégia de tolerância a inundação, é descrito o acúmulo de reservas para manter a homeostase e não afetar outras vias metabólicas e redução da fotossíntese, se justificando a diminuição na taxa de crescimento e taxas metabólicas das raízes (Sousa, 2001). Contudo alguns autores descrevem a razão do acúmulo de reservas, mesmo sobre o vegetal sobre o estresse da inundação se dá pela diminuição na taxa de respiração; Algumas espécies têm na intensificação da glicólise e no aumento da demanda por reservas, o acúmulo prévio dessas reservas, que poderia ter maior eficiência metabólica em níveis reduzidos de oxigênio (Hsu *et al.* 1999; Perata *et al.*, 1992, 2007).

### 1.3 Solos ácidos e mecanismos vegetais de tolerância

Perfis de solo de restingas encontram-se descritos e caracterizados em várias publicações (Brasil, 1958, 1968; Embrapa, 1979, 1980, 1987; Projeto Radambrasil, 1983; Gomes *et al.* 1999) e englobam solos classificados como Podzóis Hidromórficos e Areias Quartzosas Marinhas.

No tocante aos parâmetros físicos, segundo Gomes *et al.* (1999), em 102 horizontes de perfis de solos de restinga analisados por vários levantamentos de solos ao longo da costa brasileira, a fração areia grossa (de 2,00 a 0,20 mm) correspondeu em média a 64,4% do total do sedimento, a fração areia fina (de 0,20 a 0,05 mm) a 29,7% e a fração silte (de 0,05 a 0,002 mm) apenas 3,0%. As somas das três frações totalizaram em média 97,2%, dando uma idéia da importância de sedimentos com a granulação mais grosseira para composição destes solos (Brasil, 1960, 1968, 1972, 1975; Embrapa, 1978, 1979, 1980, 1987; Projeto Radambrasil, 1981; Gomes *et al.* 1999).

Em relação à natureza química, os solos de restingas apresentam níveis elevados de acidez (Santos, 2007), condição na qual se dispõe a maioria dos solos tropicais (Fageria, 1998). Além disso, em solos hidromórficos são encontradas alterações eletroquímicas decorrentes da inundação, como a diminuição do potencial redox e o aumento do pH (Camargo *et al.*, 1999). Em pH ácidos muito ácido ou extremamente ácido (anexo 1), a maior parte dos nutrientes (K, Ca, Mg, N, S, B e P) fica menos disponível e alguns íons, macro e micronutrientes como Fe, Cu, Mn e Zn possuem o comportamento inverso, devido a alterações no potencial oxidação-redução, tendo níveis muito elevados e tóxicos (Camargo *et al.*, 1999; Nunes *et al.* 2004)

Os solos hidromórficos e sua natureza ácida trazem aos vegetais dificuldades em seu estabelecimento devido às condições adversas (Marin *et al.*, 2006) que apresentam, como baixa capacidade de troca catiônica (CTC) (Camargo *et al.*, 1999), altos teores de  $H^+$  e  $Al^{3+}$  ativos na solução do solo (Baligar *et al.*, 2001), capacidade da fase sólida do solo em absorver ânion, especialmente o íon fosfato (Camargo *et al.*, 1999) e baixa atividade orgânica e biológica na fração do solo (Baligar *et al.*, 2001; Nunes *et al.* 2004). Estas limitações exigem adaptações específicas para absorção e utilização dos nutrientes necessários para o crescimento e estabelecimento de seu processo fisiológico (Fageria *et al.*, 1997).



Alguns fatores de tolerância de vegetais a acidez de solos foram descritos por Goedert *et al.* (1997) e Baligar *et al.* (2001) e se destacam: altos teores de sílica na planta, associado com a tolerância do alumínio (alguns vegetais tolerantes ao alumínio conservam ou guardam este alumínio não afetando o desenvolvimento da raiz e as funções do sistema radicular); mudanças no pH na rizosfera da raiz; tolerância ao alumínio com o aumento do pH no crescimento médio; baixa translocação do alumínio para as partes aéreas dos vegetais; acumulação de alumínio na raiz e translocação para a parte aérea numa menor taxa do que as plantas sensíveis; o alumínio no sistema radicular não inibe a absorção de cálcio, magnésio e potássio nas variedades tolerantes, enquanto que isto ocorre nas plantas sensíveis.

#### 1.4 Estudos ecofisiológicos de samambaias no Brasil

Desde 1979, Page destaca que estudos referentes à biologia das espécies na pteridologia são extremamente escassos. A maior parte da literatura sobre samambaias e licófitas envolve as áreas da morfologia e sistemática, onde somente quantidades reduzidas destes trabalhos possuem abordagens ecológicas (Chandra, 1982).

As samambaias em suas alternâncias de gerações (gametofítica e esporofítica) apresentam diferentes estratégias morfológicas e fisiológicas. Apesar destas diferenças, os estudos fisiológicos em samambaias no Brasil estão concentrados nos esporos e gametófitos (Colli & Perez, 2005; Esteves & Felipe, 1985; Esteves *et al.*, 1985; Filippini *et al.*, 1999; Hiendlmeyer & Randi, 2007; Leite *et al.*, 2005; Randi, 1989, 1996; Randi & Brum, 2002; Randi & Crozier, 1991; Randi & Felipe 1988, a, b, c, d, e, f, g; Randi *et al.*, 2006; Randi & Renner, 2004; Rogge *et al.*, 2000; Silva & Simabukuro, 2005; Simabukuro *et al.*, 1991, 1998 a, b).

As abordagens fisiológicas da fase esporofítica estão limitadas a apenas alguns trabalhos. Ranal (1995) descreveu o estabelecimento de pteridófitas em mata mesófila semidecídua do Estado de São Paulo. Paula (1996) caracterizou as estratégias adaptativas de sete espécies de pteridófitas ocorrentes nos campos rupestres da Serra da Piedade, Caeté, MG. Moraes & Silva (1998) registraram as trocas gasosas referentes a duas espécies de samambaias epífitas durante um dia nublado na estação chuvosa. Randi & Brum (2006) elucidaram a eficiência na germinação de esporos e crescimento de gametófitos e esporófitos de *Rumohra adiantiformis* (Forst.) Ching (Dryopteridaceae) após armazenamento criogênico dos esporos. Boeger *et al.* (2007) avaliaram a variabilidade fenotípica de *Rumohra adiantiformis* (G. Forst) Ching (Dryopteridaceae) com

hábitos e ambientes de ocorrência distintos e Viviani & Randi (2008) avaliaram como o efeito do pH, temperatura e intensidade luminosa influenciam na germinação dos esporos, além da análise de crescimento de esporófitos jovens de *Polypodium lepidopteris* (Polypodiaceae).

Alguns trabalhos demonstram que as samambaias e licófitas apresentam alto grau de variabilidade entre populações ou, até mesmo, dentro de um único indivíduo (Boeger *et al.* 2007). Page (2002) ainda afirma que samambaias e licófitas apresentam um grande potencial de estudos ecofisiológicos, devido à plasticidade fenotípica destes vegetais frente às condições abióticas, bem como as particularidades de suas histórias evolutivas e suas habilidades inatas que são restritas aos *taxa*.

Contudo, quando investigamos que tipos de características morfo-fisiológicas samambaias e licófitas adotam para sobreviver em ambientes inundados, se há variações nas estratégias adaptativas entre as populações que são tolerantes a inundação no tocante ao comportamento ecofisiológico, e se as diferentes populações de samambaias se estruturam de forma a convergirem ou divergirem em suas estratégias ecofisiológicas, existe uma lacuna na literatura científica. No Brasil, não há contribuições ecofisiológicas de samambaias com o enfoque em ambientes inundáveis, pois o maior abrodagem tem sido dada a espécies arbóreas (Lobo & Joly, 1998; Scarano, 1998; Scarano *et al.*, 1997; Pimenta *et al.*, 1998; Okamoto & Joly, 2000, Duarte *et al.*, 2005).

Segundo Mehlreter & Palacios-Rios (2003) a maior causa de existirem poucos trabalhos ecológicos com este grupo, seria o fato de as árvores e arbustos apresentarem maior interesse econômico. Ainda assim, mesmo as samambaias e licófitas com elevada importância econômica são pouco estudadas. Tal fato, na verdade, pode ser resultado do pequeno número de pesquisadores com estudos voltados para o grupo, em comparação aos estudiosos das angiospermas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Gerais

Caracterizar as estratégias ecofisiológicas dos esporófitos de três espécies de samambaias submetidas à inundação na restinga de Maricá, Rio de Janeiro.

### 2.2 Específicos

- Investigar a variação sazonal/ambiental dos atributos foliares funcionais, tais como suculência, massa da folha por unidade de área e densidade foliar;
- Comparar diferenças quantitativas sazonal/ambiental entre as células epidérmicas;
- Quantificar o teor de clorofilas *a*, *b* e clorofila total em distintos ambientes e estações;
- Avaliar a concentração de carboidratos solúveis e amido em diferentes órgãos, estação e ambiente;
- Relacionar os parâmetros físicos e químicos do solo com o estabelecimento das samambaias;
- Comparar a estrutura populacional de *Blechnum serrulatum* em ambientes distintos.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Área de estudo

##### 3.1.2 Área de Proteção Ambiental de Maricá

A Área de Proteção Ambiental (APA) de Maricá está inserida no município de Maricá, entre as coordenadas 22°52' a 22°54'S e 42°48' a 42°54'W, com uma área total de 8,3 km<sup>2</sup>. A APA de Maricá (Fig. 2a, b e c) foi criada através do Decreto Estadual n°7.230 de 23 de abril de 1984 e nela há uma vegetação de restinga, com cobertura vegetal relativamente preservada, nos cordões interno e externo da restinga da Barra de Maricá (Araujo, 2000).



Figura 2 - Restinga de Maricá (RJ).

Legenda: 2(a)Localização do município de Maricá no mapa do estado do RJ. 2(b) Imagem aérea da Restinga de Maricá – APA de Maricá. 2(c) Imagem de satélite da Apa de Maricá.

Fonte: 2(a) IBGE, 2(b) Foto de Désirée Guichard Freire,2(c) Googlemaps.

### 3.1.2 Aspectos geomorfológicos da Restinga de Maricá

O decreto estadual nº 41.612 de 23 de dezembro de 2008, determinou as restingas do Estado do Rio de Janeiro como planícies arenosas costeiras de origem marinha, que abrangem praias, cordões arenosos, dunas, depressões entre-cordões e depressões entre-dunas com respectivos brejos, charcos, alagados e lagoas, cuja vegetação e fauna estão adaptadas às condições ambientais locais.

Segundo Oliveira *et al.* (1955), a formação da restinga de Maricá, ocorreu após a Era Cenozóica, período Terciário. Onde eram antigas baías, enseadas, sacos oceânicos, abertos ao mar, hoje são lagoas completamente separadas do oceano pela faixa de areia. A restinga de Maricá se estende de Itaipuaçu até Ponta Negra; no período terciário existia somente a Baía de Maricá (Terciária), as ilhas de Zacarias (Terciária). O esporão de areia foi crescendo de Itaipuaçu, de oeste para leste, foi fechando até o Zacarias (ilha que se transformou em península), e este processo se estendeu até Ponta Negra. Então a “Baía de Maricá” da época terciária transformou-se na atual Lagoa de Maricá e a restinga é uma formação quartenária composta principalmente de areia.

A restinga de Barra de Maricá apresenta dois cordões arenosos separados por uma depressão, onde ocorre um brejo originado pelo afloramento do lençol freático. Estes cordões resultaram de dois episódios da última regressão marinha; o cordão interno foi formado aproximadamente entre 5.000 e 5.500 anos e o externo em torno de 3.500 anos (Perrin, 1984). O perfil topográfico da área mostra diferenças de altura e largura entre os dois cordões.

### 3.1.3 Dados climatológicos sobre a Restinga de Maricá

O clima da região de Maricá foi classificado por Nimer (1972) como tropical quente, super úmido, com subseca. Estudos relacionados com a caracterização macroclimática de Maricá, ao longo do período de 1989 a 2000, mostram que a temperatura mínima do ar é menor no inverno (8,6 °C a 15,2 °C), sendo julho o mês mais frio (sempre abaixo de 15 °C). As maiores temperaturas são registradas no verão, com suas médias entre e 29,2 °C e 37,3 °C, sendo o fevereiro mês mais quente (com temperaturas sempre maiores de 33 °C, chegando a

37,7 °C). A precipitação pluviométrica média anual é de 1.230,8 mm, concentrada no verão, com 69,2% das chuvas do ano (com a maior precipitação ocorrendo entre os meses de fevereiro e março) (Pereira *et al.*, 2001) e reduzida no inverno, com o mês de maior estiagem agosto (Gomes *et al.*, 2008).

Correia e colaboradores (2005, 2006) dividem o clima da Restinga de Maricá em duas estações: uma de novembro a abril com chuvas frequentes e maiores temperaturas e outra de maio a outubro, menos úmida e com temperaturas mais amenas.

### 3.2 Espécies selecionadas para estudo

Foram selecionadas para este estudo três espécies que apresentam alta frequência nas formações inundáveis das restingas fluminenses (Santos, 2007): *Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch. (Pteridaceae), *Blechnum serrulatum* Rich. (Blechnaceae) e *Thelypteris interrupta* (Willd.) K.Iwats (Thelypteridaceae).

#### 3.2.1 *Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch. (Pteridaceae)

É uma espécie de samambaia que cresce nas margens de lagoas e brejos, também ocorrendo dentro das formações florestais em clareiras alagáveis (Fig. 3a, b e c). Esta espécie apresenta hábito caméfito, suas folhas são pinadas e os soros acrosticóides. Esta espécie possui altura (tanto as frondes férteis quanto as estéreis) até três metros, sendo as pinas estéreis mais compridas e mais largas que as férteis (Santos, 2007).

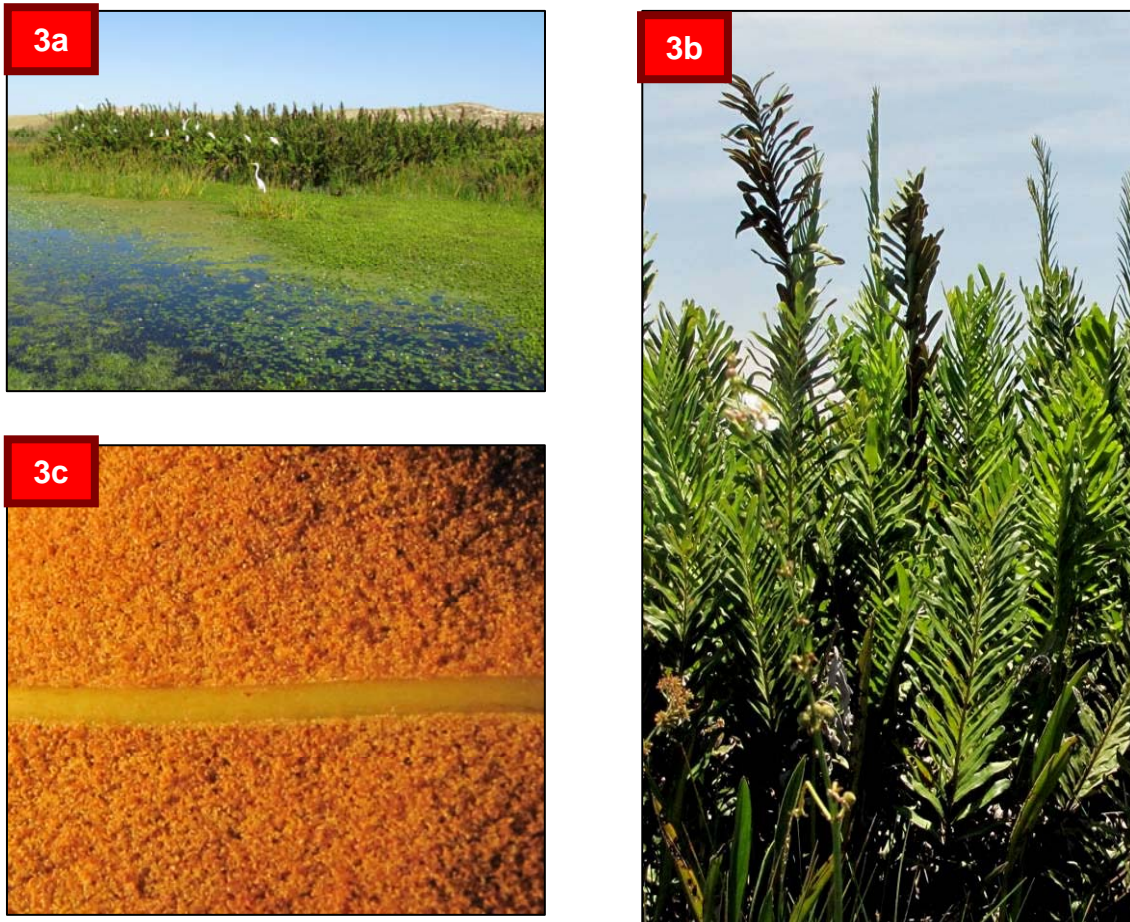


Figura 3- *Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch (Pteridaceae).  
 Legenda: 3(a) *Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch na Restinga de Maricá. 3(b) Vista da espécie em brejo da Restinga de Maricá; Habito de *Acrostichum danaeifolium*. 3(c) vista muito aproximada dos soros.

### 3.2.2 *Blechnum serrulatum* Rich. (Blechnaceae)

Espécie geófita rizomatosa, com folhas 1-pinadas sendo estas pinas articuladas à raque e soros com indúcio presente de cada lado da costa (Fig. 4a, b e c). Sua ocorrência pode estar associada, tanto em clareiras naturais, quanto em áreas impactadas tais como, margens das estradas, em áreas degradadas dominadas por *Typha dominguensis* Pers. (Typhaceae) e nas matas que foram submetidas ao corte seletivo ou que sofreram degradação. É interessante ressaltar que esta espécie pode ser encontrada em ambientes secos ou encharcados, como brejos, margens de canais e lagoas e, na maioria das vezes, comportam-se como espécie invasora. O rizoma, frequentemente, pode crescer a mais de 20 cm de profundidade e é um dos fatores da permanência desta espécie, mesmo em condições adversas, tais como queimadas, corte raso da vegetação e deficiência hídrica (Santos, 2007).



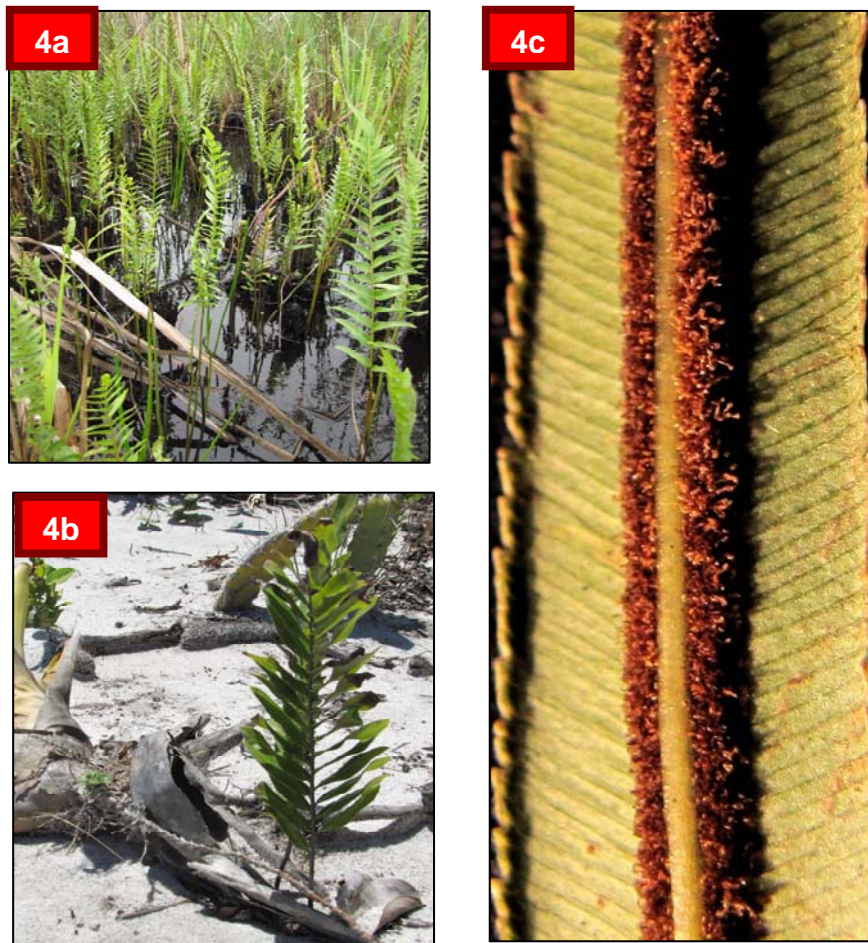


Figura 4 – *Blechnum serrulatum* Rich. (Blechnaceae).

Legenda: 4(a) *Blechnum serrulatum* em brejo na Restinga de Maricá. 4(b) *Blechnum serrulatum* na beira das moitas do 2º cordão arenoso da restinga de Maricá. 4(c) Detalhes dos soros.

### 3.2.3 *Thelypteris interrupta* (Willd.) K. Iwats (Thelypteridaceae)

Espécie que pode possuir tanto o hábito geófito rizomatoso ou ocorres como hemicriptófita reptante. Possui folhas 1-pinado-pinatífidas com tricomas glandulares alaranjados no lado abaxial, soros arredondados confluentes (Fig. 5a, b e c). É encontrada nas formações de mata periodicamente inundada, mata permanentemente inundada, vegetação aquática e também nas áreas alteradas (Santos, 2007).





Figura 5 - *Thelypteris interrupta* (Willd.) K. Iwats (Thelypteridaceae).  
 Legenda: 5(a) *Thelypteris interrupta* em brejo na Restinga de Maricá. 5(b) Vista da face abaxial da fronde de *Thelypteris interrupta*. 5(c) Detalhes da disposição dos soros.

### 3.3 Amostragem das samambaias

Para todas as variáveis de análise dos vegetais foram feitas duas coletas: a primeira realizada na estação chuvosa (janeiro de 2010) e a outra realizada na estação seca (agosto de 2010). Todas as amostragens foram feitas em indivíduos estéreis de cada espécie coletada. Para garantir que cada indivíduo coletado tivesse seus órgãos produzidos na estação de interesse, cada um teve seu báculo marcado no início de cada estação, com posteriores coletas no auge das mesmas (janeiro e agosto).

Próximo aos dois cordões arenosos (cordão interno e externo) da restinga da Barra de Maricá, existe em extensão de larguras variáveis, pequenas lagunas, brejos e poças, todas caracterizadas por alagamento temporário (Muehe, 1984). No brejo entre o cordão arenoso interno e a lagoa de Maricá foram coletados *Blechnum serrulatum* (inundado) e *Thelypteris interrupta*. Já entre os cordões arenosos, interno e externo foi coletado *Acrostichum danaeifolium*.

Podemos encontrar ainda, no cordão arenoso interno (na margem de vegetação arbustiva fechada) uma população de *Blechnum serrulatum* não inundado, pequena e restrita.

A fim de analisar e comparar o perfil ecofisiológico destas samambaias de ambiente inundado e de ambiente seco as análises destas populações foi pertinente a este trabalho

### 3.3.1 Densidade de células epidérmicas e estomáticas

O estudo anatômico das epidermes foi realizado com materiais fixados, no local da coleta, em F.A.A. 70 % (Johansen, 1940) por 72 horas e, posteriormente, conservado em álcool 70 %. Foram utilizadas pinas adultas, estéreis coletadas no terço médio das frondes. Para descrever os caracteres da superfície das epidermes de todas as espécies em questão, fragmentos foliares de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup>, provenientes da região mediana de cada pina coletada, foram dissociados utilizando-se 30 ml ácido nítrico concentrado e 0,25 mg de cloreto de potássio, submetidos à temperatura de 60 °C (Jensen, 1962) sobre placa aquecedora até se obter a dissociação da epiderme.

Para determinação da densidade estomática (estômatos mm<sup>2</sup>), densidade de células epidérmicas propriamente ditas (número de células mm<sup>2</sup>) foi realizada observações em 25 campos para cada face epidérmica, com área correspondente a 0,05 mm<sup>2</sup>.

### 3.3.2 Atributos foliares: Suculência, massa da folha por unidade de área, espessura e densidade foliar

Para as análises dos atributos foliares de capacidade máxima de água na pina (suculência (SUC)), massa da folha por unidade de área (MFA), espessura (ESP) e densidade foliar (DEN) foram retiradas, em campo, dez pinas estéreis de indivíduos diferentes de cada uma das espécies em estudo. De cada uma das pinas foi retirada a nervura central, com o auxílio de tesoura, pois esta pode ter uma densidade maior de tecidos, o que tornaria a amostra heterogênea. Logo após a retirada da nervura central os limbos foliares das pinas foram imediatamente digitalizados com Escâner HP Photosmart C3180 e a área foliar estimada com auxílio do programa Scion Image®.

Subseqüentemente, as pinas foram hidratadas com água destilada, dentro de tubos de ensaios tampados por um período máximo de 24 horas. Após a hidratação, a espessura

(milímetros) foi medida com paquímetro digital ( $\pm 0,01$  mm) em 3 pontos da pina (base, terço médio e ápice) sendo a espessura a média destes 3 pontos. A massa saturada (MT) foi aferida com uma balança eletrônica digital (0,001g) modelo Sartorius Cubis®. As pinas hidratadas foram colocadas em estufa a 60 °C por 72 horas para obtenção da massa seca (MS). A partir destes valores, foram calculados:

$$\text{Suculência (g.cm}^{-2}\text{)} = \text{MT} - \text{MS} / \text{Área (1)}$$

Equação (1) - Fórmula para suculência descrita por Kluge & Ting (1978). MT= massa saturada; MS= massa seca.

$$\text{Massa da folha por unidade de área (g.cm}^{-2}\text{)} = \text{MS} / \text{Área (3)}$$

Equação (2) - Fórmula para massa da folha por unidade de área descrita por Witkowski & Lamont (1991). MS= massa seca.

$$\text{Densidade (g.cm}^{-3}\text{)} = \text{MFA} / \text{ESP (3)}$$

Equação (3) - Fórmula para massa da folha por unidade de área descrita por Witkowski & Lamont (1991). MFA= massa de folha por unidade de área; ESP= espessura.

### 3.3.3 Concentrações de clorofilas

As primeiras análises de clorofila a, b, ou total em tecidos vegetais foram realizadas com o extrator em acetona a 80% (Inskeep & Bloom, 1985). No entanto, alguns autores alertam que esse solvente pode trazer alguns inconvenientes tais como: a lentidão do processo, principalmente quando se realiza a maceração associado a um elevado número de amostras e a evaporação da acetona durante e depois da extração fazendo com que haja uma grande quantidade de perda da acetona utilizada, gerando alterações de volume que podem prejudicar a acurácia e reprodução do método (Porra *et al.*, 2002; Stiegler *et al.*, (2004); Moran & Porath, 1980; Moran, 1982; Inskeep & Bloom, 1985; Suzuki & Ishimaru, 1990). Além disso, estes métodos não somente aumentam os erros de quantificação da clorofila, como a micro contaminação pelos produtos da degradação da clorofila, tendo uma inconstância em potencial para a determinação destas (Porra *et al.*, 2002).

Moran, (1982) relata que métodos similares ao da acetona a 80% também acarretam algumas desvantagens para extração de clorofila. Os métodos descritos utilizando etanol incluem várias repetições de extração em um volume relativamente alto de extrator; outro método que é sugerido, utilizando o dimetilsulfoxida (DMSO) que tem como desvantagens a necessidade de se aquecer os tecidos vegetais até 60°C.

Stiegler *et al.*, (2004); Moran & Porath, 1980; Moran, 1982; Inskip & Bloom, 1985 sugerem então a utilização de outro solvente orgânico no lugar da acetona, a N, N-dimetilformamida (DMF). As vantagens do DMF seriam: rapidez, pois não é um solvente volátil, eficiência na extração, maior tempo de armazenamento sem significativa degradação dos pigmentos e poder ser realizado sem maceração ou centrifugação dos tecidos. Zotarelli *et al.*, (2003) observou que os discos do limbo foliar tratados com DMF, após 72 horas, apresentavam-se totalmente despigmentados, enquanto os discos tratados com acetona, mesmo após 104 horas, ainda apresentavam pontos com pigmentação verde, visíveis a olho nu, indicando uma menor eficiência de extração com acetona. Desse modo, optou-se no presente trabalho, pela utilização do DMF como solvente extrator das clorofilas.

Para as análises de clorofilas por área foliar foram retirados, ainda em campo, oito discos de dez frondes estéreis diferentes de cada uma das espécies em estudo. Cada disco possuía quatro mm de diâmetro e a soma dos oitos discos totalizava uma área total de um 1 cm<sup>2</sup>. Estes discos foram imediatamente colocados em tubo de ensaio com 5 ml de N, N-dimetilformamida (DMF). Os tubos foram cobertos com papel alumínio para evitar a degradação da clorofila pela luz durante o processo de extração.

Os tubos, quando recém chegados do campo, foram alocados em uma mesa agitadora (Incubadora refrigerada do tipo de bancada – CIENTEC C-712) com 50 rpm, para evitar a sobreposição dos discos, pois esta diminui a área de contato entre o disco foliar e o extrator, fazendo com que partes deste disco permaneça pigmentada. Os discos foliares foram mantidos em temperatura ambiente, durante três dias, onde pode-se observar a perda de cor dos discos foliares, indicando que houve total extração de clorofila (Chiou *et al.*, 2005).

As concentrações das clorofilas na solução de DMF foram medidas em espectrofotômetro (Hitachi – Modelo U-1900) sendo que os teores de clorofila *a*, *b*, total, *a/b* foram estimados por equações pré-determinadas (Moran, 1982) descritas a seguir:

$$Ca = 12,64 \cdot A_{664} - 2,99 \cdot A_{647} \quad (4)$$

Equação (4) - Fórmula para clorofila *a* (Ca) (Moran, 1982); Ca = clorofila *a*, A= absorvância.

$$C_b = -5,6. A_{664} + 23,26. A_{647} \quad (5)$$

Equação (5) - Fórmula para clorofila *b* ( $C_b$ ) (Moran, 1982);  $C_b$  = clorofila *b*,  $A$  = absorvância

$$C_t = C_a + C_b \quad (6)$$

Equação (7) - Fórmula para clorofila total ( $C_t$ ) (Moran, 1982);  $C_t$  = clorofila *t*.

$$C_{a/b} = C_a / C_b \quad (7)$$

Equação (7) - Fórmula para relação entre percentual de clorofila *a/b* ( $C_{a/b}$ ) (Moran, 1982);  $C_{a/b}$  = razão então entre clorofila *a/b*.

### 3.3.4 Teores de carboidratos solúveis e amido

Foram coletados, de cinco indivíduos diferentes, folhas estéreis e caule de cada uma das espécies estudadas. Ainda em campo, as amostras foram embaladas em sacos de papel, enumeradas e imediatamente encaminhadas para caixa térmica com gelo seco. No laboratório, foram colocadas em estufa a 80° C por 1 hora e posteriormente a 60° C até atingirem peso constante. As amostras foram trituradas em liquidificador e peneiradas três vezes em peneira de 1 mm<sup>2</sup> a fim de se obter uma melhor homogeneização do material vegetal.

Para as extrações foram separados 0,1g de matéria seca de cada órgão vegetal processado. Os carboidratos solúveis foram extraídos com 5 ml de etanol 80% em banho maria a 80° C durante cinco minutos. Após esse procedimento, o extrato foi centrifugado a 7000 rpm durante 10 min e o sobrenadante foi reservado. Ao *pellet* foi adicionado 5 ml de etanol 80% e o procedimento descrito foi repetido duas vezes e os sobrenadantes reunidos.

Em seguida, foi adicionado 5 ml de água destilada neste material que foi homogenizado e colocado em banho-maria por 60° C por 30 min, sendo em seguida centrifugado e adicionado aos outros sobrenadantes que foram posteriormente alocados. Esta etapa se faz necessária para a retirada de carboidratos solúveis residuais (Pollock & Jones, 1979). Todos os sobrenadantes foram filtrados em tecido de vual transparente e o volume foi determinado. Após esta extração exaustiva de carboidratos solúveis o material vegetal foi levado à estufa a 60° C até obter a massa seca.

Para extração do amido, o material vegetal da etapa final das extrações de carboidratos solúveis foi retirado da estufa e foram feitas duas lavagens com 3,5 ml de água destilada e 4,5

de ácido perclórico 52% em banho de gelo por 30 min e posteriormente centrifugado a 7000 rpm por 30 min a fim de se obter alíquotas de sobrenadantes. Tendo todos os sobrenadantes, estes foram filtrados com tecido de vual transparente e o volume foi determinado.

A quantificação dos carboidratos solúveis totais (CST) foi feita colorimetricamente a 620 nm pelo método da antrona conforme descrito por Yem & Willis (1954), utilizando a glicose como padrão. A quantificação do amido (STR) foi feita colorimetricamente a 620 nm pelo método da antrona como descrita por McCready (1950), utilizando a glicose como padrão.

Para obtenção da curva padrão foram utilizadas concentrações crescentes e conhecidas de glicose com repetições de triplicatas cujas médias dos valores foram utilizadas. Os valores das absorbâncias (620 nm) de cada extrato foram utilizados para quantificação pela curva padrão, e os resultados foram expressos em mg de açúcar.  $\text{gMS}^{-1}$ .

### 3.3.5 Aspectos das populações de *Blechnum serrulatum*

As populações de *Blechnum serrulatum* estão dispostas na restinga de Maricá em dois ambientes distintos, um de inundação periódica e outro seco. A população que vive no ambiente inundado ocupa uma vasta extensão do brejo em diversos pontos da restinga enquanto a população que vive em ambiente seco possui somente uma população com uma área aproximada de 100 m<sup>2</sup>.

Para haver comparação do tamanho dessas populações foram feitos transectes de 50m em cada uma das populações e foi estimado o percentual de cobertura vegetal abrangendo uma área total de 100 m<sup>2</sup>. Foi executado este tamanho de transecte devido à restrição de uma das populações.

Foram distribuídos plots de 1 m<sup>2</sup>, onde foram identificados todos os indivíduos de *Blechnum serrulatum* e estimados visualmente os percentuais de cobertura vegetal por espécie (1 a 5, 5 a 10, 10 a 25, 25 a 50, 50 a 75 e 75 a 100) através de um gabarito de madeira de 0,1 m x 0,1 m que representa 1% da área total do plot. Os parâmetros calculados foram frequência relativa (%), cobertura relativa (%). Este procedimento tem sido adotado em outros trabalhos estruturais de restinga (Menezes & Araujo, 1999; Assumpção & Nascimento, 2000; Cordeiro, 2005).

Fr: Frequência do indivíduo/ total x 100 (8)

Equação (8) - Fr= Frequência relativa (Brower *et al.* 1997).

Co: Cobertura do indivíduo/cobertura total x 100 (10)

Equação (10) - Co= cobertura relativa (Brower *et al.* 1997).

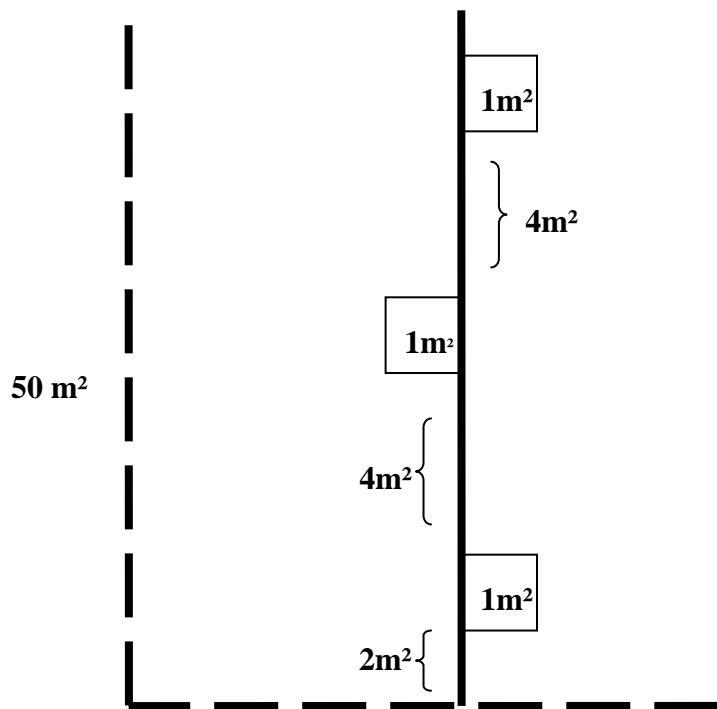


Figura 6 - Desenho experimental de uma parcela de 100 m<sup>2</sup> de área a linha de amostragem e os plots (1m<sup>2</sup>) por linha em disposição alternada.

### 3.3.6 Análises estatísticas

Foi empregado como testes estatísticos, o ANOVA (análise de variância) com  $p < 0,05\%$  sendo o pós teste de comparação múltipla de Turkey. Os resultados foram plotados em gráfico Box-Plot, sendo o Box delimitado pelo 1º e 3º quartis, que contêm 50% dos dados e a mediana é representada pela linha horizontal interna do Box. As linhas horizontais mais externas representam os valores mínimos e máximos. Para as análises e confecção gráfica foi utilizado o programa Graph Pad Prism versão 5.0.

### 3.4 Amostragem de solo

Foram selecionados três sítios de amostra para a análise física e química do solo: o primeiro foi o sítio onde foram coletadas as amostras da população de *Blechnum serrulatum* em ambiente seco (SBS); O segundo foi o local alagado onde foram coletadas as amostras *Blechnum serrulatum* e *Thelypteris interrupta* (SBT). O terceiro sítio de coleta é o local inundado onde foram coletadas as amostras da população de *Acrostichum danaeifolium* (SAD).

Utilizaram-se amostras deformadas com auxílio de trado holandês de 20 cm. Foi definida a utilização da camada de 0-20 cm de profundidade para a interpretação dos níveis da fertilidade dos solos dos sítios estudados, pois nessa profundidade, os teores de nutrientes encontrados são mais relacionados com comportamento morfofisiológico dos vegetais (Lima, 2006). Para cada um dos sítios de coleta foi retirada três amostras ao acaso em uma área de 1m<sup>2</sup> (Embrapa, 1997). Cada amostra possuía aproximadamente 200 g totalizando aproximadamente 600 g de solo para as análises.

#### 3.4.1 Análises físicas e químicas

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análises de Plantas, Solo e Resíduos (LABFER) do Departamento de Solos da UFRRJ. As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Geologia (LABGEO) do Departamento de Geografia da Faculdade de Formação de Professores – (FFP - UERJ).

O solo foi seco ao ar e peneirado em malha 2 mm e encaminhado as TFSA (terra fina seca ao ar) para as seguintes análises: pH em água mol.L<sup>-1</sup>, acidez potencial (H<sup>+</sup> + Al<sup>+3</sup>), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), carbono orgânico (C org), nitrogênio total (N- total), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu).

As análises granulométricas das amostras foram realizadas utilizando dispersão total, pelo método da pipeta descrito pela Embrapa (1997). Nesta análise, a dispersão foi efetuada de forma mecânica (agitação rápida) e química (NaOH 0,5 mol.L<sup>-1</sup>). Na determinação da argila dispersa em água, utilizaram-se a dispersão mecânica e a água destilada. Empregou-se o método da pipeta (Day, 1965) para as determinações de silte e argila e para a areia.



## 4 RESULTADOS

### 4.1 Análises químicas e físicas do solo

Os resultados das análises químicas dos solos estudados, para os diferentes sítios encontram-se na tabela 1. Os resultados das análises físicas se encontram na tabela 4. As tabelas com os valores comparativos para pH, análises dos nutrientes do solo e as classes de textura e análise da fertilidade, que são descritos na literatura se encontram nos anexos A, B, C e D respectivamente.

Todos os sítios de coleta apresentaram solos extremamente ácidos (tabela 1). Sítios sobre inundação SAD e SBT apresentaram em geral valores mais elevados de alumínio e maiores valores para os Ca, Mg, K, Na, o que influenciou diretamente na soma das bases trocáveis (tabela 1), sendo o sítio AD o que apresentou os maiores valores entre os três sítios para este atributo.

Apesar de os parâmetros de capacidade de troca catiônica e saturação por alumínio terem sido os mesmos de solos com excelente fertilidade, a soma das bases trocáveis (quantidade total das bases é composta de sódio, cálcio, magnésio e potássio, que indicam se o solo possui nutrientes disponíveis para a planta) apresentou taxas muito restritas, fazendo com que os três sítios se apresentem como solos pobres em sua fertilidade (tabela 1).

Todavia, quando observados estes dados, considerando ainda o percentual de carbono orgânico e de nitrogênio total, (também foram maiores no sítio SAD), se percebe um gradiente de fertilidade do solo no qual segue este ordem: SAD > SBT > SBS.

A acidez relativa ( $H^{+1} + Al^{+3}$ ) foi elevada nos três sítios, não havendo diferença entre eles. Apesar disso, os valores de saturação por alumínio não teve o mesmo comportamento se mantendo baixo no sítio SAD e SBS e médio no sitio SBT (provavelmente devido à alta CTC-capacidade de troca catiônica).

Com exceção do cobre, todos os micronutrientes (ferro, zinco e manganês) apresentaram valores elevados, representando níveis tóxicos para as plantas. Destaque para os valores de ferro encontrado no SBT que extrapolaram em muito os limites descritos na literatura (tabela 1).

Os valores de Areia Grossa, Areia Fina e Argila classificam este solo com textura arenosa com baixo percentual de argila e silte e alta concentração de areia (anexo C).

Tabela 1 - Valores para análise química de sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), acidez potencial ( $H^{+1} + Al^{+3}$ ), alumínio (AL), soma das bases trocáveis (S), soma das bases potencial (T), saturação por bases (V), saturação de alumínio (m), saturação por sódio (n), nitrogênio total (N-total), pH água, carbono orgânico (C org), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn) e análise granulométrica, percentuais de areia grossa, areia fina, silte e argila para os três sítios de coleta.

Sítio de Coleta/ Elementos analisados		SBS	SBT	SAD
Análise química				
Na		0,012	0,04	0,13
Ca		1,5	1,0	4,0
Mg		0,5	0,8	1,7
K		0,01	0,01	0,01
$H^{+1}+Al^{+3}$		5,3	5,1	15,7
Al		0,3	0,7	0,9
S		2,02	1,85	5,84
T		7,32	6,97	21,54
V		28	27	27
m		11,0	27,4	12,7
N		0	1	1
C org		4,25	4,94	8,36
N - total	g/kg	0,65	1,36	3,95
pH <sub>água</sub>	1:2,5	4,6	4,1	4,8
P	mg/L	4	4	6
K		2	4	5
Fe		19	623	136
Cu		0	1	0
Zn		4	9	12
Mn		10	4	8
Análise granulométrica				
Areia Grossa		84,5	96,3	92,6
Areia Fina		6,02	0,59	6,02
Silte		8,5	2,2	5,4
Argila		0,894	0,968	0,966

Tabela 2 - Resultados da interpretação dos parâmetros químicos e físicos dos três sítios de coleta de solo.

Característica	SAD	SBT	SBS
Ca	Alto	Baixo	Médio
MG	Alto	Médio	Baixo
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Alto	Alto	Alto
Al	Médio	Médio	Baixo
S	Alto	Médio	Baixo
T	Alto	Médio	Médio
V	Baixo	Baixo	Baixo
M	Baixo	Médio	Baixo
pH <sub>água</sub>	Extremamente ácido	Extremamente ácido	Extremamente ácido
Corg	Alto	Média	Média
P	Baixo	Baixo	Baixo
K	Baixo	Baixo	Baixo
Fe	Alto	Alto	Alto
Cu	Baixo	Baixo	Baixo
Zn	Alto	Médio	Médio
Mn	Alto	Médio	Alto
Textura	Textura arenosa	Textura arenosa	Textura arenosa

#### 4.2 Células epidérmicas

Todas as espécies analisadas possuem pinas hipostomáticas. Os estômatos se dispõem de modo ordenado, no sentido longitudinal das demais células epidérmicas.

*Acrostichum danaeifolium* possui estômatos do tipo anomocíticos e polocíticos na face abaxial das pinas (Fig. 7), com as células-guarda se dispondo mais elevadas em relação às demais células epidérmicas. Em vista frontal as paredes das células epidérmicas possuem o formato retangular com paredes anticlinais levemente sinuosas, principalmente nas paredes de maior tamanho. A vista da face adaxial de AD (*Acrostichum danaeifolium*) (Fig. 7b) exhibe o mesmo padrão de células epidérmicas.

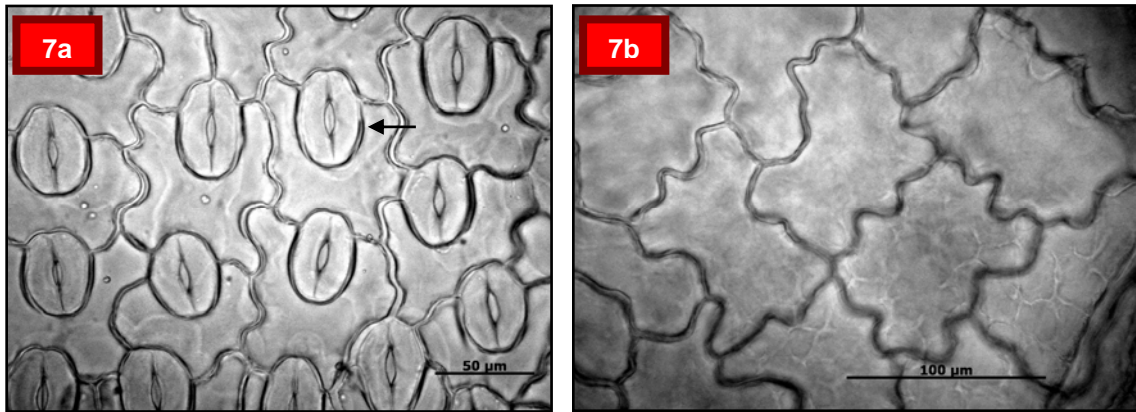


Figura 7 - Fotomicrografia da epídeme de *Acrostichum danaeifolium*.

Legenda: 7(a) Vista frontal das epidermes das pinas de *Acrostichum danaeifolium*. 7(b) Epiderme vista na face abaxial.

Nota: 7(a) A seta indica estômato polocítico

Em vista frontal, as células de *Blechnum serrulatum* apresentaram paredes anticlinais sinuosas na face abaxial. Nesta face ocorreram estômatos do tipo anomocítico e polocítico (Fig. 8a). Todas as células estomáticas apresentam espaço parietal à base de sílica, característica encontrada somente nesta espécie. Tanto na face abaxial quanto na adaxial ocorreu células epidérmicas que variam de isodiamétricas com paredes bem espessadas a, células de formato retangular e células longas e delgadas (Fig. 8 a e b) todas possuindo paredes sinuosas.

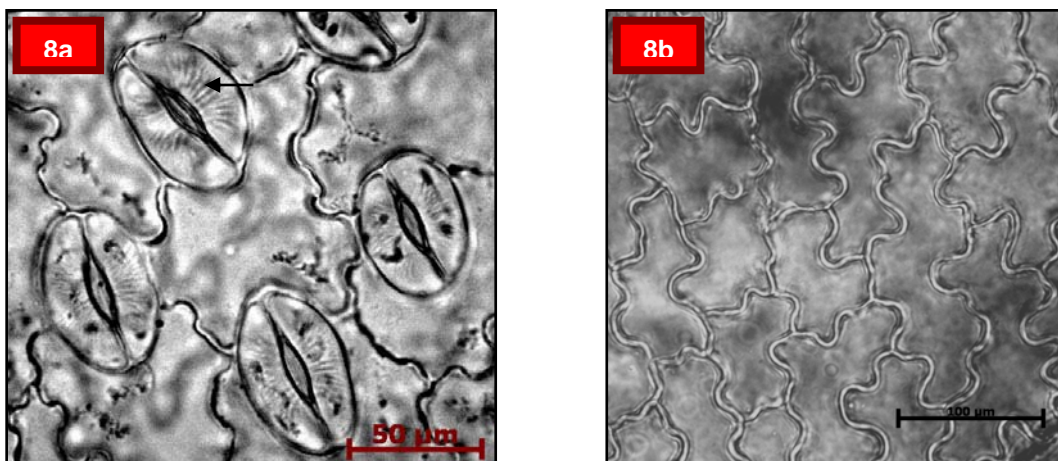


Figura 8 - Fotomicrografia da epídeme *Blechnum serrulatum*.

Legenda: 8(a) Vista frontal das epidermes das pinas de *Blechnum serrulatum*. 8(b) - Epiderme vista na face abaxial.

Nota: 8(a) A seta indica um estômato polocítico com espaçamento parietal

Das três espécies estudadas, TI (*Thelypteris interrupta*) é a que apresenta maior sinuosidade nas células epidérmicas (Fig. 9a e b) Na face abaxial ocorreu estômatos do tipo

polocítico e as células epidérmicas variam de células longas e delgadas, a células retangulares e células lobadas. Na face adaxial encontramos células de formato delgado e células retangulares com maior sinuosidade do que a face abaxial.

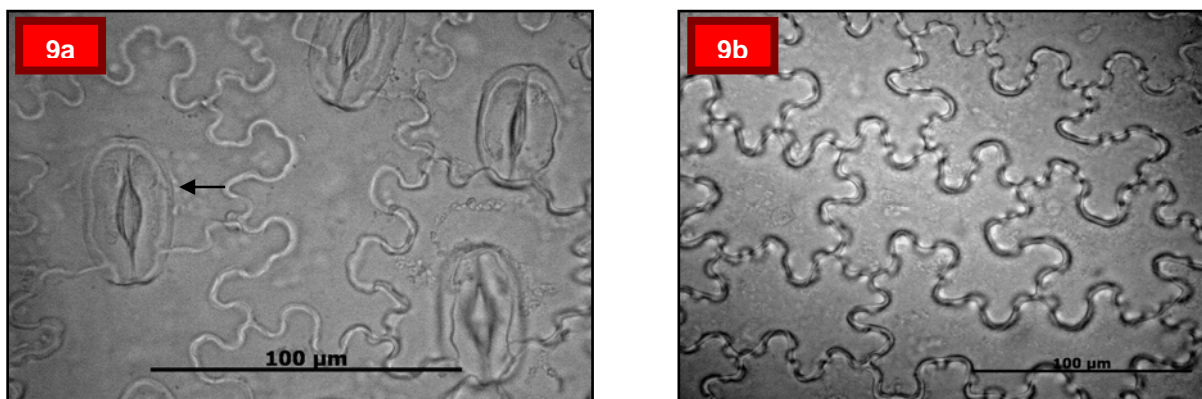


Figura 9 – Fotomicrografia da epiderme *Thelypteris interrupta*.

Legenda: 9(a) Vista frontal das epidermes das pinas de *Thelypteris interrupta*. 9(b) Epiderme vista na face abaxial.

Nota: 9(a) A seta indica um estômato do tipo polocítico.

Para o parâmetro de densidade estomática foi observado um padrão de respostas congruente para as populações BSI, BSS e TI, tendo todas elas queda na densidade estomática para a estação seca. Porém AD houve um aumento significativo, se distinguindo das outras populações.

Ainda em relação à densidade estomática na estação chuvosa (Tabela 3) foi observado diferenças significativas em quase todas as populações analisadas; em relação a este parâmetro se destaca a as populações de AD e BSS, onde não se observou diferenças significativas.

Contudo na estação seca estação seca, devido ao aumento na densidade estomática de AD e queda para BSI, estas populações se destacaram por apresentarem as maiores densidades estomáticas fazendo os diferirem das outras populações (Tabela 3). A queda para os valores neste parâmetro para a estatação seca também influenciou as populações BSS e TI de forma a apresentarem os menores valores de densidade estomática e diferirem das outras populações.

Para densidade de células epidérmicas da face abaxial, foi obtido padrões de respostas diferenciadas nas estações. Enquanto AD obteve aumento na estação seca, BSS obteve queda nos valores de densidade de células epidérmicas da face abaxial. Para as populações BSI e TI, diferente das ultimas populações não houve deiferenças entre as estações.

No tocante à densidade de células epidérmicas da face abaxial, na estação chuvosa, os menores valores foram detectados para AD e TI, fazendo com que estes diferenciam das outras populações (Tabela 3). Já na estação seca, não possuem diferença estatística AD e BSI espécies nas quais apresentaram as maiores médias para este parâmetro, constatando e se diferenciando das populações de BSS e TI que apresentaram as menores médias para este parâmetro.

Para os valores de densidade de células epidérmicas da face adaxial, foi observado que as populações AD e BSI obtiveram respostas semelhantes entre as estações, tendo aumento para este parâmetro, diferentemente de BSS onde houve queda. (Tabela 3) Já a população TI não obteve diferenças entre as estações.

Os valores de densidade de células epidérmicas da face adaxial, na estação chuvosa, não houve diferença significativa somente entre BSI e BSS populações nas quais apresentaram os maiores valores, diferenciando entre as populações. Na estação seca todas as populações apresentaram diferença estatística (Tabela 3).

Tabela 3 - Densidade estomática, densidade de células epidérmicas na face abaxial e densidade de células epidérmicas na face adaxial para estação chuvosa e seca de folhas de samambaias da Restinga de Maricá (RJ).

Indivíduo	Densidade Estomática	Densidade de células epidérmicas (face abaxial)	Densidade de células epidérmicas (face adaxial)
<b>Estação Chuvosa</b>			
AD	13,04 Aa* ± 1,39	16,56 Aa ± 2,85	11,68 Ab ± 3,33
BSI	18,08 Ab ± 2,25	26,44 Ab ± 3,58	22,88 Aa ± 2,16
BSS	14,88 Aa ± 1,64	21,88 Ac ± 3,0	21,04 Aa ± 3,48
TI	10,48 Ac ± 4,16	18,48 Aa ± 3,94	17,68 Ac ± 1,93
<b>Estação Seca</b>			
AD	17,52 Ba ± 2,12	25 Aa ± 3,58	13,96 Ba ± 2,11
BSI	26,68 Aa ± 3,36	16,96 Ba ± 5,42	25,68 Bb ± 2,67
BSS	6,84 Bb ± 1,14	14,84 Bb ± 2,21	16,44 Ac ± 3,04
TI	7,32 Bb ± 1,34	17,56 Ab ± 3,16	18,84 Ad ± 3,61

Nota: \* Médias seguidas por letras maiúsculas que representam diferenças estatísticas de um mesmo indivíduo durante as estações chuvosa e seca, e letras minúsculas que representam diferenças estatísticas entre os indivíduos na mesma estação (teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )); ± referente ao desvio padrão. Para maiores detalhamentos dos valores e das variáveis estatísticas das análises quantitativas das células epidérmicas, ver apêndices A, B, C, D, E e F.

### 4.3 Atributos foliares: espessura, suculência, massa da folha por unidade de área, e densidade foliar

Os valores de espessura mostraram uma tendência similar no padrão de respostas das samambaias analisadas, no tocante as diferentes estações: nenhuma delas obteve diferenças estatísticas nos seus valores de espessura entre as estações (Fig. 10).

Porém quando percebido estas mesmas samambaias dentro da mesma estação, é possível observar diferenças estatísticas em relação a estes valores (Fig. 10). AD (*Acrostichum danaeifolium*) obteve as maiores médias nas duas estações (0,29 mm), seguidos de BSI (*Blechnum serrulatum* em ambiente inundado) e BSS (*Blechnum serrulatum* em ambiente não inundado) espécies que não obtiveram diferenças estatística (0,21 mm). A menor média de espessura foi obtida por TI (*Thelypteris interrupta*) (0,17 mm).

Suculência, massa por unidade de folha (MFA) e densidade foram parâmetros nos quais foram observadas respostas similares para as populações BSI, BSS e TI; todas estas populações apresentaram valores altos na estação chuvosa e queda na estação seca. Por conseguinte AD divergiu destas populações de samambaias, mantendo os mesmos valores para suculência, e tendo aumento significativo para (MFA) e densidade na estação seca.

Quando analisado o valor de suculência para a estação chuvosa foi observado que AD e BSS apresentaram as menores médias (0,01 g/cm<sup>2</sup>) e diferiram estatisticamente com BSI e TI, indivíduos nos quais apresentaram as maiores médias para a estação (0,02g/cm<sup>2</sup> e 0,024 g/cm<sup>2</sup> respectivamente) (Fig. 10) .

Já na estação seca, com a queda significativa dos valores de suculência para BSI, BSS e TI é observado que para estas populações não há diferenças significativas (Fig. 10). Além disso, TI apresenta valores para este parâmetro, que ainda sim, não marca diferença estatística com AD, população com a maior média para a estação.

As maiores médias de MFA na estação chuvosa foram apresentadas pelas populações BSI e BSS, sendo 0,0096 g/cm<sup>2</sup> e 0,0083 g/cm<sup>2</sup> respectivamente, não obtendo diferença significativa em seus valores. As menores médias foram apresentadas por TI seguido de AD (0,005 g/cm<sup>2</sup> e 0,002 g/cm<sup>2</sup> respectivamente) (Fig. 10).

Na estação seca, BSI e BSS continuam a não apresentarem diferenças estatísticas e diferiram das outras populações de samambaias deste estudo para os valores de MFA, todavia estes não apresentam mais as maiores médias (Fig. 10), pois além de haver queda significativa

nos valores destas populações, AD apresentou aumento considerável na seca, tendo este a maior média nesta estação (0,042 g/cm<sup>2</sup>).

Ao se tratar da densidade foliar na estação chuvosa, há destaque para a população BSS, que apresentou média superior às outras populações (0,37 g/cm<sup>3</sup>), diferindo estatisticamente destes. As demais populações, nesta estação não apresentaram diferença estatística entre si (Fig 10).

Apesar de na estação seca, AD apresentar aumento significativo de densidade em relação à estação chuvosa, BSI e BSS continuam apresentando as maiores médias (0,016mg/cm<sup>2</sup> respectivamente) diferindo das outras populações (Fig 10).



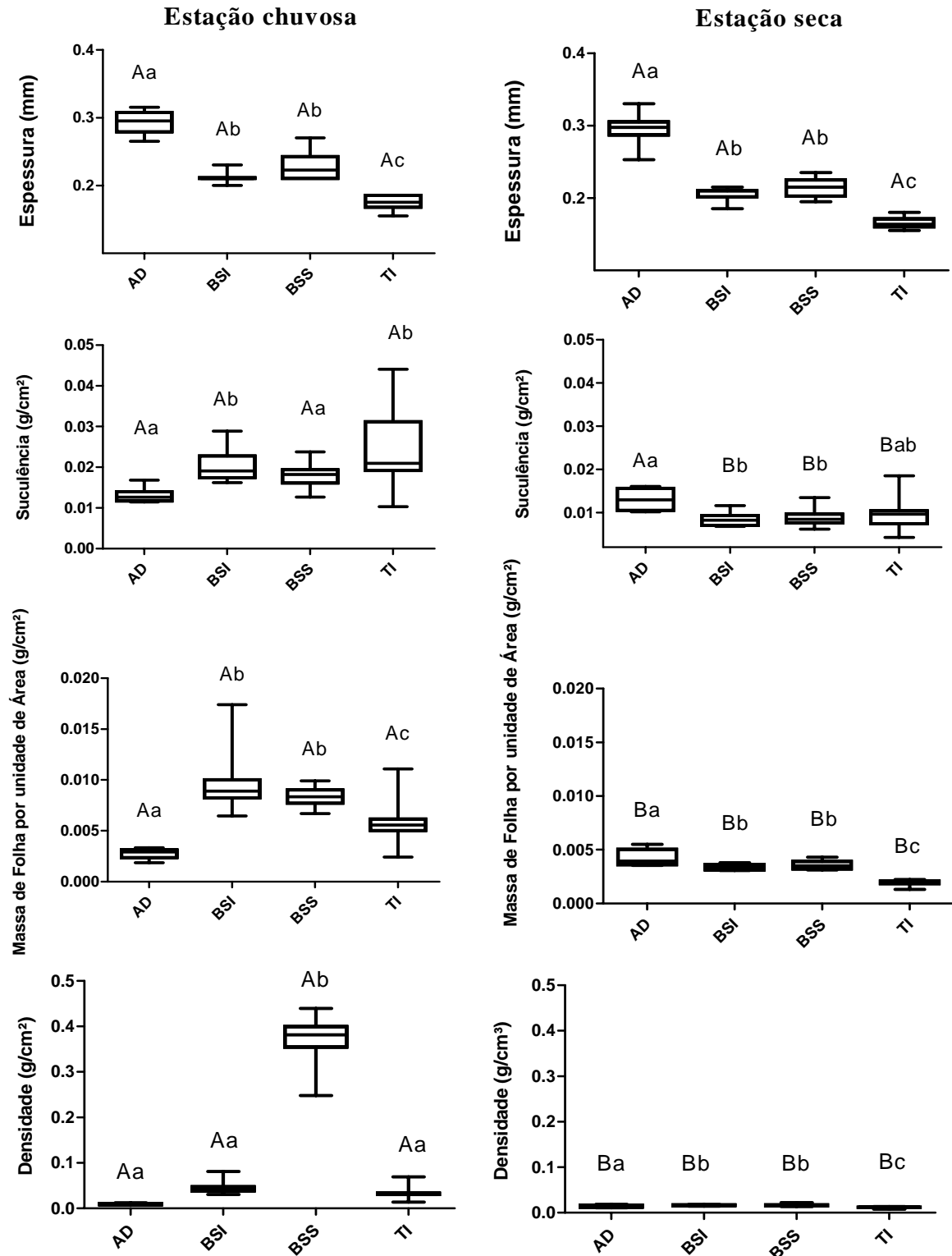


Figura 10 – Gráficos de atributos foliares: espessura foliar, suculência, Massa de folha por unidade de área e densidade foliar de samambaias na estação chuvosa e seca, Restinga de Maricá (RJ).

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Nota: Adjunto aos gráficos, letras maiúsculas que representam diferenças estatísticas de um mesmo indivíduo durante as estações chuvosa e seca, e letras minúsculas que representam diferenças estatísticas entre os indivíduos na mesma estação (teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )); Para maiores detalhes dos valores e das variáveis estatísticas atributos foliares (espessura, suculência, massa da folha por unidade de área, e densidade foliar), ver apêndices F, G, H, I, J, K, L, M e N.

#### 4.4 Concentrações de clorofilas

Houve diferença significativa nos teores de clorofila *a* em todas as espécies analisadas comparadas à BSS (*Blechnum serrulatum* em ambiente não inundado) que apresentou a maior média (8,55  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) para esta estação. Na estação seca observa-se que não há diferença significativa somente entre AD (*Acrostichum danaeifolium*) e BSI (*Blechnum serrulatum* em ambiente inundado) (Fig. 11). As maiores médias de clorofila *a* foram observadas na população de AD (9,78  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) na estação seca e o menor valor de clorofila *a* foi observado para TI (*Thelypteris interrupta*) em ambas as estações (5,05  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  para estação seca e 5,46  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  para estação chuvosa).

Para clorofila *b* na estação chuvosa houve diferença estatística entre os indivíduos AD e BSS. Já na estação seca houve diferença com todos os indivíduos em relação à população de TI no qual apresentou média muito menor de clorofila *b* (2,2  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ).

Em relação à clorofila total, BSS apresentou as maiores médias na estação chuvosa (12,56  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) diferindo significativamente de todos os indivíduos nesta estação. Na estação seca não foi observado o mesmo comportamento entre as populações, tendo AD e BSS as maiores médias observadas (13,25  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  e 10,45  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  respectivamente) não diferindo estatisticamente entre si e apresentando diferenças significativas junto às outras populações em questão (Fig. 11).

Foi verificado para os valores de proporção entre clorofila *a/b* na estação chuvosa que TI apresentou a menor média (5,05  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) diferindo estatisticamente de todos os outros indivíduos. Contudo na estação seca tanto TI quanto BSS apresentaram as menores médias (2,38  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  e 2,46  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  respectivamente) não diferindo entre si e diferindo estatisticamente as populações das outras espécies analisadas (Fig. 11).

Entre as estações foi observado aumento significativo de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total na população de AD sendo que somente na relação das proporções entre as clorofilas *a/b*, não foi verificado diferença estatística entre as estações.

Para as populações de BSI e BSS não houve diferença estatística entre as estações para nenhuma destas populações, de nenhum dos atributos de clorofila analisados.

Quanto os indivíduos de TI, foram analisadas que não há diferença estatística nas populações entre as estações para clorofila *a* e clorofila total. No entanto para clorofila *b* e a proporção de clorofila *a/b* foi observado um comportamento diferenciado no decorrer das

estações: Enquanto o valor de clorofila *b* teve uma diminuição considerável da estação chuvosa para a estação seca os valores de clorofila *a/b* tiveram aumento significativo.

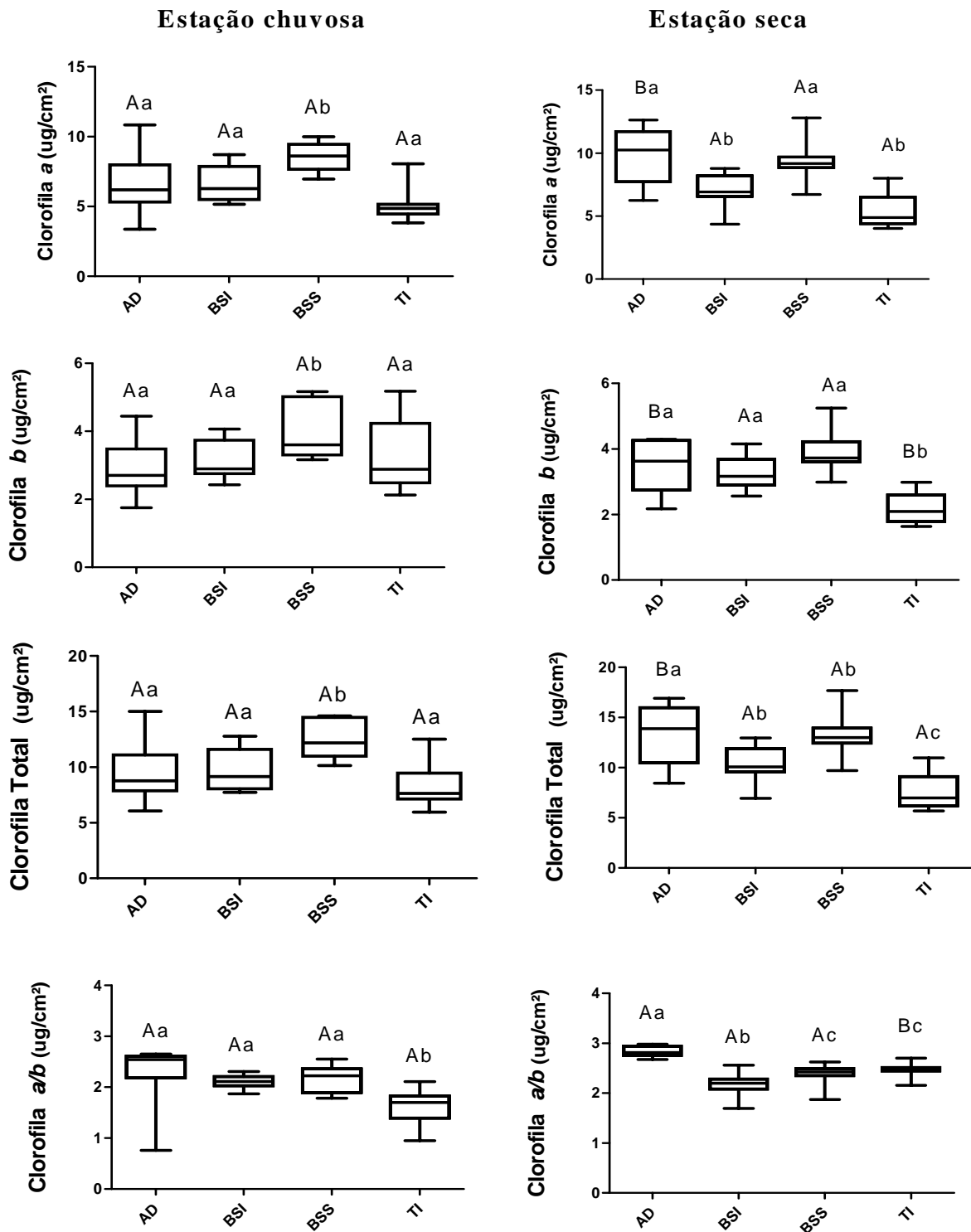


Figura 11 – Gráficos de concentrações de clorofila *a*, *b*, total e *a/b* em folhas de samambaias na estação chuvosa e estação seca. Restinga de Maricá (RJ).

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Nota: Adjunto aos gráficos, letras maiúsculas que representam diferenças estatísticas de um mesmo indivíduo durante as estações chuvosa e seca, e letras minúsculas que representam diferenças estatísticas entre os indivíduos na mesma estação (teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )). Para maiores detalhamentos dos valores e das variáveis estatísticas das concentrações de clorofila *a*, *b*, *a/b* e total ver apêndices O, P, Q, R, S, T, U e V.

#### 4.5 Teores de carboidratos solúveis

Para carboidratos solúveis, nas folhas das samambaias analisadas, foi percebido que as populações BSS (*Blechnum serrulatum* em ambiente não inundado) e BSI (*Blechnum serrulatum* em ambiente inundado) não apresentaram alterações em suas concentrações entre as estações. Já AD (*Acrostichum danaeifolium*) e TI (*Thelypteris interrupta*) tiveram comportamento antagônico para este atributo: enquanto AD teve aumento na concentração de carboidratos solúveis na estação seca, TI teve queda significativa para este fator.

Na estação chuvosa, a concentração de carboidratos solúveis nas folhas foi menor em AD entre as populações (197,79 mg. MS<sup>-1</sup>) (Fig. 12), já as demais populações (BSS, BSI e TI), se igualaram possuindo as maiores médias. Contudo na estação seca somente as populações BSI e BSS se destacam por possuírem a maior média para estação (404 mg. MS<sup>-1</sup> e 325,20 mg. MS<sup>-1</sup> respectivamente); ainda sim BSS apresentou valores que se igualou com as populações AD e TI.

Entre as estações ficou evidenciado que para os teores de carboidratos solúveis presente no caule das samambaias analisadas, AD e BSI tiveram queda na estação seca; já BSS e TI tiveram comportamento diferenciado, tendo BSS aumento nos teores de carboidratos solúveis no caule e TI manteve as médias para este atributo neste órgão.

No tocante à concentração de carboidratos solúveis do caule, na estação chuvosa BSI apresentou a maior média (242,35 mg. MS<sup>-1</sup>) e AD apresentou a menor média para a estação (108,12 mg. MS<sup>-1</sup>). BSS e TI apresentaram valores intermediários para este fator, todavia os valores de TI, ainda assim não obtiveram diferenças com AD.

Foi identificado que para os valores dos caules da estação seca, AD apresentou a menor média para a estação (27,23 mg. MS<sup>-1</sup>). Já BSI e BSS apresentaram as maiores médias para esta estação (182,50 mg. MS<sup>-1</sup> e 190,87 mg. MS<sup>-1</sup>); TI se mostra em possuir um valor intermediário para este fator (Fig. 12).

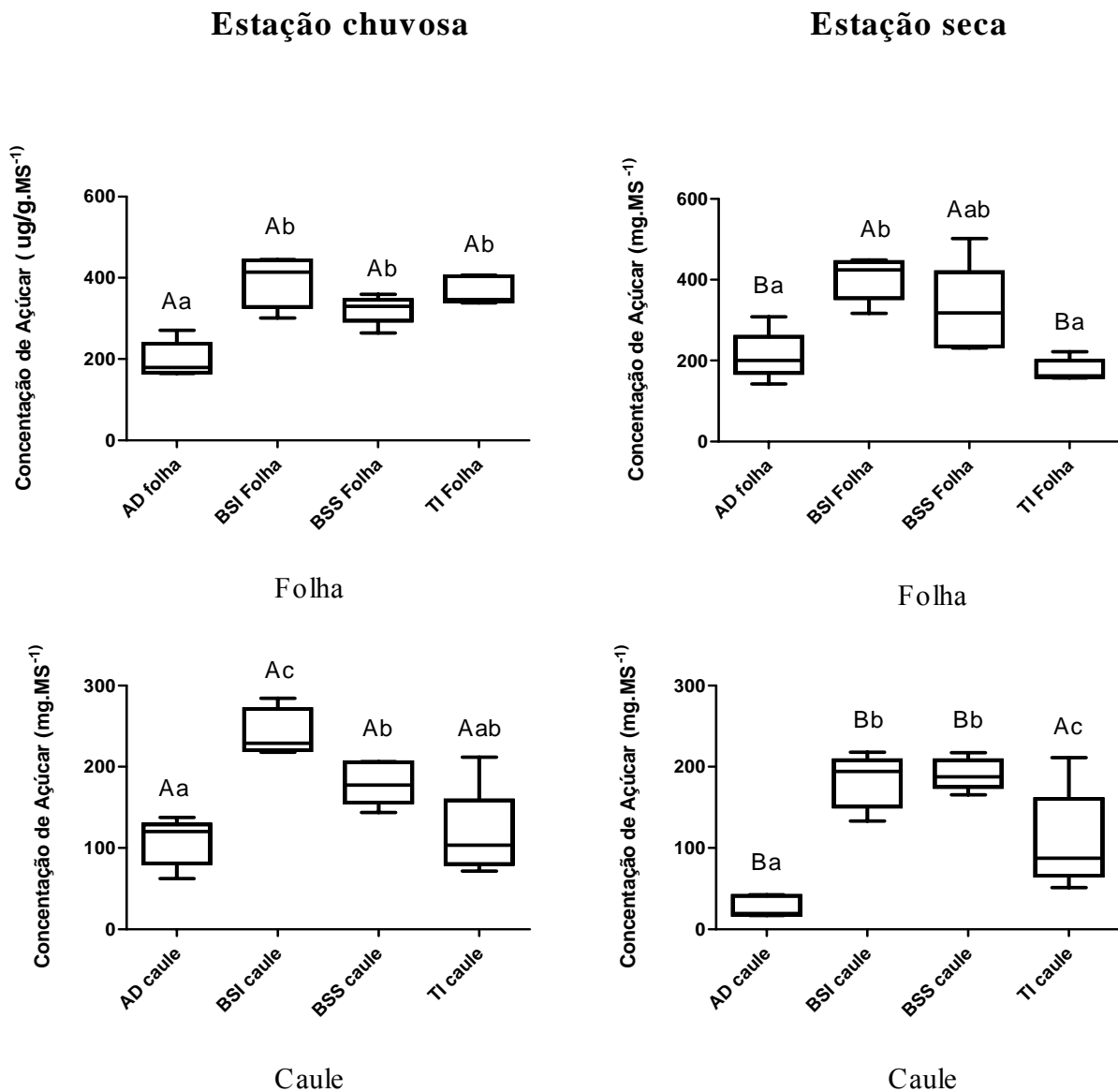


Figura 12 – Gráficos de concentração de carboidratos solúveis em samambaias da Restinga de Maricá (RJ).

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; TI: *Thelypteris interrupta*; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco.

Nota: Adjunto aos gráficos, letras maiúsculas que representam diferenças estatísticas de um mesmo indivíduo durante as estações chuvosa e seca, e letras minúsculas que representam diferenças estatísticas entre os indivíduos na mesma estação (teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )) Para maiores detalhamentos dos valores e das variáveis estatísticas de carboidratos solúveis, ver apêndices W, X, Y e Z.

#### 4.6 Teores de amido

Os teores de amido na folha mostraram marcadamente uma sazonalidade entre as estações. Nas populações BSI (*Blechnum serrulatum* em ambiente não inundado), BSS (*Blechnum serrulatum* em ambiente inundado) e TI (*Thelypteris interrupta*) houve queda na concentração de amido foliar na estação seca enquanto para população AD (*Acrostichum danaeifolium*), diferentemente houve um aumento para este teor. Esta sazonalidade notória não foi observada no caule, onde todas as populações analisadas mantiveram os mesmo valores entre as estações.

Ao comparar as concentrações de amido das folhas na estação chuvosa, entre as populações, AD apresentou as menores médias para teores de amido (61,8 mg. MS<sup>-1</sup>), diferindo estatisticamente de TI e BSS população nas quais apresentaram os maiores valores de amido foliar nesta estação (441,9 e 330,7 mg. MS<sup>-1</sup> respectivamente). BSI apresentou valores intermediários para a concentração de amido entre as populações (Fig. 13).

Nos valores de caule na estação chuvosa, BSI apresentou a maior média 828,34 mg. MS<sup>-1</sup> diferiu estatisticamente de todas as outras populações, sendo nestas, somente os valores de concentração de amido de BSS se iguala estatisticamente tanto da população AD quanto da TI.

Na estação seca, a concentração de amido no caule de BSI continua apresentando a maior média (666,49 mg. MS<sup>-1</sup>), e a se diferir estatisticamente de todas as outras populações; porém nesta estação AD, BSS e TI não apresentaram diferença estatística entre si.

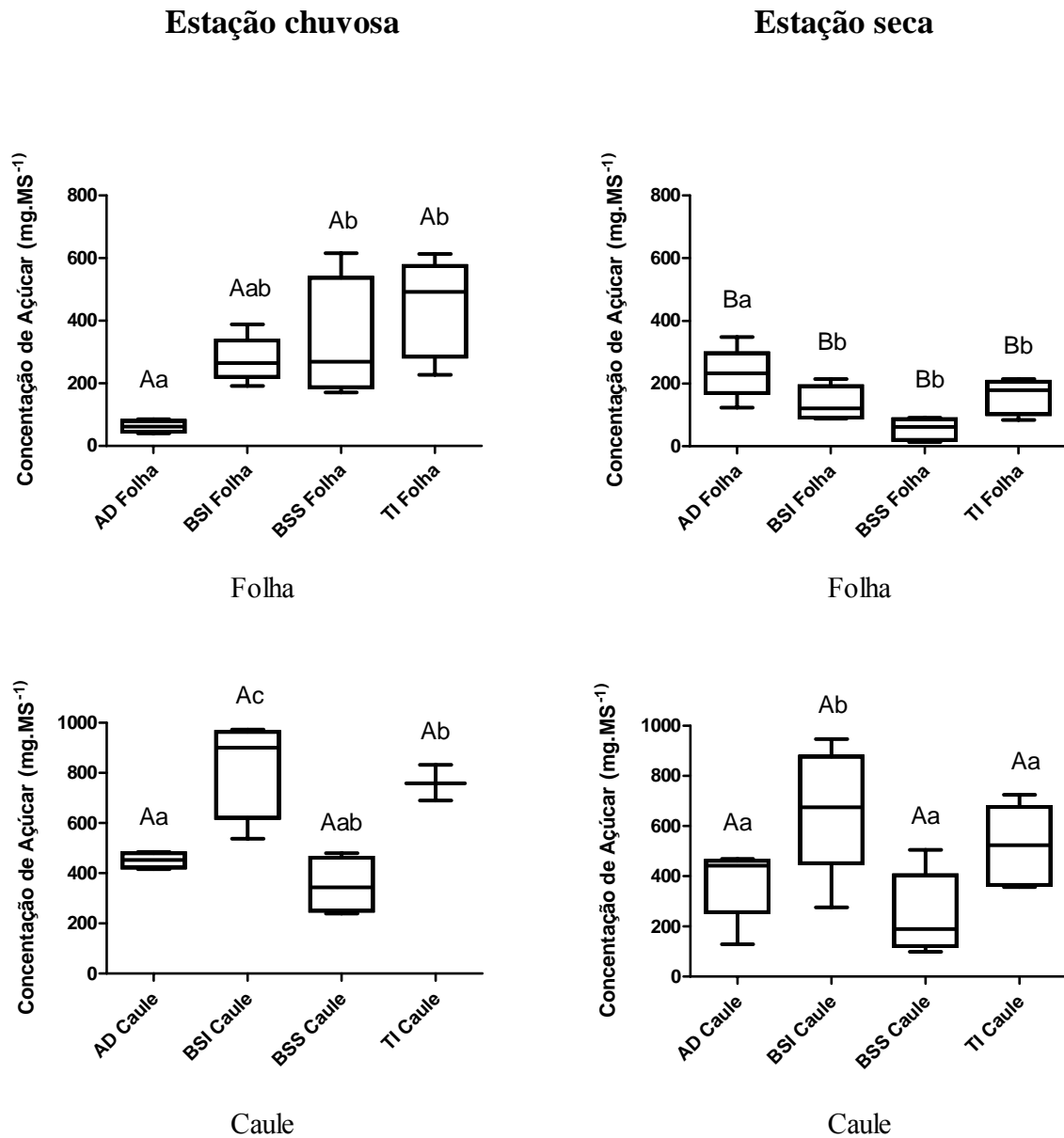


Figura 13 – Gráficos de concentração de amido em samambaias da Restinga de Maricá (RJ).  
 Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; TI: *Thelypteris interrupta*; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco.  
 Nota: Adjunto aos gráficos, letras maiúsculas que representam diferenças estatísticas de um mesmo indivíduo durante as estações chuvosa e seca, e letras minúsculas que representam diferenças estatísticas entre os indivíduos na mesma estação (teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )). Para maiores detalhamentos dos valores e das variáveis estatísticas de amido, ver apêndices AA, AB, AC e AD.



#### 4.7 Tamanho das populações de *Blechnum serrulatum*

Os maiores valores de frequência relativa foram obtidos por *B. serrulatum* de ambiente inundado BSI (*Blechnum serrulatum* em ambiente não inundado) (Tabela 7). Houve uma grande diferença nos valores de frequência relativa e nos valores de cobertura relativa, onde BSI obteve valores maiores do que BSS (*B. serrulatum* em ambiente seco).

Tabela 4 - Tabela com os valores dos atributos fitossociológico de frequência e cobertura relativa de *B. serrulatum* na restinga de Maricá (RJ).

<b>Indivíduos</b>	<b>Frequência relativa (%)</b>	<b>Cobertura relativa (%)</b>
<i>Blechnum serrulatum</i> (ambiente inundado)	100	98
<i>Blechnum serrulatum</i> (ambiente não inundado)	70	1

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Estratégias ecofisiológicas de três esporofitos de samambaias ambientes em inundáveis na restinga de Maricá

Ao analisar os sítios de inundação, aquele ocupado por *A. danaeifolium* (SAD) se encontra com maiores taxa de Nitrogênio, apesar de suas características hidromórficas. Estes valores devem estar provavelmente na rela o matéria orgânica leve/ carbono orgânico total ou até mesmo por outras alter o es dos fracionamentos da matéria húmica (fra o es humina , ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e resíduos mínimos) (Nascimento *et al.*, 2010) o que requer um refinamento das análises.

Com rela o   alta de C orgânico, no sítio SAD, devem-se destacar valores de bases trocáveis e os valores de sódio (Na). A provável fonte destes cátions é a brisa do mar (de Connick, 1980; Gomes *et al.*, 1998). A propósito, este sítio é o mais próximo do mar e apresenta os maiores valores para cátions trocáveis. Os teores de sódio trocáveis ultrapassaram os de potássio, em razão da maior riqueza de sódio nos ambientes costeiros (de Connick, 1980). Este resultado sugere que plantas deste ecossistema possam utilizar o sódio em substitui o do potássio, ao comparar estes resultados com os de Neves (2000) que analisou culturas de Eucalipto no litoral do Espírito Santo, e Gomes (2003) que caracterizou os solos de manguezais e restinga de Ilhéus - Bahia.

O maior  ndice de sódio no solo confirma a propriedade halom rfica deste e demonstra a importância do Na no somatório de cátions trocáveis. Devido à a o instabilizadora deste cátion na estrutura do solo, o Na afeta a forma o de agregados de matéria orgânica e na sua dinâmica (Tomé Jr., 1997). Além disso, a grande concentra o de mucilagem presente nos pecíolos e no caule de *A. danaeifolium* (samambaia que predomina no sítio SAD), pode ser a estratégia encontrada para a sobrevivência no ambiente salino, como foi descrito em algumas plantas (Vitarelli e Santos, 2009).

Os efeitos do sal sobre as plantas são conseq ncias dos fatores osmóticos e i nicos. O componente osmótico resulta de elevadas concentra o es de sais dissolvidos na soluço do solo que reduz o potencial osmótico desta soluço, diminuindo, conseqüentemente, a disponibilidade de água para a planta (Willadino e Camara, 2010). Este fato pode ser observado considerado que *A. danaeifolium* possui o menor valor de suculência de todas as

populações analisadas, corroborando a restrição hídrica desta planta apesar de estar em solo inundado.

Outra questão a ser levada em conta para as maiores taxas de nitrogênio e C orgânico no sítio SAD, pode ser devido a este sítio estar mais próxima da zona de arrebentação, em um local de fácil acesso a população, que utiliza o mesmo para atividades de lazer, pesca e até mesmo criação de animais domésticos (Fig. 14). Devido aos detritos produzidos por estes animais e a ação da população que lança diversos tipos de dejetos, a ação antrópica pode estar influenciando na dinâmica do solo e no estabelecimento de algumas espécies vegetais.



Figura 14 - Ação antrópica frente uma população de *Acrostichum danaeifolium* Restinga de Maricá (RJ).

Nota: Ao fundo um animal doméstico; ao centro bolsas de lixo e a frente uma população de *Acrostichum danaeifolium* Restinga de Maricá (RJ).

Foto: Anderson Portugal - 2/11/2010.

Em todos os sítios analisados a quantidade de Fe estava em níveis fitotóxicos. Com os resultados obtidos não há como afirmar quais são as estratégias adotadas por essas samambaias para a sobrevivência a toxicidade por ferro, porém sugerimos que a presença de flavonóides, devido à coloração dos tecidos no momento da coleta, secagem e moagem, que variavam de roxo à rosa, principalmente nas plantas *B. serrulatum* e *A. danaeifolium*. Outra conjectura é a bioacumulação em órgãos específicos, pois em diversos momentos das coletas

foi observado que em frondes recém expandidas, havia algumas pinas recém extendidas de coloração castanhas-avermelhadas, no ápice das frondes em *B. serrulatum* e *T. interrupta* em que a bioacumulação ocorre em diversas áreas das pinas e da raque.

Estes resultados mostram que algumas samambaias toleram mais determinadas condições edáficas do que outras. *A. danaeifolium* preconiza predileção por sítios mais férteis, além de tolerar sítios de maior salinidade podendo ser encontrados mais próximos à beira mar do que *B. serrulatum* e *T. interrupta* que por sua vez conseguem tolerar sítios de maior toxidez por micro e macro nutrientes e solos menos férteis.

*T. interrupta* não apresentou os maiores valores densidade de célula epidérmica na face abaxial e na face adaxial nem mesmo apresentou diferença estatística entre as estações. Porém, foi à espécie que apresentou maior sinuosidade das células epidérmicas, e esta, conferiram uma maior hidratação, resultados confirmados pelos altos valores de suculência para a espécie. A baixa no valor de suculência para este espécie na estação seca é devida uma menor disponibilidade hídrica no ambiente. Esta estratégia de se hidratar através dos órgãos aéreos se faz vantajosa visto que com a inundação, as raízes (órgãos captadores de água) entram em colapso devido à acidez e alta na concentração de peróxido de hidrogênio (Batista *et al.*, 2008).

As samambaias aqui estudada tiveram comportamentos das células foliares diferenciado de acordo com a estação. Em BSI e AD é percebido um comportamento

O fato da baixa disponibilidade hídrica na estação seca foi um fator que preponderou forte influência nas respostas das células epidérmicas das plantas em questão. Em AD e BSI foi observado para todos os parâmetros de células epidérmicas diminuição na estação seca, sendo uma estratégia para a redução da transpiração e conservação de água, visto que esta condição oferece uma redução mais rápida da transpiração por meio da regulação do fechamento estomático (Lacher, 2004).

Por outro lado, Volpe *et al.* (1990) salientam que outros fatores inerentes à própria planta, como a dimensão, o número por unidade foliar e a distribuição das células epidérmicas podem não refletir uma condição ambiental, pois é dependente da espécie, da posição das folhas na planta e da superfície da folha. Ao observar os valores de células de BSS e TI há uma divergência nas respostas morfológicas em relação às outras samambaias aqui analisadas, sendo o esta diversidade de respostas uma emergência de análises mais apuradas a este nível.

A espessura foliar foi um atributo em que os valores refletiram uma condição específica de cada planta, não apresentando alterações de acordo com a sazonalidade. Porém

nas variáveis de suculência máxima, massa por unidade de folha e densidade (para este atributo exclui-se *A.danaefolium*) é observado padrões onde as variáveis têm comportamento de queda na estação seca, sendo esta mudança independente das espécies analisadas. A manutenção no teor de água no ambiente foi o fator que influenciou o *status* morfofisiológico das plantas na estação seca.

*Acrostichum danaeifolium* teve aumento significativo de MFA e na densidade na estação seca. Segundo Boerge *et al.* (2007) samambaias possuem maior investimento em massa foliar devido à relação de pouca quantidade de tecido mecânico das frondes e no maior investimento de tecido fotossintético, comportamento diferenciado para Angiospermas, onde se observa um maior incremento de tecido mecânico à medida que as condições de luz e déficit hídrico aumentam. Ainda em relação a este fato é observado para esta estação incremento nas concentrações de clorofila *a*, *b* e total para AD, refletindo em todos os parâmetros de quantitativos de células epidérmica. Nesta estação com a atenuação das altas temperaturas e radiação solar e permanecendo o solo permanecendo inundado temos a alta de quase todos os atributos e crescimento para esta espécie. Estes resultados vão de encontro aos encontrados Mehltreter & Palacios-Rios (2003) em uma área de Manguezal no México encontrou maior desenvolvimento desta espécie quando há maiores índices pluviométricos, na estação chuvosa marcando a sazonalidade no padrão de crescimento desta espécie.

Contudo Farias & Xavier (2011) ao estudar esta espécie em remanescente de Floresta Atlântica não encontrou diferenças no desenvolvimento durante as estações chuvosas e secas. A inundação encontrada na restinga além de evidenciar a alta plasticidade fenotípica desta espécie para sobreviver em diferentes ambiente, contribui no estabelecimento de fenofases frente ao ambiente em que esta espécie se encontra.

O comportamento para densidade foliar não foi similar para *A. danaeifolium* em relação às outras samambaias, provavelmente devido o seu local de ocorrência, que na estação seca permanece inundado tendo somente menor nível de água em relação à estação chuvosa. A queda significativa na densidade foliar de *B. serrulatum* e *T. interrupta* reflete a menor disponibilidade hídrica no solo, sendo menor o investimento em aerênquima, mostrando alta plasticidade fenotípica entre as estações de acordo com a disponibilidade hídrica.

Os resultados encontrados vão ao encontro dos critérios sugeridos por Lobo & Joly (1995) para classificar as espécies tolerantes à inundação: a capacidade de manter ou aumentar a massa seca da parte aérea durante períodos de inundação de seus habitats; parâmetro no quais as populações de samambaias aqui encontradas se enquadraram.

Quando comparado às concentrações de clorofila total da população BSS na estação chuvosa com as outras populações de samambaias de ambiente inundado é marcada a maior concentração deste atributo para BSS. Para plantas submetidas a condições de estresse, Molinari (2006) relata que há perda significativa de clorofila total, bem como danos no aparelho fotossintético, demonstrando evidências dos efeitos do estresse sobre o fotossistema II ocasionados pela produção e acumulação de espécies reativas de oxigênio (Lawlor, 1995), levando à queda na atividade fotossintética, devido redução na transferência de energia de excitação do sistema coletor de luz para o centro de reação (Smirnoff, 1993).

Para clorofila *b*, percebemos em relação a TI maiores valores na estação chuvosa e menor na seca. Para esta espécie o aumento nos teores de clorofila *b* tende a auxiliar sua adaptabilidade neste ambiente, visto que a clorofila *b* é auxiliar da clorofila *a*, transferindo a energia captada para as moléculas que realizarão a fotossíntese (Raven, 2007).

Em geral em ambas as estações ocorreram tendência para menores teores de carboidratos solúveis das plantas nos caules em relação às folhas (Excluindo-se *A. danaefolium* para a estação chuvosa e *T. interrupta* na estação seca). Para amido, com exceção de AD na estação chuvosa, foi verificado um comportamento antagônico aos dos carboidratos solúveis, para todas as espécies, independentemente da estação, a concentração é maior no caule do que na folha.

Nas folhas das samambaias aqui estudadas, foi encontrada maior concentração de carboidratos solúveis do que nos caules, indicando que a energia que não foi consumida de imediato no processo do metabolismo primário sendo drenada e acumulada em forma de amido transitório. Esta alta taxa de carboidratos solúveis nas folhas deve-se à imediata degradação do amido transitório (degradação noturna), o que faz com que os teores de amido, sejam relativamente baixos nas folhas em relação ao caule (Arenque, 2010).

Foram verificadas menores proporções nos amidos nas folhas na estação seca para BSI e TI, tendo queda na taxa de carboidratos solúveis das folhas e do caule e menor assimilação de amido de reserva no caule. A estação seca com a diminuição do hidromorfismo leva a estas espécies terem seu rendimento do metabolismo dos carboidratos diretamente afetado.

A queda nos valores de clorofila para *T. interrupta* estação seca levou há queda significativa na taxa de amido das folhas e nas taxas de carboidratos solúveis tanto das folhas quanto dos caules, ressaltando um maior consumo destes em resposta às condições de restrição hídrica mesmo mantendo maior suculência.

Contudo para BSI é observada uma condição particular, onde mesmo tendo queda nos níveis de amido foliar na estação seca os valores de clorofila se mantiveram estáveis diferentemente de TI e AD. BSI nesta estação critica prove a manutenção de seu fotossistema na liberação de açúcares proveniente do amido foliar.

Ainda em relação a BSI seus valores de amido no caule foi superior as outras samambaias. Alguns autores relatam que uma das mais proeminentes estratégias de tolerância a inundação é que algumas plantas acumulam reservas de amido, mesmo sob baixos níveis de  $O_2$  (Hsu *et al.* 1999; Sousa, 2001; Perata *et al.*, 1992, 2007). Arenque (2010) corrobora este dado descrevendo que uma das estratégias de tolerância à inundação em *Senna reticulata* é a de responder a maiores taxas fotossintética e ao aumento da síntese de carboidratos através de um incremento na capacidade de estocagem, e em suas taxas de assimilação já existentes como um maior acúmulo de amido no caule e até mesmo nas folhas em diferentes espécies em épocas de inundação.

O comportamento diferenciado do *A. danaefolium* em relação às samambaias deste estudo, com as menores concentrações de carboidratos solúveis e amido, pode estar relacionado produção de mucilagem, identificada nesta espécie nos pecíolos e no caule. Abreu (2002) afirma que as mucilagens produzidas em diversos órgãos têm função de reserva ou proteção, pois se acumulam sobre a parede celular de forma semelhante ao acúmulo de amido. Para esta espécie é necessário um refinamento das análises desta mucilagem, pois esta pode variar de acordo com as condições ambientais, nos teores de carboidratos solúveis, carboidratos redutores, ácido urônico e proteínas solúveis.

Outro fator para esta diferença nos teores de carboidratos de *A. danaeifolium* para as outras samambias em questão, pode estar ocorrendo a um comportamento que foi descrito por Mehltreter & Palacios-Rios (2003); Farias & Xavier (2011) onde esta espécie possui frondes férteis durante todo o ano, o que apesar de apresentar um maior gasto energético pela produção contínua de esporos, garantindo que estes sejam liberados em algum período ideal para seu desenvolvimento.

## 5.2 Comparações ecofisiológica dos ecotipos de *Blechnum serrulatum* na restinga de Maricá

A situação particular em que as distintas populações de *Blechnum serrulatum* se encontraram (inundação e seca) fez com que esta mesma espécie obtivesse respostas diferenciadas em face de seu estabelecimento nestes ambientes obtendo padrões de respostas ecofisiológicas para cada ecotipo dada as particularidades ambientais (Witkowski & Lamont, 1991; Lacher, 2004)

O solo onde ambas as populações de *B. serrulatum* se estabelecem além de apresentar condições adversas ao estabelecimento vegetal como inundação (para a população de BSI - *Blechnum serrulatum* em ambiente inundado) e seca acentuada (para a população BSS - *Blechnum serrulatum* em ambiente não inundado), apresentam outras características que também dificultam no estabelecimento destas populações como solos extremamente ácidos, de baixa fertilidade, e toxidez por micro nutrientes como ferro, manganês e alumínio

A eficiência na utilização do fósforo pode ser um dos fatores determinante diferenciação do comportamento entre as populações de *B. serrulatum* nos distintos ambientes. As de ocorrência em ambiente inundado, além de ter maior porte em comparação as do ambiente seco, ocupam uma maior área de cobertura (vide tabela 7). Em solos inundados há aumento da solubilidade do fósforo, o que determina uma melhor eficiência da utilização deste elemento para as espécies vegetais (referência). Além disso, em *B. serrulatum* ocorrendo em ambiente seco, foi constatado durante as coletas, sintomas característicos da deficiência de fósforo como crescimento reduzido em plantas jovens, coloração verde escura das folhas assim como alguma delas mal formadas e com pequenas manchas necróticas (Fontes 2001).

Juntamente com a baixa de nitrogênio dos solos e a baixa concentração de fósforo no, algumas espécies têm como respostas produção de antocianina (Taiz & Zeiger, 2002). Pressupomos a presença deste metabólito especial para estas espécies de ambiente seco em resposta ao baixo nível de nitrogênio, fósforo e para a toxidez com ferro.

Para as células epidérmicas em geral é observado comportamento sazonal bem marcado para as espécies de BSS, onde todos os atributos analisados (densidade estomática, célula epidérmica na face abaxial e células epidérmicas na face adaxial) tiveram queda na estação seca. Já a população BSI, teve comportamento diferenciado para estes



atributos: na estação seca se manteve os mesmos valores para célula epidérmica na face abaxial e aumento nas células epidérmicas na face adaxial. Segundo Lacher, 2004, alterações modificativas nas folhas ocorrem quando estas crescem sobre condições de estresse, alterando o número e o tamanho destas. Na estação seca, ambas as populações sofrem com o déficit hídrico, sendo estas variações ocorrem para o fato destas plantas necessitarem conservar água. No tocante a estabelecer as relações modificativas das células das folhas destas populações ainda se faz necessários outros estudos quantitativos, como diâmetro e lagura das células da epiderme

Para a população BSI os maiores valores de densidade estomática em ambas as estações foram maiores do que BSS. Para as espécies que vivem em ambiente inundado essa é uma estratégia utilizada para as plantas aumentarem e/ou manterem seus teores de clorofila, assim melhor tolerarem a condição de estresse sendo uma característica importante para estas plantas ao alagamento (Batista *et al.*, 2008).

A população de *Blechnum serrulatum* de ambiente não inundado na estação chuvosa, apresentou maiores valores de densidade foliar. Este fato pode estar relacionado pode estar ao não investimento em aerênquima foliar, em relação à população BSI e, por conseguinte um maior investimento de carbono por unidade de área, característica adotada por relacionar com menor disponibilidade de água (Paula, 1996; de Mattos *et al.*, 2004; Rosado & de Mattos, 2007).

No entanto não foi observada queda significativa na concentração de nenhuma das clorofilas para BSS e BSI. Este fato pode decorres destas plantas possuírem uma fisiologia complexa e um fotossistema de elevado nível de organização morfológica, adaptada tanto a inundações como à condições de déficit hídrico, sendo capaz de manter o *status* fisiológico (tolerância à seca) (Popova & Moshkin, 1986).

Comparando as populações BSI e BSS, percebemos que independente da estação as populações de BSS mantiveram maior concentração de clorofila. Ambos os solos apresentam níveis de toxidez o ferro, porém o solo onde BSI cresce apresenta níveis muito maiores, podendo a sua menor concentração de clorofila estar relacionada aos danos oxidativos provocados por uma acumulação excessiva desse elemento nos tecidos vegetais (Galego *et al.* 1996; Stein, 2009).

Diferenças nas concentrações de carboidratos foram percebidas entre ambas as populações de *B. serrulatum*. Ao observar os teores de amido foliar, estas populações demonstraram queda na estação seca. Isso pode significar uma despolimerização, com maior

mobilização dos açúcares liberados pela hidrólise do amido para outras partes (Hsu *et al.* 1999; Sousa, 2001; Perata *et al.*, 1992, 2007) como as raízes ou para a síntese de outros metabolitos que não foram analisados nesse trabalho. Esta síntese de amido para a manutenção dos valores de carboidratos solúveis nestas populações, esta relacionada a conservação dos valores de fotossíntese, e na atuação de medidas osmorregulatórias, visto que estes carboidratos solúveis proporcionam acúmulo de compostos orgânicos de baixo peso molecular nos compartimentos celulares do citosol, promovendo o influxo de água, medidas para prover turgência celular na estação seca.

Como não houve alteração nos níveis de clorofila, parece haver a manutenção dos sistemas fotossintéticos. Contudo, entre BSS e BSI analisamos maiores valores de amido para caule em BSI nas duas estações. Segundo Oliveira (2010), o aumento da eficiência estomática se dá em uma melhor disponibilidade hídrica, que Arenque (2010) cita esta eficiência como responsável pelo maior CO<sub>2</sub> e subsequente acúmulo de amido.

*B. serrulatum* de ambiente inundado é a espécie que tem o maior potencial de estocagem de amido em ambas as estações. Este fato, juntamente com a maior disponibilidade de fósforo decorrente da inundação, elemento essencial para crescimento vegetal, faz com tenhamos bruscas diferenças nas populações. Os valores de cobertura altamente discrepantes demonstram que, apesar de *B. serrulatum* ter estratégias ecofisiológicas que possibilite sobreviver em ambos ambientes, o melhor rendimento de seu metabolismo ocorre em áreas de inundação.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As samambaias analisadas neste trabalho apresentam características de tolerância à inundação bem como solos extremamente ácidos de baixa fertilidade, e toxidez por micro nutrientes como ferro, manganês e alumínio. Os resultados indicam que, os maiores valores dos parâmetros morfológicos e fisiológicos aqui analisados, foram obtidos nos meses mais chuvosos, período em que as samambaias estão mais sujeitas à inundação.

Os atributos massa de folha por unidade de área (MFA) e densidade (DEN) foram os que apresentaram maior variação entre as espécies analisadas. A variação na densidade está diretamente relacionada a um investimento em aerênquima foliar. Na época chuvosa (inundação), as samambaias apresentaram queda neste atributo, acompanhado de um aumento

de MFA. Esta habilidade de conseguir ganhar massa seca por área e manter o rendimento de seu *status* fisiológico classifica todas as samambaias analisadas como tolerantes a inundação.

A MFA e a DEN foram marcadamente distintas entre as populações de *B. serrulatum*. Na estação chuvosa, a população de *B. serrulatum* de ambiente não inundado possui maiores valores de DEN e MFA, o que indica maior investimento de carbono por unidade de área, característica relacionada a lugares com menor disponibilidade hídrica. Já a população de *B. serrulatum* de ambiente inundado possui menores valores de DEN e MFA, significando maior investimento em aerênquima foliar.

Ainda em comparação a estas duas populações a maior frequência e cobertura de BSI é esta inerente às condições encontradas aos solos hidromórficos, como maior solubilidade de fósforo e silício, e atenuação dos efeitos do déficit hídrico. Estas condições podem ter sido determinantes para BSI apresentar maiores valores de carboidratos, mesmo BSS possuindo maiores teores de clorofila.

Em geral é possível descrever o comportamento para os carboidratos nestas samambaias: Os altos valores de carboidratos solúveis nas folhas indicam aumento na degradação do amido foliar, sendo os carboidratos solúveis não metabolizados pela folha drenada até o caule. Menores teores de carboidrato solúveis são encontrados nos caules devido à redução na respiração das raízes destas plantas sob anoxia/ hipoxia, exigindo uma maior quantidade de açúcares para evitar a oxidação, e o armazenamento, sendo o incrementado da alta de carboidratos solúveis rapidamente estocados na forma de amido de reserva.

A menor disponibilidade de água na estação seca afeta diretamente os atributos foliares diminuindo o índice estomático, suculência (SUC) e MFA, no qual reflete na queda das concentrações de clorofilas. Os menores valores nas concentrações de clorofila têm influência direta nos amidos foliares que são estocados e, por conseguinte alterando toda a dinâmica dos carboidratos nestas espécies.

A análise do sítio onde cresce *Acrostichum danaeifolium* indica níveis críticos de Na no solo; provavelmente a produção de mucilagem e o remanejamento de carboidratos para a produção deste são características para a tolerância ao estresse à inundação e concomitantemente ao estresse salino.

A população de *B. serrulatum* inundada foi a que apresentou maior capacidade de estocagem de amido no caule, característica fundamental para a sobrevivência em ambientes alagados. Outro fator importante é que os sítios de ocorrência dessas populações possuem

solos com teores tóxicos de ferro e alumínio, o que indica a tolerância dessas populações. A deposição de silício nas células estomáticas é uma estratégia de tolerância a elevada taxa de alumínio.

*T. interrupta* é a espécie que possui maior sinuosidade das células epidérmicas e suas populações na restinga de Maricá são visualmente menores ambientes de intensa luminosidade sendo comum encontrar esta espécie em ambientes inundados, porém mais sombreados. Além disso, a alta sinuosidade células epidérmicas permite uma alta suculência mantendo o *status* hidrológico da folha em ambas as estações.

Este trabalho analisou três espécies de samambaias importantes na fisionomia e estrutura da comunidade de plantas herbáceas de ambientes inundados das restingas fluminenses. Foram gerados conhecimentos sobre algumas das estratégias ecofisiológicas desenvolvidas por essas espécies para sobreviverem em solos periodicamente inundados. Os resultados apresentados, além de agregar informações sobre a biologia das samambaias nos neotrópicos, irão contribuir para a compreensão da dinâmica de ocupação de espécies herbáceas em ambientes alagáveis nas restingas brasileiras.

## 7 PERSPECTIVAS

- 1 – Avaliação e quantificação fitoquímica destas samambaias para o esclarecimento da atuação dos diversos metabólitos na tolerância a inundação;
- 2- Determinação nutricional destas samambaias de forma a maximizar o entendimento da relação solo: planta em ambientes alagados;
- 3- Ampliação dos parâmetros de avaliação das condições edáficas, como análise em diferentes profundidades do solo, frações húmicas, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, resíduos mínimos e Boro para compreensão do estabelecimento destas samambaias nas restingas fluminenses;
- 4- Descrição anatômica de forma a esclarecer outras características de tolerância à inundação;
- 5 – Entender de que forma a natureza molecular proporciona características de tolerância a inundação e a toxidez por macro e micro nutrientes.
- 6- Comparação do perfil ecofisiológico destas espécies em outros pontos biogeográficos.
- 7- Estudos de natureza fenológica;
- 8- Avaliar efeito da ação de diferentes concentrações de gás carbônico sobre os açúcares de reserva (aumento, diminuição ou manutenção) e níveis de açúcares livres;
- 9- Avaliação qualitativa dos carboidratos solúveis;
- 10- Analisar outros parâmetros fisiológicos tais como, condutância estomática e radicular.

## REFERÊNCIAS

- Abreu, IN, Pinto, JEBP, Furtini Neto, AE, Bertolucci, SKV, Ladeira, A, Geromel, C. 2002. Nitrogênio e fósforo na produção vegetal e na indução de mucilagem em plantas de insulina. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 536-540.
- Almeida, DL, Santos, GA, De-Polli, H, Cunha, LR, Sobrinho, NMBA, Pereira, NNC, Eira, PA, Bloise & RM Salek, RC. 1988. Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro. Editora Universidade Rural. Coleção Universidade Rural. Série Ciências Agrárias. 179 pag.
- Alves, JD, Magalhães, MM, Goulart, PFP, Dantas, BF, Gouvêa, JA, Purcino, RP, Magalhães, PC, Fries, DD, Livramento, DE, Meyer, LE, Seiffert, M, Silveira, T. 2002. Mecanismos de tolerância da variedade de milho “saracura” (BRS 4154) ao alagamento. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.1, n.1, p.41-52
- Andreev, VY, Generozova, IP & Vatapetian, BB. 1991. Energy status and mitochondrial ultrastructure of excised pea root at anoxia and postanoxia. *Plant Physiol. Biochem.* 29: 171-176.
- Araujo, DSD. 2000. Análise florística e fitogeográfica das restingas do estado do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. PPG-Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Arenque, BC. Metabolismo de carboidratos da espécie amazônica *Senna reticulata* sob cultivo em alto CO<sub>2</sub>. 2010. São Paulo, SP.: USP, 112p. Dissertação (mestrado em biologia vegetal). Universidade de São Paulo.
- Armstrong, W, Brändle, R, Jackson, MB. 1994. Mechanisms of flood tolerance in plants. *Acta Botanica Neerlandica*, v.43, p.307-358.
- Assumpção, J & Nascimento, MT. 2000. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 14: 301-315.
- Atkinson, CJ, Harrison Murraya, RS, T aylora, JM. 2008. Rapid flood induced stomatal closure accompanies xylem sap transportation of root derived acetaldehyde and ethanol in *Forsythia*. *Env Exp Bot* 64:196 205
- Batista, CUN, Medri, ME, Bianchini, E, Medri, C, Pimenta, JA. 2008. Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. *Acta Botânica Brasileira*, v.22, p.91-98.
- Baligar, VC, Fageria, NK & He, ZL 2001. Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32: 7, 921 — 950.
- Barta, AL 1987. Supply and partitioning of assimilates to roots of *Medicago sativa* L. and *Lotus corniculatus* L. under anoxia. *Plant cell and Environment*. 10: 151 – 156.

Brasil. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. 1958. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal; contribuição à carta de solos do Brasil. Rio de Janeiro. 350p. (CNEPA- SNPA. Boletim, 11).

Brasil. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo; contribuição à carta de solos do Brasil. Rio de Janeiro. 634p. (CNEPA-SNPA. Boletim, 12).

Brasil. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos que ocupam a parte baixa do núcleo colonial de Macaé. Rio de Janeiro, 1968. 99p. (Boletim técnico, 5).

Brasil. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. 1972 Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: MA/EPE - SUDENE/DRN, MA/CONTAP/USAID/BRASIL. 670p. (Boletim técnico, 15).

Brasil. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. 1975. Centro de Pesquisas Pedológicas. Levantamento exploratório-reconhecimento dos solos do Estado de Alagoas. Recife. 532p. (DNPEA- CPP. Boletim técnico, 35).

Blom, CWP M & Voesenek, LACJ. 1996. Flooding: The survival strategies of plants. Tree. Vol. II, RO. 7 J.

Britto, IC. 1999. Projeto Porto Seguro – Santa Cruz Cabralia : vegetação / Ivomar Carvalho Britto e José Alberto Castro Macedo – Salvador : CPRM : Prefeituras Municipais de Porto Seguro e Santa Cruz Cabralia, 1999.v. 6, 16p.

Boeger MRT, Leticia EC, Maria WP & Labiak PH. 2007. Variabilidade fenotípica de *Rumohra adiantiformis* (G. Forst) Ching (Dryopteridaceae) Hoehnea 34(4): 553-561.

Bray, EA, Bailey-Serres, J, Weretilnyk, E. 2000 Responses to abiotic stresses. In: Buchanan, BB, Gruissem, W. Jones, RL. (eds). Biochemistry & Molecular. Biology of Plants. Rockville. American Society of Plant Physiologists. Cap.22, p1158-1203.

Brower, JE, Zar, JH, Ende, Von, CN. 1997. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Quarta edição WCB/McGraw-Hill. Estados Unidos, 273 p.

Buer, CS, Wasteneys, GO, & Masle J. 2003. Ethylene Modulates Root-Wave Responses in Arabidopsis. Plant Physiology. Vol. 132, pp. 1085–1096.

Carlson, RE, Momen, NN, Arjmand, O, Shan, RH. Leaf conductance and leaf-water potential relationship for two soybean cultivars grown under controlled irrigation. Agron. J., v.71, p.321-5, 1979.

Camara, TR, Willadino, L. 2005. Compreendendo o estresse abiótico *in vitro*. In: Nogueira, RJMC, Araújo, E de L, Willadino, L, Cavalcante, UMT (eds). Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife. MXM. Gráfica e Editora. Parte.V, cap.29, p.325-335.

Camargo, FAO, Santos, GA, Zonta, E. 1999. Alterações eletroquímicas em solos inundados. *Ciência Rural*, Santa Maria. V. 29, n. 1, p. 171-180.

Caetano, LPS. 2006. Tolerância de seis acessos de *Brachiaria* SPP. ao Alongamento. Dissertação de mestrado em Botânica com área de concentração em Botânica Tropical pela Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi.

Clark, DG, Gubrium, EK, Barrett, JE, Nell, AT & Klee, HJ. 1999. Root Formation in Ethylene-Insensitive Plants. *Plant Physiology*, Vol. 121, pp. 53 -59.

Chandra, S. 1982. Notes on some ecological adaptations in Drynarioid ferns. *Malayan Nature Journal*, Kuala Lumpur, v. 35, p. 133-148.

Chiou, WL, Martin, CE, Lin, TC, Hsu, CC, Lin, SH & Lin, KC. 2005. Ecophysiological Differences Between Sterile and Fertile Fronds of the Subtropical Epiphytic Fern *Pyrrisia lingua* (Polypodiaceae) in Taiwan. *American Fern Journal* 95(4): 131-140.

Colli, AMT & Perez, SCJGA. 2005. O efeito do stress térmico na germinação dos esporos de *Thelypteris longifolia*. *Revista Logos* 12: 11-14.

de Coninck, F. Major mechanism in formation of spodic horizons. 1980. *Geoderma*, v. 24p, p. 101 – 128.

Cordeiro, SZ. 2005. Composição e distribuição da vegetação herbácea em três áreas com fisionomias distintas na Praia do Perú, Cabo Frio, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. V. 19, n. 4, p. 679-693.

Correia, MCR, Pinheiro, MCB & Lima, HA. 2005. Biologia floral e polinização de *Arrabidaea conjugata* (Vell.) Mart. (Bignoniaceae). *Acta Botânica Brasilica* 19: 501-510.

Correia, MCR, Pinheiro, MCB & Lima, HA. 2006. Biologia floral e polinização de *Anemopaegma chamberlaynii* Bur. & K.Shum. (Bignoniaceae). *Lundiana* 7:39-46.

Day, PR. 1965. Particle fractionation and particle size analysis. In: Black, CA (ed.) *Methods of soil analysis: Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison: American Society of Agronomy, Pt.1. p.545-567.

Dias, ATC, de Mattos, EA, Vieira, SA, Azeredo, JV, Scarano, FR. 2006. Aboveground biomass stock of native woodland on a Brazilian sandy coastal plain: Estimates based on the dominant tree species. *Forest Ecology and Management*, Inglaterra, Vol. 226, pp 364-367.

Dias - Filho, MB, Carvalho, CJ. 2000. Physiological and morphological responses of *Brachiaria* spp. to flooding. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, p.1959-1966.

Dias - Filho, MB. 2006. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas. In: 43a Reuniao Anual da SBZ. João Pessoa. Anais dos Simposios - Suplemento Especial da Revista da Brasileira de Zootecnia. João Pessoa : SBZ e UFPB. v. 35. p. 535-553.



Drew, MC, Jackson, MB & Giffard, S. 1979. Ethylene-promoted Adventitious Rooting and Development of Cortical Air Spaces (Aerenchyma) in Roots May be Adaptive Responses to Flooding in *Zea mays* L. *Planta* Vol. 147, pp 83-88.

Drew, MC. 1997. Oxygen deficiency and root metabolism: Injury and acclimation under hypoxia and anoxia. *Annu.Rev.Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 48: 223-250.

Drew MC, He C-J, Morgan PW. 2000. Programmed cell death and aerenchyma formation in roots. *Trends in plant science, Review*, 5 (3): 123-127.

Duarte, HM, Gebler, A, Scarano, FA, Franco, AC, de Matto, EA, Nahm, M, Rennenberg, H, Rodrigues, PJFP, Leão, H, Zaluar, T, Lüttge, U. 2005. Ecophysiology of six selected shrub species in different plant communities at the periphery of the Atlantic Forest of SE-Brazil. 2005. *Flora* 200 456–476.

Else MA, Tiekstra AE, Croker SJ, Davies WJ, Jackson MB. 1996. Stomatal closure in flooded tomato plants involves abscisic acid and a chemically unidentified anti transpirant in xylem sap. *Plant Physiol* 112:239 247.

Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 1978. Levantamento de reconhecimento do solo do Estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro. 461p. (Boletim técnico, 45).

Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 1979. Reunião de classificação, correlação e interpretação de aptidão agrícola de solos. 1., Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS/SBCS. 276p.

Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 1980. Levantamento semidetalhado e aptidão agrícola dos solos do município do Rio de Janeiro, RJ. Rio de Janeiro. 389p. (Boletim técnico, 66).

Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 1987. Levantamento semidetalhado de solos, classificação da aptidão agrícola das terras e elaboração do anteprojeto de colonização do projeto Campos Novos no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS/INCRA. Parte 1, 272p.

Embrapa. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p

Esteves, LM, Felipe, GM. 1985. Fotossensibilidade de esporos de pteridófitas dos cerrados. *Revista Brasileira de Botânica*. Vol. 8: 219-222.

Esteves, LM, Felipe, GM & Melhem, TS. 1985. Germination and morphology of spores of *Trichipteris concovadensis*. *American Fern Journal* 75: 92-102.

Fageria, NK, Baligar, VC, Jones, CA. Growth and mineral nutrition of field crops. 2nd ed. rev. exp. New York: M. Dekker, 1997. 624p.

Fageria, NK. 1998. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, v.2, p.6-16.

Farias, RP & Xavier, SRS. 2011. Fenologia e sobrevivência de três populações de samambaias em remanescente de Floresta Atlântica Nordestina, Paraíba, Brasil. Biotemas, 24 (2): 13-20

Ferraz, KKF, Silva, DM. Avaliação ecofisiológica do crescimento inicial de espécies florestais usadas na recuperação de áreas degradadas – II. *Calliandra calothyrsus* Meisn. In: Congresso Nacional de Fisiologia, 8., 2001, Ilhéus-BA. CD-ROM. 6-087

Fernandez, FAS. 2009. O poema imperfeito: Crônicas de Biologia, conservação da natureza e seus heróis. 2º Ed. rev. Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná.

Filippini, ECP, Duz, SR & Randi, AM. (1999). Light and storage in the germination of spores of *Dicksonia selowiana* (Presl.) Hook., Dicksoniaceae. Rev Bras Bot 22: 21-26.

Fontes, RV & Silva, DM. 2000 Avaliação ecofisiológica do crescimento inicial de *Piptadenia adiantoide* (Spreng.) Macbr., espécie florestal usada na recuperação de áreas degradadas. In: Congresso Nacional de Fisiologia, 8., Ilhéus-Ba. Cd-Rom. 6-089.

Gallego, SM, Benavides, MP, Tomaro, ML. 1996. Effect of heavy metal iron excess on sun flower leaves: Evidence for involvement for oxidative stress. Plant Science, 121, 151 – 159.

Garcia, QS. 1999. Germination ecology of *Jacquinia brasiliensis*, na endemic species of the Brazilian “restinga”, in relation to salinity. Tropical Ecology 40: 207-212.

Gaspar, T, Franck, T, Bisbis, B, Kevers, C, Jouve, L, Hausman, JF, Dommes, J. 2002. Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. Plant Growth Regulation, v. 37, p. 263-285.

Gessler, A, Nitschke, R, de Mattos, EA, Zaluar, HLT, Scarano, FR, Rennenberg, H, Lüttge, U. 2008. Comparison of the performance of three different ecophysiological life forms in a sandy coastal restinga ecosystem of SE-Brazil: a nodulated N<sub>2</sub>-fixing C<sub>3</sub>-shrub (*Andira legalis* (Vell.) Toledo), a CAM-shrub (*Clusia hilariana* Schltdl.) and a tap root C<sub>3</sub>-hemicryptophyte (*Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Ktze.). Trees (Berlin), v. 22, p. 105-119.

Goedert, WJ, Lobato, E, Lourenço, S. Nutrient use efficiency in brasilian acid soils: Nutrient management and plant efficiency. In: Moniz, AC.; Fulani, AMC.; Schaffert, RE, Fageria, NK, Rosolem, CA, Cantarella, H. Plant-soil interactions at low pH: Sustainable agriculture and forestry production. Brasília: SBCS, 1997. p. 97-104.

Gomes, HF. 2002. Caracterização de solos de manguezais e de restingas no município de Ilhéus – Bahia. Viçosa, MG.: UFV. 96p. Dissertação (Mestrado em solos e Nutrição de plantas) Universidade Federal de Viçosa.

- Gomes, JB, Resende, M, Rezende, SB, Mendonça, ES 1999. Solos de três áreas de restinga. Morfologia, caracterização e classificação. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira. V 33. Número 11.
- Gomes, R, Pinheiro, MCB, Lima, HA. 2008. Fenologia reprodutiva de quatro espécies de Sapotaceae na restinga de Maricá, RJ. Revista Brasil. Bot. V.31, n.4, p.679-687.
- Hay, JD & Lacerda, LD. 1980. Alterações nas características do solo após a fixação de *Neoregelia cruenta* (R. Grah.) Smith (Bromeliaceae), em um ecossistema de restinga.
- Henrique, PC, Alves, JD, Goulart, PFP, Deuner, S, Silveira, NM, Zanandrea, I, Castro, EM. 2009. Características fisiológicas e anatômicas de plantas de sibipiruna submetidas à hipoxia. Ciência Rural, Santa Maria, On line.
- Hiendlmeyer, R & Randi, AM 2007. Response of spores and young gametophytes of *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyatheaceae) and *Blechnum brasiliense* Desv. (Blechnaceae) to different light levels. Acta Botanica Brasílica 21: 909-915.
- Hsu, YM, Tseng M J, Lin CH. 1999. The fluctuation of carbohydrates and nitrogen compounds in flooded wax apple trees. Bot Bull Acad Sin 40:193-198
- Ishida, FY, Oliveira, LM, Carvalho, CJR, Alves, JD. 2002. Efeitos da inundação parcial e total sobre o crescimento, teor de clorofila e fluorescência de *Setaria anceps* e *Paspalum repen*. Ciênc. agrotec. Lavras. V.26, n.6, p.1152-1159.
- Inskip, WP & Bloom, PR. 1985. Extinction Coefficients of Chlorophyll a and b in N, N-Dimethylformamide and 80% Acetone. Plant Physiol. Vol. 77, pp 483-485.
- Jadoski, SO, Klar, AE, Salvador, ED. 2005. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais V. 1 No 1
- Jackson, MB & Drew MC. 1984. Effects of flooding on growth and metabolism of herbaceous plants. In: Kozłowski T (ed) Flooding and plant growth. Academic Press, New York, PP 47-128.
- Jensen, WA. 1962. Botanical histochemistry: principles and practice. San Francisco: Freeman, WH & Co. 408 p.
- Kalashnikov, YUE, Zakrzhevsky, DA, Balakhnina, TI. 1994. Effect of soil hypoxia on activation of oxygen and the system of protection from oxidative damage in roots and leaves of *Hordeum vulgare* L. Russ J. Plant Physiol 41:583-588
- Kraft, NJBR, Valencia & Ackerly, DD. 2008. Functional traits and niche-based tree community assembly in an Amazonian forest. *Science*, 322:580-582.
- Keddy, PA. 1992. Assembly and response rules - 2 goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science*, 3:157-164.

Kluge, M & Ting, IP. 1978. Crassulacean Acid Metabolism: Analysis of an Ecological Adaptation. Berlin, Springer-Verlag.

Larcher, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: RiMA Artes e Textos, 2004. 531p.

Lawlor, DW. 2002. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany* v.89, p.871-885.

Lee, JG, Caldwell, C & Gallie, DR. 2010. Expression of the ethylene biosynthetic machinery in maize roots is regulated in response to hypoxia. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 61, No. 3, pp. 857–871

Leite F, Paulilo, MTS, Randi, AM. 2005 . Substrate and Irradiance Affect the Early Growth of the Endangered Tropical Tree Fern *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae). *American Fern Journal* 95(3):115-125.

Liao, CT & Lin, CH. 2001. Physiological Adaptation of Crop Plants to Flooding Stress. *Proceedings of the National Science Council, Roc (B)* 25: 148-157.

Lima, MR. 2006. Diagnóstico e Recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos. Curitiba: UFPR/ Setor de Ciências Agrárias.

Lobo, PC & Joly, CA. 1998. Tolerance to hypoxia and anoxia in neotropical tree species. *Oecologia brasiliensis* 4: 137-156.

Lobo PC & Joly CA. 1995. Mecanismos de tolerância à inundação de plantas de *Talauma ovata* St Hil (Magnoliaceae), uma espécie típica de matas de brejo. *Revista Brasileira de Botânica*. 18: 177-183.

Mantovani, A & Iglesias, RR. 2001. Bromélias terrestres na restinga de Barra de Maricá, RJ: influência sobre o microclima, o solo, e a estocagem de nutrientes em ambientes de borda de moitas. *Leandra* 16:17-37.

Mantovani, A & Iglesias, RR. 2008. Factors limiting seed germination of terrestrial bromeliads in the sandy coastal plains (*restinga*) of Maricá, Rio de Janeiro, Brazil. *Rodriguésia* 59:135-150.

Mantovani, A. & Iglesias, RR. 2010. The effect of water stress on seed germination of three terrestrial bromeliads from *restinga*. *Rev. bras. Bot.* vol.33 no.1. São Paulo.

Mantuano, DG. 2008. Crescimento clonal em *Neoregelia cruenta* na Restinga de Jurubatiba: estrutura populacional, plasticidade morfo-anatômica e integração fisiológica. – Tese (doutorado) – Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro/Escola Nacional de Botânica Tropical. Rio de Janeiro.

Marin, A, Santos, DMM.; Banzatto, DA & Codognotto, LM. 2006. Influência da disponibilidade hídrica e da acidez do solo no teor de prolina livre de guandu. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.41, n.2, p.355-358.

de Mattos, EA, Grams, TEE, Ball, E, Franco, AC, Haagkerwer, A, Herzog, B, Scarano, FR, Barreto, SMB, Lüttge, U. 1997. Diurnal patterns of chlorophyll a fluorescence and stomatal conductance in several species of coastal vegetation in southeastern Brazil. *Trees* (Berlin), Alemãha, v. 11, p. 363-369.

de Mattos, EA. 1998. Perspectives on comparative ecophysiology of some Brazilian vegetation types: leaf CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O gas exchange, chlorophyll a fluorescence and carbon isotope discrimination. In: Scarano, F R & Franco, A C (Orgs.) *Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the neotropics*. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ. p. 1-13. (Series Oecologia Brasiliensis IV)

de Mattos, EA, Braz, MIG, Cavalin, PO, Rosado, BHP, Gomes, JM, Martins, I. ST & Arruda, RCO. 2004. Variação espacial e temporal em parâmetros fisioecológicos de plantas. In: CFD Rocha, FA Esteves & FR Scarano (orgs.) *Pesquisa de longa duração na Restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação*. São Carlos, RIMA, Pp. 99-116.

Mattoo, AK & Suttle, JC. 1991. *The Plant Hormone Ethylene*. CRC Press Boca Raton Ann Arbor Boston London.

Mc Cready, RM, Guggolz, J, Silveira, V, & Owens, HS. 1950 Determination of starch and amylose in vegetables. *Analytical Chemistry*, 22:1156-1158

Mc Gill, BJ, Enquist, E, Weiher & M Westoby. 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology & Evolution*, 21:178-185.

Meirelles, ST, Mattos, EA & Silva AC. 1997. Potential desiccation tolerant vascular plant from southeastern Brazil. *Polish Journal of Environmental Studies* 6 (4): 17-21.

Menezes, LFT & Araújo, DSD. 1999. Estrutura de duas formações vegetais do cordão arenoso externo da Restinga da Marambaia, RJ. *Acta Botânica Brasílica* 13 (2): 223-235.

Menezes, LFT & Araújo, DSD. 2000. Variação da biomassa aérea de *Allagoptera arenaria* (Gomes) O.Kuntze numa comunidade arbustiva de Palmae na Restinga da Marambaia, RJ. *Revista Brasileira de Biologia* 60(1): 47-157.

Mehltreter, K & Palacios-Rios, M. Phenological studies of *Acrostichum danaeifolium* (Pteridaceae, Pteridophyta) at a mangrove site on the Gulf of Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 19:155-162. 2003.

Molinari, HBC, Marur, CJ, Bespalkok JC, Kobayashi, AK, Pileggi, M, Pereira, FPP, Vieira, LGE. 2004. Osmotic adjustment in transgenic citrus rootstock Carrizo citrange (*Citrus sinensis* Osb. x *Poncirus trifoliata* L. Raf.) overproducing proline. *Plant Science*, v.167, p.1375-1381.

Moran, R. 1982. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with NN-dimethylformamide. *Plant Physiol* 69: 1376-1381.

Moran, R & Porath, D. 1980. Chlorophyll determination in intact tissues using N, N-dimethylformamide. *Plant Physiol* 65: 478-479.

- Moraes, JAPV & Silva, RT. 1998. Trocas gasosas e potencial hídrico em duas espécies de pteridófitas epífitas durante um dia nublado na estação chuvosa. *Vegetalia* 33(1): 44-55.
- Muehe, D. 1984. Evidência de recuos dos cordões litorâneos em direção ao continente no litoral do Rio de Janeiro. In *Restingas: Origem, Estrutura e Processos* (L D Lacerda, D S D Araújo, R Cerqueira & B Turcq, orgs.). CEUFF, Universidade Federal Fluminense, Niterói, p.75-80.
- Nascimento, PC, Lani, JL, Mendonça, ES, Zoffoli, HJO & Peixoto, HTM. 2010. Teores e Características da Matéria Orgânica de Solos Hidromórficos do Espírito Santo. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:339-348
- Naumann, JC, Young , DR, Anderson, JE. 2008. Leaf chlorophyll fluorescence, reflectance, and physiological response to freshwater and saltwater flooding in the evergreen shrub, *Myrica cerifera*. *Environmental and Experimental Botany*. 63(1-3):402-409.
- Neves, JCL. 2000. Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo. Campos dos Goytacazes, RJ.: UENF.191p. Tese (Doutorado em produção vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense.
- Nimer, E. 1972. Climatologia da região Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* 34:3-48.
- Nunes, FN, Novais, RF, Silva, IR, Gebrim, FO & São José, JB. 2004. Fluxo Difusivo de Ferro em solos sob influência de doses de Fósforo E de Níveis de acidez e umidade. *Seção Ii - Química e Mineralogia do Solo*. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:423-429.
- Okamoto, JM & Joly, CA. 2000. Ecophysiology and respiratory metabolism during the germination of *Inga sessilis* (Vell.) Mart. (Mimosaceae) seeds subjected to hypoxia and anoxia. *Rev. bras. Bot.* vol.23 n.1
- Oliveira, L, Nascimento, R, Kraul, L. & Miranda, A. 1955. Observações biogeográficas e hidrobiológicas sobre a Lagoa de Maricá. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 53(2-4): 171-262.
- Oliveira, MIP, Beltrão, NEM, Silva, FVF, Neto, JFB, Sofiatti, V, Silva, KC, Belo, VN, Silva, FMO. 2010. Comportamento estomático em plantas mamoneira e algodoeiro sob deficiência hídrica em diferentes temperaturas. *IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas*, João Pessoa, PB.
- Osmond, CB, Austin, MP, Berry, JA, Billings, WD, Boyer, JS, Dacey, JWH. 1987. Stress physiology and the distribution of plants. *Bioscience*, v. 37, p. 38-48.
- Orcutt, DM, Nilsen, ET. 2000. *Physiology of Plants Under Stress*. New York, John Willey & Sons.
- Page, CN. 1979. The diversity of ferns. An ecological perspective, pp. 9-56 in *Experimental biology of ferns*. Ed. A.F. Dyer, Academic Press, London.

Page, CN. 2002. Ecological strategies in fern evolution: a neopteridological overview. Review of *Palaeobotany and Palynology*, vol. 119, no. 1, p. 1-33.

Paula, LMO. 1996 As estratégias adaptativas de sete espécies de pteridófitas ocorrentes nos campos rupestres da Serra da Piedade, Caeté, MG. Dissertação de mestrado. Instituto de Ciências biológicas. Universidade Federal de Minas Gerais.

Peña-Fronteras, JT, Villalobos, MC, Baltazar, AM, Merca, F, Abdelbagi, MI, Johnson, DE. 2009. Adaptation to flooding in upland and lowland ecotypes of *Cyperus rotundusa* troublesome sedge weed of rice: tuber morphology and carbohydrate metabolism. *Annals of Botany* 103: 295–302.

Pereira, MCA, Araujo, DSD & Pereira, OJ. 2001. Estrutura de uma comunidade arbustiva da restinga de Barra de Maricá – RJ. *Revista Brasileira de Botânica* 24(3): 273-281.

Perata, P, Pozueta Romero, J, Akazawa, T & Yamaguchi, J. 1992. Effect of anoxia on starch breakdown in rice and wheat seeds. *Planta* 188:611- 618.

Perata, P, Voesenek, LA 2007. Submergence tolerance in rice requires Sub1A, an ethylene response factor like gene. *Trends Plant Sci* 12:43 46

Pillar, VD. 1994. Estratégias adaptativas e padrões de variação da vegetação. UFRGS, Departamento de Botânica, UFRGS. Disponível em <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>

Pillar, VDP & Orlóci, L. 1993. Character-Based Community Analysis: The Theory andan Application Program. SPB Academic Publishing, The Hague. 270 p

Pimenta, JA, Medri, ME, Bianchini, E, Muller, C, Okamoto, JM, Francisconi, LMJ & Correa, GT. 1996. Aspectos da morfoanatomia e fisiologia de *Jacaranda puberula* Cham. (Bignoniaceae) em condições de hipóxia. *Revista Brasileira de Botânica* 19: 215-220.

Pimentel, MCP, Barros, MJ, Cirne, P, de Mattos, EA, Oliveira, RC, Pereira, MCA, Scarano, FR, Zaluar, HLT, Araujo, DSD. 2007. Spatial variation in the structural and floristic composition of “restinga” vegetation in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, 30, 543–551.

Pinto, LPS, Costa, JPO, Fonseca, GAB & Costa, CMR. 1996. Mata Atlântica: ciência, conservação e políticas. In: Workshop Científico sobre a Mata Atlântica, Belo Horizonte, MG. Documentos Ambientais.

Pisicchio, CM, Bianchini, E, Pimenta, JA, Sert, A, Davanso-Fabro, VM & Medri, ME 2010. *Heliocarpus popayanensis* Kunth (Malvaceae) tolera a hipoxia do substrato? *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. Maringá, v. 32, n. 2, p. 201-209

Pollock, CJ & Jones, T. 1979. Seasonal patterns of fructan metabolism in forage grasses. *New Phytologist* 83:8-15.

Popova, GM, Moshkin, VA. 1986. Botanical classification. In: Moshkin, V. A. (Ed.). *Castor*. New Delhi: Amerind. p. 11-27.

Porra, RJ. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls *a* and *b*. *Photosynthesis Research* 73: 149–156.

Projeto Radambrasil. 1981. Folha SD.24 Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. 624p. (Levantamento de recursos naturais, 24).

Projeto Radambrasil. 1983. Folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. 780p. (Levantamento de recursos naturais, 32).

Pyykkö, M. 1979. Morphology and anatomy of leaves from some woody plants in a humid tropical forest of Venezuelan Guayana. *Acta Botanica Fennica* 112: 1-41.

Ranal, MA. 1995. Estabelecimento de pteridófitas em mata mesófila semidecídua do Estado de São Paulo. 2. Natureza dos Substratos. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v. 55, n.4, p. 583-594.

Randi, AM. 1989. Lipids, Proteins And Sugars In Spores Of *Cyathea delgadii* Sternb., *Polypodium Latipes* Lang & e Fisch and *Trichipteris corcovadensis*. *Insula* 19: 3-12.

Randi, AM. 1996. Photosensitivity, viability and storage reserves in spores of *Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch. (Pteridaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 19(1): 105-108.

Randi, AM. & Brum, F. M. R. 2002. High irradiance and temperature inhibit the germination of the fern *Rumohra adiantiformis*. *Revista Brasileira de Botânica* 25(4): 391-396.

Randi, AM & Brum, FMR. 2006. Germination of spores and growth of gametophytes and sporophytes of *Rumohra adiantiformis* (Forst.) Ching (Dryopteridaceae) after spore cryogenic storage. *Revista Brasileira de Botânica* 29(3): 489-495.

Randi, AM & Crozier, A. 1991. Gibberellins, indole - 3 - acetic and the germination of spores of the tree fern *Cyathea delgadii* Sternb. *Revista Brasileira de Botânica*. Vol. 14: 67-72.

Randi, AM & Felipe, GM. 1988 a. Efeito de pré-embebição em atmosfera úmida na fotossensibilidade de esporos de *Cyathea Delgadii*. *Hoehnea* 15: 20-27.

Randi, AM & Felipe, GM. 1988 b. Efeitos da temperatura durante a pré e a pós indução e do período de armazenamento na germinação de *Cyathea Delgadi*. *Hoehnea* 15: 10-19.

Randi, AM & Felipe, GM. 1988 c. Efeito do armazenamento de esporos, da aplicação de dmcu e da pré-embebição em peg na germinação de *Cyathea delgadii*. *Ciência e Cultura* 40(5): 484-489.

Randi, AM & Felipe, GM. 1988 d. Lipid content during germination of spores of the fern *Cyathea delgadii*. *Revista Brasileira de Botânica*. Vol. 11: 37-39.

Randi, AM & Felipe, GM 1988 e. Mobilization of Storage Reverses During *Cyathea delgadii* Spore Germination. *Botanical Magazine* 101(1064): 529-533.



- Randi, AM & Felipe, GM. 1988 F. Germinação de esporos de *Cyathea delgadii* Sternb. Sob luz azul e aplicações longas de vermelho. *Revista Brasileira de Biologia* 48: 979-984.
- Randi, AM, Felipe, GM. 1988 G. Effect of red light and far-red on the germination of spores of *Cyathea delgadii* Sternb. *Revista Brasileira de Botânica* 11: 41-45.
- Randi, AM, Gomes, GS, Puchalski, A, Santos, DS, Reis, MS. 2006. Variability in the germination of spores among and within natural populations of the endangered tree fern *Dicksonia sellowiana* (PRESL.) Hooker (XAXIM). *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 49(1): 1-10.
- Randi, AM & Renner, GDR. 2004. Effects of sucrose and irradiance on the germination and early on germination and early gametophyte growth of the endangered of the tree fern *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae). *Acta Botanica Brasilica*. Vol. 18(2): 375-380.
- Raven, PH, Evert, RF & Eichhorn, SE. 2007. *Biologia Vegetal*, 7ª. ed. Coord. Trad. JE Kraus. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Rogge, GD, Viana, AM & Randi, AM. 2000. Cryopreservation of spores of *Dicksonia sellowiana*: an endangered tree fern indigenous to South and Central America. *Cryoletters* 21: 223-230.
- Rosado, BHP & de Mattos, EA. 2007 Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 21, p. 741-752.
- Rosado, BHP, de Mattos, EA. 2010. Interspecific variation of functional traits in a CAM-tree dominated sandy coastal plain. *Journal of Vegetation Science*, p. 1-12.
- Santos, MG. 2007. Riqueza, distribuição e conservação das pteridófitas nas restingas fluminenses, Brasil. Tese de Doutorado, Museu Nacional - UFRJ, Rio de Janeiro.
- Scarano, FR, Ribeiro, CT, Moraes, FL de, Lima, HC. 1997. Plant establishment on flooded and unflooded patches of freshwater swamp forest in southeastern Brazil. *Journal of tropical ecology*.14: 793 – 803.
- Scarano, FR. 1998. A comparasion of dispersal, germination and establishment of woody plants subjected to distinct flooding regimes in Brazilian flood prone forest and estuarine vegetation. pp 177- 193. In Scarano, F. R & A. C. Franco (eds). *Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in neotropics*. Series Oecologia Brasiliensis, vol. IV. PPGE-UFRJ- Rio de Janeiro, Brasil.
- Scarano, FR. 2002a. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the brazilian atlantic rainforest. *Annals of Botany* 90: 517- 524.
- Scarano, FR. 2002b. O uso de recursos ambientais por plantas nas vegetações à margem da Mata Atlântica *sensu stricto* no Estado do Rio de Janeiro. Pp. 165-169. In: E L, Araújo, AN, Moura, EVSB, Sampaio, LMS, Gestrinari & JMT, Carneiro (eds.). *Biodiversidade, Conservação e Uso Sustentável da Flora do Brasil*. Recife, UFRPE, Sociedade Botânica do Brasil.

Scarano, FR, Barros, CF, Loh, RKT, de Mattos, EA, Wendt, T. 2009. Plant morpho-physiological variation under distinct environmental extremes in restinga vegetation. *Rodriguesia*, v. 60, p. 221-235.

Scarano, FR, Cirne, P, Nascimento, MT, Sampaio, MC, Villela, DM, Wendt, T & Zaluar, HLT. 2004. Ecologia Vegetal: Intregrado Ecossistema, Comunidades, Populações e Organismos. Pp. 77-97. In: C. F. D. Rocha, F. A. Esteves & F.R. Scarano (eds.) Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação. RiMa Editora, São Carlos.

Scarano, FR, Duarte, HM, Ribeiro, KT, Rodrigues, PJFP, Barcellos, EMB, Franco, AC, Brulfert, J, Deléense. & Lüttge, U. 2001. Four sites with contrasting environmental stress in southeastern Brazil: relations of species, life form diversity, and geographical distribution to ecophysiological parameters. *Botanical Journal of the Linnean Society* 136: 345-364.

Schiefelbein, WJ. 2000. Constructing a Plant Cell. The Genetic Control of Root Hair Development. *Plant Physiology*, December 2000, Vol. 124, pp. 1525–1531.

Schuter, U, Albrecht, G & Wiedenorth, EM. 1996. Content of water soluble carbohydrates under oxygen deprivation in plants with different flooding tolerance. *Folia Geobot. Phytitax.* 31:57-64.

Sereda, F. 2008. Caracterização nutricional e grau de esclerofilia foliar de guanandi em floresta ombrófila densa no litoral do Paraná. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Silva, FCL & Simabukuro, EA. 2005. Efeito dos substratos na germinação de esporos e desenvolvimento de gametófitos de *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn. (PTERIDOPHYTA). *Brazilian Journal of Plant Physiology* 17: 114-115.

da Silva, FC. 1999. Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de tecnologia. p. 207-212

Simabukuro, EA, Esteves, LM & Felipe, GM. 1991. Fotoblastismo de pteridófitas da mata ciliar. *Insula* 22: 177-186.

Simabukuro, EA, Dyer, AF & Felipe, GM. 1998 A. The effect of sterilization and storage conditions on the viability of the spores of *Cyathea delgadii* Sternb. *American Fern Journal* 88 (2): 72-80.

Simabukuro, EA, Esteves, LM & Felipe, GM. 1998 B. Fern spore morphology and spore rain of a preserved cerrado region in Southeast Brazil (Reserva Biológica de Moji Guaçu, São Paulo). *American Fern Journal* 88: 114-137.

Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist* v.125, p.27-58.

Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 2004. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10 ed. Comissão de química e fertilidade do solo. Porto Alegre.

- Stein, JR. 2009. Excesso de ferro em arroz (*Oryza sativa* L.): efeitos tóxicos e mecanismos de tolerâncias em distintos genótipos. Porto Alegre, RS.: UFRGS. 197p. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Stiegler, JC, Bell, GE & Maness, NO. 2004. Comparison of Acetone and N,N-Dimethylformamide for Pigment Extraction in Turfgrass. *Communications in soil science and plant analysis* 35(13-14): 1801-1813.
- Suzuki, R & Ishimaru, T. 1990. A improved method for determination of phytoplankton chlorophyll using N, N-Dimethylformamide. *Journal of Oceanographical Society of Japan*. Vol. 46, 190 to 194.
- Taiz, L, Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 2004. Porto Alegre: Artmed. p 449-484.
- Terazawa K, Maruyama Y, Morikawa Y. 1992. Photosynthetic and stomatal responses of *Larix kaempferi* seedlings to short term waterlogging. *Ecol Res* 7:193-197.
- Thomas, AL. 2004. Modificações morfológicas e assimilação de nitrogênio em plantas de soja (*Glicine Max*) com sistemas radiculares com deficiência de O<sub>2</sub>. Tese para obtenção do título de Doutor. Universidade Estadual de Campinas.
- Tomé Jr, JB. 1997. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba, Editora Agropecuária.
- Vartapetian, BB, Andreeva, IN, Geberozova, IP, Polyakova, LI, Maslova, IP, Dolgikh, YI & Stepanova, AY. 2003. Functional electron microscopy in studies of plant response and adaptation to anaerobic stress. *Annals of Botany*, 91, 155–172.
- Vartapetian, BB & Jackson, M. 1997. Plant Adaptations to Anaerobic Stress. *Annals of Botany* 79 (Supplement A): 3-20.
- Vile, D, Garnier, E, Shipley, B, Laurent, G, Navas, ML, Roumet, C, Lavorel, S, Diaz, S, Hodgson, JG, Lloret, F, Midgley, GF, Poorter, H, Rutherford, MC, Wilson, J & Wright, IJ. 2005. Specific Leaf Area and Dry Matter Content Estimate Thickness in Laminar Leaves. *Annals of Botany* 96: 1129–1136.
- Violle CML, Navas, D, Vile, E, Kazakou, C, Fortunel, I, Hummel & Garnier, E. 2007. Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116:882-892.
- Vitarelli, NC & Santos, M. 2009 Anatomia de estípulas e coléteres de *Psychotria carthagenensis* Jacq. (Rubiaceae). *Acta bot. bras.* 23(4): 923-928.
- Viviani, D & Randi, AM. 2008. Effects of Ph, temperature and light intensity on spore germination and light intensity on spore germination and growth analysis of young sporophytes of *Polypodium lepidopteris* (Pteridophyta, Polypodiaceae). *Rodriguesia* 59: 435-444.

- Volpe, CA, Brunini, O, Camargo, MBP. 1990. Resistência estomática à difusão de vapor d'água de folhas de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa em condições de campo. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.25, n.6, p.915-924.
- Weiher, E, Clarke, GDP & Keddy, PA. 1998. Community assembly rules, morphological dispersion, and the coexistence of plant species. *Oikos*, 81: 309–322.
- Witkowski, ETF & Lamont, BB. 1991. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia* 88: 486-493
- Willadino, L & Câmara, TR. 2010. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11. Pág.2
- Yamamoto, F, Sakata, T, Terazawa, K. 1995. Physiological, morphological and anatomical responses of *Fraxinus mandshurica* seedlings to flooding. *Tree Physiology*, v.15, p.713- 719.
- Yem, EW & Willis, AJ. 1954. The Estimation of Carbohydrates in Plant Extracts by Anthrone. *Biochemical Journal* 54:915-929.
- Yordanova, RY, & Popova, LP. 2007. Flooding induced changes in photosynthesis and oxidativestatus in maize plants. *Acta Physiol Plant* 29:535 541.
- Zamith, LR, Scarano, FR. 2006. Restoration of a restinga sandy coastal plain in Brazil: survival and growth of planted woody species. *Restoration Ecology*, v. 14, p. 87-94.
- Zotarelli, L, Cardoso, EG, Piccinin, JL, Urquiaga, S, Boddey, RM, Torres, E, & Alves, BJR. 2003. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1117-1122.

## ANEXOS

### Anexo A - Classificação do solo em função do pH

pH	Classificação
< 5,0	Extremamente ácidos
5,0 – 5,5	Muito ácidos
5,6 – 6,0	Ácidos
6,1 – 6,5	Pouco ácidos
6,6 – 7,0	Aproximadamente neutros
7,1 – 7,5	Pouco alcalino (básico)
7,6 – 8,0	Alcalino (ou básico)
> 8,0	Muito alcalino (ou básico)

Fonte: Adaptado de Almeida *et al.* (1988) e Sereda (2008).

### Anexo B - Interpretação dos níveis e percentuais dos parâmetros químicos do solo

Parâmetro	Expressão	Muito baixo	Baixo	médio	Alto
Cálcio	Cmolc / dm <sup>3</sup>		≤ 1,5	1,6 - 4,0	>4,0
Magnésio	Cmolc / dm <sup>3</sup>		≤ 0,5	0,6 - 4,0	>10
Alumínio	Cmolc / dm <sup>3</sup>		≤ 0,3	0,4 - 1,0	>1,0
Acidez potencial	Cmolc / dm <sup>3</sup>		≤ 2,5	2,6 – 5,0	> 5,0
Matéria Orgânica	%		≤ 2,5	2,6 – 5,0	> 5,0
Saturação por alumínio (m)	%		≤ 20	21 - 40	41 - 60
Saturação por bases (V)	%	≤ 2,5	26 - 50	51 - 70	71 - 90
Capacidade de troca Catiônica (CTC)	Cmolc / dm <sup>3</sup>		<5	5,1-15	>15
Soma das bases trocáveis (S)			≤ 2	2 – 5	> 5
Cu	mg/Kg		< 2,0	2,0 – 4,0	> 4
Zn	mg/Kg		< 2,0	2,0 – 5,0	>5
Mn	mg/Kg		< 2,5	2,5 – 5,0	>5,0
Fósforo					
Textura argilosa	mg/L		≤ 5,0	6 – 10	> 10
Textura média	mg/L		≤ 10	11 – 20	> 20
Textura arenosa	mg/L		≤ 20	21 – 30	> 30
Potássio	mg/L		≤ 30	31 – 60	>60
Fe	mg/Kg	< 9	9 - 18	19 – 30	31 - 45

Fonte: Adaptado de SBCS (2004) e Sereda (2008).

## Anexo C - Classes de textura do solo

Tipo de textura	Valores de granulométrica
Areia ou textura arenosa	Teor de argila menor que 15%
Textura média ou intermediária	Teor de argila entre 15 e 35%
Argila ou textura argilosa	Entre 35 e 60%
Argila pesada ou textura muito argilosa	Teor de argila superior a 60 %
Textura siltosa	Teor de silte superior a 50%, para teores de argila menores que 35% e de areia menores que 15 %.

Fonte: Almeida *et al.*, 1988.

## Anexo D - Parâmetros para fertilidade do solo

Classes de aptidão	Diagnose
Excelente	Apresenta saturação de bases maior que 50% de solo (V); capacidade de troca de cátions (CTC) maior que 10 cmolc/kg de solo; saturação com alumínio (Al) menor que 30%.
Boa	Apresentam saturação de bases (V) entre 25% e 50%; capacidade de troca de cátions (CTC) entre 8 e 10 cmolc/kg de solo; saturação com alumínio (Al) entre 30 e 50%.
Regular	Apresentam saturação de bases (V) entre 10% e 25%; capacidade de troca de cátions (CTC) entre 4 e 8 cmolc/kg de solo; saturação com alumínio (Al) até 60%; saturação com sódio (Na) deve ser menor que 10%; condutividade elétrica (CE) menor que 8 MPa.
Restrita	Apresentam saturação de bases menor que 10% (V); capacidade de troca de cátions (CTC) entre 2 e 4 cmolc/kg de solo; saturação com alumínio (Al) até 80%; saturação com sódio (Na) entre 10% e 15%; condutividade elétrica (CE) entre 8 e 15 MPa.

Fonte: Adaptado de SBCS (2004) e da Silva (1999).

## APÊNDICES

Apêndice A - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para densidade estomática na estação chuvosa.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Densidade estomática na estação chuvosa				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	11	13	12	5
Mediana	13	19	15	10
Máximo	17	22,	18	20
Média	13,04	18,08	14,8	10,4
Desvio padrão	1,39	2,25	1,64	4,16
Erro padrão	0,27	0,45	0,32	0,83
P <0,0001		F= 37,77		R <sup>2</sup> = 0,54

Apêndice B - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para densidade de células epidérmicas na face abaxial na estação chuvosa.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Densidade de células epidérmicas na face abaxial na estação chuvosa				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	13	21	16	13
Mediana	16	26	22	18
Máximo	13	21	16	13
Média	16,5	26,4	21,8	18,4
Desvio padrão	2,85	3,58	3,04	3,94
Erro padrão	0,57	0,71	0,6	0,78
P<0,0001		F= 40,92		R <sup>2</sup> = 0,56

Apêndice C - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para densidade de células epidérmicas na face adaxial na estação chuvosa.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Densidade de células epidérmicas na face adaxial na estação chuvosa				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	8	16	16	15
Mediana	11	23	21,	17
Máximo	25	27	31,	21
Média	11,6	22,8	21,04	17,68
Desvio padrão	3,33	2,16	3,48	1,93
Erro padrão	0,66	0,43	0,69	0,38
P<0,0001		F= 76,4		R <sup>2</sup> = 0,7

Apêndice D - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e R<sup>2</sup> para ANOVA (análise de variância) para densidade estomática na estação seca.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Densidade estomática na estação seca				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	14	12	5	5
Mediana	18	17	7	7
Máximo	23	23	11	10,
Média	17,5	16,96	6,8	7,32
Desvio padrão	2,12	3,36	1,1	1,34
Erro padrão	0,42	0,67	0,22	0,26
P<0,0001		F=182		R <sup>2</sup> = 0,85

Apêndice E - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e R<sup>2</sup> para ANOVA (análise de variância) para densidade de células epidérmicas na face abaxial na estação seca.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Densidade de células epidérmicas na face abaxial na estação seca				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	19	17	8	11
Mediana	25	27	15	18
Máximo	32	40	19	26
Média	25	26,6	14,84	17,5
Desvio padrão	3,58	5,42	2,21	3,16
Erro padrão	0,71	1,08	0,44	0,63
P<0,0001		F= 57,12		R <sup>2</sup> = 0,64

Apêndice F - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e R<sup>2</sup> para ANOVA (análise de variância) para densidade de células epidérmicas na face adaxial na estação seca.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Densidade de células epidérmicas na face adaxial na estação seca				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	11	21	11	14
Mediana	14	25	16	18
Máximo	17	32	25	28
Média	13,9	25,6	16,44	18,8
Desvio padrão	2,11	2,67	3	3,61
Erro padrão	0,42	0,53	0,6	0,72
P<0,0001		F= 75		R <sup>2</sup> = 0,7



Apêndice G - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para espessura (mm) na estação chuvosa.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

	Espessura foliar na estação chuvosa			
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	0,26	0,2	0,21	0,155
Mediana	0,29	0,21	0,22	0,17
Máximo	0,31	0,23	0,27	0,18
Média	0,29	0,21	0,22	0,174
Desvio padrão	0,016	0,0074	0,02	0,01
Erro padrão	0,0059	0,0023	0,0065	0,003
	P<0,0001	F= 99,6	R <sup>2</sup> = 0,89	

Apêndice H – Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão e P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para suculência (g/cm<sup>2</sup>) na estação chuvosa.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

	Suculência foliar na estação chuvosa			
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	0,011	0,016	0,01	0,01
Mediana	0,012	0,019	0,018	0,02
Máximo	0,016	0,028	0,023	0,044
Média	0,013	0,02	0,018	0,024
Desvio padrão	0,0017	0,004	0,003	0,0094
Erro padrão	0,0006	0,001	0,0009	0,002
	P= 0,0017	F= 6,27	R <sup>2</sup> = 0,356	

Apêndice I - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para MFA (g/cm<sup>2</sup>) na estação chuvosa.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

	Massa por unidade de folha (MFA) na estação chuvosa			
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	0,0018	0,0064	0,006	0,002
Mediana	0,0029	0,0089	0,008	0,005
Máximo	0,0033	0,0173	0,009	0,011
Média	0,00277	0,0096	0,0083	0,005
Desvio padrão	0,0004	0,00292	0,0009	0,002
Erro padrão	0,0001	0,00092	0,0003	0,0006
	P <0,0001	F= 21,52	R <sup>2</sup> = 0,655	

Apêndice J - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para densidade ( $\text{mg}/\text{mm}^3$ ) na estação chuvosa.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

	Densidade foliar na estação chuvosa			
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	0,007	0,03	0,24	0,013
Mediana	0,009	0,043	0,38	0,03
Máximo	0,01	0,08	0,43	0,069
Média	0,009	0,04	0,37	0,033
Desvio padrão	0,001	0,01	0,05	0,013
Erro padrão	0,0005	0,004	0,01	0,004
	P<0,0001	F= 333,65	R <sup>2</sup> = 0,967	

Apêndice K - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para espessura (mm) na estação seca.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

	Espessura foliar na estação seca			
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	0,253	0,185	0,195	0,15
Mediana	0,297	0,21	0,215	0,16
Máximo	0,33	0,21	0,235	0,18
Média	0,296	0,2	0,215	0,16
Desvio padrão	0,02	0,009	0,013	0,007
Erro padrão	0,006	0,003	0,004	0,002
	P<0,0001	F= 152,2	R <sup>2</sup> = 0,932	

Apêndice L - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para suculência ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) na estação seca.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

	Suculência foliar na estação seca			
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	0,01	0,006	0,0061	0,004
Mediana	0,012	0,008	0,0084	0,009
Máximo	0,016	0,011	0,0134	0,018
Média	0,012	0,008	0,0088	0,0095
Desvio padrão	0,002	0,001	0,0021	0,0037
Erro padrão	0,0008	0,0005	0,0007	0,0011
	P= 0,008	F= 4,67	R <sup>2</sup> = 0,31	

Apêndice M - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e R<sup>2</sup> para ANOVA (análise de variância) para MFA (g/cm<sup>2</sup>) na estação seca.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Massa por unidade de folha (MFA) na estação seca				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	0,0035	0,0038	0,0031	0,0013
Mediana	0,0039	0,0033	0,0034	0,0019
Máximo	0,0055	0,0037	0,0043	0,0022
Média	0,0042	0,0033	0,0035	0,0019
Desvio padrão	0,0007	0,0002	0,0004	0,0002
Erro padrão	0,0002	0,0001	0,0001	0,00007
P<0,0001		F= 40,52		R <sup>2</sup> = 0,8

Apêndice N - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e R<sup>2</sup> para ANOVA (análise de variância) para densidade (mg/mm<sup>3</sup>) na estação seca.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Densidade na estação seca				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	0,01	0,014	0,013	0,007
Mediana	0,014	0,016	0,016	0,011
Máximo	0,018	0,018	0,022	0,013
Média	0,01	0,016	0,016	0,011
Desvio padrão	0,002	0,0012	0,002	0,0014
Erro padrão	0,0006	0,0003	0,0006	0,0003
P<0,0001		F= 26,38		R <sup>2</sup> = 0,55

Apêndice O - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e R<sup>2</sup> para ANOVA (análise de variância) para concentração de clorofila *a* (µg/cm<sup>2</sup>) na estação chuvosa.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Concentração de clorofila <i>a</i> na estação chuvosa				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	3,37	5,15	6,97	3,82
Mediana	6,19	6,28	8,61	4,87
Máximo	10,8	8,7	9,98	8
Média	6,55	6,59	8,55	5
Desvio padrão	2,11	1,2	1	1,13
Erro padrão	0,66	0,395	0,31	0,35
P<0,0001		F= 9,91		R <sup>2</sup> = 0,45

Apêndice P - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão e P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para concentração de clorofila *b* ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) na estação chuvosa.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Concentração de clorofila <i>b</i> na estação chuvosa				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	1,75	2,42	3,16	2,1
Mediana	2,7	2,89	3,6	2,88
Máximo	4,44	4	5,16	5,17
Média	2,93	3,11	4	3,28
Desvio padrão	0,83	0,55	0,84	1
Erro padrão	0,26	0,17	0,26	0,32
P= 0,03                                  F= 3,12                                  R <sup>2</sup> = 0,2				

Apêndice Q - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para concentração de clorofila *a/b* ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) na estação chuvosa.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Clorofila total na estação chuvosa				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	6,06	7,71	10,13	5,94
Mediana	8,75	9,13	12,17	7,64
Máximo	15	12,76	14,59	12,51
Média	9,48	9,71	12,56	8,33
Desvio padrão	2,49	1,78	1,76	1,91
Erro padrão	0,78	0,56	0,55	0,6
P= 0,0003                                  F= 7,94                                  R <sup>2</sup> = 0,39				

Apêndice R - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para concentração de clorofila *a/b* ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) na estação chuvosa.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Concentração de clorofila <i>a/b</i> na estação chuvosa				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	0,75	1,87	1,78	0,94
Mediana	2,54	2,11	2,22	1,7
Máximo	2,65	2,3	2,55	2,1
Média	2,31	2,11	2,18	1,6
Desvio padrão	0,57	0,12	0,25	0,34
Erro padrão	0,18	0,04	0,08	0,1
P= 0,0008                                  F= 7,05                                  R <sup>2</sup> = 0,37				

Apêndice S - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e R<sup>2</sup> para ANOVA (análise de variância) para concentração de clorofila *a* (µg/cm<sup>2</sup>) na estação seca.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Concentração de clorofila <i>a</i> na estação seca				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	6,24	4,35	6,72	4
Mediana	10,2	6,91	9,17	4,88
Máximo	12,63	8,79	12,8	8
Média	9,78	7,15	9,33	5,46
Desvio padrão	2,2	1,34	1,5	1,3
Erro padrão	0,69	0,44	0,47	0,43
P<0,0001		F= 14,66		R <sup>2</sup> = 0,55

APÊNDICE T - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e R<sup>2</sup> para ANOVA (análise de variância) para concentração de clorofila *b* (µg/cm<sup>2</sup>) na estação seca.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Concentração de clorofila <i>b</i> na estação seca				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	2,17	2,56	2,98	1,6
Mediana	3,63	3,16	3,72	2
Máximo	4,29	4,15	5,25	2,98
Média	3,46	3,29	3,92	2,2
Desvio padrão	0,79	0,5	0,66	0,49
Erro padrão	0,25	0,16	0,21	0,15
P<0,0001		F= 13,33		R <sup>2</sup> = 0,53

Apêndice U - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, de P, F e R<sup>2</sup> para ANOVA (análise de variância) para concentração de clorofila total (µg/cm<sup>2</sup>) na estação seca.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Concentração de clorofila total na estação seca				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	8,45	6,92	9,7	5,66
Mediana	13,87	10	12,99	6,9
Maximo	16,92	12,95	17,68	10,97
Média	13,25	10,45	13,26	7,66
Desvio padrão	2,99	1,81	2,06	1,8
Erro padrão	0,94	0,6	0,65	0,58
P<0,0001		F= 14,15		R <sup>2</sup> = 0,54

Apêndice V - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e R<sup>2</sup> para ANOVA (análise de variância) para concentração de clorofila *a/b* (µg/cm<sup>2</sup>) na estação seca.

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Concentração de clorofila <i>a/b</i> na estação seca				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	2,67	1,69	1,87	2,15
Mediana	2,81	2,19	2,42	2,47
Máximo	2,98	2,55	2,62	2,7
Média	2,82	2,16	2,38	2,46
Desvio padrão	0,09	0,22	0,21	0,13
Erro padrão	0,031	0,07	0,06	0,04
P<0,0001		F= 23,76		R <sup>2</sup> = 0,67

Apêndice W - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e R<sup>2</sup> para ANOVA (análise de variância) para teores de carboidratos solúveis nas folhas para a estação chuvosa (mg.MS<sup>-1</sup>).

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Teores de carboidratos solúveis nas folhas para a estação chuvosa				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	164,79	300,96	264,49	338,74
Mediana	179,79	413,75	329,6	346,7
Máximo	270,82	445,15	359,28	406,67
Média	197,79	391,45	321,74	367,3
Desvio padrão	43,7	61	34,82	34
Erro padrão	19,57	27,68	15,57	15
P<0,0001		F= 18,3		R <sup>2</sup> = 0,77

Apêndice X - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e R<sup>2</sup> para ANOVA (análise de variância) para teores de carboidratos solúveis nos caules para a estação chuvosa (mg.MS<sup>-1</sup>).

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Teores de carboidratos solúveis nos caules para a estação chuvosa				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	62,28	217,98	143,73	71,68
Mediana	120,4	229	177,6	103,5
Máximo	137,54	284,4	206,49	211,97
Média	108,12	242,35	180,13	116,29
Desvio padrão	28,87	28,18	26,36	55,19
Erro padrão	12,91	12,6	11,79	24,68
P<0,0001		F= 14,62		R <sup>2</sup> = 0,73

Apêndice Y - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para teores de carboidratos solúveis nas folhas para a estação seca ( $\text{mg.MS}^{-1}$ ).

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Teores de carboidratos solúveis nas folhas para a estação seca				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	142,59	352,66	278,95	157,45
Mediana	200,63	477,68	369,07	162,37
Máximo	308	493,24	561,1	221,94
Média	211,63	449,28	374,66	175,7
Desvio padrão	60	57,9	114,93	27
Erro padrão	26,84	25,89	51,4	12
P<0,0001		F= 11,53	R <sup>2</sup> = 0,68	

Apêndice Z - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para teores de carboidratos solúveis nos caules para a estação seca ( $\text{mg.MS}^{-1}$ ).

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Teores de carboidratos solúveis nos caules para a estação seca				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	16,77	133,28	165,31	51,27
Mediana	19,27	194,38	187,72	87,68
Máximo	42,28	218	217,37	211,19
Média	27,23	182,5	190,8	108
Desvio padrão	12,77	32,7	19,14	61,31
Erro padrão	5,71	14,62	8,56	27,4
P<0,0001		F= 21,73	R <sup>2</sup> = 0,8	

Apêndice AA - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para teores amido nas folhas para na estação chuvosa ( $\text{mg.MS}^{-1}$ ).

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Teores de amido nas folhas para a estação chuvosa				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	39,53	190,77	170,58	226,9
Mediana	61,33	264,18	268,44	491,71
Maximo	85,22	388,66	615,44	613,28
Média	61,85	275,58	330,72	441,94
Desvio padrão	18,76	72,14	197,27	155,89
Erro padrão	9,38	32,26	98,63	69,72
P= 0,005		F= 6,55	R <sup>2</sup> = 0,58	

Apêndice AB - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para teores de amido nos caules na estação chuvosa ( $\text{mg.MS}^{-1}$ ).

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Teores de amido nos caules para a estação chuvosa				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	416,83	537,7	239,7	690,64
Mediana	453,7	901,2	343,75	758,42
Máximo	485,46	973,1	480,36	832,6
Média	452,4	828,3	351,89	760,58
Desvio padrão	29,69	198,5	111,21	71,03
Erro padrão	14,84	99,27	55,6	41
P= 0,0005		F= 13,45		R <sup>2</sup> = 0,78

Apêndice AC - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para teores de amido nas folhas na estação seca ( $\text{mg.MS}^{-1}$ ).

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Teores de amido nas folhas para a estação seca				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	123,3	88,58	13,22	83,45
Mediana	233	120,53	61,44	179,11
Maximo	348,03	214,58	91,	214,65
Média	232,78	137,18	54,61	159,14
Desvio padrão	80,22	53,68	33,8	54,78
Erro padrão	35,87	24,01	15,13	24,5
P= 0,001		F= 7,98		R <sup>2</sup> = 0,59

Apêndice AD - Valores mínimos, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão, P, F e  $R^2$  para ANOVA (análise de variância) para teores de amido nos caules na estação seca ( $\text{mg.MS}^{-1}$ ).

Legenda: AD: *Acrostichum danaeifolium*; BSI: *Blechnum serrulatum* de ambiente inundado; BSS: *Blechnum serrulatum* de ambiente seco; TI: *Thelypteris interrupta*.

Teores de amido nos caules para a estação seca				
	AD	BSI	BSS	TI
Mínimo	128,71	276,61	99,830	356,81
Mediana	441,76	675,83	189,19	523,80
Máximo	469,80	946,74	505,42	725,67
Média	376,22	666,49	247,83	521,24
Desvio padrão	142,12	251,04	162,53	159,84
Erro padrão	63,55	112,27	72,68	71,48
P= 0,01		F= 4,84		R <sup>2</sup> = 0,47