

ANÁLISE ANATÔMICA, ECOFISIOLÓGICA E
NUTRICIONAL DE FOLHAS DE *Cordia superba* CHAM.
(BORAGINACEAE) EM MATA NATIVA E
REFLORESTADA DO MUNICÍPIO DE ITAOCARA-RJ

Carlos Eduardo da Silva Sanches

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

Campos dos Goytacazes, RJ

Junho de 2013

ANÁLISE ANATÔMICA, ECOFISIOLÓGICA E
NUTRICIONAL DE FOLHAS DE *Cordia superba* CHAM.
(BORAGINACEAE) EM MATA NATIVA E
REFLORESTADA DO MUNICÍPIO DE ITAOCARA-RJ

Carlos Eduardo da Silva Sanches

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

Orientadora: Dra. Maura da Cunha
Co-orientador: Dr. Guilherme Rodrigues Rabelo

Campos dos Goytacazes – RJ
Junho de 2013

ANÁLISE ANATÔMICA, ECOFISIOLÓGICA E
NUTRICIONAL DE FOLHAS DE *Cordia superba* CHAM.
(BORAGINACEAE) EM MATA NATIVA E
REFLORESTADA DO MUNICÍPIO DE ITAOCARA-RJ

Carlos Eduardo da Silva Sanches

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

Aprovada em 11 de junho de 2013.

Comissão examinadora:

Dra. Dulce Gilson Mantuano – Departamento de Botânica - UFRJ

Dra. Ângela Pierre Vitória – LCA/CBB/UENF

Dr. Fábio Lopes Olivares - LBCT/CBB/UENF

Dr. Guilherme Rodrigues Rabelo - LBCT/CBB/UENF (co-orientador)

Dra. Maura Da Cunha – LBCT/CBB/UENF (Orientadora)

Agradecimentos:

A Deus por me proteger, dar força e sabedoria para desenvolver esse trabalho.

A Dr^a. Maura Da Cunha pela orientação, estímulo, confiança, amizade e carinho. Mas, sobretudo pelo aprendizado de que as múltiplas tarefas do exercício da ciência começam pelo seu elemento principal: as pessoas;

Ao Dr. Guilherme Rodrigues Rabelo, por toda ajuda, paciência e incentivo para que esse trabalho pudesse ser realizado;

Aos membros da banca, por aceitarem o convite;

A Dr^a. Helena Regina Pinto Lima pela disponibilidade e criteriosa correção;

A coordenadora do Programa de Pós-graduação em Biociências e Biotecnologia Dr^a Kátia V.S. Fernandes e as funcionárias Beatriz M. G. Almeida e Marlene Flauzindo dos Santos.

Aos amigos do grupo da Profa. Maura Da Cunha: Germana Bueno, Camilla Alexandrino, Jonas C. Marques, Saulo Pireda, João Victor Castelar, Cristiane Tulli, Fernanda Trindade, Marcos Vinícios Almeida, Glaziele Campbell, Márcio Rocha, Vanessa da Silva, Bruna da Silva, Neilor L. Borges, Dhiego S. Oliveira, Letícia L. Ferreira, Geliane S. R. Oliveira e Gabriel A. Ferreira pelo intenso convívio dentro e fora do laboratório;

A chefia do LBCT, na figura do Dr. Renato DaMatta e, posteriormente Dr. Fábio Lopez Olivares por proporcionarem as condições necessárias para o desenvolvimento desta tese;

Aos demais professores, técnicos e colegas de pós-graduação do LBCT pelo saudável convívio;

Ao biólogo Guilherme Souza e toda a equipe do Projeto Piabanha por nos receber em suas instalações e proporcionar a realização desse trabalho;

Aos meus colegas tutores, funcionários e alunos do Cederj Itaocara pelo apoio;

Aos meus pais Francisco e Nelci e meu irmão Rafael pelo carinho e incentivo;

A minha filha Milena, por tornar meus dias mais felizes;

Em especial a minha esposa Kellen, pelo amor, dedicação e sua atenção em manter-me atento ao saudável equilíbrio entre o profissional e o pessoal;

Enfim, a todos que não foram mencionados aqui, mas que de alguma forma contribuíram e foram importantes na realização e conclusão deste trabalho.

Sumário:

Resumo	ix
Abstract	x
1.Introdução.....	01
1.1. Floresta Atlântica.....	02
1.2. Floresta Estacional Semidecidual	03
1.3. Desmatamentos e Reflorestamentos.....	04
1.4. Características e aspectos legais relacionados às Matas Ciliares ..	05
1.5. Estação Experimental de Itaocara	06
1.6. Família Boraginaceae e a espécie <i>Cordia superba</i>	08
1.7. Influência da luz nos aspectos adaptativos estruturais e ecofisiológicos.....	09
1.8. Conteúdo nutricional das plantas.....	12
2- Objetivo geral.....	16
4.1- Objetivos específicos.....	16
3- Materiais e Métodos.....	17
3.1. Caracterização do ambiente de coleta	17
3.2. Seleção dos indivíduos e coleta do material.....	21
3.3. Preparo de Amostras para Microscopia.....	22
3.3.1. Fixação e Desidratação	22
3.3.2. Microscopia Óptica	22
3.3.3. Microscopia Eletrônica de Varredura.....	24
3.3.4. Microscopia Eletrônica de Transmissão.....	24
3.4. Parâmetros Quantitativos Estruturais.....	25
3.4.1. Quantificação da espessura da epiderme; do parênquima paliádico; do parênquima lacunoso; do mesofilo	25
3.4.2. Quantificação de estômatos por área foliar	25
3.4.3. Área foliar (AF); Espessura (ESP); Massa da folha por unidade de área (MFA); Suculência (SUC) e Densidade (DEN)..	26
3.5. Análises ecofisiológicas	26
3.5.1. Estimativa de clorofila total no campo.....	26
3.5.2. Acompanhamento dos parâmetros de emissão de fluorescência da clorofila <i>a</i>	27

3.5.3. Medidas do conteúdo dos pigmentos fotossintéticos em laboratório.....	27
3.6. Análise nutricional.....	28
3.6. Análise estatística.....	29
4- Resultados	30
4.1. Caracterização anatômica da folha de <i>Cordia superba</i>	30
4.2. Caracterização histoquímica da folha de <i>Cordia superba</i>	36
4.3. Ultraestrutura da lâmina foliar.....	38
4.4. Comparação entre folhas de sol e de sombra e entre os setores mata nativa e mata piabanha.....	40
4.5. Análises ecofisiológicas.....	46
4.6. Análise de nutrientes.....	49
5- Discussão.....	50
6- Conclusões.....	65
7- Referências bibliográficas.....	66
8 – Anexos.....	87
Anexo 1. Registro editorial: início do reflorestamento da área de estudo.....	87

Índice de figuras e tabelas:

Figura 1: Mapas de amostragem da área original de Mata Atlântica no Brasil e das áreas remanescentes atuais	02
Figura 2: Indivíduo de <i>Cordia superba</i> e detalhe de folha.....	09
Figura 3: Mapa da área de coleta no Centro Estadual de Pesquisa e Desenvolvimento da Pecuária Leiteira, município de Itaocara-RJ.....	18
Figura 4: Mapa do Brasil mostrando localização dos estados e mapa do estado do Rio de Janeiro e evidenciando a região Noroeste Fluminense e o município de Itaocara.....	18
Figura 5: Comparação das características microclimáticas da mata nativa e da mata piabanha.....	20
Figura 6. Pecíolo de <i>Cordia superba</i> de folhas de sol da mata nativa	31
Figura 7: Superfície de folhas de sol de <i>Cordia superba</i> oriundas da mata nativa em microscopia eletrônica de varredura.....	32
Figura 8: Superfície de folhas de sol de <i>Cordia superba</i> oriundas da mata nativa em microscopia eletrônica de varredura evidenciando tricomas.....	33
Figura 9. Lâmina foliar de <i>Cordia superba</i> de folhas de sol da mata nativa.....	35
Figura 10. Corte transversal da nervura central de <i>Cordia superba</i> de folhas de sol da mata nativa.....	36
Figura 11. Testes histoquímicos em folhas de sol de <i>Cordia superba</i> da mata piabanha. Cortes transversais da epiderme.....	37

Figura 12. Ultraestrutura da lâmina foliar de <i>Cordia superba</i> de folhas de sol da mata nativa.....	39
Figura 13: Comparação da anatomia foliar de <i>Cordia superba</i> entre folhas de sol e de sombra da mata nativa e da mata piabanha.....	41
Figura 14. Secções transversais da lâmina foliar de <i>Cordia superba</i>	42
Figura 15: Comparação da morfologia foliar de <i>Cordia superba</i> entre folhas de sol e de sombra da mata nativa e da mata piabanha.....	44
Figura 16 - Vista frontal de lâminas foliares de <i>Cordia superba</i> da mata piabanha coradas com safranina.....	45
Figura 17 – Microclima e análises ecofisiológicas de folhas de sol e de sombra da mata nativa e da mata piabanha.....	48
Tabela 1: Valores médios de Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA), Temperatura (°C) e Umidade (%) realizada fora da mata e valor médio de Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) em área de mata.....	21
Tabela 2: – Média e desvio padrão da concentração de pigmentos fotossintéticos em folhas de sol e de sombra de <i>Cordia superba</i> da mata nativa e da mata piabanha.....	49
Tabela 3: Média e desvio padrão da concentração de macronutrientes (mg/g) e relação C/N em folhas adultas de <i>Cordia superba</i> na mata nativa e na mata piabanha.....	49

Resumo

Cordia superba Cham. é uma espécie da família Boraginaceae, importante para a produção de madeira. O objetivo do trabalho foi caracterizar de forma comparativa os aspectos estruturais e ecofisiológicos adaptativos de folhas de sol e de sombra de *C. superba* crescida em mata nativa e em mata reflorestada da região do Médio Paraíba no estado do Rio de Janeiro. Os indivíduos coletados nas áreas de estudo possuem altura entre 7 a 10 m e tronco com 20 a 30 cm de diâmetro. O material foi processado de acordo com as técnicas usuais de anatomia e ecofisiologia vegetal. As análises revelaram que *C. superba* exibe folhas com características qualitativas semelhantes em ambas às áreas. A lâmina foliar é hipoestomática com estômatos anomocíticos; superfície adaxial e abaxial com paredes anticlinais sinuosas; epiderme uniestratificada com células de formato lenticular e paredes periclinais externas espessas; mesofilo dorsiventral; parênquima paliçádico com uma a duas camadas de células e lacunoso com quatro a seis camadas. Testes histoquímicos revelaram lipídeos e compostos fenólicos nos tricomas glandulares; compostos fenólicos e óleos essenciais na face adaxial da epiderme. A análise ultraestrutural revelou a parede periclinal externa subdividida em camadas cuticulares interna e externa e cutícula propriamente dita. As folhas de sol e de sombra da área reflorestada apresentaram plasticidade para quase a totalidade das características analisadas, como maior espessura da lâmina e densidade estomática em folhas de sol, enquanto o mesmo não foi observado na área de mata nativa. As análises ecofisiológicas mostraram que não há estresse fotoquímico, independente do tratamento e da área de estudo, o que indica boa adaptação da espécie. Dos nutrientes analisados (C, N e P), o único que apresentou diferenças significativas entre a mata nativa e mata reflorestada foi o carbono (C), com maior concentração nas folhas da mata nativa. Tais estudos possibilitam ampliar o conhecimento sobre essa espécie, evidenciando a capacidade de adaptação de indivíduos de *C. superba* em função da quantidade e da qualidade de radiação local dominante, mostrando, com isso, que a espécie pode ser utilizada em práticas de recuperação de áreas degradadas, além de subsidiar futuros trabalhos.

Palavras-chave: Médio Paraíba, Morfo-anatomia, Histoquímica, Matas Ciliares.

Abstract

Riparian Forests are a type of Forest that developed in the river margin e following stand out by richness, genetic diversity and water and fauna resource protections. Nongovernmental organizations, as Piabanha Project, act on behalf of the reforestation of these forests, where it is a great diversity of plant families, such as Boraginaceae. *Cordia superba* Cham is specie from study area with height about of 7-10 meters and 20-30 cm of diameter. The aim of this work was characterize comparatively the structural e ecophysiological adaptative aspects of the sun and shade leaves from indigenous and reforestation forest in the middle region of Paraiba River on Rio de Janeiro state. The plant material was processed according usual anatomical and ecophysiological techniques. *C. superba* exhibited leaves similar qualitative characteristics in both areas. The leaf blade is hypostomatic, with paracytic stomata; sinuous anticlinal cell wall from adaxial and abaxial surface; unistratified epidermis with thicker and concavo-convex outer cell wall; dorsiventral mesophyll; 1-2 layers of palisade parenchyma and 4-6 layers of spongy parenchyma. Histochemical tests showed lipids and phenolic compounds in the glandular trichomes; phenolic compounds and essential oils in the adaxial surface; a lipid portion in the external layer and pectic nature in the internal of the outer cell wall. The sun and shade leaves from reforestation stand showed plasticity in almost all of characteristics analyzed, while the same was not observed in the indigenous forest. Ecophysiological analyzes showed no photochemical stress condition, regardless of the treatment and study site. Carbon (C) was the only one nutrient significantly different between indigenous and reforestation stands, with higher concentrations in the indigenous leaves. Such studies allow expand knowledge about this species, demonstrating the adaptation capacity of *C. superba* depending on the quantity and quality of local radiation dominant, in addition to supporting further works.

1. Introdução

Poucos ecossistemas no Brasil apresentam uma situação de degradação semelhante à que ocorre com a Mata Atlântica, a qual está relacionada, sobretudo, à expansão da agricultura e ao processo de urbanização (Ribeiro *et al.*, 2009). Essa degradação acelerada vem causando diversos problemas ao meio ambiente, como os relacionados à redução das matas ciliares.

As matas ciliares referem-se a formações vegetais situadas nas margens dos corpos d'água. Dentre os principais problemas decorrentes de sua degradação está a escassez hídrica, visto que a ausência de vegetação nas margens dos corpos d'água faz com que a água da chuva escorra sobre a superfície do solo, diminuindo a infiltração e, conseqüentemente, o armazenamento no lençol freático. Outros problemas relacionados à degradação das matas ciliares são a erosão e assoreamento, e a redução da qualidade da água e da biodiversidade local (Sevegnani e Santos, 2000).

A fim de reduzir os inúmeros problemas causados pela degradação das matas ciliares, uma das medidas mais eficazes a ser tomada é o reflorestamento dessas áreas. No entanto, para que a recomposição da mata nativa seja realizada de maneira adequada, devem ser usadas espécies originais, visto que estas reconstituem o ambiente original com maior fidelidade (Piolli *et al.*, 2004).

Cordia superba Cham. constitui uma espécie nativa com ampla distribuição em regiões de Mata Atlântica. Essa espécie é pioneira e peculiar de áreas não alagáveis (Martins, 2001; Souza *et al.*, 2009).

Sendo assim, comparar as características da lâmina foliar de *C. superba* de um ambiente de mata nativa com a de um ambiente reflorestado será de suma importância para avaliar o potencial de aclimação da espécie e se a mesma é apropriada para projetos de recuperação de matas ciliares.

1.1. Floresta Atlântica

A Mata Atlântica brasileira é um dos biomas terrestres mais biodiversos do planeta e também um dos mais ameaçados pelas ações antrópicas. Esses fatos fizeram com que esse bioma fosse classificado como um dos cinco hotspots mais ameaçados do mundo (Myers *et al.*, 2000). Como evidenciado na figura 1, a conservação da Mata Atlântica faz-se necessária frente à grande devastação desse bioma desde os tempos da colonização do país (Laurence, 2009).



Figura 1 – Mapas de amostragem da área original de Mata Atlântica no Brasil e das áreas remanescentes atuais. Fonte: Portal SOS Mata Atlântica, 2007. <http://www.sosmatatlantica.org.br/>

Esse bioma consiste em uma floresta tropical, o qual se estende desde o Rio Grande do Norte até o Sul do país, cobrindo serras e planícies litorâneas. A Mata Atlântica inclui, dentre outros, Restingas, Manguezais e a Floresta Atlântica propriamente dita (IBGE, 2012).

A Floresta Atlântica abriga diversas espécies endêmicas da fauna e da flora e constitui o habitat natural de diversas espécies ameaçadas de extinção,

além de apresentar um enorme potencial econômico (Henrique *et al.*, 2005). Segundo Murray-Smith *et al.* (2009), a região que abrange esta floresta está fragmentada e reduzida a cerca de 5% de sua área original.

A redução contínua da área original de Floresta Atlântica pode ser atribuída a diversos fatores, tais como o desmatamento acelerado das últimas décadas para a extração de madeira e a expansão de culturas de cana-de-açúcar e outras culturas, a especulação imobiliária, a instalação de ferrovias, dentre outras atividades antrópicas (Dean, 2004). As consequências dessa antropização são diversas, como a destruição de habitat, as reduções da biodiversidade e da disponibilidade hídrica. As áreas remanescentes de Mata Atlântica estão localizadas, sobretudo nos estados da BA (8%), ES (7,5%), MG (0,1%), PE (0,5%), RJ (10%), SP (4%) e SE (1,8%) (IBGE, 2012; Portal SOS Mata Atlântica, 2007).

Mesmo restando pouco da área de Floresta Atlântica original, as áreas remanescentes continuam sob forte pressão antrópica (Morellato e Haddad, 2000). A diversidade desse bioma está distribuída em diferentes ecossistemas e formações florestais, representada pela Floresta Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional Semidecidual e Estacional Decidual (IBGE, 2004). O estudo da Floresta Semidecidual, por sua vez, se torna importante para as regiões norte e noroeste fluminense pois, do total da paisagem original formada por essas florestas, atualmente restam somente 0,5% da cobertura total (Aguilar e Gaglianone, 2008).

1.2. Floresta Estacional Semidecidual

A Floresta Estacional Semidecidual representa um dos ecossistemas brasileiros mais devastados pelas ações antrópicas, apresentando apenas cerca de 7% de sua área original. Atualmente, áreas com remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual ainda são encontrados em toda costa leste do Brasil dentro do bioma Mata Atlântica, no entanto, atualmente esta floresta se limita a fragmentos florestais de diferentes tamanhos e distribuídos de forma irregular (Myers *et al.*, 2000).

Apesar das áreas remanescentes de Florestas Semideciviais apresentarem um histórico comum de degradação por processos de

exploração predatória, pouca atenção têm sido dada ao histórico de cada remanescente, ou seja, ao tipo, intensidade e frequência das perturbações e as conseqüências das mesmas em relação ao tamanho, a diversidade de habitats, a área total afetada e a composição florística (Rosa, 1997). Assim, os frequentes desmatamentos e outras ações antrópicas continuam a degradar esse e outros biomas do planeta.

Devido à redução das áreas florestais, atividades de restauração de ecossistemas degradados vêm ocorrendo de maneira crescente, e o reflorestamento é uma dessas práticas (Parrota *et al.*, 1997).

1.3. Desmatamentos e Reflorestamentos

O Ministério do Meio Ambiente fez um estudo sobre o conhecimento acumulado a respeito da biodiversidade do bioma Mata Atlântica, assim como os principais vetores de ação antrópica que a ameaça, resultando na seleção de áreas prioritárias para a conservação *in situ* da sua riqueza biológica (Franke *et al.*, 2005).

No entanto, ainda que essa seleção seja um elemento fundamental na elaboração de planos de conservação, sua execução eficiente depende de vários outros fatores, tais como, a compatibilidade entre políticas ambientais e setoriais, o fortalecimento e a integração entre instituições governamentais e não governamentais, dentre outros (Franke *et al.*, 2005). Enquanto essas medidas não são tomadas, uma série de ações antrópicas segue contribuindo significativamente para a redução das matas (Morellato e Haddad, 2000). Para reduzir essa degradação, faz-se necessária a tomada de medidas em prol da conservação do meio ambiente e de trabalhos de reflorestamento, visto que esse é de grande importância no combate às mudanças climáticas e no aumento dos recursos hídricos (Tabarelli *et al.*, 2005).

O primeiro trabalho de reflorestamento que se tem notícia no Brasil foi a recuperação da Floresta da Tijuca, no século XIX, quando 70% da mata tinha sido destruída, ameaçando a disponibilidade de água na cidade devido ao esgotamento dos mananciais. O sucesso dessa iniciativa, nesse caso, tornou-se um dos exemplos mais expressivos de recuperação de uma floresta tropical (Dean, 2004).

Para que o reflorestamento seja bem feito, é preciso considerar quais são as espécies nativas de cada região, no entanto, a falta de um programa específico para fomentar a produção de mudas de espécies nativas é um problema. Alguns órgãos do governo começam a anunciar esforços para sanar o problema, mas as iniciativas ainda são muito tímidas e representam o descaso com que a flora nativa foi tratada ao longo dos anos (Aquino, 2010).

Um exemplo de perturbação à flora nativa que merece destaque são as agressões que as matas ciliares vêm sendo expostas desde a época do descobrimento. Basta considerar que muitas cidades foram formadas às margens de rios, eliminando-se todo tipo de vegetação ciliar. Além do processo de urbanização, as matas ciliares também são as áreas diretamente mais afetadas na construção de hidrelétricas. Em regiões com topografia acidentada, estas são áreas preferenciais para a abertura de estradas e para a implantação de culturas agrícolas e pastagens, dentre outros (Martins, 2001).

1.4. Características e aspectos legais relacionados às Matas Ciliares

Matas Ciliares representam formações florestais situadas às margens de ambientes aquáticos, constituindo um ambiente complexo com condições mesoclimáticas distintas, atribuídas as temperaturas mais amenas e a maior umidade atmosférica desse local (Carvalho, 1996). Estas se destacam por sua riqueza, diversidade genética e seu papel na proteção dos recursos hídricos edáficos e da fauna (Ribeiro, 1998), sendo reconhecidamente formações de grande importância dentro dos ecossistemas tropicais (Bairral *et al.*, 2004).

Essas matas desempenham a função básica de proteger os recursos hídricos e manter a qualidade destes em equilíbrio constante com a fauna e a flora existente na região. Além disso, essas formações vegetais atuam na manutenção do ciclo hidrológico nas bacias hidrográficas, evitando o processo de erosão das margens e o assoreamento do leito dos rios (Bairral *et al.*, 2004; Primo e Vaz, 2006).

Ademais, agem como filtro de escoamento superficial, tanto pela densidade de sua copa, como pelo material da serapilheira. Deste modo, recuperam as nascentes e garantem boa qualidade e quantidade de água, além de melhorar as condições hidrológicas do solo. As matas ciliares também

desempenham outras importantes funções, como a manutenção da biodiversidade local e fornecimento de alimento para a fauna ictiológica (Borges *et al.*, 1995).

Atualmente estas matas estão protegidas por lei e constituem áreas de preservação permanente (APP) com tamanhos estabelecidos regidas pelo código florestal, mas, apesar da relevância, as ações não estão resolvendo o problema do desmatamento e demais ações antrópicas (Primo e Vaz, 2006).

Segundo a Lei nº 4.771/65 do Código Florestal, as florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação são bens de interesse comum a todos os habitantes do País (Brasil, 1965). A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, veio reafirmar a questão da proteção legal das matas ciliares, visto que em seu art. 1º, conceituou a água como um bem de domínio público, sendo um recurso natural limitado e dotado de valor econômico. Assim, a referida lei visa assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de quantidades adequados aos respectivos usos, e a prevenção e a defesa contra eventos decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (Gasparino *et al.*, 2001).

Grande parte das matas ciliares foi derrubada antes da promulgação da proibição legal imposta pelo Código Florestal, Lei Federal 4.771/65. Assim, a promulgação do Código Florestal, em 15 de setembro de 1965, serve de marco entre as derrubadas legais e as ilegais (Nunes, 2007).

Porém, como as leis ambientais não se fazem cumprir, ações de desmatamento das matas ciliares continuam a acontecer. No entanto, diversas organizações não-governamentais agem em prol do reflorestamento de áreas de mata ciliar degradadas. Uma dessas é o Projeto Piabanha, o qual se situa na Estação Experimental de Itaocara, no estado do Rio de Janeiro, e trabalha com um projeto de conservação da flora do domínio das ilhas fluviais do curso médio inferior do Rio Paraíba do Sul (Feijó, 2010).

1.5. Estação Experimental de Itaocara

O Centro Estadual de Pesquisa e Desenvolvimento da Pecuária Leiteira fica situado às margens do rio Paraíba do Sul em uma localidade rural

conhecida como Campo de Sementes, no município de Itaocara-RJ, região Noroeste Fluminense. Tal centro ocupa uma área de 300 hectares, incluindo duas ilhas no rio Paraíba do Sul (Pesagro-Rio, 2011).

O centro forma também a estrutura da Pesagro-Rio desde o ano de 1977, iniciando como Campo Experimental e, posteriormente, denominado Estação Experimental de Itaocara. Atualmente, foi transformado em Centro Estadual de Pesquisa e Desenvolvimento da Pecuária Leiteira e mantém convênio com a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF e com a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, as quais utilizam as suas instalações para atividades de pesquisa e para o desenvolvimento de trabalhos de tese de mestrado e de doutorado (Pesagro-Rio, 2011).

O Centro abriga ainda, há cerca de sete anos, o Projeto Piabanha, o qual trabalha com pescadores profissionais e comunidades ribeirinhas objetivando a recuperação da integridade ambiental e dos peixes nativos em processo de extinção da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (Pesagro-Rio, 2011).

Além de trabalhar com a reprodução e a soltura de peixes, o Projeto Piabanha desenvolve, desde 1998, vários projetos na área ambiental, os quais trazem benefícios para toda região noroeste fluminense. Um desses projetos é o de conservação da flora do domínio das ilhas fluviais do curso médio inferior do Rio Paraíba do Sul (Feijó, 2010).

Como parte desse projeto, foi realizado em 2004 um levantamento da flora do domínio das ilhas fluviais da porção média inferior do Rio Paraíba do Sul. Esse levantamento tem como um de seus principais objetivos estudar os aspectos fisionômicos e florísticos da vegetação local. Muitas espécies foram identificadas no local de estudo, dentre estas, *Cordia superba*, também conhecida como babosa ou grão-de-galo (Júnior, 2004).

No dia 02 de junho do ano seguinte, foi iniciado o reflorestamento de um trecho de mata ciliar dentro da Estação Experimental de Itaocara com o plantio de 120 mudas de 25 espécies nativas da região. O plantio foi feito por alunos das escolas municipais, estaduais e particulares de Itaocara, acompanhados de técnicos, em comemoração a semana do Meio Ambiente. Dentre as espécies plantadas, estava *C. superba*, uma árvore da família Boraginaceae (Jornal da Região, 2005; Jornal O Ideal, 2005).

1.6. Família Boraginaceae e a espécie *Cordia superba* Cham.

Uma grande diversidade de famílias botânicas ocorre na Floresta Atlântica, dentre as quais se encontra a família Boraginaceae, a qual possui 17 gêneros e 1.600 espécies, aproximadamente. Oito desses gêneros podem ser encontrados no Brasil, e os demais em áreas temperadas ao redor do mundo (Araújo, 2011).

A importância econômica dessa família provém da utilização de algumas espécies como plantas decorativas em projetos paisagísticos, como é o caso da espécie *Myosotis victoria* Var., conhecida como não-te-esqueças-de-mim. Algumas espécies também apresentam propriedades medicinais, como *Symphytum officinale* L., conhecida como confrei, que tem propriedade adstringente, tônica, laxante, antianêmica, anticancerígena, regeneradora celular, entre tantas outras propriedades medicinais que já foram comprovadas (Araújo, 2011). *Cordia* representa o gênero mais importante para produção de madeira (Metcalf e Chalk, 1957).

Grande parte dos representantes da família tem o hábito herbáceo, mas gêneros arbustivos e arbóreos ocorrem principalmente em países tropicais (Metcalf e Chalk, 1957). As folhas variam de pecioladas a sésseis, lineares ou subcirculares. As inflorescências podem ser do tipo terminal ou axilar, com parciais cimosas, laxas ou congestas. O cálice é denteado e a corola às vezes se assemelha à forma de um funil, de um tubo ou de uma campânula (Araújo, 2011).

Cordia superba é uma espécie arbórea esciófila e seletiva higrófila pouco frequente ou quase rara. Os indivíduos habitam as florestas úmidas, podendo ocorrer também em áreas abertas, com altura que varia entre 7 a 10 m, e diâmetro do tronco de 20 a 30 cm (Metcalf e Chalk, 1957).

Conforme mostrado na figura 2, possuem folhas simples, ásperas ao tato na face inferior e com 18 a 24 cm de comprimento (Lorenzi, 1992).

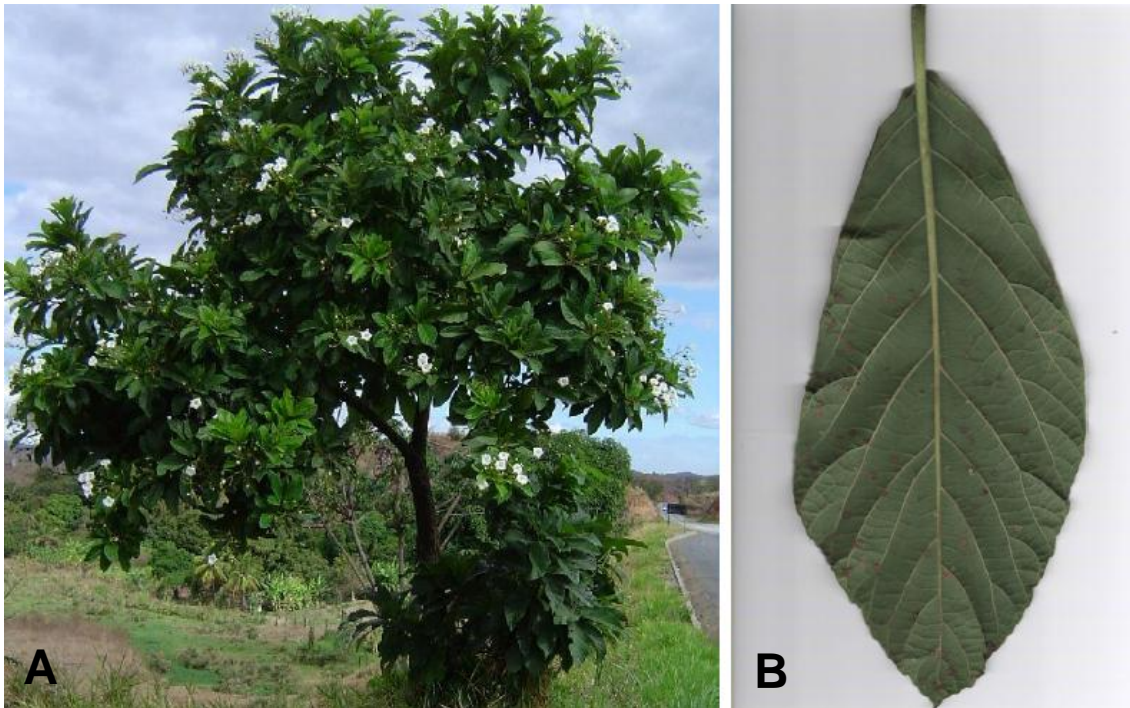


Figura 2. A – Indivíduo de *Cordia superba*. B – Detalhe de folha de sombra da área reflorestada. Fonte: Árvores do Brasil (<http://www.arvores.brasil.nom.br/news/babosa-branca/index.html>) e acervo pessoal, respectivamente.

Indivíduos de *C. superba*, assim como outras plantas, apresentam diferenças nos aspectos adaptativos estruturais e ecofisiológicos entre folhas expostas ao sol e folhas de ambientes sombreados (Mantuano *et al.*, 2006).

1.7. Influência da luz nos aspectos adaptativos estruturais e ecofisiológicos

Para crescer, uma planta precisa do dióxido de carbono presente no ar, de água e íons minerais e luz. A disponibilidade de luz representa um dos fatores mais variáveis relacionados ao estabelecimento das plantas, uma vez que interfere diretamente na taxa fotossintética realizada pela folha (Chazdon *et al.*, 1996), podendo, inclusive, atuar como fator estressante e gerar efeitos destrutivos quando em excesso (Ort, 2001).

Quando em excesso, a luz absorvida pode gerar uma condição de estresse conhecida como fotoinibição, que pode ser definido como a inibição da fotossíntese pelo excesso de luz (Adir *et al.*, 2003). Segundo Krause *et al.* (2001), espécies ou indivíduos de sombra estão mais sujeitos a processos de

fotoinibição quando expostos a luz de forma direta e se recuperam menos que espécies expostas ou dependentes de luz.

A utilização fotossintética da luz constitui ainda um fator muito importante para a distribuição das espécies ao longo de gradiente de regeneração de clareiras, servindo inclusive para agrupar as espécies em pioneiras - àquelas que demandam luz, possuem alta taxa de crescimento e altos valores de fotossíntese máxima – e não pioneiras ou secundárias - espécies tolerantes ao sombreamento com taxas fotossintéticas mais baixas (Strauss-Debenedeti e Bazzaz, 1996). A própria estrutura da copa desenvolve-se de forma a maximizar a fotossíntese de acordo com a oferta de luz (Monsi e Saeki, 1953).

Para que o processo de fotossíntese seja maximizado, as plantas buscam estratégias para otimizar o recebimento de luz e aproveitá-la de forma eficiente, visto que a taxa de fotossíntese nas plantas varia na proporção direta da quantidade de luz recebida (Ricklefs, 2003). Plantas que vivem em locais sombreados, por exemplo, apresentam um maior crescimento horizontal dos ramos, resultando em copas com baixos índices de densidade de área foliar e, portanto, um auto-sombreamento reduzido (Pickett e Kempf, 1980).

A própria anatomia foliar é especializada para a absorção da luz, com os parênquimas, paliçádico e lacunoso, apresentando propriedades morfo-estruturais contrastantes que resultam numa absorção de luz mais uniforme através da folha (Esau, 1977). Mesmo dentro de uma mesma copa, as folhas sujeitas a diferentes regimes de luz podem apresentar diferenças anatômicas como, por exemplo, redução no comprimento das células do parênquima paliçádico e da espessura do mesofilo nas folhas sombreadas (McCain *et al.*, 1988). A superfície epidérmica também pode adaptar-se de acordo com o regime de luz.

Células epidérmicas convexas podem atuar como lentes, concentrando a luz e fazendo com que a quantidade que atinge alguns dos cloroplastos seja superior a quantidade de luz do ambiente (Vogelmann *et al.*, 1996). Essa concentração e direcionamento dos feixes de luz pelas células epidérmicas ocorre com bastante frequência em plantas que habitam locais sombreados (Taiz e Zeiger, 2009).

Folhas típicas de locais sombreados apresentam maior área foliar e

menos cloroplastos se comparadas as folhas de sol. Isso ocorre devido à redução da espessura do mesofilo, o que resulta em espaços intercelulares reduzidos e células menores e pouco numerosas. A densidade foliar normalmente é maior nas folhas de sol e são resultado de variações na espessura e densidade da cutícula e paredes celulares, inclusões nas células e extensão e abundância de espaços aéreos, criptas, esclereídes e feixes vasculares (Ehleringer e Cook, 1984; Lamont *et al.*, 1987; Rascio *et al.*, 1990). As folhas de sol, por sua vez, são mais espessas devido à formação de grandes células paliçádicas e/ou um aumento no número de camadas dessas células (Lambers *et al.*, 1998).

Outra característica que também é influenciada pela disponibilidade de luz é massa da área foliar (MFA), a qual relaciona-se ao custo de construção da folha, tendo como base o carbono (Eamus *et al.*, 1999; Villar e Merino, 2001). Valores elevados de MFA ocorrem em indivíduos que habitam ambientes pobres em nutrientes, sujeitos a escassez hídrica, altas condutâncias estomáticas e pressões osmóticas, sendo eficientes para se manter altas taxas fotossintéticas (Medina *et al.*, 1990; Abrams *et al.*, 1994; Wright e Cannon, 2001; Niinemets e Kull, 2003).

A suculência das folhas também é diretamente influenciada, dentre outros fatores, pela disponibilidade de luz. Essa característica está relacionada com a capacidade da folha em armazenar água e por essa razão, folhas ou plantas de sol, apresentam valores geralmente altos, como as xerófitas e plantas que apresentam o metabolismo ácido das crassuláceas (Nobel, 1988; Lamont e Lamont, 2000; Schwinning e Ehleringer, 2001).

Determinadas plantas, portanto, apresentam plasticidade suficiente para responder a uma gama de regimes de luz, desenvolvendo-se como plantas de sombra em locais sombrios e como plantas de sol em áreas ensolaradas. As folhas de sol e de sombra apresentam algumas características contrastantes: as folhas de sol alcançam uma alta taxa fotossintética máxima, produzindo folhas mais espessas, além disso, também apresentam mais Rubisco que folhas de sombra (Lambers *et al.*, 1998).

No entanto, há casos em que espécies adaptadas a ambientes sombreados podem ter seu rendimento fotossintético prejudicado quando

expostas à alta irradiância. Isso ocorre normalmente devido a danos ou mesmo inativação dos centros de reação do fotossistema II (PSII), fato que caracteriza o fenômeno de fotoinibição (Lambers *et al.*, 1998; Bolhàr-Nordenkampf *et al.*, 1989).

Para se avaliar se a planta está sofrendo fotoinibição, alguns fatores podem ser analisados, como o rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m), a dissipação fotoquímica (qP) e a dissipação não fotoquímica (qNP) (Bolhàr-Nordenkampf *et al.*, 1989).

A avaliação desses parâmetros permitirá avaliar o comportamento fisiológico das plantas de *C. superba* em diferentes condições de luminosidade e verificar se a luz age como um fator estressante. Com isso, será possível perceber se os dois ambientes oferecem condições favoráveis para o desenvolvimento desta espécie. Informações sobre o conteúdo nutricional das folhas também ajudará nessa avaliação, uma vez que os nutrientes presentes nas folhas também têm suas concentrações determinadas, dentre outros fatores, pela disponibilidade de luz (Malavolta *et al.*, 1997).

1.8. Conteúdo nutricional das plantas

Os seres vivos precisam adquirir os elementos que são indispensáveis à manutenção de suas estruturas e atividades funcionais. A manutenção da vida na Terra se baseia em quatro elementos: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N). Como as plantas produzem biomassa a partir do carbono atmosférico, são considerados a base da cadeia alimentar (Henrique *et al.*, 2005).

Ao longo do tempo, os nutrientes encontrados nas plantas foram separados em grupos de acordo com sua essencialidade. De acordo Arnon e Stout (1939), para ser considerado essencial um elemento precisa satisfazer três condições: o elemento faz parte de um composto ou de uma reação crucial do metabolismo; na ausência do elemento a planta morre antes de concluir o seu ciclo; o elemento não pode ser substituído por nenhum outro.

Utilizando esses critérios, alguns elementos foram agrupados dentro do grupo de essencialidade, sendo posteriormente subdivididos em

macronutrientes - aqueles que aparecem em maior concentração no corpo da planta - e em micronutrientes - os que aparecem em concentrações diminutas. Além desses, há elementos que, quando adicionados às plantas, são capazes de incrementar seu crescimento – são os chamados elementos benéficos (Malavolta *et al.*, 1997)

Uma informação importante a se saber é como as plantas adquirem os nutrientes. Carbono, oxigênio e hidrogênio são obtidos do CO₂ atmosférico e da água presente no solo. Depois de adquiridos, esses nutrientes são incorporados às plantas por meio da fotossíntese e passam a compor praticamente todas as moléculas orgânicas dos vegetais (Epstein e Bloom, 2005).

A incorporação do carbono está diretamente relacionado com a fotossíntese, visto que, por meio desse processo, o átomo de carbono contido na molécula de CO₂ é incorporado a moléculas orgânicas, como a glicose. Portanto, é por meio da fotossíntese que o carbono presente na atmosfera sob a forma de CO₂ é incorporado em moléculas orgânicas e passa a fazer parte da massa vegetal (Henrique *et al.*, 2005)

O nitrogênio, por sua vez, é um macronutriente e pode ter origens diversificadas, como vir diretamente do solo, da fixação simbiótica ou da adubação nitrogenada (Lovato *et al.*, 2004). Segundo Castro (2007), o nitrogênio é o elemento mineral requerido em maior quantidade pelos vegetais.

Como apresenta função estrutural, o nitrogênio participa da composição de inúmeros componentes celulares, como proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, enzimas (rubisco), e pigmentos como a clorofila. Desse modo, está envolvido diretamente no processo de fotossíntese e sua redução acentuada pode levar até mesmo a clorose da parte vegetativa (Castro, 2007; Lima, 2009). De acordo com Prado *et al.* (2007), esse sintoma está relacionado com a menor produção de clorofila, causando alterações nos cloroplastos que, quando comparados com os de uma planta bem suprida de nitrogênio, são menores e achatados, com menos membranas tilacóides e maior proporção de estroma.

Por outro lado, Souza e Carvalho (2000) alega que o excesso de nitrogênio pode levar a um maior crescimento da parte aérea em relação ao

das raízes e também, em alguns casos, a planta pode ficar mais tempo na fase vegetativa, atrasando a floração.

Além disso, algumas relações ecológicas também podem afetar a concentração de nitrogênio nas plantas, como o parasitismo e a competição. De acordo com Knutson (1979), em algumas espécies essas relações ecológicas estão diretamente relacionadas com a redução na concentração de nitrogênio nas plantas.

É necessário relevar ainda que o processo de fotossíntese depende da captação de radiação solar e sua conversão em energia química (Henrique *et al.*, 2005). Assim, folhas de sol e de sombra desenvolvem estratégias adaptativas diferentes frente à disponibilidade de luz. A proporção de clorofila *a* e *b* e a concentração de nutrientes nas plantas são alguns dos fatores diretamente relacionados com a disponibilidade de luz (Whatley e Whatley, 1982).

Há que se ressaltar ainda que a relação C/N está diretamente relacionada com a velocidade da decomposição dos restos vegetais. Resíduos vegetais com elevada relação C/N (carbono/nitrogênio) apresentam decomposição lenta, pois quanto maior essa relação, mais lenta a decomposição dos resíduos (Calegari *et al.*, 1993).

Levando-se em consideração os dados relatados, o presente estudo foi desenvolvido em uma área de mata nativa e em uma área reflorestada na Estação Experimental de Itaocara-RJ, em uma formação florestal caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2004). *C.superba* (Boraginaceae) é uma espécie pioneira com indivíduos de porte arbóreo cuja altura varia entre 7 a 10m.

Considerando-se as diferenças nas características microclimáticas dos dois ambientes, algumas variações anatômicas, ecofisiológicas e nutricionais podem ser esperadas entre folhas de sol e de sombra de *C. superba* nas duas áreas de estudo. Nesse sentido, investigaremos se: Folhas de sol e de sombra da mata nativa exibirão marcantes diferenças anatômicas, ecofisiológicas e nutricionais? Enquanto pequenas diferenças serão encontradas nas folhas de sol e de sombra da mata reflorestada? Folhas de sol e de sombra da mata

reflorestada apresentarão características relacionadas a maior exposição de luz quando comparadas as folhas de sol e de sombra da mata nativa?

Portanto, de acordo com o exposto acima, a análise das características da lâmina foliar de *C. superba*, em um ambiente de mata nativa e em um ambiente reflorestado, permitirá correlacionar as variações anatômicas, ecofisiológicas e nutricionais em função das diferenças nas condições ambientais, além ser de grande importância para ampliar o conhecimento sobre essa espécie e avaliar se a mesma é adequada para projetos de recuperação de matas ciliares. Por fim, o presente trabalho irá gerar uma fonte de dados para consulta por outros pesquisadores.

2 – Objetivo Geral:

Caracterizar os aspectos estruturais, ecofisiológicos e nutricionais de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) em mata nativa e em mata reflorestada da região do Médio Paraíba no Estado do Rio de Janeiro.

2.1 - Objetivos Específicos:

- Caracterizar a anatomia dos sistemas de revestimento, fundamental e vascular de folhas de *Cordia superba*;
- Verificar os aspectos morfológicos de folhas de sol e sombra relacionados à área foliar (AF), espessura (ESP), massa da folha por unidade de área (MFA) suculência (SUC) e densidade (DEN) nos dois locais de estudo;
- Analisar comparativamente a relação das proporções de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenóides nas folhas de sol e de sombra oriundas da mata nativa e da mata reflorestada;
- Avaliar a eficiência fotoquímica do PSII a partir da emissão de fluorescência da clorofila *a*, em folhas de sol e de sombra, nas duas áreas de estudo;
- Analisar o conteúdo nutricional das folhas nas duas áreas de estudo e avaliar se as diferenças nas características ambientais interferem na concentração dos mesmos;
- Analisar comparativamente as características anatômicas das folhas de sol e de sombra, e caracterizar a ultraestrutura da parede periclinal externa da epiderme, com ênfase na membrana cuticular;
- Correlacionar os aspectos estruturais e ecofisiológicos da lâmina foliar como resposta adaptativa às estratégias de sobrevivência da espécie frente às características do ambiente em que estão inseridas.
- A partir dos caracteres estruturais e fisiológicos analisados, sugerir se a espécie é adequada para práticas de recuperação de áreas degradadas.

3. Materiais e Métodos

3.1. Caracterização do ambiente de coleta

A área de coleta mostrada no mapa da figura 3 faz parte do Centro Estadual de Pesquisa e Desenvolvimento da Pecuária Leiteira e localiza-se em uma localidade conhecida como Campo de Sementes (21°38'09.23' S e 42°02'09.83' O), no município de Itaocara, o qual, conforme mostrado na figura 4, situa-se na região Noroeste Fluminense do estado do Rio de Janeiro. O clima local pode ser classificado como Aw, de acordo com Koppen (1948). A fitogeografia é caracterizada como floresta estacional semidecidual, com o tipo florestal bastante fragmentado (IBGE, 2004).

As duas áreas escolhidas para o presente estudo referem-se a uma área reflorestada por intermédio do Projeto Piabanha, que será denominada, ao longo do texto, mata piabanha, e a outra, uma área de mata nativa, que será denominada mata nativa. A mata nativa situa-se em terreno elevado e inclinado, ao passo que a mata piabanha localiza-se em terreno plano e sujeito a inundação (Figura 3).



Figura 3 – Mapa da área de coleta no Centro Estadual de Pesquisa e Desenvolvimento da Pecuária Leiteira, município de Itaocara-RJ. Fonte: Google Earth.

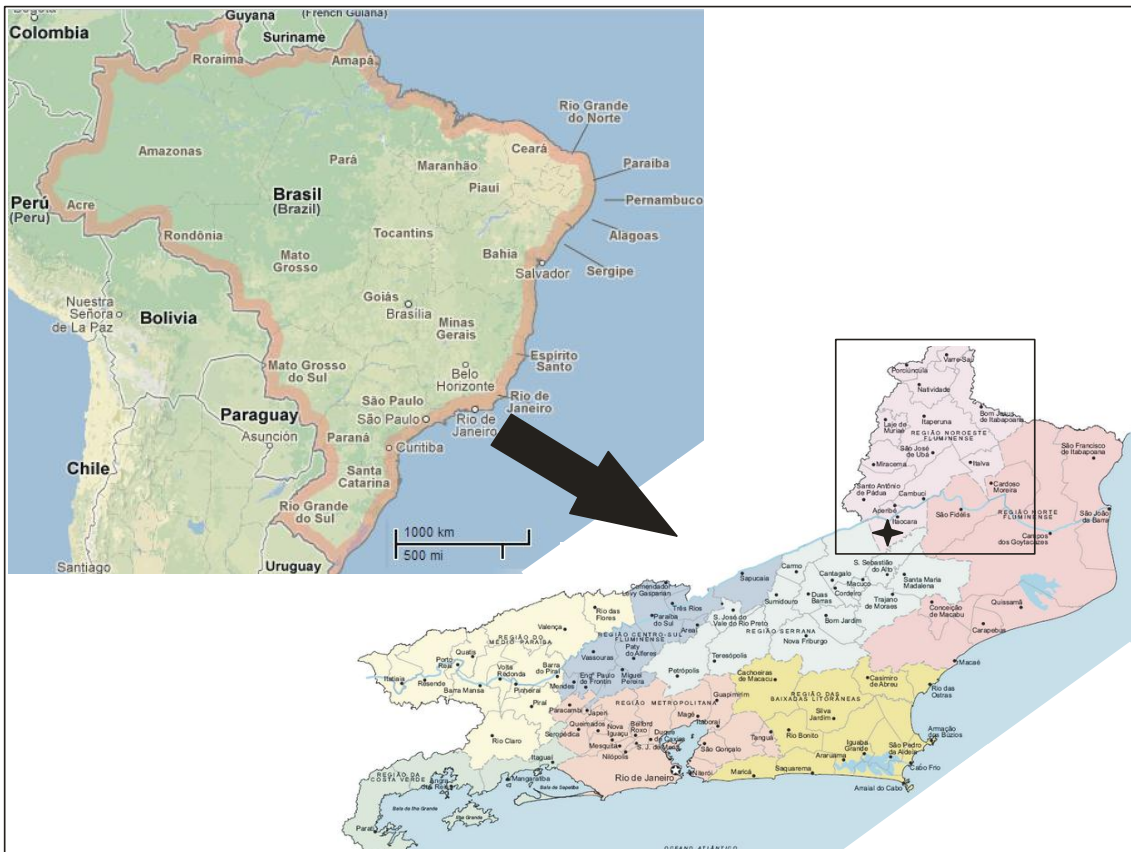


Figura 4: Mapa do Brasil mostrando localização dos estados e o mapa do estado do Rio de Janeiro, evidenciando a região Noroeste Fluminense (em lilás no alto à direita) e o município de Itaocara (estrela). Fonte: Google Maps e mapasblog.blogspot.com

A caracterização microclimática e a coleta de material para microscopia foi feita no mês de março do ano de 2011. Para a caracterização microclimática, foram realizadas medições em quatro pontos distantes em, aproximadamente, 3 metros cada ponto do outro, ao redor de cada indivíduo, e em ambiente aberto (fora da mata), como controle. Medições de temperatura e umidade foram realizadas com o termohigrômetro (Termohigrômetro Digital Impac TH01), ao passo que medidas de radiação foram feitas com um radiômetro LI-250A. Foram realizadas 60 medições em cada área de estudo. A cobertura do dossel foi obtida com o auxílio de uma tela quadrada de 0,25 m² (0,50 m x 0,50 m) de madeira, dividida por arame em 100 quadrados abertos.

Conforme mostrado na figura 5, tal caracterização microclimática apresentou resultados distintos para os locais de coleta. A figura mostra ainda, que estes apresentam distintas características de cobertura do dossel, solo e sub-bosques, os quais afetam diretamente os regimes de radiação, temperatura e umidade dos locais de estudo.

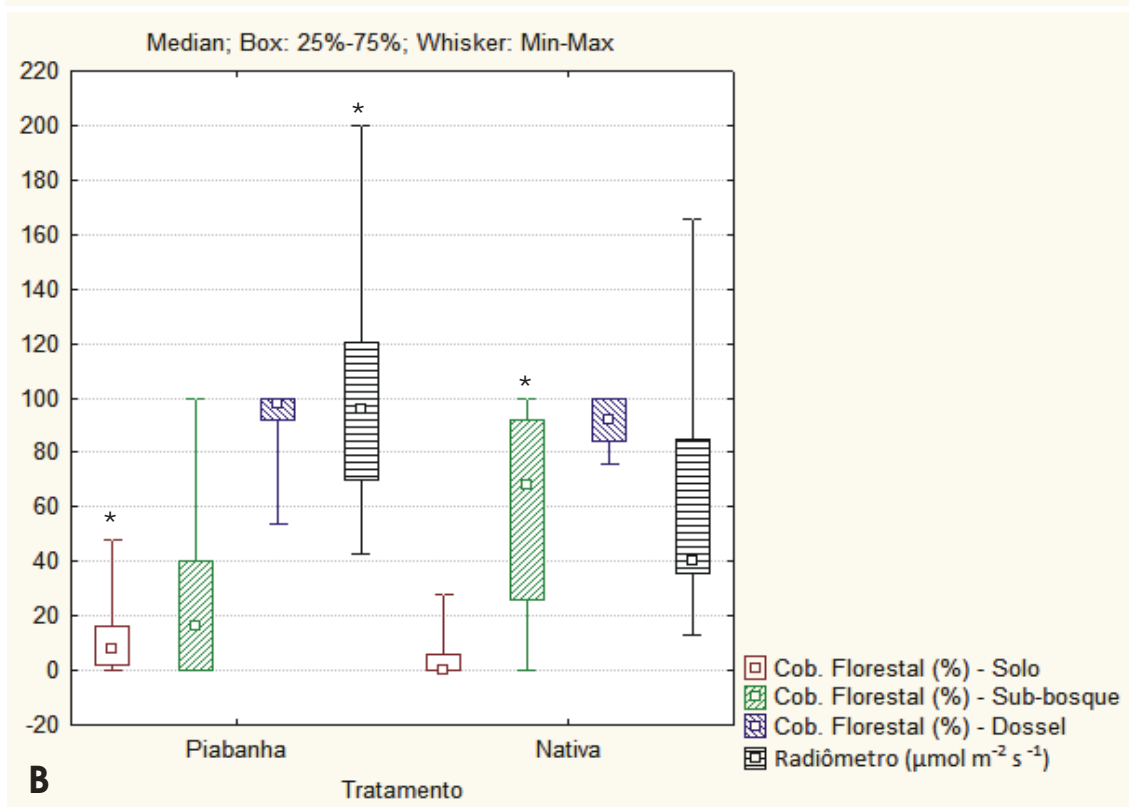
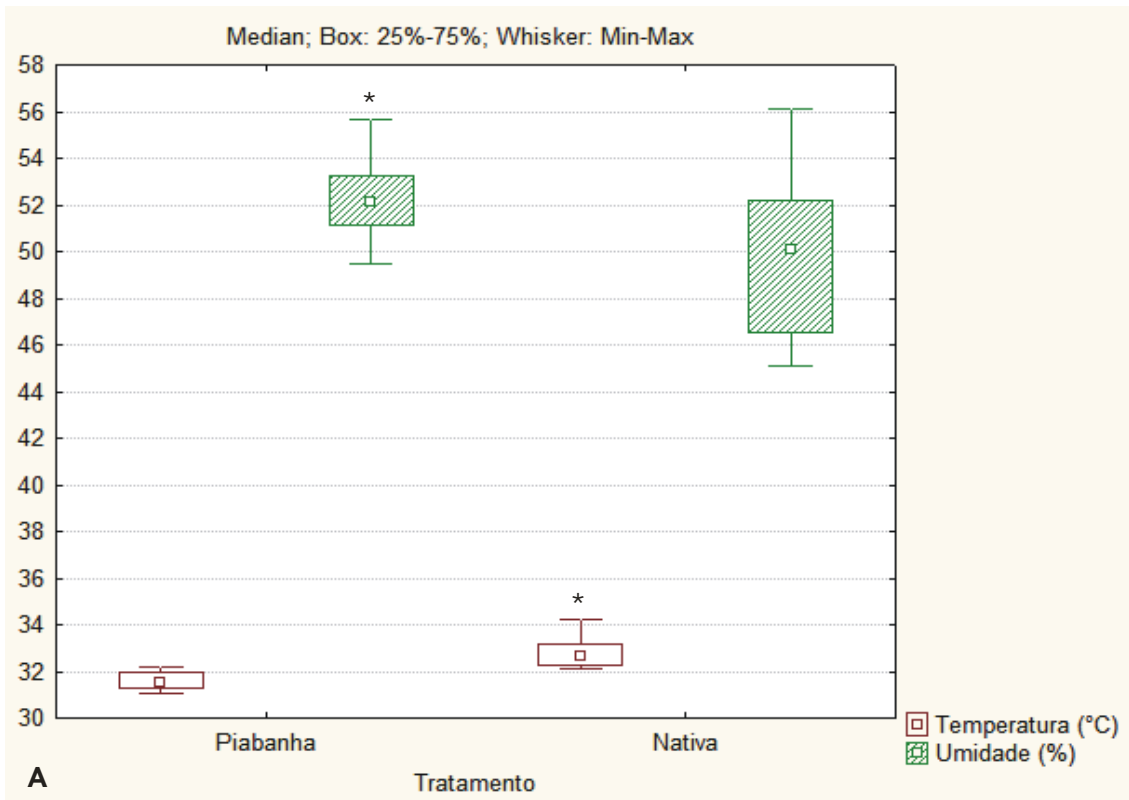


Figura 5: Comparação das características microclimáticas da mata nativa e da mata piabanha. Valores medianos e quartis da temperatura e umidade (A); cobertura do dossel, solo e sub-bosque (B). (*) Diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$. (Mann-Whitney U Test).

Como pode ser visto na figura 5, apesar da mata piabanha receber uma radiação maior que a mata nativa, a temperatura é menor e a umidade é maior nesse ambiente, o que pode ser explicado pelo fato de um braço do Rio Paraíba do Sul passar em seu interior, o que certamente influencia na temperatura e umidade local.

Para fins de controle da caracterização microclimática, a tabela 1 mostra os valores obtidos em medição fora da mata no mesmo período de coleta.

Tabela 1: Valores médios de Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA), Temperatura (°C) e Umidade (%) realizada fora da mata e valor médio de Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) em área de mata. Medições realizadas próximo ao meio-dia.

Mata	RFA em área aberta ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Temperatura (°C)	Umidade (%)	RFA em área de mata ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Nativa	2.031,32	32,9	50,4	30,95
Piabanha	2.192,97	32,7	54,1	92,00

Como observação pessoal, cabe relatar que foram observadas plântulas de *C. superba* embaixo dos indivíduos da mata piabanha, mas as mesmas não foram vistas embaixo dos indivíduos da mata nativa, o que evidencia a menor incidência de luz em seu sub-bosque.

3.2. Seleção dos indivíduos e coleta de material

Como o presente estudo procurou avaliar as características de folhas de sol e de sombra de indivíduos oriundos de ambiente de mata nativa e de ambiente reflorestado, optou-se pela coleta em dois pontos da copa que apresentam condições de luminosidade diferenciadas, no ápice da copa, onde há grande incidência luminosa, e em seu interior, onde essa incidência é menor.

Desse modo, a amostragem contou com um total de dez indivíduos, sendo cinco de cada área (mata nativa e mata piabanha), todos de porte arbóreo, medindo entre 6 e 11 metros de altura.

3.3. Preparo de amostras para Microscopia

Para análises em microscopia, foi utilizada a região do terço médio, o bordo foliar, a nervura central e o pecíolo de uma folha de sol e uma de sombra de cada um dos dez indivíduos selecionados.

3.3.1. Fixação e Desidratação

Fragmentos da lâmina foliar foram fixados em uma solução aquosa de glutaraldeído 2,5 %, formaldeído 4,0 % e tampão Cacodilato de Sódio 0,05 M em pH 7,2, lavados neste mesmo tampão e pós-fixados em uma solução aquosa de Tetróxido de Ósmio 1 % e tampão cacodilato de Sódio 0,05 M, à temperatura ambiente.

Após nova lavagem no mesmo tampão, os fragmentos do pecíolo, do terço médio e bordo foliar foram desidratados em uma série crescente de acetona (50%, 70%, 90% e 3 vezes 100%) (Klein *et al.*, 2004).

3.3.2. Microscopia Óptica

Após a desidratação, os fragmentos foram submetidos às etapas de infiltração onde a acetona foi substituída gradualmente pela resina epóxi (Epon 812). As amostras embebidas em resina pura foram colocadas em formas e levadas a estufa a 60 °C por 48h para a polimerização e obtenção de blocos. Em um ultramicrótomo (Reichert Ultracut S) foram retirados cortes semifinos entre 0,60 e 0,70 µm de espessura com o auxílio de faca de diamante no sentido transversal. Essas secções foram coradas com azul de toluidina 1% por 1 minuto. As lâminas foram seladas com Entelan® (Merck) e observadas em microscopia de campo claro (Axioplan ZEISS) (Kraus e Arduin, 1997).

Para os testes histoquímicos na região do terço médio da lâmina foliar, o material seccionado foi disposto em lâminas e submetido a diferentes reagentes para evidenciar grupos químicos presentes nas células da lâmina foliar e em possíveis secreções dos tricomas. Para detecção de lipídios totais foram feitos testes com Sudan IV (Pearse, 1980). A presença destes

compostos foi detectada pela coloração laranja/vermelho. Para a identificação dos compostos fenólicos foi utilizado Cloreto Férrico (Johansen, 1940), evidenciando uma reação que provoca coloração marron/preto. Para revelar compostos pécticos e mucopolissacarídeos, os cortes foram submetidos a uma solução aquosa de vermelho de rutênio (Chamberleim, 1932). A presença destes compostos foi detectada pela coloração vermelha/rósea. Para a detecção de óleos essenciais foi utilizado reagente de Nadi (David e Carde, 1964). A presença destes compostos foi revelada pela coloração azul claro.

Para os pecíolos, foi preparado uma solução contendo 0,25g de solução ativadora (Historesin Activator) e 25ml de Basic resin (Leica Historesin). Os fragmentos foram colocados em vidros de inclusão contendo uma mistura com essa solução e álcool 100%, em uma proporção de 1:1. Os vidros de inclusão foram colocados em um agitador e permaneceram na geladeira durante 24h. Após esse tempo, a mistura foi substituída pela solução pura de ativador e Basic resin e novamente colocada no agitador e na geladeira por mais 24h. Feito isso, os pecíolos foram colocados em formas para Historesina, as quais foram preenchidas com uma mistura contendo 15 ml da solução de ativador e Basic resin e 0,6 ml de catalizador (Historesin Hardener). Posteriormente, os blocos foram cortados no micrótomo de rotação manual e os fragmentos foram corados com safranina 10% e montadas em lâminas com glicerina 50%.

Os fragmentos de nervura central foram submetidos a duas etapas de infiltração em xilol com duração de uma hora cada e, a seguir, a três etapas de banho de parafina com duração também de uma hora cada. Após, as amostras foram incluídas em parafina e depois cortadas em banho-maria a 40°C com o auxílio de uma navalha. As amostras foram colhidas em uma lâmina e levadas à estufa a 60°C, durante 10 minutos. Após retirar da estufa, as amostras foram submetidas a três lavagens em xilol por dois minutos cada uma, quatro lavagens em álcool (duas vezes 100%, uma vez 95% e uma vez 70%), com duração de um minuto cada lavagem, uma lavagem em água corrente e em água ionizada também por um minuto cada uma (Kraus e Arduin, 1997).

As etapas de coloração também foram baseadas na metodologia adaptada de Kraus e Arduin (1997). Os fragmentos de nervura central foram submetidos à hematoxilina durante dois minutos, lavadas em água corrente por quinze

minutos, em água ionizada por um minuto e em etanol 70% por um minuto. Após essas etapas, foram ainda coradas com eosina durante um minuto e lavadas em etanol 95%, por um minuto, e três vezes em etanol 100% por um minuto cada. Por fim, as amostras foram colocadas na estufa a 60°C até a lâmina secar e lavadas três vezes novamente em xilol, por dois minutos cada lavagem. As lâminas foram seladas com Entelan® (Merck) e observadas em microscopia de campo claro (Axioplan ZEISS).

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

3.3.3. Microscopia Eletrônica de Varredura

Após as etapas de fixação e desidratação, as amostras foram submetidas ao ponto crítico para substituir toda acetona por CO₂ líquido, com o auxílio do aparelho Bal-Tec Critical Point Dryer CPD 030, em condições de alta pressão. Desta maneira os danos causados pela tensão superficial associada à evaporação são praticamente eliminados. Em seguida, os fragmentos secos foram afixados, de forma a permitir a sua observação, com fita adesiva de carbono em suportes próprios e cobertos com uma fina camada de ouro de 20 nm (Bal-Tec Sputer Coater SCD 050). As imagens foram obtidas no microscópio eletrônico de varredura ZEISS - DSEM 962 a uma voltagem de 25 KV (Klein *et al.*, 2004).

3.3.4. Microscopia Eletrônica de Transmissão

Após as etapas de fixação e desidratação, o material foi embebido e embocado da mesma forma que para a microscopia óptica. Com o auxílio do

ultramicrotomo e faca de diamante, foram obtidos cortes ultrafinos com, aproximadamente, 70 nm de espessura. Estes cortes foram coletados em grades de cobre de 300 mesh, as quais foram primeiramente revestidas com formivar. Os cortes foram contrastados com acetato de uranila 5,0 %, por 40 minutos, e citrato de chumbo, por 5 minutos (Reynolds, 1963). As imagens foram obtidas com o auxílio do microscópio eletrônico de transmissão (EM 900 – ZEISS), a uma voltagem de 80 kV.

3.4. Parâmetros quantitativos estruturais

Os parâmetros a seguir foram medidos separadamente para cada tipo de folha (sol e sombra), em cada área (mata piabanha e mata nativa).

3.4.1. Quantificação da espessura da epiderme e da cutícula; parênquima paliçádico; parênquima lacunoso; mesofilo (paliçádico + lacunoso)

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

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

3.4.2. Quantificação de estômatos por área foliar

A determinação do número de estômatos por mm^2 por área foliar foi realizada em um microscópio de campo claro Axioplan ZEISS a partir da dissociação das faces da epiderme. Foram processadas e analisadas 280 imagens de áreas de $0,012\text{mm}^2$, utilizando o sistema digital de processamento de imagens Image Pro-Plus.

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

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

Discos foliares de tamanho determinado foram retirados em cada uma das folhas coletadas para se determinar a MFA e a SUC. Os discos foram hidratados em água destilada por 24 horas e sua massa saturada foi medida em uma balança digital (0,001g) e a ESP (mm) medida com um paquímetro digital ($\pm 0,01$ mm). Os discos hidratados foram colocados em estufa, a 55 °C por 72 horas, para obtenção da massa seca. A partir destes valores, foram calculados a SUC ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$), que é o resultado da diferença entre a massa saturada e a massa seca dividida pela área dos discos utilizados, e a MFA ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) que é a razão entre a massa seca dos discos por sua área (Kluge e Ting, 1978). Os valores de DEN (mg mm^{-3}) foram obtidos a partir da fórmula: $\text{DEN} = \text{MFA}/\text{ESP}$ (Witkowski e Lamont, 1991).

3.5. Análises ecofisiológicas

As medidas descritas a seguir foram obtidas durante os meses de março e abril de 2012 (estação chuvosa). Foram utilizados dez indivíduos adultos em que a altura permitia tais avaliações (cinco indivíduos na nativa e cinco na mata piabanha). Foram feitas medições em dez folhas (cinco de sol e cinco de sombra) completamente expandidas que apresentaram poucas variações de cor verde em cada um dos indivíduos das duas áreas e em três horários diferentes (9h, 12h e 15h).

3.5.1. Estimativa de clorofila total no campo

A intensidade de cor verde está relacionada com teores de clorofila total. Para realizar estas medidas no campo, foi utilizado o medidor de clorofila

portátil SPAD-502 (Minolta, Japan). Tal equipamento determina a intensidade de cor verde das folhas por meio de sensores, viabilizando uma inferência sobre o teor de clorofila total. Estas avaliações visaram padronizar as folhas que foram utilizadas para as medições com o Fluorímetro, descritas abaixo. Foi feito também uma calibração com os dados do espectrofotômetro.

3.5.2. Acompanhamento dos parâmetros de emissão de fluorescência da clorofila *a*

Os parâmetros de emissão de fluorescência da clorofila *a* foram acompanhados às 9h, 12h e 15h. Para isso, foi utilizado o fluorímetro modulado portátil FMS2 (Hansatech, UK). As medidas foram feitas na região do terço médio da superfície adaxial (foi evitada a região da nervura central) de 300 folhas intactas (100 folhas em cada horário), completamente expandidas, saudáveis (livres de necrose ou ferimentos) e com coloração semelhante.

Devido à altura dos indivíduos, ramos de sol e de sombra foram primeiramente cortados com o auxílio de um podão e colocados em vasilhas com água para permitir a inserção das pinças. Feito isso, com o auxílio das pinças, as folhas foram expostas ao escuro por 30 minutos, sendo posteriormente expostas à luz de medição (aproximadamente $6 \mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a 660 nm), seguida pela exposição à luz branca actínica de alta intensidade ($10.000 \mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), aplicada por 0,8 segundos, conforme adaptação das técnicas descritas por Genty *et al.* (1989) e Van Kooten e Snel (1990). Foram registradas e submetidas à análise as seguintes variáveis da cinética de fluorescência da clorofila *a*: rendimento quântico máximo do PSII (F_vF_m), dissipação fotoquímica (qP) e dissipação não fotoquímica (qNP).

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

3.5.3. Medidas do conteúdo dos pigmentos fotossintéticos em laboratório

Discos da lâmina foliar com 1cm de diâmetro foram retirados ainda no campo para determinação do teor de pigmentos fotossintéticos, utilizando o

método de extração com o solvente orgânico DMSO (Hiscox e Israelstam, 1979). Os discos foliares foram fatiados em pequenos pedaços, dispostos em tubos tipo "Falcon" (15 mL) e imersos em 5,0 ml de DMSO. Estes tubos foram mantidos no escuro (envolvidos em papel alumínio) e, posteriormente, foram realizadas as leituras em espectrofotômetro nas absorvâncias de 470, 646 e 663 nm. Os cálculos para a determinação das concentrações dos pigmentos supracitados foram desenvolvidos de acordo com o procedimento descrito por Wellburn (1994):

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

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

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

Adicionalmente, os cálculos para a determinação das concentrações de antocianina foram desenvolvidos de acordo com o procedimento descrito por Mancinelli (1990):

$$[\text{Antocianina}] (\mu\text{g mL}^{-1}) = (A_{530}) - (0,25A_{657})$$

3.6. Análise nutricional

Para realização das análises nutricionais das folhas da espécie de estudo foram coletadas folhas frescas de três indivíduos da mata nativa e de três indivíduos da mata piabanha. Em cada um dos indivíduos foram coletadas cerca de 500g de folhas de sol e 500g de folhas de sombra, as quais foram colocadas em sacos plásticos e levadas à laboratório para quantificação dos valores de carbono (C), nitrogênio (N) e fósforo (P) presente nessas folhas.

As folhas foram lavadas com água corrente e água deionizada, secas a 60 °C até atingir peso constante, moídas em moinho elétrico de faca e homogenizadas em grau e pistilo. As determinações de C e N totais foram feitas em amostras secas utilizando-se um auto-analisador de CHNS/O (Perkin Elmer 2400) (Allen, 1989).

Para a extração de P, sub-amostras (0,20 g) foram digeridas em 4,4 ml de uma solução de ácido sulfúrico concentrado (350 ml), água oxigenada 100 volumes (420 ml), selênio (0,42 g) como catalisador e sulfato de lítio (14 g) em solução ácida (Allen, 1989). A determinação desse nutriente foi feita em

espectrofotometria de emissão por plasma induzido (ICP/AES-Varian). Todo o procedimento analítico foi realizado no pólo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) situado na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ.

3.7. Análise estatística

Após os testes, para verificação da significância dos dados, foram utilizados testes paramétricos e testes não paramétricos. A comparação entre as concentrações de nutrientes foram feitas entre as folhas da mata nativa e da mata piabanha por meio do teste paramétrico T Teste ($p < 0.05$) (Zar, 1999). As comparações de nutrientes foram realizadas através da análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste paramétrico de Tukey ($p < 0.05$) (Tukey, 1953). A comparação dos dados microclimáticos (radiação, temperatura, umidade e cobertura vegetal) e a concentração de pigmentos foi feita entre as folhas da mata nativa e da mata piabanha com o método não paramétrico Mann Whitney U test (Mann & Whitney, 1947). Já as comparações morfológicas, anatômicas e emissão de fluorescência foram feitas entre folhas de sol e folhas de sombra da mata nativa e da mata piabanha usando-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) (Zar, 1999). A amostragem dos resultados envolvendo as comparações microclimáticas, anatômicas, morfológicas, fluorescência e pigmentos entre os locais coletados foram feitas usando Box Plot (McGill *et al.*, 1978).

4. Resultados

4.1 – Caracterização anatômica da folha de *Cordia superba*

Os indivíduos de *C. superba* exibem folhas com características anatômicas e histoquímicas semelhantes, independentemente do microhabitat e setor em que foram coletados; ou seja, ambas as folhas, de sol e de sombra, da área nativa e da área piabanha, apresentam as características descritas a seguir: as folhas são simples, pecioladas, alternas, coriáceas e com superfície áspera, sobretudo na face abaxial. Apresentam ainda forma entre elíptica a elíptica-lanceolada e ápice agudo (Figura 2 B). Não foram observadas domácias no presente trabalho.

O pecíolo de *C. superba*, em corte transversal na região mediana e observado no microscópio estereoscópio, apresenta coloração esverdeada. Este possui formato elíptico e apresenta inúmeros tricomas. A epiderme que reveste o pecíolo é uniestratificada e revestida por cutícula delgada (Figura 6 A). O córtex é constituído por 6 a 12 camadas de colênquima angular adjacentes à epiderme e por 8 a 15 camadas de parênquima fundamental formados por células irregulares (Figura 6 B). Internamente, a medula é constituída por células parenquimáticas (Figura 6 C).

O sistema vascular está organizado em feixes colaterais, apresentando contorno elíptico próximo ao caule e dotado de dois feixes subsidiários na face adaxial. À medida que se aproxima da folha, os feixes acessórios tornam-se contínuos ao sistema vascular principal, a qual assume contorno de meia lua (Figura 6 D, E, F).

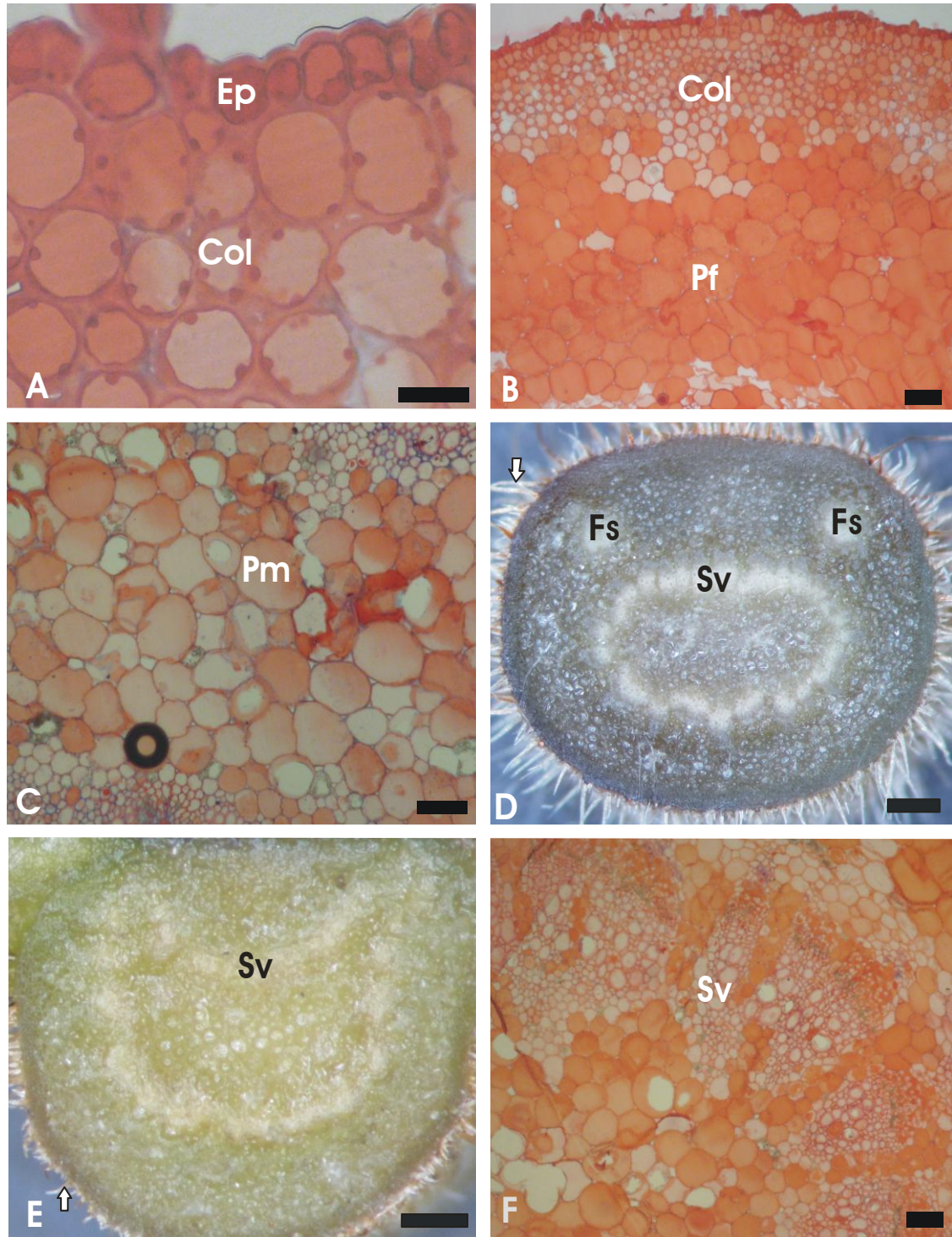


Figura 6. Pecíolo de *Cordia superba* de folhas de sol da mata nativa. A - Secção transversal do sistema de revestimento e córtex. Observe a epiderme (Ep) e o colênquima angular adjacente à epiderme (Col). B- Colênquima e parênquima fundamental do córtex (Pf). C- Detalhe do parênquima medular (Pm). D - Corte transversal do pecíolo proximal ao caule mostrando o sistema vascular com contorno elíptico (Sv) e os feixes subsidiários (Fs). E - Corte transversal do pecíolo proximal a lâmina foliar evidenciando o sistema vascular com contorno de meia lua (Sv). F - Detalhe do sistema vascular (Sv). A, B, C, F: microscopia óptica de campo claro coradas com safranina; D, E: microscópio estereoscópio sem coloração. Barras: A, B, C, F: 150 μ m. D, E: 0,5 mm.

A análise da superfície da lâmina foliar, em microscopia eletrônica de varredura, revelou uma cutícula ornamentada com camada de cera epicuticular do tipo crosta, nas superfícies adaxial e abaxial da epiderme. Os estômatos estão distribuídos de maneira irregular apenas na face abaxial. Foram observados tricomas glandulares e tectores, ambos os tipos com ornamentações verrugosas, e também ao longo da nervura central, de ambas as superfícies, da lâmina foliar. As superfícies são habitadas ainda por uma grande quantidade de microrganismos (Figura 7).

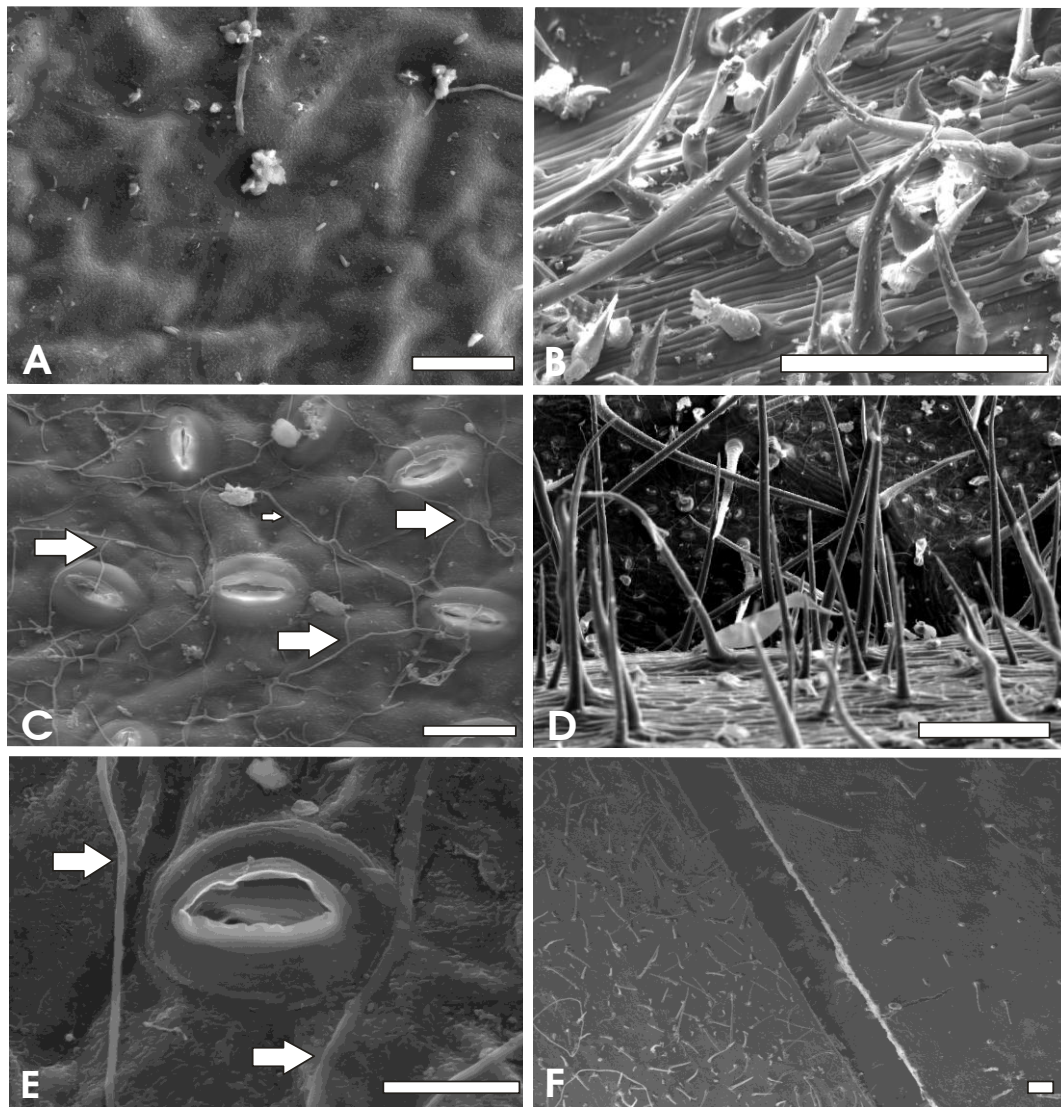


Figura 7: Superfície de folhas de sol de *Cordia superba* oriundas da mata nativa em microscopia eletrônica de varredura. A - Superfície adaxial da epiderme. B - Superfície adaxial da nervura central mostrando tricomas. C - Superfície abaxial da epiderme mostrando estômatos. D - Superfície abaxial da nervura central mostrando tricomas. E - Detalhe do estômato. F - Comparação das superfícies abaxial (esquerda) e adaxial (direita) mostrando os tricomas. Observe hifas fúngicas (setas em C, E). Barras: A, C: 20 μ m; B, D, F: 200 μ m; E: 10 μ m.

Os tricomas observados nas duas faces da lâmina foliar também apresentam morfologia diferenciada. Alguns são eretos ou semi-eretos, enquanto que os demais apresentam uma cabeça disposta transversalmente em relação ao pedicelo (Figura 8).

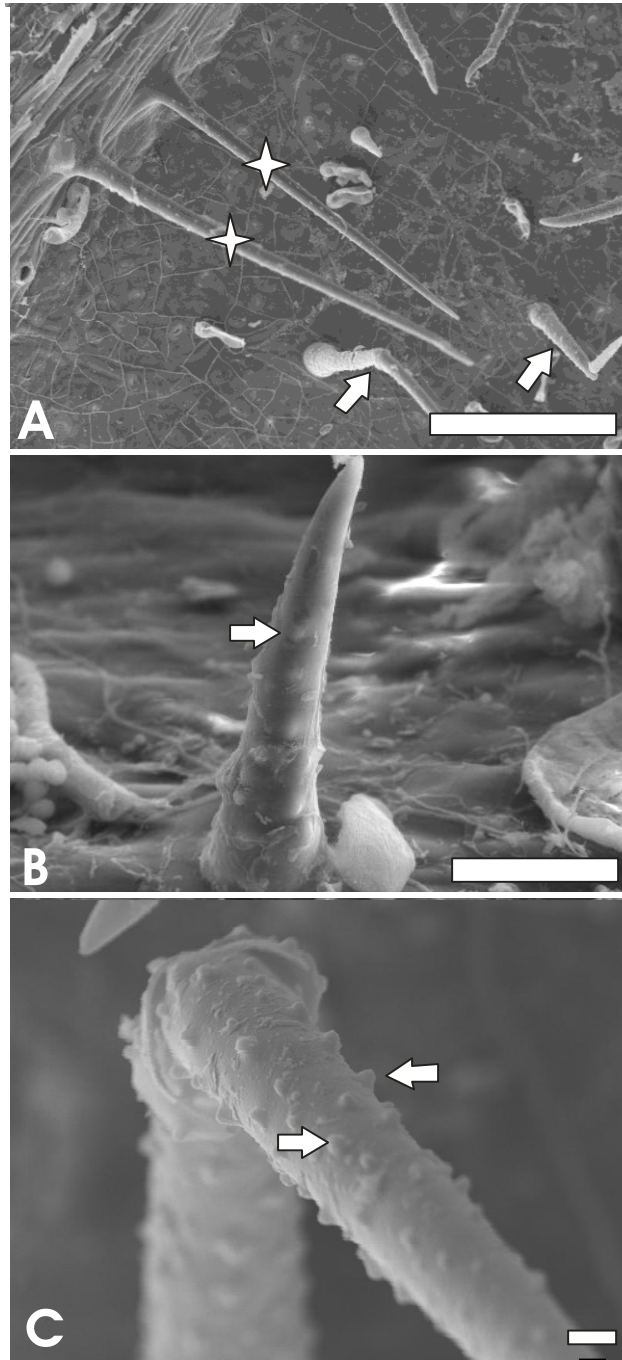


Figura 8: Superfície de folhas de sol de *Cordia superba* oriundas da mata nativa em microscopia eletrônica de varredura. A - Superfície abaxial mostrando tricomas eretos ou semi-eretos (estrelas) e tricomas com cabeça disposta transversalmente em relação ao pedicelo (setas). B - Detalhe de tricoma ereto. C - Detalhe de tricoma com cabeça disposta transversalmente em relação ao pedicelo. Observe as ornamentações verrucosas (setas em B, C). Barras: A: 200 μm ; B: 25 μm ; C: 5 μm .

Em ambas as faces foi observado que a epiderme é pilosa, constituída por uma única camada de células de formato côncavo-convexas e com parede periclinal externa espessa. As células estomáticas, em secções transversais, podem localizar-se no mesmo nível ou um pouco abaixo do nível das demais células epidérmicas (Figura 9 B, C); outras, no entanto, estão situadas ao mesmo nível das demais. A lâmina foliar é hipoestomática, com estômatos do tipo anomocíticos (Figura 9 D).

Em corte transversal da lâmina foliar, *C. superba* apresenta mesofilo dorsiventral consistindo de parênquima fotossintetizante diferenciado em parênquima paliçádico e lacunoso. O parênquima paliçádico é formado por um a três estratos de células, as quais estão dispostas perpendicularmente à superfície da folha e apresentam-se mais compactas com poucos espaços intercelulares, em corte transversal. O parênquima lacunoso é formado por quatro a seis camadas de células que apresentam formato e disposição irregulares, originando grandes espaços celulares com dimensões variadas (Figura 9 A).

O bordo foliar é ligeiramente curvado em direção à superfície abaxial e as células parenquimáticas tornam-se ligeiramente mais curtas. Na região mais externa, as células parenquimáticas são substituídas por células de colênquima angular (Figura 9 E).

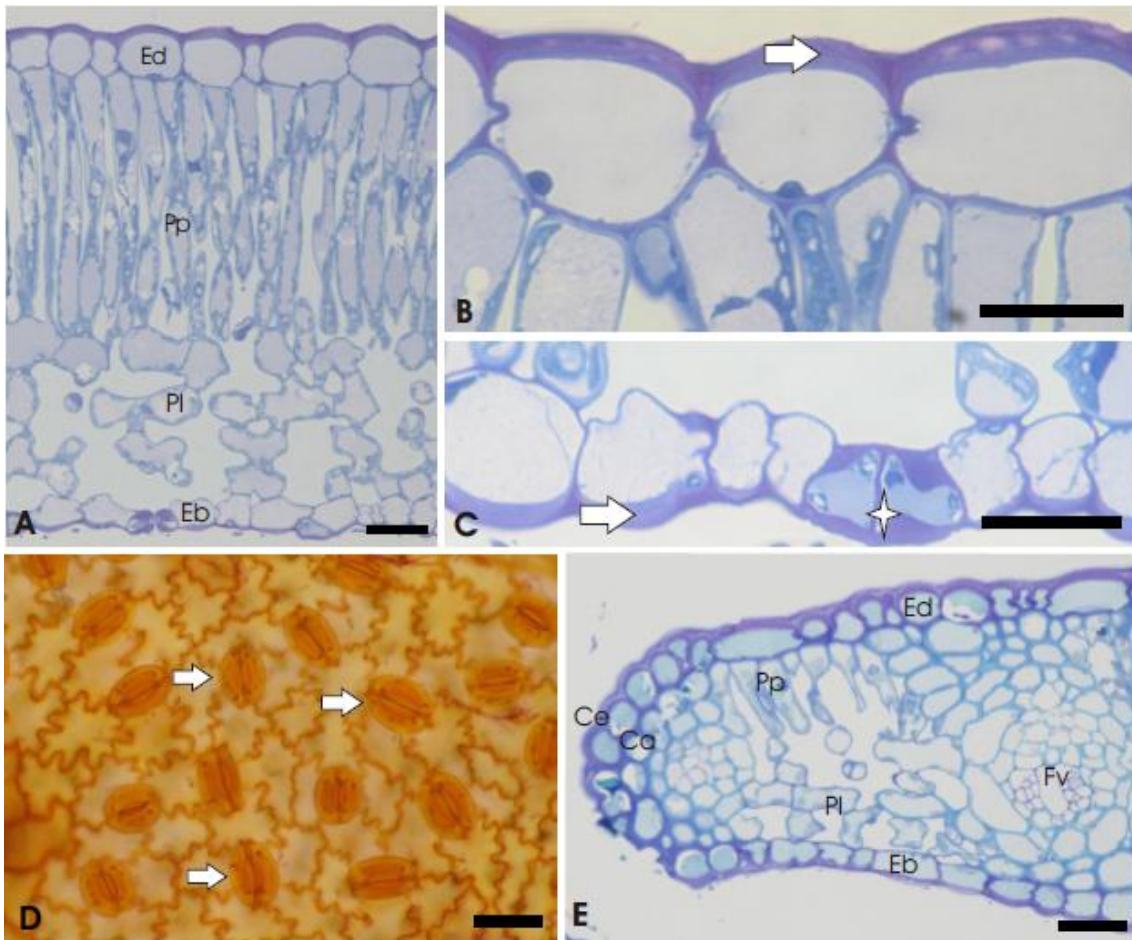


Figura 9. Lâmina foliar de *Cordia superba* de folhas de sol da mata nativa. A - Corte transversal da lâmina foliar. B - Detalhe da superfície adaxial. Observe parede periclinal externa espessa (seta). C - Detalhe da superfície abaxial evidenciando a parede periclinal espessa (seta) e estômato (estrela). D - Visão frontal da lâmina foliar mostrando os estômatos anomocíticos (setas). E - Bordo foliar mostrando a parede da célula epidérmica espessada (Ce), colênquima angular (Ca), parênquima paliçádico (Pp), parênquima lacunoso (Pl), feixe vascular (Fv), epiderme adaxial (Ed) e epiderme abaxial (Eb). Microscopia óptica de campo claro corada com azul de toluidina (A, B, C, E) e com safranina (D). Barra: 200 μ m.

A nervura central, em seção transversal, apresenta contorno semicircular, com leves projeções laterais. Alguns tricomas foram encontrados distribuídos de forma aleatória ao redor da nervura central. O córtex é formado por colênquima angular externamente e parênquima no interior. O sistema vascular acompanha organização semelhante ao pecíolo próximo à folha, pois forma um semicírculo completamente fechado, sem feixes acessórios, com a medula formada por células parenquimáticas. O parênquima paliçádico não apresenta continuidade na nervura (Figura 10).

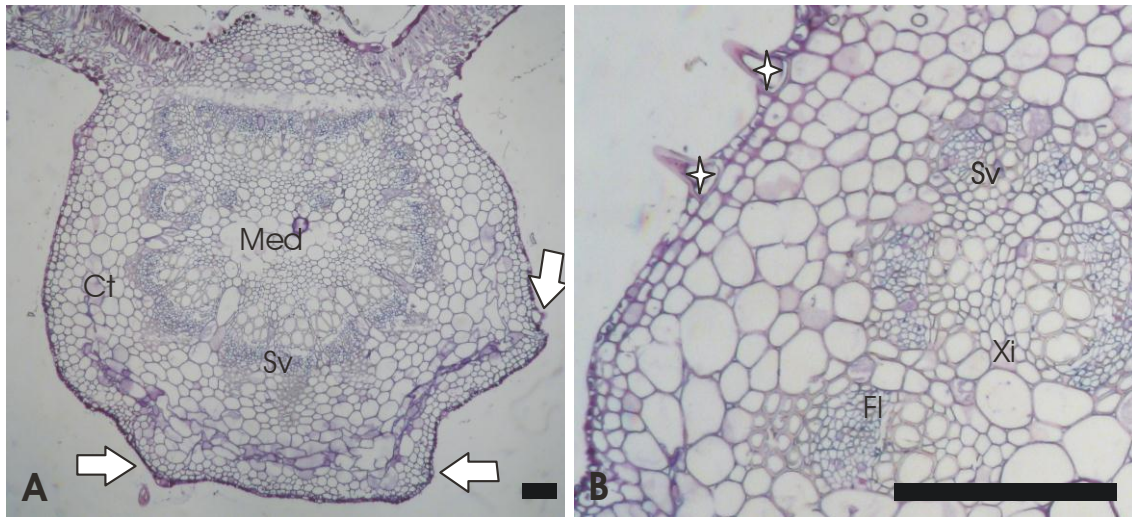


Figura 10. Corte transversal da nervura central de *Cordia superba* de folhas de sol da mata nativa. A - Observe as projeções laterais (seta), o córtex (Ct), sistema vascular (Sv) e medula (Med). B- Detalhe da nervura central mostrando tricomas (estrela) e parte do sistema vascular (Sv), xilema (Xi) e floema (FI). Microscopia óptica de campo claro. Barra: 400 µm.

4.2 – Caracterização histoquímica da folha de *Cordia superba*

Os cortes transversais da lâmina foliar foram colocados nos reagentes específicos para identificação de lipídios, compostos fenólicos, polissacarídeos, e óleos essenciais.

A reação com Sudan IV foi positiva na cutícula, nas células fundamentais e também no interior dos tricomas, indicando presença de lipídios nessas regiões (Figura 11 A, D).

A reação com vermelho de rutênio foi positiva na parede periclinal externa, indicando presença de pectina e mucilagem no protoplasma (Figura 11 B).

A reação com cloreto férrico foi positiva no interior dos tricomas e também na epiderme, sinalizando a presença de compostos fenólicos nesses locais (Figura 11 C, E).

Os testes com reagente de Nadi foram positivos também na epiderme, indicando presença de óleos essenciais nas células desse tecido (Figura 11 F).

Assim, os testes histoquímicos revelaram heterogeneidade da parede periclinal externa, mostrando duas regiões de constituição distintas, sendo a mais externa lipídica e a região mais abaixo rica em polissacarídeos. Os

resultados indicam que alguns tricomas eretos ou semi-eretos possuem conteúdo representado por uma mistura de lipídeos e compostos fenólicos, sugerindo que parte destes também é secretor. Por fim, os testes demonstraram ainda a presença de lipídeos, polissacarídeos, compostos fenólicos e de óleos essenciais na epiderme.

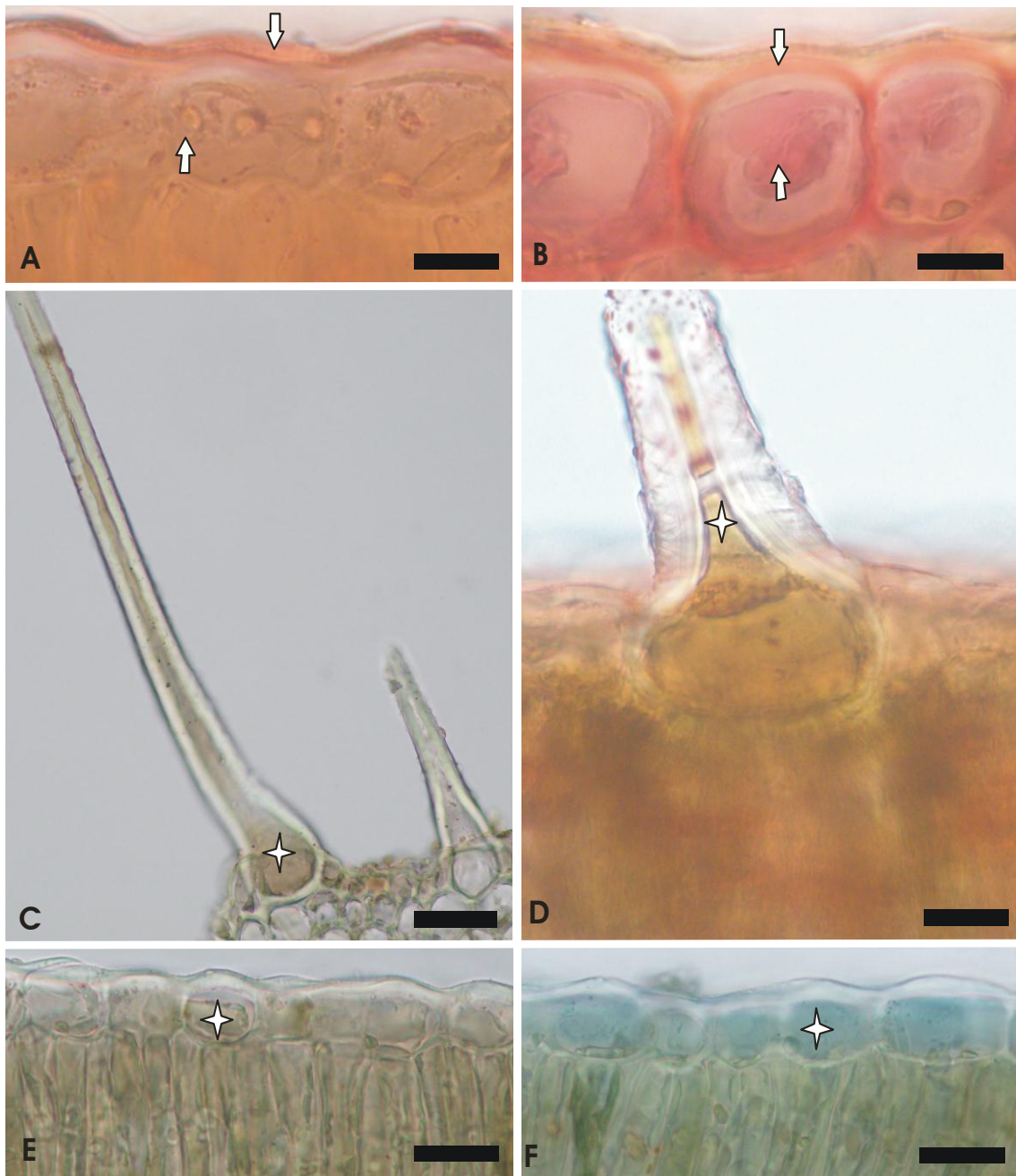


Figura 11. Testes histoquímicos em folhas de sol de *Cordia superba* da mata piabanha. Cortes transversais da epiderme. A e D - coloração com Sudan IV. B - coloração com vermelho rutênio. C e E - coloração com cloreto férrico. F - coloração com reagente de Nadi. Setas e estrelas indicam as regiões marcadas com os respectivos corantes. Microscopia óptica de campo claro. Barra: 200 μ m.

4.3 – Ultraestrutura da lâmina foliar

Através de cortes ultrafinos obtidos para microscopia eletrônica de transmissão, observa-se a organização da parede periclinal externa da epiderme adaxial e abaxial em três regiões com características distintas. Do interior para o exterior, nota-se uma região elétron lucente, levemente estriada, relativa a porção rica em polissacarídeos; em seguida, uma camada de estratos cuticulares e a cutícula propriamente dita. No presente trabalho, essas camadas foram chamadas, segundo a definição de Jeffrey (1996), de camadas cuticulares internas e externas e cutícula propriamente dita, respectivamente. Imersos nesta matriz cuticular foram observadas inúmeras vesículas elétron-densas, com progressivo aumento das vesículas em direção a cutícula propriamente dita, esta última porém caracteriza-se pela ausência destas vesículas. Não foi possível verificar a cera epicuticular (Figura 12).

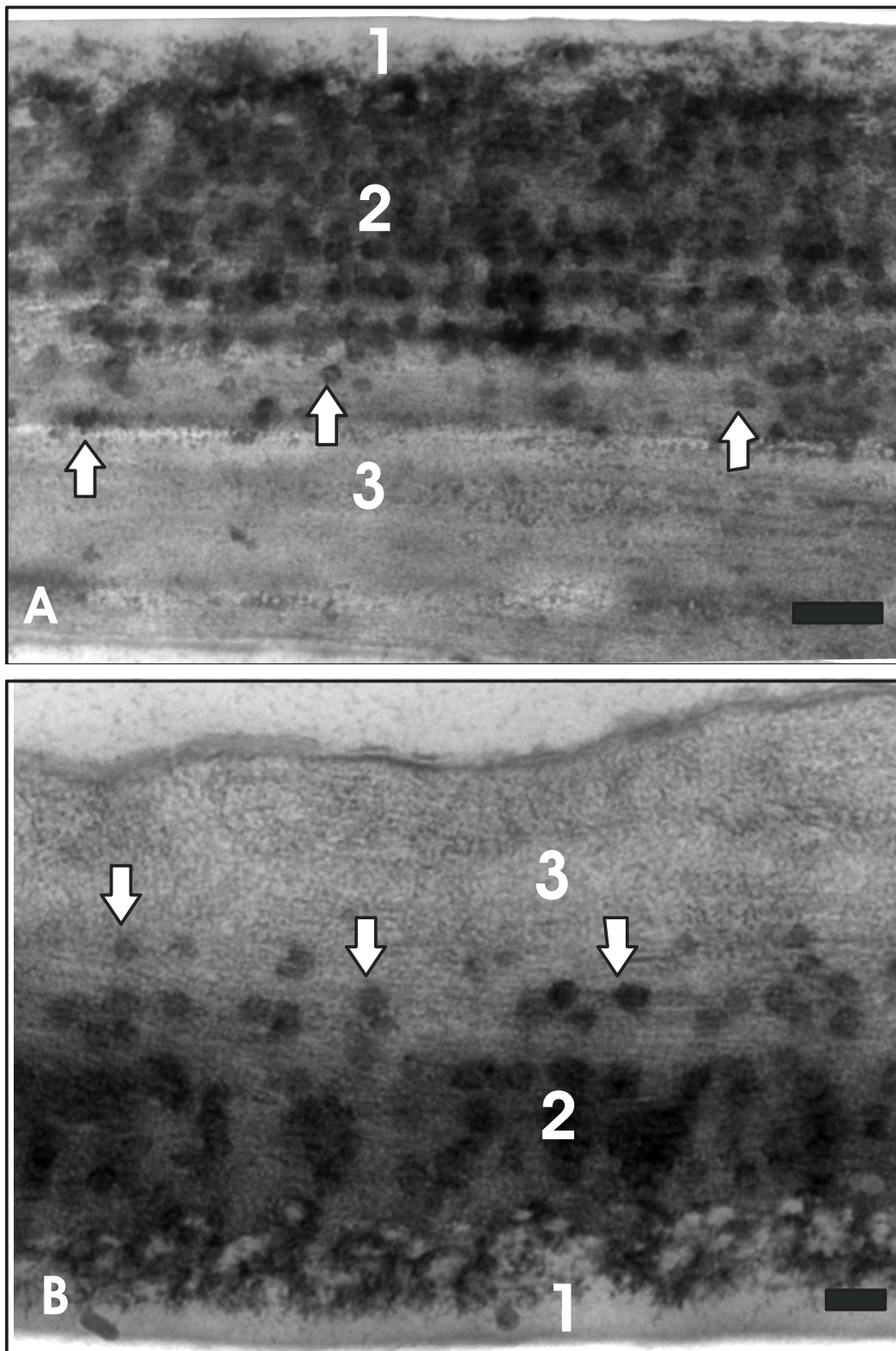


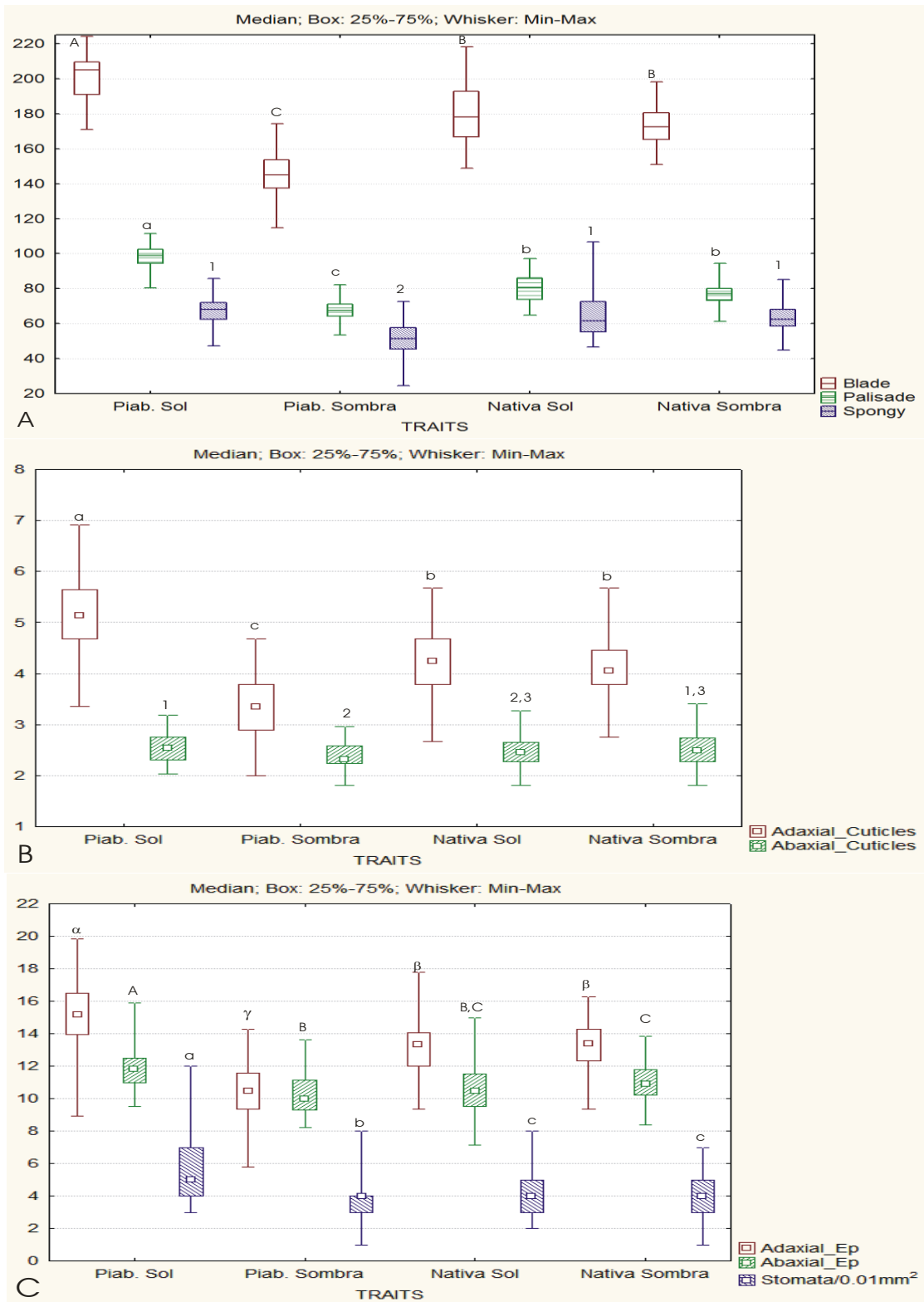
Figura 12. Ultraestrutura da lâmina foliar de *Cordia superba* de folhas de sol da mata nativa. A - Parede periclinal externa das faces adaxial (A) e abaxial (B) da epiderme contrastadas com acetato de uranila e citrato de chumbo. Cutícula propriamente dita (1), camada cuticular externa (2), camada cuticular interna (3). Nota-se a presença de formações vesiculares junto aos extratos cuticulares (setas). Microscopia eletrônica de transmissão (MET). Barras: A= 0,2 μm ; B= 0,5 μm .

4.4 - Comparação entre folhas de sol e de sombra e entre as áreas de mata nativa e mata piabanha

As folhas de sol e de sombra do setor piabanha apresentaram plasticidade para quase a totalidade das características analisadas, enquanto o mesmo não foi observado na área de mata nativa, no qual os parâmetros analisados exibiram menos diferenças significativas. As folhas de sol e de sombra da mata piabanha exibiram diferenças na espessura da lâmina foliar, parênquimas paliçádico e lacunoso, epiderme e cutícula nas faces adaxial e abaxial, densidade e área foliar. As folhas de sol e de sombra da mata nativa, por sua vez, apresentaram diferenças apenas na espessura da lâmina medida com o paquímetro digital, suculência e área foliar. Todos esses valores estão representados nas figuras 13 e 15.

As folhas de sol do setor piabanha apresentam folhas mais espessas que as folhas de sombra. Entretanto, o mesmo não foi observado para o setor de mata nativa. Esse aumento da espessura da lâmina foliar no setor piabanha é consequência principalmente do aumento na espessura dos parênquimas paliçádico e lacunoso e também das células da epiderme em suas faces adaxial e abaxial. A cutícula da face abaxial das folhas de sol no ambiente reflorestado também é mais espessa que nas folhas de sombra. A avaliação desses mesmos parâmetros nas folhas de sol e de sombra do setor de mata nativa não mostrou-se similar, uma vez que não foram detectadas diferenças significativas nesses parâmetros. No entanto, é possível perceber nos gráficos que as curvas acompanham a mesma tendência (Figura 13).

A densidade estomática, assim como as demais características anatômicas avaliadas, apresentou diferenças significativas apenas entre as folhas de sol e as folhas de sombra da mata piabanha, com um valor maior para as folhas de sol (Figura 13 C).



Imagens feitas em microscopia óptica de campo claro corroboraram com os resultados obtidos, evidenciando grande potencial de aclimação dos indivíduos presentes na mata piabanha (Figura 14).

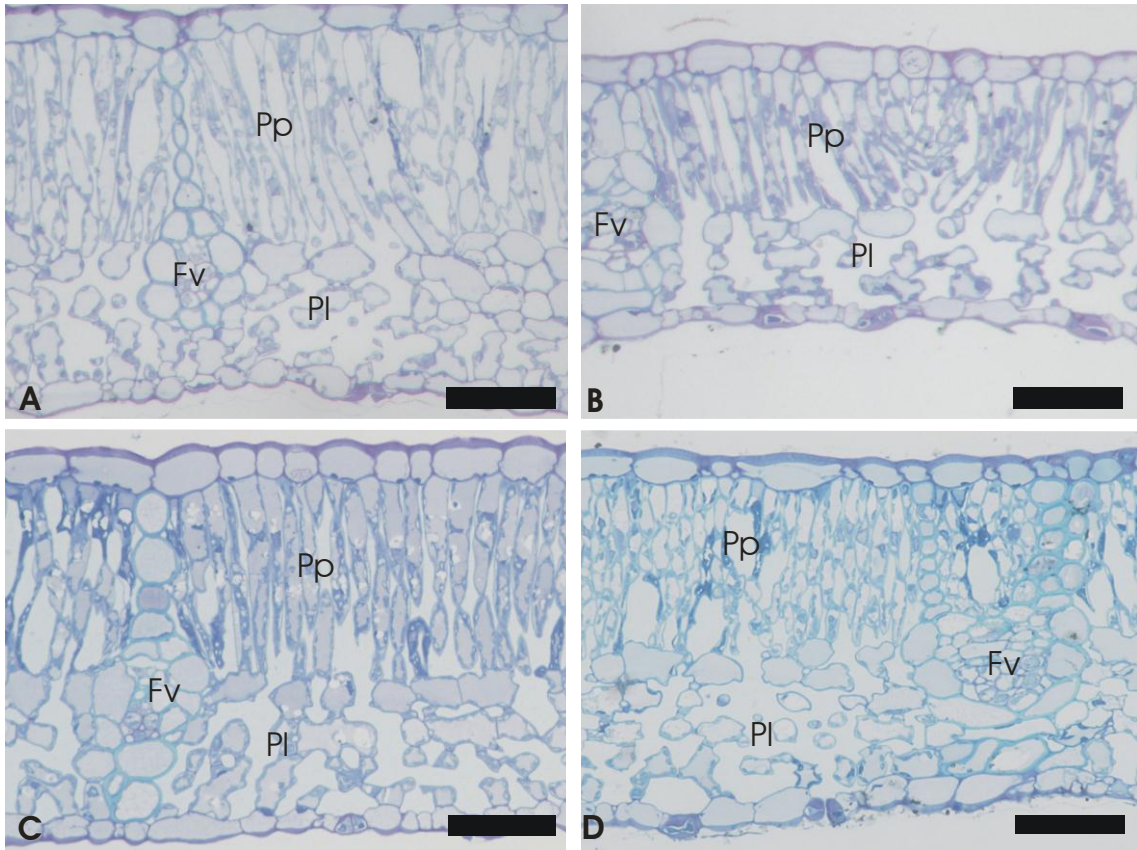


Figura 14. Secções transversais da lâmina foliar de *Cordia superba*. A - Folha de sol da mata piabanha. B - Folha da sombra mata piabanha. C - Folha de sol da mata nativa. D - Folha de sombra da mata nativa. Parênquima paliçádico (Pp); parênquima lacunoso (Pl); feixe vascular (Fv). Coloração com azul de toluidina. Barra = 50 μ m.

A espessura da lâmina foliar da mata piabanha medida pelo paquímetro digital confirmou o resultado mostrado na figura 13 A e 14, com as folhas de sol apresentando lâmina foliar mais espessa que as folhas de sombra (Figura 15 A). Apesar da figura 13 A, contrariamente a figura 15 A, não mostrar diferenças significativas nos valores da lâmina de folhas de sol e de sombra da mata nativa, ambos os gráficos mostram curva semelhante.

A densidade foliar mostrou-se menor apenas nas folhas de sol da mata piabanha. Já com relação à suculência, as folhas de sol da mata piabanha mostram-se mais suculentas que as folhas de sombra, mas não foram detectadas diferenças significativas entre a suculência de folhas de sol e de sombra da mata nativa. Valores medianos de massa da área foliar (MFA) não se mostraram significativamente diferentes entre folhas de sol e de sombra das duas áreas, porém as folhas de sol da mata nativa apresentaram valores mais elevados que às folhas da mata piabanha. A área foliar, por sua vez, mostrou-se maior nas folhas de sombra das duas áreas (Figura 15 B).

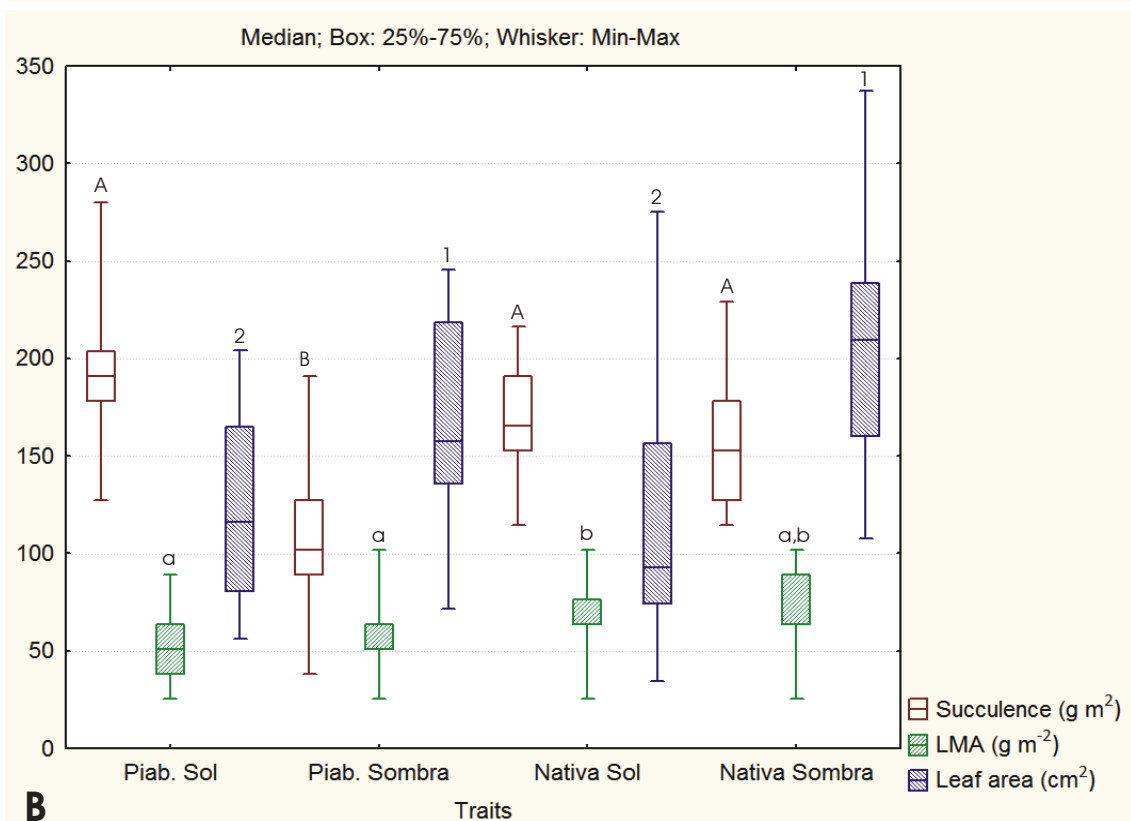
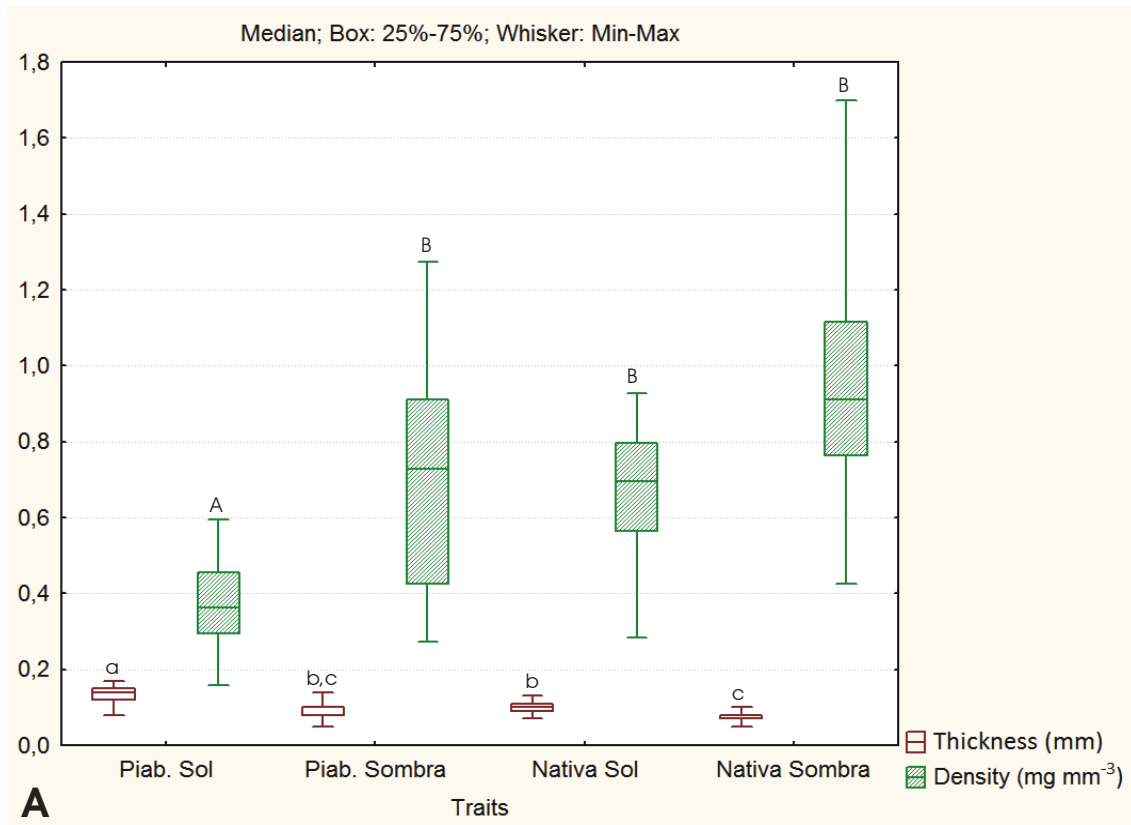


Figura 15: Comparação da morfologia foliar de *Cordia superba* entre folhas de sol e de sombra da mata nativa e da mata piabanha. Valores medianos e quartis da espessura da lâmina foliar, densidade foliar (A), succulência, massa da área foliar e área foliar (B). Box seguidos das mesmas letras ou números não apresentam diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$. (Kruskal-Wallis).

A forma e disposição dos estômatos e a sinuosidade da parede anticlinal externa das células epidérmicas não apresentaram diferenças entre as áreas mata nativa e mata piabanha. Em vista frontal, a epiderme, na face abaxial, apresenta células com paredes anticlinais sinuosas; as paredes anticlinais, na face adaxial, variaram o seu contorno, apresentando-se levemente curvas nas folhas de sol e sinuosas nas folhas de sombra (Figura 16).

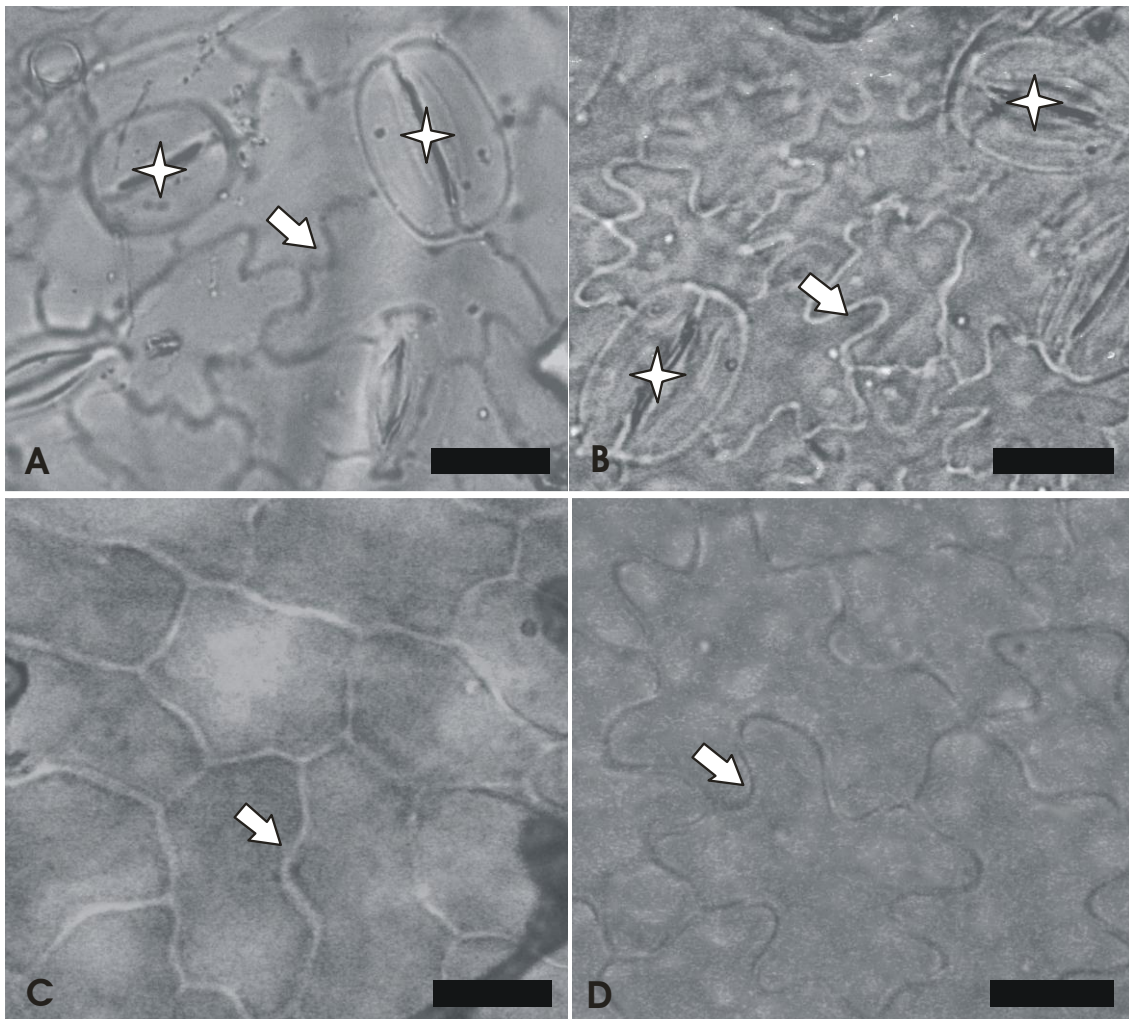


Figura 16 - Vista frontal de lâminas foliares de *Cordia superba* da mata piabanha coradas com safranina. A - Superfície abaxial de folha de sol. B - Superfície abaxial de folha de sombra. C - Superfície adaxial de folha de sol. D - Superfície adaxial de folha de sombra. Observe os estômatos anomocíticos (estrela) e o contorno sinuoso das paredes anticlinais (seta). Microscopia óptica de campo claro. Barra: 100 μ m.

4.5 – Análises ecofisiológicas

A figura 17 mostra a caracterização microclimática realizada em dias de medição dos parâmetros ecofisiológicos (17 A) e compara os resultados das análises da emissão de fluorescência pela clorofila *a* entre as diferentes áreas (piabanha sol, piabanha sombra, nativa sol, nativa sombra) em três horários distintos e também cada sítio ao longo do dia (17 B, C, D).

A figura 17 B mostra a eficiência quântica potencial do PSII (F_v/F_m). A mesma indica que praticamente inexisteram diferenças significativas entre as diferentes áreas e também em cada sítio ao longo do dia nos horários de 9h e 12h. No horário das 15h, no entanto, as folhas de sombra das duas áreas de estudo apresentaram valores mais elevados que as folhas de sol, indicando que a eficiência quântica potencial do PSII, nas folhas de sol das duas áreas, diminui ao longo do dia e é menor próximo a esse horário.

Nas folhas de sombra a tendência é diferente, pois é possível observar que na mata piabanha há um pequeno aumento na eficiência do PSII no horário de 12h, o qual depois tende a retornar a valores inferiores. Já na mata nativa essa eficiência tende a ser ligeiramente reduzida próximo das 12h, e depois aumenta no horário das 15h.

A figura 17 C compara o coeficiente de extinção não fotoquímica (quenching não fotoquímico - q_{NP}), ou seja, a ativação de processos não fotoquímicos para emissão da fluorescência da clorofila. Na comparação feita com os diferentes sítios em cada horário, os resultados mostraram que, às 9h, as folhas de sombra da mata nativa apresentaram quenching não fotoquímico maior que os outros três sítios. Às 12h, apenas as folhas de sol da mata piabanha apresentaram valores menores que os demais sítios. No horário das 15h, as folhas de sombra da mata piabanha apresentaram quenching não fotoquímico maior que as folhas de sol da mesma área, ao passo que na mata nativa não houve diferenças significativas entre folhas de sol e de sombra.

Na comparação de cada área ao longo do dia, os resultados mostraram que os valores das folhas de sol da mata piabanha não diferiram, enquanto que nas folhas de sombra estes valores aumentaram ao longo do dia. Na mata nativa, por sua vez, foram as folhas de sombra que se mantiveram com valores

semelhantes ao longo do dia, ao passo que as folhas de sol apresentaram valores maiores às 12h e às 15h.

Por fim, a figura 17 D mostra o quenching fotoquímico (qP), ou a capacidade fotoquímica do PSII. Na comparação entre os sítios em cada horário, às 9h as folhas de sombra da mata nativa apresentaram valores significativamente menores que as folhas de sol e de sombra da mata piabanha. No horário de 12h, as folhas de sombra da mata nativa apresentaram quenching fotoquímico menor que as folhas de sol da mesma área. Já no horário das 15h não foi detectado diferenças significativas entre as áreas.

Na comparação ao longo do dia, nas folhas de sol da mata piabanha houve redução significativa do quenching fotoquímico no horário das 12h, o qual aumentou novamente às 15h. Os outros três sítios mostram a mesma tendência, mas com significâncias diferentes.

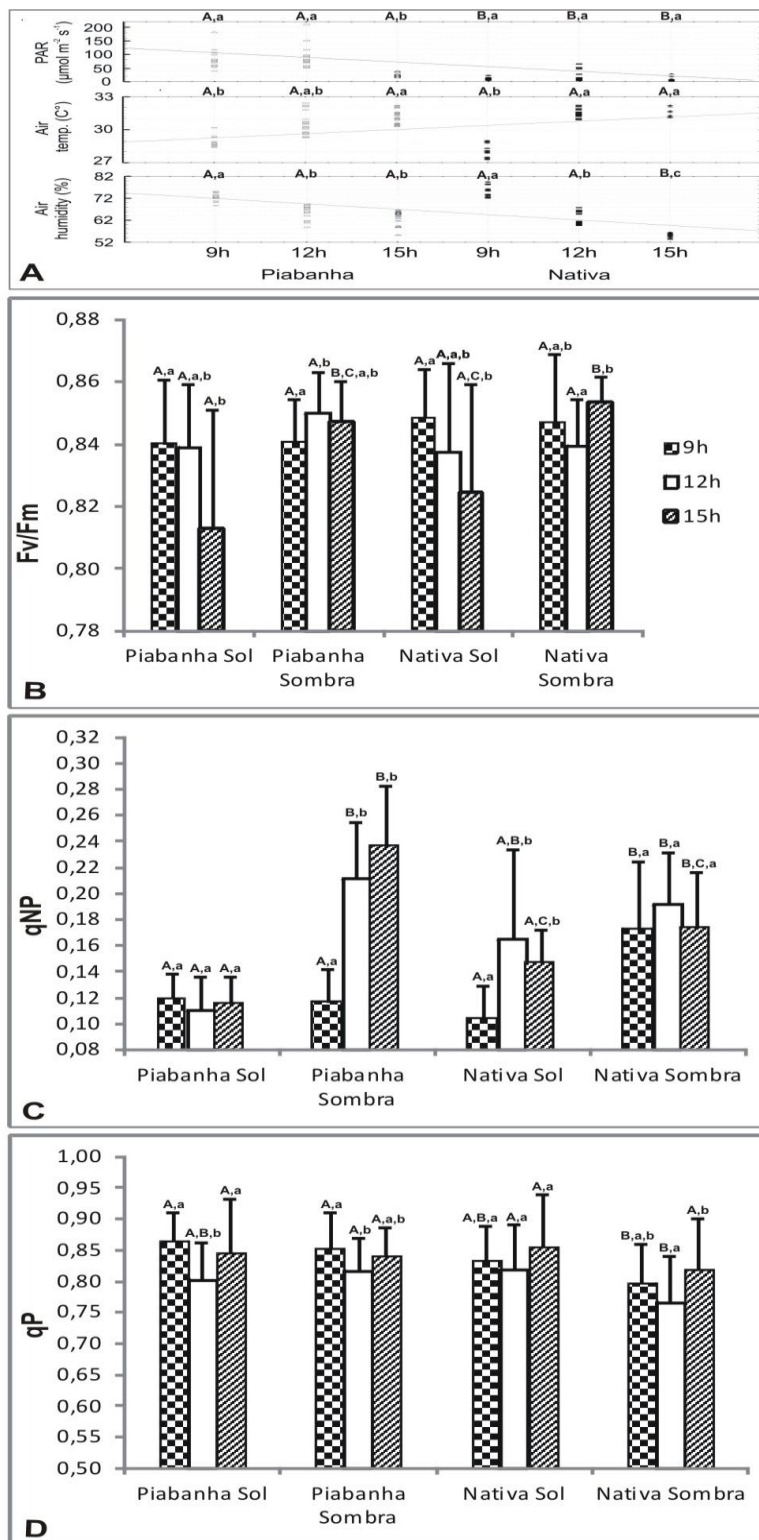


Figura 17 – Microclima e análises ecofisiológicas de folhas de sol e de sombra da mata nativa e da mata piabanha mostrando os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros: A – Caracterização microclimática mensurados no momentos das análises ecofisiológicas. B - Eficiência quântica potencial do PSII (Fv/Fm). C - Quenching não fotoquímico (qNP). D – Quenching fotoquímico (qP). Letras maiúsculas representam comparações entre sítios diferentes no mesmo horário e letras minúsculas representam comparações entre o mesmo sítio ao longo do dia. Histogramas seguidos das mesmas letras ou números não apresentam diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$. (Kruskal-Wallis).

Com relação aos pigmentos, assim como para os demais parâmetros, também foram analisadas folhas de sol e de sombra das duas áreas de coleta. A única variável que apresentou diferença significativa foi a razão entre clorofila *a* e clorofila *b* (Clo *a*/Clo *b*), revelando-se maior nas folhas de sombra da mata piabanha que nas folhas de sombra da mata nativa. Nas folhas de sol não houve diferenças entre os setores e nem entre estas e as folhas de sombra. Valores de clorofila *a*, clorofila *b*, carotenóides e antocianina não mostrou diferenças significativas entre os diferentes setores de estudo (Tabela 2).

Tabela 2 – Média e desvio padrão da concentração de pigmentos fotossintéticos em folhas de sol e de sombra de *Cordia superba* da mata nativa e da mata piabanha. Antocianina (Ant 530), clorofila *a* (Clo *a*), clorofila *b* (Clo *b*), Carotenóides (Cx + c) e razão entre clorofila *a* e clorofila *b* (Clo *a*/Clo *b*). Apenas razão Clo *a*/Clo *b* apresentou diferença significativa ao nível de $p < 0,05$ (Teste de Tukey), que são representadas por diferentes letras.

Local / Pigmentos	Ant 530	[Clo <i>a</i>] ($\mu\text{Mol}/\text{cm}^2$)	[Clo <i>b</i>] ($\mu\text{Mol}/\text{cm}^2$)	[Cx + c] ($\mu\text{Mol}/\text{cm}^2$)	Clo <i>a</i> /Clo <i>b</i>
Piab. Sol	0,020 \pm 0,012	0,021 \pm 0,008	0,0098 \pm 0,0046	0,0031 \pm 0,0022	2,15 \pm 0,08 ^{ab}
Piab. Sombra	0,025 \pm 0,008	0,025 \pm 0,004	0,0116 \pm 0,0021	0,0029 \pm 0,0016	2,16 \pm 0,16 ^a
Nat. Sol	0,021 \pm 0,010	0,027 \pm 0,006	0,0136 \pm 0,0036	0,0042 \pm 0,0009	2,08 \pm 0,11 ^{ab}
Nat. Sombra	0,020 \pm 0,008	0,027 \pm 0,005	0,0133 \pm 0,0024	0,0042 \pm 0,0022	2,04 \pm 0,10 ^b

4.6 – Análise de nutrientes

As concentrações de nutrientes nas folhas de *C. superba* também não apresentaram diferenças significativas entre folhas de sol e sombra em ambos os setores. Portanto, comparou-se a mata nativa e a mata piabanha através dos valores médios de cada área. Mesmo nessa comparação, com exceção do C, não foram constatadas diferenças significativas. Folhas da mata nativa apresentam maior quantidade de carbono que as folhas da mata piabanha, o que corrobora também com a maior densidade observada nas folhas desse setor em relação as folhas de sol da mata piabanha. Já a concentração de N, P e a razão C/N foram similares entre os dois locais de estudo (Tabela 3).

Tabela 3: Média e desvio padrão da concentração de macronutrientes (mg/g) e relação C/N em folhas adultas de *Cordia superba* na mata nativa e na mata piabanha. Os valores representam folhas coletadas em 10 indivíduos em cada área (n=10). (*) Diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$. (T test).

Local / Nutrientes	Carbono (C)	Nitrogênio (N)	C/N	Fósforo (P)
Mata Nativa	397,200 \pm 10,598*	15,703 \pm 6,231	28,177 \pm 9,239	1,805 \pm 0,551
Mata Piabanha	374,000 \pm 17,467	18,562 \pm 4,262	21,192 \pm 5,519	2,457 \pm 0,496

5. Discussão:

Estudos anatômicos e ultraestruturais têm permitido correlacionar importantes características estruturais ao ambiente que as espécies vivem (Fontanelle *et al.*, 1994; Assis e Giuliatti, 1999; Dickie e Gasson, 1999; Bredenkamp e Van Wyk, 2000; Kong, 2001; Pires *et al.*, 2003). Nesse sentido, cabe mencionar que, como se trata de uma espécie pioneira, a predominância de *C. superba* na mata nativa é um indicativo de degeneração da mesma, visto que já deveria ter sido substituída por espécies secundárias ou então estar restrita aos bordos e áreas de clareiras.

Segundo Martin e Juniper (1970), os aspectos micromorfológicos da superfície foliar refletem, muitas vezes, adaptações da planta ao local em que vivem. No entanto, a presença dos microorganismos verificados na superfície foliar depende tanto de fatores ambientais quanto de características genóticas da própria planta, como alterações na exposição à luz e sazonalidade, presença de tricomas, cutícula espessa e produção de metabólitos secundários. Além disso, há genótipos com diferentes graus de plasticidade fenotípica e que também podem influenciar nessa questão (Wylie, 1951).

Segundo classificação de Barthlott *et al.* (1998), a cera epicuticular revelada no presente estudo é do tipo crosta. De acordo com Metcalfe e Chalk (1988), o aspecto da cutícula fornece um importante caractere para análise foliar. O revestimento das partes externas das plantas por camadas de substâncias como ceras, suberina e cutina restringem a perda de água pela redução da transpiração e as protegem contra ataque de patógenos, danos resultantes da ação dos raios solares, lixiviação de nutrientes e também contra herbivoria (Gunning e Steer, 1996).

Cutter (1986) afirma que diversos fatores podem determinar a formação de ceras, mas destaca que estas se desenvolvem mais sob alta incidência de luz. De acordo com Pyykko (1966), quanto mais xérico o ambiente, mais espessa tende a ser a cutícula. Isso corrobora com a cutícula mais espessa verificada na face adaxial das folhas de sol da mata piabanha, uma vez que se tratam das folhas mais expostas à incidência luminosa. A cutícula espessa exerce papel importante na proteção das folhas contra a irradiância em

excesso (Rabelo *et al.*, 2012 a), uma vez que age como uma barreira à penetração de luz na folha (Cen e Bornman, 1993) e auxilia no controle da perda de água através da transpiração (Larcher, 2000).

Apesar do presente estudo não revelar domácias, Rosa *et al.* (1984), em seu estudo com *C. superba*, relata ter observado domácias do tipo bolsa nas inserções das nervuras secundárias com a principal. A presença de domácias de formigas no gênero *Cordia* L também é descrita por Metcalfe e Chalk (1957).

A epiderme pode apresentar também células com funções especializadas, como estômatos e tricomas. De modo geral, a densidade estomática é maior nas folhas de sol (Klich, 2000; Costa *et al.*, 2007), o que é considerado uma adaptação para o aumento da captação de CO₂ (Malone *et al.*, 1993; Taiz e Zeiger, 2004). Assim, há uma correlação positiva entre o aumento da disponibilidade de luz e a densidade estomática (Klich, 2000; Costa *et al.*, 2007), sugerindo uma maior capacidade fotossintética acarretada pelo aumento na condutância estomática (Woodward *et al.*, 2002; Morais *et al.*, 2004) e a um maior controle sobre a transpiração, permitindo a redução da perda de água com a abertura e fechamento dos estômatos (Givnish, 1988; Lee *et al.*, 2000). Isso está de acordo com o resultado obtido para os indivíduos da mata piabanha, pois é a área que recebe mais luz e é esperado que suas folhas de sol apresentem a maior densidade de estômatos.

Na mata nativa, no entanto, não houve diferença significativa quanto a esse parâmetro, mas segundo Gutschick (1999) e Klich (2000), a disponibilidade de luz não é o único fator determinante da densidade estomática. De acordo com esses autores, há uma grande variedade de fatores envolvidos, como área foliar, espessura da lâmina e organização do mesófilo.

No presente estudo, esse resultado é justificável ainda pela densa cobertura vegetal da mata nativa e pelo fato de que nesse setor os indivíduos de *C. superba* estão abaixo do dossel, reduzindo as diferenças na disponibilidade de luz entre folhas expostas e folhas de locais sombreados. A mesma justificativa pode ser aplicada para explicar a ausência de diferenças significativas também para os demais caracteres anatômicos da lâmina foliar de folhas de sol e de sombra da mata nativa.

O fato dos estômatos estarem situados sempre na face abaxial, por sua vez, pode representar um fator taxonômico, mas também um mecanismo de prevenção de perda de água, uma vez que nesta face a temperatura tende a ser menor do que na face adaxial, mesmo nos períodos mais quentes do dia (Boeger e Gluzezak, 2006). Coutinho (1962) acredita ainda que o hipoestomatismo pode representar uma proteção contra o recobrimento de fendas estomáticas por musgos, líquens e hepáticas.

De acordo com Cronquist (1981), nos representantes da família Boraginaceae os estômatos podem estar no mesmo nível ou elevados em relação às demais células epidérmicas. Porém, na espécie estudada houve uma variação, talvez pelo fato de os indivíduos ocorrerem em locais úmidos.

Com relação aos tricomas, Metcalfe e Chalk (1950) já descreveram tricomas glandulares e tectores para o gênero *Cordia*. Rosa *et al.* (1984), em estudos com a mesma espécie do presente trabalho, também verificou ambos os tipos de tricomas. Os tricomas tectores são amplamente distribuídos nas folhas das espécies da família Boraginaceae e são responsáveis pela sua superfície pilosa (Solereeder, 1908; Metcalfe e Chalk, 1957). Estes podem estar relacionados com diversas funções, como contribuir com a regulação da temperatura da planta, com a reflexão luminosa, barreira ao deslocamento de insetos, redução da transpiração pela formação de uma cobertura adicional e orientação de polinizadores (Wagner *et al.*, 2004). Os tricomas também recobrir os estômatos, e com isso, favorecer a formação de um microclima intermediário entre a circulação de ar interna e externa (Eames e MacDaniels, 1947). Essa camada de ar junto à superfície foliar, denominando-a de camada limítrofe, constitui uma barreira à perda de vapor de água pela folha (Taiz e Zeiger, 2004).

Segundo Metcalfe e Chalk (1988), tricomas também podem ser utilizados com finalidades taxonômicas, podendo apresentar variações no comprimento, curvatura e grau de calcificação. Ainda de acordo com esses autores, no gênero *Cordia* podem ser encontrados tricomas simples unisseriados, ramificados multicelulares e estrelados.

Tricomas glandulares são citados por Metcalfe e Chalk (1950) para a família Boraginaceae. Nessa família, os tricomas glandulares encontram-se nas

folhas e têm diferentes padrões morfológicos (Solereeder, 1908). Rosa *et al.* (1984) caracteriza os tricomas de *C. superba* como diferentes tipos de tricomas tectores e apenas um tipo de tricoma secretor. Segundo essa autora, os tricomas tectores podem ser uni ou bicelulares, ao passo que o tricoma secretor possui pedicelo unicelular e cabeça também constituída por apenas uma célula, a qual se dispõe transversalmente em relação ao pedicelo. No entanto, testes histoquímicos realizados no presente trabalho sugerem que há tricomas eretos e semi-eretos que também são secretores. Ainda de acordo com a mesma autora, os tricomas glandulares apresentam conteúdo mucilaginoso.

Segundo Cutter (1986), as secreções atuam, sobretudo, como repelentes de insetos, os quais as detectam por meio de quimiorreceptores localizados nas patas ou presos quando constituem-se em exsudatos pegajosos. Desse modo, a secreção de terpenos, alcaloides, substâncias fenólicas e outras podem atuar como repelentes olfatórias ou gustatórias (Aragão *et al.*, 2000).

Metcalfe e Chalk (1988) descrevem para a família Boraginaceae epiderme abaxial coberta de papilas e mesofilo cêntrico ou isobilateral. Entretanto, nos indivíduos analisados não foram evidenciadas papilas e o mesofilo apresenta-se como dorsiventral.

O formato côncavo ou convexo da parede periclinal externa normalmente está relacionado com a intensidade e captação de radiação solar, de modo que células epidérmicas com parede periclinal convexa são comuns em ambientes sombreados, uma vez que possibilitam uma captação mais eficiente de luz devido ao aumento da área para tal (Smith *et al.*, 1997) e também por favorecerem a convergência dos raios luminosos em direção ao mesofilo (Haberlandt, 1928). Como no presente estudo não foram detectadas diferenças no formato das células epidérmicas entre folhas de sol e de sombra, isso sugere que nem todos os parâmetros avaliados para folhas de *C. superba* podem apresentar respostas como as esperadas para as variações na luminosidade.

A morfologia das células do mesofilo também está diretamente relacionada com a distribuição da luz para os cloroplastos (Vogelmann e

Martin, 1993). Estudos sobre a influência da luz na estrutura foliar mostram que o número de camadas do parênquima paliçádico é maior nas folhas de sol que nas folhas de sombra (Jackson, 1967), resultando em folhas de sol mais espessas, o que corrobora com o observado no presente estudo. Os parênquimas paliçádico e lacunoso mais espessos das folhas de sol normalmente relacionam-se com a maximização da absorção de luz e fixação de carbono (Rabelo *et al.*, 2012 a).

O parênquima paliçádico mais espesso promove a distribuição eficiente de luz ao longo do mesofilo, ao passo que o parênquima lacunoso aumenta a absorção de luz através dos cloroplastos, além de também favorecer as trocas gasosas (Smith *et al.*, 1997).

Esses dados vêm a corroborar Gates (1980), que afirma que a maior espessura das folhas de sol gera um aumento significativo na dissipação de calor, e isso é um importante fator para a sobrevivência da planta em habitats mais secos e com alta irradiância, onde o superaquecimento e as altas taxas de transpiração são lesivos. De acordo com McCain *et al.* (1988), mesmo folhas de uma mesma copa podem apresentar diferenças anatômicas segundo os diferentes regimes de luz a qual estão submetidas.

Os testes histoquímicos realizados detectaram compostos fenólicos na epiderme adaxial e abaxial e óleos essenciais na epiderme abaxial. Os compostos fenólicos auxiliam a planta a permanecer em ambientes com alta luminosidade ou até mesmo suportar estresses hídricos (Castro e Machado, 2006) e pode ser induzida por fatores ambientais diversos, como lesão por esforço ou infecção. Além disso, também protegem a planta contra herbivoria, uma vez que seu acúmulo nas folhas torna a planta intragável para os herbívoros (Dixon e Paiva, 1995; Takahama e Oniki, 2000; Da Cunha *et al.*, 2010; Rabelo *et al.*, 2011). Cerca de 8.000 compostos fenólicos já foram identificadas em plantas e a maioria deles apresentam ainda atividade antifúngica e antibacteriana, criando um mecanismo de defesa contra microorganismos (Harborne, 1997; Eichhorn *et al.*, 2007). Desse modo, a presença de compostos fenólicos na lâmina foliar de *C. superba*, dos indivíduos das duas áreas, provavelmente representa um mecanismo de defesa para resistir ao ataque de patógenos e herbívoros.

Com relação aos óleos essenciais detectados, estes normalmente apresentam composição química complexa, com destaque para a presença de terpenos e fenilpropanóides (Gonçalves *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2003). Estes estão relacionados sobretudo com a defesa contra microorganismos (Siqui *et al.*, 2000). Segundo Harborne (1997), eles podem atuar como aleloquímicos e moléculas sinalizadoras. Estudos científicos revelaram ainda, que cerca de 60% dos óleos essenciais possuem propriedades antifúngicas e 35% exibem propriedades antibacterianas (Bhavanani e Ballow, 1992). De acordo com Perri *et al* (1999), a variabilidade na produção e teor de óleos essenciais é afetada, além de fatores genéticos, por fatores ambientais diversos, como luz, disponibilidade de nutrientes, estação do ano, período do dia, ciclo e parte da planta.

Esau (2006) já observou a secreção de substâncias lipofílicas em muitas famílias, as quais incluem terpenóides (tais como óleos essenciais e resinas), gorduras e ceras. Segundo a mesma autora, tais substâncias apresentam uma variedade de funções, incluindo proteção contra herbivoria e atração de polinizadores (Duke, 1991; Lerdau *et al.*, 1994;. Paré e Tumlinson, 1999; Singaas, 2000).

A nível ultraestrutural, observações no microscópio eletrônico de transmissão revelaram que a parede periclinal externa está organizada formando camadas de composições diferenciadas. Jeffree (1996) subdivide essa parede em quatro regiões com características distintas, ao passo que Tenberge (1992) a subdivide em seis camadas. As imagens obtidas no presente estudo revelam claramente três camadas morfologicamente distintas, aqui chamadas, segundo a classificação de Jeffree (1996), de camadas cuticulares internas e externas e cutícula propriamente dita.

Isso foi demonstrado também por meio de testes histoquímicos, os quais mostraram que, na espécie em estudo, essa camada de cutina está presente, sobretudo, na região mais externa da PPE, a cutícula. A região mais interna formada por polissacarídeos e está relacionada com a geração de energia e produção de moléculas, como proteínas, para as células epidérmicas (Mayer e Poljakoff-Mayber, 1975). A composição da parede celular tem sido utilizada como caráter taxonômico para diferenciar táxons de vários níveis hierárquicos

(Braga e Dietrich, 1999).

Com relação à morfologia foliar, a redução da área em folhas de sol quando comparadas com as folhas de sombra representa, sobretudo, uma adaptação para evitar a perda de água por transpiração nas folhas expostas a altas taxas de luminosidade (James e Bell, 2001). Os resultados obtidos corroboram com os observados por Voltan *et al.* (1992), Fahl *et al.* (1994), Carelli *et al.* (2002) e Morais *et al.* (2003), os quais, em estudos sobre cafeeiros, também observaram menor área foliar em folhas expostas a uma maior incidência luminosa. De acordo com Costa *et al.* (2007), o aumento da área foliar em folhas de sombra possibilita uma maior interceptação da luz, uma vez que as folhas são maiores e mais finas. De forma contrária, sua redução em folhas expostas à altas taxas de luminosidade confere uma maior proteção ao excesso de radiação. Assim, ainda segundo esse autor, essa variação na espessura e na área foliar entre folhas de sol e de sombra retratam um auto-ajustamento destas em função da irradiância disponível.

Com relação a massa da área foliar (MFA), segundo Oguchi *et al.* (2005) valores elevados MFA estão diretamente relacionados com a maior espessura das folhas e são típicos de espécies presentes em ambientes xéricos (Abrams, 1990). Assim, espécies ou indivíduos com valores elevados de MFA apresentam potenciais hídricos foliares mais negativos, maiores condutâncias estomáticas e pressões osmóticas capazes de manter maiores taxas fotossintéticas em períodos com menor precipitação (Rosado e Mattos, 2007). Mesmo quase não apresentando diferenças significativas entre as áreas e sítios estudados, como a mata nativa apresenta maior temperatura e menor umidade, é esperado que folhas de sol dos indivíduos que habitam esse ambiente apresentem valores de MFA ligeiramente mais elevados que os indivíduos da mata piabanha.

Os valores mais elevados de suculência em folhas de sol da mata piabanha são justificáveis, uma vez que suculência e espessura da lâmina foliar estão diretamente relacionados e representam mecanismos adaptativos para investimento em tecidos capazes de reduzir a escassez hídrica na folha e maximizar as trocas gasosas (Rabelo *et al.*, 2012 b). Portanto, a maior espessura das folhas de sol na mata piabanha confere um elevado

armazenamento de água e, assim, auxilia no potencial hídrico da planta (Nobel, 1999).

Os resultados para densidade foliar, por sua vez, não correspondem ao que normalmente é verificado, visto que maiores valores são comuns em folhas de sol, uma vez que estas normalmente apresentam sistema vascular mais robusto, redução de espaços intercelulares, células menores e pouco numerosas, aumento de fibras e esclereídeos e paredes celulares mais espessas (Niinemets, 2001). No entanto, de acordo com Witkowski e Lamont, (1991), a densidade foliar muitas vezes varia de forma independente com a posição da folha dentro de uma planta, entre espécies e em resposta à umidade e ao gradiente de recursos.

A sinuosidade da parede anticlinal das células epidérmicas é outra característica que normalmente também é influenciada pelas condições ambientais às quais as folhas estão submetidas, como por exemplo, distintas taxas de luminosidade (Isagnole, 1944; Hughes, 1959; Araujo e Mendonça 1998; Alquini *et al.*, 2003). As paredes das células epidérmicas são comumente sinuosas em folhas de sombra e mais retas em folhas de sol (Santiago *et al.*, 2001). Esse aumento na sinuosidade da parede em folhas de sombra aumenta a área para absorção de luz em locais onde o acesso à mesma é menor, tornando essa absorção mais eficiente (Bone *et al.*, 1985).

Isso está de acordo com as características observadas no presente estudo, visto que a face abaxial das folhas de sombra foram as que mostraram contorno mais sinuoso da parede. No entanto, há outros autores, como Tavares e Vieira (1994), que sugerem que outros fatores além da luminosidade estejam relacionados com a expressão desse caráter. Vieira (1988), por exemplo, observou paredes anticlinais da face abaxial com contorno sinuoso em *Tocoyena bullata*, planta característica de sol.

Com relação à análise ecofisiológica, os valores encontrados para a razão F_v/F_m nos dois locais de coleta (mata nativa e mata piabanha) e em ambos os tratamentos (sol e sombra) sugerem que não há condição de estresse fotoquímico, uma vez que as médias mantiveram-se dentro faixa de 0,75 a 0,85 sugerida por Bolhàr-Nordenkampf *et al.* (1989) como condições normais de funcionamento do aparato fotossintético. Assim, apesar das folhas

de sombra apresentarem tendências de menores valores de F_v/F_m , os resultados refletem eficiência do aparelho fotossintético nos indivíduos analisados.

A razão F_v/F_m é uma representação da eficiência quântica máxima da atividade fotoquímica do PSII quando todos os seus centros de reação estão abertos (Baker e Rosenqvist, 2004). Essa variável pode revelar perturbações no sistema fotossintético, uma vez que sua diminuição indica redução na eficiência fotoquímica do PSII causada provavelmente por um distúrbio ou dano no aparato fotossintético (Glynn *et al.*, 2003).

Folhas de sombra normalmente apresentam uma relação 3:1 dos centros de reação do PSII para o PSI, enquanto que nas folhas de sol essa a razão é de 2:1 (Anderson, 1986). Há plantas de sombra, no entanto, que adicionam mais clorofila às antenas do PSII, aumentando assim a absorção de luz e a transferência de energia (Taiz e Zeiger, 2004). Isso corrobora com os resultados obtidos, pois apesar de grande parte das análises não mostrar diferenças significativas para os valores de F_v/F_m entre os sítios, é possível perceber que as folhas de sombra apresentam tendências de valores mais elevados que folhas de sol. Além disso, as folhas da mata nativa, cuja incidência luminosa abaixo da copa é menor, apresentaram maiores valores de clorofila *a* e clorofila *b*.

As clorofilas, após receberem a energia dos fótons, dissipam esta energia proveniente da luz por meio de três vias: dissipação fotoquímica (utilização da energia luminosa para os processos fotoquímicos da fotossíntese), fluorescência (emissão de radiação na região do visível - vermelho e vermelho distante) e dissipação não-fotoquímica (produção de calor na forma de radiação infravermelha - quenching não-fotoquímico). Como esses três processos são competitivos, alterações na fluorescência podem revelar comprometimentos no processo fotossintético (Campostrini, 1997).

Assim, quando a incidência luminosa sobre a planta é excessiva e capaz de causar danos no aparato fotossintético, há redução do rendimento quântico do PSII e aumento da dissipação do excesso de energia não fotoquímica, também chamado de quenching não fotoquímico (Long, 1983).

O processo de dissipação de energia por meio de processos não-

fotoquímicos normalmente envolve a ação de carotenóides do grupo das xantofilas - o chamado "ciclo de xantofila", que basicamente consiste na interconversão fotoelétrica de três xantofilas: violaxantina, anteraxantina e zeaxantina. É uma sequência de reações envolvendo processos cíclicos de oxidação de violaxantina e de anteraxantina de modo a formar zeaxantina. O ciclo é regulado pela luz e, com a redução desta, a zeaxantina é convertida novamente em violaxantina (Demmig-Adams e Adams, 1992). Desse modo, parece haver uma relação direta e positiva entre a dissipação de energia não fotoquímica e os níveis de zeaxantina (Gilmore e Yamamoto, 1993). No entanto, Peterson e Havir (2000) afirmam que a presença de zeaxantina constitui um bom indicativo para a dissipação não fotoquímica, mas apenas ele não é suficiente.

Como os resultados obtidos mostram que não está acontecendo estresse fotoquímico, a dissipação de energia por meio de processos não fotoquímicos não mostra-se muito acentuada, mas nas folhas de sol da mata nativa e de sombra da mata piabanha é possível perceber que nos horários 12h e 15h essa dissipação é maior, o que é esperado. Como nas folhas de sol da mata piabanha e nas folhas de sombra da mata nativa não houve alterações na dissipação não fotoquímica de luz ao longo do dia, isso sugere que estas estão mais adaptadas às mudanças na disponibilidade de luz ao longo do dia.

Apesar de Ribeiro *et al.* (2005) afirmar que folhas de sol normalmente apresentam qNP com valores mais altos que folhas de sombra, em grande parte das medições realizadas ao longo do dia as folhas de sombra apresentaram valores mais elevados, independentemente do local. Isso justifica-se pelo fato de outros fatores influenciarem no processo de fotossíntese, como a idade da planta (Bond, 2000; Niinemets *et al.*, 2005), incidência da irradiância (Valladares *et al.*, 2005) e umidade do ar (Pérez-Martín *et al.*, 2009).

Além do quenching não fotoquímico, outro parâmetro que descreve bem a extinção da fluorescência variável da clorofila durante o período de indução da radiação é a extinção fotoquímica, ou quenching fotoquímico (qP) (Lichtenthaler *et al.*, 2005), o qual tem início com o aumento dos elétrons exportados do PSII pela ativação das enzimas envolvidas no metabolismo do

carbono e abertura estomática (Baker e Rosenqvist, 2004). Assim, a variável q_P quantifica a capacidade fotoquímica do PSII, correspondendo à fração de centros de reação PSII abertos (Santos *et al.*, 2011).

Assim como para o quenching não fotoquímico, a ausência de estresse fotoquímico fez com que a extinção fotoquímica também não variasse muito entre as áreas em cada horário e nem entre cada indivíduo ao longo do dia. No entanto, em todas as áreas houve uma redução de valores no horário das 12h, evidenciando uma redução da atividade fotossintética no horário de maior incidência luminosa. Esse resultado também era esperado e sugere que os centros de reação estão reduzidos.

Assim, os resultados obtidos sugerem que, apesar da diferença na disponibilidade de luz recebida pelas folhas examinadas, não estão ocorrendo danos ou inativação dos centros de reação do PSII. Ou seja, os indivíduos de *C. superba* utilizados no presente estudo não parecem ter seu rendimento quântico (F_v/F_m) afetado pela intensidade de luz.

Para os coeficientes de extinção, foi verificada uma tendência de manutenção da dissipação fotoquímica (q_P) e aumento da dissipação não fotoquímica (q_{NP}) ao longo do dia, ou seja, como a luz aumenta ao longo do dia, os indivíduos analisados parecem manter a eficiência fotossintética por meio do aumento da dissipação de luz em forma de calor.

Com relação aos pigmentos fotossintéticos, folhas de locais sombreados normalmente apresentam maior concentração de clorofila total (Souza *et al.*, 2009; Kramer e Kozlowski, 1979), uma vez que a absorção da luz depende da concentração de pigmentos fotossintéticos (Larcher, 2004). Essa diferença na concentração dos pigmentos representa um ajuste da fisiologia das folhas de sombra para tornar a captura de luz mais eficiente (Kitao, *et al.*, 2000; Gonçalves *et al.*, 2001).

Assim, muitos trabalhos já realizados relacionam diretamente a concentração de pigmentos fotossintéticos a diferenças na disponibilidade de luz, revelando que as folhas crescidas em ambientes com baixa intensidade luminosa comumente apresentam maiores concentrações de pigmentos (Boardman, 1977; Ellsworth e Reich, 1992; Lee *et al.*, 2000; Atroch *et al.*, 2001; Mendes *et al.*, 2001; Alvarenga *et al.*, 2003; Castro *et al.*, 2005; Carvalho *et al.*,

2007; Chaves *et al.*, 2008; Martins *et al.*, 2009). No presente trabalho, no entanto, as diferenças na disponibilidade de luz não foram suficientes para promover diferenças na concentração dos pigmentos, com exceção da razão clorofila *a/b*, que se revelou maior nas folhas de sombra da mata piabanha quando comparadas as folhas de sombra da mata piabanha.

As antocianinas são estruturalmente derivados glicosilados do cátion 2-fenil benzopirilium, também denominado de cátion flavílico (Jackman *et al.*, 1987). Comumente a disponibilidade de luz pode influenciar na concentração de antocianinas nas folhas vegetais devido à ação de fitocromos (Ku e Mancinelli, 1972) ou fornecimento de açúcares, os quais estimulam a síntese de flavonóides (Eddy e Mapson, 1951; Creasy e Swain, 1966), o que não foi corroborado no presente trabalho.

Com relação às concentrações de clorofila *a* e *b*, Rego e Possamai (2006) em estudos com jequitibá-rosa, verificaram maiores concentrações desses pigmentos em folhas de local sombreado, o que pode ser considerado uma característica importante na adaptabilidade vegetal (Scalon *et al.*, 2002; Dias e Marengo, 2007). Scalon *et al.* (2002) afirmam ainda que o aumento da clorofila *b* nas folhas submetidas a baixa luminosidade é uma característica importante porque as plantas a utilizam para capturar energia em outros comprimentos de onda previamente absorvidos pelas folhas do dossel e transferir essa energia absorvida para a clorofila *a* do centro de reação do PSII, maximizando, assim, a captura de energia que efetivamente atua nas reações fotoquímicas (Taiz e Zeiger, 2004; Vieira *et al.*, 2011).

Os carotenóides, por sua vez, atuam como pigmento acessório na captação de energia e como agentes fotoprotetores das plantas, visto que o excesso de luz pode gerar a produção de substâncias tóxicas como peróxidos, superóxidos e oxigênio singleto, os quais podem danificar o aparelho fotossintético (Muller *et al.*, 2001). Estudos relacionam a ação fotoprotetora desses pigmentos ao seu importante papel na dissipação de energia na forma de calor (qNP e NPQ) (Demmig-Adams e Adams, 2006).

Alguns trabalhos descrevem maior concentração de carotenóides em folhas de sol. Garcia-Plazaola *et al.* (1999), atribuíram esse fenômeno a capacidade de resistência a foto oxidação por excesso de luz. No entanto,

Souza *et al.* (2011), em estudos com *Mikania laevigata* (Guaco), observou maiores concentrações de carotenóides em folhas sombreadas. Segundo Oren-Shamir *et al.* (2001), o ambiente sombreado pode favorecer a absorção de energia pelos carotenóides e estes têm a capacidade auxiliar o desempenho fotossintético por meio de transferência da energia absorvida para as clorofilas, visto que estão associados as moléculas de clorofilas dos sistemas antenas e aos centros de reação.

Com relação à razão clorofila *a/b*, como já relatado, folhas de sombra da mata nativa apresentaram valores mais baixos que folhas de sombra da mata piabanha. Levando-se em consideração que a mata nativa é mais densa e, portanto, os indivíduos de *C. superba* estão submetidos a uma menor disponibilidade de luz que os indivíduos da mata piabanha, esse resultado corrobora com outros disponíveis na literatura, como Lee *et al.* (2000), Mendes *et al.* (2001), Castro *et al.* (2005); Ishii *et al.* (2006) e Dymova e Golovko (2007), os quais afirmam que, quanto mais sombreado o ambiente, menor razão clorofila *a/b*, isso sobretudo devido à maior concentração de clorofila *a* decorrente da baixa irradiação. Assim, o processo de aclimação à baixa disponibilidade luminosa leva a formação de complexos coletores de luz em detrimento dos centros de reação (Vieira *et al.*, 2011).

Por fim, com relação à análise de nutrientes, Bray e Gohram (1964) afirmam que a maior parte dos nutrientes da biomassa de uma planta encontra-se nas folhas. Vitousek (2004) discute ainda que a concentração de nutrientes nas plantas, especialmente nas folhas, pode ser uma importante indicação de possíveis limitações nutricionais, uma vez que pode ser influenciada pela disponibilidade de nutrientes no solo.

Dos nutrientes analisados, o único que apresentou diferenças significativas entre a mata nativa e mata piabanha foi o carbono (C), cuja concentração se revelou maior nas folhas da mata nativa. Isso pode ser explicado pelo fato desses indivíduos estarem mais expostos e em terreno alto e inclinado. Com isso, eles devem estar mais sujeitos a ventos e ressecção, requerendo um aporte hídrico maior, o que ocasiona investimento em tecidos esclerificados e o desenvolvimento de um sistema vascular mais robusto, implicando em uma maior concentração de carbono nesses tecidos.

De acordo com Takashima *et al.* (2004), em formações florestais de regiões temperadas, diferenças na taxa de assimilação de CO₂ por área entre folhas refletem diferenças nas concentrações de nitrogênio (N₂) e fósforo (P) nas folhas. Em folhas mais expostas, a maior parte destes elementos está comprometido com a realização da fotossíntese e seriam investidos em uma maior concentração de pigmentos fotossintéticos por área foliar e de Rubisco no mesofilo (Kubiske *et al.*, 1997; Holscher, 2004; Sarijeva *et al.*, 2007). Apesar dos valores de N₂ e P não mostrarem diferenças significativas entre a mata nativa e a mata piabanha, os valores obtidos são ligeiramente mais altos na mata piabanha, a qual recebe uma maior incidência luminosa.

Além da relação com a fotossíntese, o N₂ presente nas folhas também faz parte da estrutura de todos os aminoácidos e, por conseqüência, de todas as proteínas do vegetal. As plantas podem absorvê-la da solução do solo nas formas iônicas ou orgânica (Malavolta *et al.*, 1997).

O P apresenta como principal função a transferência de energia, pois está presente nos componentes ricos em energia de todos os eucariotos, como ATP, GTP e UTP. Além disso, também é um componente estrutural dos ácidos nucléicos (Malavolta *et al.*, 1997). Conforme observado em alguns estudos já realizados, a concentração de P pode variar entre espécies diferentes de um mesmo ambiente ou entre a mesma espécie em ambientes diferentes (Nardoto *et al.*, 2006; Cai e Bongers, 2007; Huang *et al.*, 2007). Como no presente estudo, no entanto, não houve diferenças significativas na concentração de P nos dois locais de estudo, isso indica que não houve requerimento diferenciado de P nessa espécie apesar das diferenças nas condições ambientais.

As concentrações médias de P foliar estão acima da média verificada por Vitousek e Stanford (1986) para outras florestas tropicais, porém, ainda são teores baixos. Segundo alguns autores (Medina *et al.*, 1990; Thompson *et al.*, 1992; Turner *et al.*, 1995), o P está quase sempre em baixo suprimento nas florestas tropicais devido ao alto intemperismo dos solos e aos processos de imobilização deste nutriente no solo (Waring e Schlesinger, 1985).

A razão C/N nos dois locais de estudo encontram-se bem abaixo dos valores encontrados por Boeger *et al.* (2005) em estudos realizados em Floresta Ombrófila Densa. No entanto, a relação verificada no presente

trabalho é alta, sugerindo uma maior estabilidade da biomassa vegetal. De acordo com Silva (1999), essa razão parece ser um indicador da disponibilidade do nitrogênio do material vegetal para o solo, de modo que valores elevados representam uma decomposição lenta, assim como a liberação de nutrientes das suas folhas para o solo.

Assim, os valores obtidos evidenciam a qualidade das folhas da espécie estudada e o potencial para utilização da espécie em processos de recuperação de áreas degradadas para enriquecimento do solo, pois segundo Aerts e De Caluwe (1997), a boa qualidade química de um tecido vegetal é caracterizada principalmente pela alta concentração de N₂ e baixa razão C/N, o que, conseqüentemente, favorece processos de decomposição e liberação de N (Palm *et al.*, 2001).

6. Conclusões:

- As folhas dos indivíduos de *C. superba*, em geral, apresentam modificações estruturais adaptativas em resposta à variação quantitativa e qualitativa de radiação local dominante.
- Houve maior variação nas características anatômicas entre as folhas de sol e de sombra da mata piabanha, sugerindo que este ambiente é mais heterogêneo que a mata nativa em relação à incidência luminosa e indicando relação entre estas e as características do local de estudo.
- Apesar das diferenças na disponibilidade de luz entre as áreas estudadas, a espécie se mostrou bem adaptada, visto que as análises ecofisiológicas não evidenciaram condição de estresse fotoquímico.
- A concentração dos diferentes nutrientes nas folhas da espécie estudada não foi afetada pelas diferentes condições ambientais a que os indivíduos estão submetidos, com exceção do carbono, o que pode estar relacionado à topografia diferenciada dos locais de coleta. No entanto, análises relacionadas à produção e estoque podem elucidar melhor essa questão.
- Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, é possível sugerir que *C. superba* pode ser utilizada em práticas de recuperação de áreas degradadas, sob diferentes condições de luminosidade, visto que a espécie apresentou capacidade de aclimação nas variadas condições de luz às quais foi exposta.

7. Referências bibliográficas:

- Abrams, M. D. 1990.** Adaptations and responses to drought in *Quercus* species of North America. *Tree Physiology*. 7: 227–238
- Abrams, M. D.; Kubiske, M. E.; Mostoller, S. A. 1994.** Relating wet and dry year ecophysiology to leaf structure in contrasting temperate tree species. *Ecology*. 75: 123-133.
- Adir, N.; Zer, H.; Shochat, S.; Ohad, I. 2003.** Photoinhibition – a historical perspective. *Photosynthesis Research* 76: 343-370.
- Aerts, R.; De Caluwe, H. 1997.** Nutritional and plantmediated controls on leaf litter decomposition of *Carex* species. *Ecology*. 78: 244–260.
- Alvarenga, A. A.; Castro, E. M.; Lima Júnior, E. C.; Magalhães, M. M. 2003.** Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. In southeastern Brazil. *Revista Árvore*. 27(1): 53-57.
- Aguiar, W. M.; Gaglianone, M. C. 2008.** Comunidade de Abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em Remanescentes de Mata Estacional Semidecidual sobre Tabuleiro no Estado do Rio de Janeiro. *Ecology, Behavior and Bionomics*. Campos dos Goytacazes, RJ. p 119.
- Allen, S. E. 1989.** *Chemical Analysis of Ecological Materials*. 2nd. Blackwell Scientific Publications. London.
- Alquini, Y.; Bona, C.; Boeger, M. R. T.; Costa, C. G.; Barros, C. F. 2003.** Epiderme. *In: Glória, B.A.; Guerreiro, S.M.C. (Eds.). Anatomia Vegetal*. UFV, Viçosa. p 87-107.
- Anderson, J. M. 1986.** Photoregulation of the composition, function, and structure of thylakoid membranes. *Annual Review of Plant Physiology*. 37: 93-136.
- Aquino, W. 2010.** Vai faltas árvores no planeta? *Ambiente Sustentável*. Revista Isto é. 31 de março de 2010. p 89 – 91.
- Aragão, C. A.; Dantas, B. F.; Benites, F. R. G. 2000.** Tricomas foliares em tomateiro com teores contrastantes do aleloquímico 2-tridecanona. *Scientia Agricola*. 57(4): 813-816.

- Araújo, M. 2011.** Família Boraginaceae. <http://www.infoescola.com/plantas/familia-boraginaceae>. Acessado em 27 de julho de 2011.
- Araujo, M. G. P.; Mendonça, M. S. 1998.** Escleromorfismo foliar de *Aldina heterophylla* Spruce ex Benth. (Leguminosae: Papilionoideae) em três campinas da Amazônia Central. *Acta Amazonica*. 28(4): 353-371.
- Arnon, D. I.; Stout, P. R. 1939.** The essentiality of certain elements in minute quantities for plants with special reference to copper. *Plant Physiology*. 14: 371-375.
- Árvores do Brasil.** Informações e estudos sobre árvores nativas brasileiras. <http://www.arvores.brasil.nom.br/new/babosabranca/index.htm>. Acessado em 27 de julho de 2011.
- Assis, M. C.; Giulietti, A. M. 1999.** Diferenciação morfológica e anatômica em populações de “ipecacuanha” – *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae). *Revista Brasileira de Botânica*. 22: 205 – 216.
- Atroch, E. M. A. C.; Soares, A. M.; Alvarenga, A. A.; Castro, E. M. 2001.** Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link. submetidas a diferentes condições de sombreamento. *Ciência e Agrotecnologia*. 25(4): 853-862.
- Bairral, B. J.; Louzada, M. A. P.; Vieira, C. M.; Souza, G. 2004.** Levantamento da Flora do Domínio das Ilhas Fluviais do Médio Inferior Rio Paraíba do Sul. Relatório Técnico Financeiro Final. Associação dos Pescadores e Amigos do Rio Paraíba do Sul. p 6 e 7.
- Baker, N. R.; Rosenqvist, E. 2004.** Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany, Oxford*. 55(403): 1607-1621.
- Barthlott, W.; Neinhuis, C.; Cutler, D.; Ditsch, F.; Meusel, I.; Theisen, I.; Wilhelmi, H. 1998.** Classification and terminology of plant epicuticular waxes. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 126: 237–260.
- Bhavanani, S. M.; Ballow, C. H.; 1992.** New agents for Gram-positive bacteria. *Curr Opin Microbiol*. 13: 528-534.
- Boardman, N. K. 1977.** Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review of Plant Physiology*. 28: 355-377.

- Boeger, M. R. T. Wisniewski, C. Reissmann, C. B. 2005.** Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de floresta ombrófila densa no sul do Brasil. *Acta. Bot. bras.* 19(1): 167-181.
- Boeger, M. R. T.; Gluzezak, R. M. 2006.** Adaptações estruturais de sete espécies de plantas para as condições ambientais da área de dunas de Santa Catarina, Brasil. *IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre.* 61(1-2): 78.
- Bolhàr-Nordenkamp, H. R.; Long, S. P.; Baker, N. R. 1989.** Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. *Functional Ecology.* 3: 497-514.
- Bond, B. J. 2000.** Age-related changes in photosynthesis of woody plants. *Trends Plant Sci.* 5: 349–353.
- Bone, R. A.; Lee, D. W.; Norman, J. M. 1985.** Epidermal cells functioning as lenses in leaves of tropical rain-forest shade plants. *Applied Optics.* 24: 1408-1412.
- Borges, J. D.; Mateucci, M. B. A; Oliveira, J. P. J.; Tiverron, D. F. ; Guimarães, N. N. R. 1995.** Recomposição da vegetação das matas ciliares do rio Meia Ponte e córrego Samambaia na área da Várzea da escola de Agronomia da UFG, Goiânia, Goiás.
- Braga, M. R.; Dietrich, S. M. C. 1999.** Cell wall componentes as taxonomic markers of higher plants. *Anais da Academia Brasileira de Ciências.* 71: 175 – 179.
- Brasil. 1965.** Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm Acessado em 07 de setembro de 2011.
- Bray, R. J.; Gorham, E. 1964.** Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research.* 2: 101-157.
- Bredenkamp, C. L.; Van Wyk, A. E. 2000.** The epidermis in *Passarina* (Thymelaceae): structure, function and taxonomic significance. *Bothalia* 30: 69-86.
- Cai, Z.; Bongers, F. 2007.** Contrasting nitrogen and phosphorus resorption efficiencies in trees and lianas from a tropical montane rain forest in Xishuangbanna, south-west China *Journal of Tropical Ecology.* 23:115–118.

- Calegari, A.; Mondardo, A.; Bulizani, E. A.; Costa, M. B. B.; Miyasaka, S.; Amado, T. J. 1993.** Aspectos gerais da adubação verde. In: Adubação verde no sul do Brasil. Coordenação: Baltasar, M. B. C. 2. Ed., Rio de Janeiro, AS-PTA. p. 1-55.
- Campostrini, E. 1997.** Fluorescência da clorofila a: considerações teóricas e aplicações práticas. Disponível em: <<http://www.uenf.br/downloads/ApostiladeFluorescencia.pdf>>. Acesso em: 01 abril 2013.
- Carelli, M .L. C.; Fahl, J. I.; Alfonsi, E. L. 2002.** Efeitos de níveis de sombreamento no crescimento e produtividade do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. Anais. Brasília: Embrapa Café. v. 2, p. 16.
- Carvalho, A. R.; 1996.** Avaliação de qualidade da água e da interação entre o ecossistema aquático e o ecossistema terrestre em dois afluentes do Rio Jacaré– Guaçu, na APA Corumbataí (Itirapina/SP). Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos – SP. p 115.
- Carvalho, A. P. F.; Bustamante, M. M. C.; Kozovits, A. R.; Asner, G. P. 2007.** Variações sazonais nas concentrações de pigmentos e nutrientes em folhas de espécies de cerrado com diferentes estratégias fenológicas. Revista Brasileira de Botânica. 30(1): 19-27.
- Castro, E. M.; Pinto, J. E. B. P.; Melo, H. C.; Soares, A. M.; Alvarenga, A. A.; Lima Júnior, E. C. 2005.** Aspectos anatômicos e fisiológicos de plantas de Guaco submetidas a fotoperíodos. Horticultura Brasileira. 23(3): 846-850.
- Castro, M. M.; Machado, S. R. 2006.** Células e tecidos secretores. In: Appezzato-da- Glória, B. & Carmello-Guerreiro, S. M. (eds.). Anatomia vegetal. UFV, Viçosa. p 179-204.
- Castro, A. C. R. 2007.** Deficiência de macronutrientes em helicônia 'Golden Torch'. Programa de Pós-Graduação em Botânica. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.
- Cen, Y.; Bornman, J. F. 1993.** The effect of exposure to enhanced UV-B radiation on the penetration of monochromatic and polychromatic UV-B radiation in leaves of *Brassica napus*. Physiologia Plantarum. 87: 249-255.

- Chamberlain, C. J. 1932.** Methods in plant histology. 5^a ed. Chicago, The University of Chicago Press, p 416.
- Chaves, A. R. M.; Ten-Caten, A.; Pinheiro, H. A; Ribeiro, A.; Da Mata, F. M. 2008.** Seasonal changes in photoprotective mechanisms of leaves from shaded and unshaded field-grown coffee (*Coffea arabica* L.). *Trees*. 22: 351-361.
- Chazdon, R. L.; Pearcy, R. W.; Lee, D. W.; Fetcher, N. 1996.** Photosynthetic responses of tropical forest plants to contrasting light environments. In: S.S. Mulkey.; R.L. Chazdon. & A.P. Smith. *Tropical forest plant ecophysiology*. New York, Chapman & Hall. p 643.
- Creasy, L. L.; Swain, T. 1966.** Flavan production in strawberry leaves. *Phytochem*. 5: 501-509.
- Cronquist, A. 1981.** An integrated system of classification of flowering plants”, 22, Columbia University Press, New York, p 21 e 917.
- Costa, L. C. B.; Castro, E. M.; Pinto, J. E. B. P.; Alves, E.; Bertolucci, S. K. V.; Rosal, L. F.; Moreira, C. M. 2007.** Aspectos da anatomia foliar de *Ocimum selloi* Benth. (Lamiaceae) em diferentes condições de qualidade de luz. *Revista Brasileira de Biociências*. 5: 6-8.
- Coutinho, L. M. 1962.** Contribuição ao conhecimento da ecologia da mata pluvial tropical. B. Fac. Fil. Cio Leu: USP BOI. São Paulo. 18: 1-219.
- Cutter, E. G. 1986.** Anatomia vegetal – células e tecidos, 2nd ed., Roca, São Paulo. p 117-223.
- Da Cunha, M.; Grativol, D. K.; Filho, I. V. B.; Magalhaes, J. A. S.; Gomes, V. M.; Souza, W.; Moura, J. I. L.; Bezerra, J. L.; Miguens, F. C. 2010.** Fine structure of phloematic trypanosomatid coconut tree interaction. *Journal of General Plant Pathology*. 76: 74-83.
- David, R.; Carde, J. P. 1964.** Coloration différentielle dès inclusions lipidique et terpeniques dès pseudophylles du *Pin maritime* au moyen dureactif Nadi. *Comptes Rendus Hebdomadaires dès Séances de l' Academie dès Sciences Paris, Série D*. 258: 1338-1340.
- Dean, W. 2004.** A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. 1. ed. São Paulo: Cia. das Letras. 484 p.

- Demmig-Adams B.; Adams W. W. 1992.** Carotenoid composition in sun and shade leaves of plants with different life forms. *Plant Cell Environ.* 15: 411-419
- Demmig-Adams, B.; Adams, W. W. 2006.** Photoprotection in an ecological context: the remarkable complexity of thermal energy dissipation. *New Phytologist.* 172: 11-21.
- Dias, D. P.; Marenco, R. A. 2007.** Efeito da nebulosidade nos parâmetros da fluorescência em *Minquartia guianensis* Aubl. *Revista brasileira de Biociências.* 5(2): 54-56.
- Dickie, J. B.; Gasson, P. E. 1999.** Comparative leaf anatomy of the Penaeaceae and its ecological implications. *Botanical Journal of the Linnean Society.* 131: 327 – 351.
- Dixon, R. A.; Paiva, N. L. 1995.** Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *The Plant Cell.* 7: 1085-1097.
- Duke, S. O. 1991.** Plant terpenoids as pesticides. In: *Handbook of Natural Toxins*, vol. 6, *Toxicology of Plant and Fungal Compounds*, pp. 269–296, R. F. Keeler and A. T. Tu, eds. Dekker, New York.
- Dymova, O. V.; Golovko, T. K. 2007.** Pigment apparatus in *Ajuga reptans* plants as affected by adaptation to light growth conditions. *Russian Journal of Plant Physiology.* 54(1): 39-45.
- Eames, A. J.; MacDaniels, L. H. 1947.** *An Introduction to Plant Anatomy.* London, MacGraw-Hill Books. p 427.
- Eamus, D.; Myers, B.; Duff, G.; Williams, R. 1999.** A costbenefit analysis of leaves of eight Australian savanna species of differing leaf life-span. *Photosynthetica.* 36: 575-586.
- Eddy, B. P.; Mapson, L. W. 1951.** Some factors affecting anthocyanin synthesis in cress seedlings. *Biochem. J.* 49: 694-699.
- Ehleringer J.; Cook, C. S. 1984.** Photosynthesis in *Encelia farinose* Gray in response to decreasing leaf water potential. *Plant Physiol* 75 : 688-693.
- Eichhorn, M. P.; Fagan, K. C.; Compton, S. G. 2007.** Explaining leaf herbivory rates on tree seedlings in a Malaysian Rain Forest. *Biotropica.* 39(3): 416-421.

- Ellsworth, D. S.; Reich, P. B. 1992.** Leaf mass per area, nitrogen content and photosynthetic carbon gain in *Acer saccharum* seedlings in contrasting forest light environments. *Functional Ecology*. 6: 423-435.
- Episten. E.; Bloom, A. J.; 2005.** Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. Sunderland: Sinauer associates. p 400.
- Esau, K. 1977.** Anatomy of seed plants. John Wiley & Sons. New York. p 550.
- Esau, K. 2006.** Plant Anatomy. Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: Their Structure, Function, and Development. Third Edition. p 462.
- Fahl, J. I; Carelli, M. L. C.; Veja, J.; Magalhães, A. C. 1994.** Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). *The Journal of Horticultural Science, London*. 69(1): 161-169.
- Feijó, R. 2010.** Meu Caminhar. <http://omeucaminhar.blogspot.com/2010/10/projeto-piabanha.html> Acessado em 30 de Julho de 2011.
- Fontanelle, G. B.; Costa, C. G.; Machado, R. D. 1994.** Foliar anatomy and micromorfology of eleven species of *Eugenia* L. (Myrtaceae). *Boutanical Journal of the Linnean Society*. 115: 111-133.
- Franke, C. R.; Rocha, P. L. B.; Klein, W.; Gomes, S. L. 2005.** Mata Atlântica e Biodiversidade. Salvador, Editora da UFBA. p 17 e 18.
- Garcia-Plazaola, J. I.; Artetxe, U.; Becerril, J. M. 1999.** Diurnal changes in antioxidant and carotenoid composition in the Mediterranean sclerophyll tree *Quercus ilex* (L.) during winter. *Plant Science*. 143(2): 125-133.
- Gasparino, D.; Malavasil, V. C.; Malavasi, M. M. 2001.** Revegetação de Matas Ciliares na região oeste do Estado do Paraná. *Varia Scientia, Cascavel*. 2: 121-129.
- Gates, D. M. 1980.** Biophysical ecology. Springer-Verlag, New York, USA, Heidelberg, Berlin, Germany. p 611.
- Genty, B.; Briantais, J. M.; Baker, N. R. 1989.** The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica Biophysica Acta*. 990: 87-92.
- Gilmore, A. M.; Yamamoto, H. Y. 1993.** Linear models relating xanthophylls and lumen acidity to non-photochemical fluorescence quenching: evidence that antheraxanthin explains zeaxanthin-independent quenching.

Photosynth Res. 35: 67-78

- Givnish, T. J. 1988.** Adaptation to sun and shade: A whole-plant perspective. *Australian Journal of Plant Physiology.* 15: 63.
- Glynn, P.; Fraser, C.; Gillian, A. 2003.** Foliar salt tolerance of *Acer* genotypes using chlorophyll fluorescence. *Journal of Arboriculture.* 29(2): 61-65.
- Gonçalves, J. F. C.; Marengo, R. A.; Vieira, G. 2001.** Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. *Brazilian Journal of plant physiology.* 13(2): 149-157.
- Gonçalves, L. A.; Barbosa, L. C. A.; Azevedo, A. A.; Casali, V. W. D.; Nascimento, E. A. 2003.** Produção e composição do óleo essencial de alfavaquinha (*Ocimum selloi* Benth.) em resposta a dois níveis de radiação solar. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais.* 6: 8-14.
- Gunning, B. E. S; Steer, M. W. 1996.** *Plant Cell Biology: structure and function.* USA, Jones and Bartlett Publishers. p 134.
- Gutschick, V.P. 1999.** Biotic and abiotic consequences of differences in leaf structure. *New Phytologist.* 143: 3-18.
- Haberlandt, G. 1928.** *Physiological plant anatomy.* Macmillan & Co. Ltd., London. p 777.
- Harborne, J. B. 1997.** Plant secondary metabolism. *In Plant Ecology.* (M. J. Crawley, eds.) Blackwell Publishing, Berlin. p.132-155.
- Henrique, A. B.; Callado, C. H., Rizzini; C. M., Reinert, F.; Cunha, M. da.; Valentin, Y.Y. 2005.** *Botânica I.* Rio de Janeiro. Fundação CECIERJ. 1(3): 21-103.
- Hiscox, J.D.; Israelstam, G.F. 1979.** A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany.* 57(12): 1332-1334.
- Holscher, D. 2004.** Leaf traits and photosynthetic parameters of saplings and adult trees of co-existing species in a temperate broad-leave forest. *Basic and Applied Ecology.* 5: 163-172.
- Huang, J., Xihua, W.; Yan, E. 2007.** Leaf nutrient concentration, nutrient resorption and litter decomposition in an evergreen broad-leaved forest in eastern China. *Forest Ecology and Management.* 39: 150–158.

- Hughes, A. P. 1959.** Effects of the environment on leaf development in *Impatiens parviflora* DC. Botanical Journal of the Linnean Society. 56: 161-165.
- IBGE- Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. 2004.** IBGE lança o Mapa de Biomas do Brasil e o mapa de Vegetação do Brasil, em comemoração ao Dia Mundial da Biodiversidade. http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia Acessado em 09 de agosto de 2011.
- IBGE- Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. 2012.** Manual técnico da vegetação brasileira. 2 ed. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Diretoria de Geociências Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro – Brasil.
- Isagnole, I. E. 1944.** Effects of the controlled shading upon the development of leaf structure in two deciduous tree species. Ecology. 25: 404 – 413.
- Ishii, Y.; Sakamoto, K.; Yamanaka, N.; Wang, L.; Yoshikawa, K. 2006.** Light acclimation of needle pigment composition in *Sabina vulgaris* seedlings under nurse plant canopy. Journal of Arid Environments. 67: 403-415.
- Jackman, R. L.; Yada, R. I.; Tung, M. A. 1987.** A review: Separation and chemical properties of anthocyanins used for their qualitative and quantitative analysis. Journal Food Biochemistry. 11: 279-308.
- Jackson, L. W. R. 1967.** Effects of shade on leaf structure of deciduous trees species. Ecology. 48: 498-499.
- James, S. A.; Bell, D. T. 2001.** Leaf morphological and anatomical characteristics of heteroblastic *Eucalyptus globosus* ssp. *globosus* (Myrtaceae). Australian Journal of Botany. 49: 259-269.
- Jeffree, C. E., 1996.** Structure and ontogeny of plant cuticles. In: Kerstiens G, ed. Plant cuticles an integrated functional approach. Oxford, UK: BIOS Scientific Publishers Ltd., p 33-82.
- Johansen, D. 1940.** Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. p 52.
- Jornal da Região. 2005.** Itaocara planta o futuro. 04 de junho de 2005. p 4.
- Jornal O Ideal. 2005.** Itaocara ensinou a plantar na Semana do Meio Ambiente. 10 de junho de 2005. p 4.

- Júnior, B. B. 2004.** Levantamento da Flora do Domínio das Ilhas Fluviais do Médio Inferior Rio Paraíba do Sul. Associação de Pescadores e Amigos do Rio Paraíba do Sul. p 21.
- Kitao, M.; Lei, T. T.; Koike, T.; Tobita, H.; Maruyama, Y.; Matsumoto, Y.; Ang, L. H. 2000.** Temperature response and photoinhibition investigated by chlorophyll fluorescence measurements for four distinct species of dipterocarp trees. *Physiologia Plantarum*. 109: 284-290.
- Klein, D. E.; Gomes, V. M.; Neto, S. J. S.; Da Cunha, M. 2004.** The Structure of Colleters in Several Species of *Simira* (Rubiaceae). *Ann Bot*. 94: 733-740.
- Klich, M. G. 2000.** Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. *Environmental and Experimental Botany*. 44: 171-183.
- Kluge, M. Ting, I. P. 1978.** Crassulacean acid metabolism. Analysis of an ecological adaptation. *Ecological Studies* vol 30. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Knutson, D. M. 1979.** How parasitic seed plants induce disease in other plants. *In: J. G. Horsfall, E. B. Cowling (Eds.). Plant Disease. An Advanced Treatise.* New York: Academic. p 293-312.
- Kong, H. 2001.** Comparative morphology of leaf epidermis um the Chloranthaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 136: 279- 294.
- Koppen, W. 1948.** Climatologia; versão para o espanhol de Pedro R. Hendrichs Pérez. Fondo de Cultura Econômica, México.
- Kramer, T.; Koslowski, T. T. 1979.** Physiology of woody plants. New York: Academic Press, p 811.
- Krause, G. H.; Koroleva, O. Y.; Dalling, J. W.; Winter, K. 2001.** Acclimation of tropical tree seedlings to excessive light in simulated tree-fall gaps. *Plant. Cell and Environment*. 24: 1345-1352.
- Kraus, J. E.; Arduin, M. 1997.** Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Rio de Janeiro: EDUR. p 25-105.
- Ku, Ping-Kaung; Mancinelli, A. L. I. 1972.** Action of short, prolonged, and intermittent irradiations on the formation of anthocyanins in cabbage, mustard, and turnip seedlings. *Plant Physiology*. 49: 212-217.

- Kubiske, M. E.; Pregitzer, K. S. 1997.** Ecophysiological responses to simulated canopy gaps of two tree species of contrasting shade tolerance in elevated CO₂. *Functional Ecology*. 11: 24-32.
- Lambers, H.; Chapin III, F. S.; Pons, T. L. 1998.** *Plant physiological ecology*. New York, Springer Verlag.
- Lamont, B. B.; Keighery, B.; Penny, L.; Wallace, J. 1987.** A numeric, geographic and structural analysis of the *Hakea falcata* group (Proteaceae). *Bot J Linn Soc*. 94: 433-451.
- Lamont, B.; Lamont, H. 2000.** Utilizable water in leaves of 8 arid species as derived from pressure-volume curves and chlorophyll fluorescence. *Physiologia Plantarum*. 110: 64-71.
- Larcher, W. 2000.** *Ecofisiologia vegetal*. Rima, São Carlos, Brasil, p 531 e 532.
- Larcher, W. 2004.** *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, Rima.
- Laurence, J. 2009.** *Biologia*. Vol único. 1 ed, São Paulo, Editora Nova Geração. p 66.
- Lee, D. W; Oberbauer, S. F.; Johnson, P.; Krishnapilay, B.; Mansor, M.; Mohamad, H.; Yap, S. K. 2000.** Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two southeast Asian *Hopea* (Dipterocarpaceae) species. *American Journal of Botany*. 87: 447-455.
- Lerdau, M.; Litvak, M.; Monson, R. 1994.** Plant chemical defense: Monoterpenes and the growth-differentiation balance hypothesis. *Trends in Ecology & Evolution*. 9: 58–61.
- Lichtenthaler, H. K.; Buschmann, C; Knapp, M. 2005.** How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio Rfd of leaves with the PAM fluorometer. *Photosynthetica*. 43: 379-393.
- Lima, S. S. 2009.** *Crescimento, Composição Mineral e Sintomas Visuais de Deficiências de Macronutrientes em Plantas de Zingiber Spectabilis Griff.* Tese de Mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém – PA. p 84.
- Long, S. P. 1983.** C4 photosynthesis at low temperatures. *Plant Cell Environ*. 6: 345-363.

- Lorenzi, H. 1992.** Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, Plantarum.
- Lovato, T.; Mielniczuc, J.; Bayer, C.; Vezzani, F. 2004.** Adição de Carbono e Nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo. 28:175-187.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. 1997.** Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações. 2º edição. POTAFOS. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. CROMOSET gráfica e editora. p 5-244.
- Malone, S. R.; Mayeux, H. S.; Johnson, H. B.; Polley, H. W. 1993.** Stomatal density and aperture length in four plant species grown across a subambient CO₂ gradient. American Journal of Botany. 80: 1413-1418.
- Mancinelli, A. L. 1990.** Interaction between Light Quality and Light Quantity in the Photoregulation of Anthocyanin Production. Plant Physiology. 92: 1191-1195.
- Mann, H. B.; Whitney, D. R. 1947.** The Annals of Mathematical Statistics. Institute of Mathematical Statistics. Vol. 18, No. 1, p. 50-60.
- Mantuano, D. G., Barros, C. F., Scarano, F. R., 2006.** Leaf anatomy variation within and between three "restinga" populations of *Erythroxylum ovalifolium* Peyr. (Erythroxylaceae) in Southeast Brazil. Revista brasileira de Botânica. 29: 209-215.
- Martin, J. T.; Juniper, B. E. 1970.** The Cuticles of Plants. London, Edward Arnold.
- Martins, S. V. 2001.** Recuperação de matas ciliares. Editora Aprenda Fácil. Viçosa - MG.
- Martins, J. R.; Alvarenga, A. A.; Castro, E. M.; Silva, A. P. O.; Oliveira, C.; Alves, E. 2009.** Anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. Ciência Rural. 39(1): 82-87.
- Mayer, A. M.; Poljakoff-Mayber. 1975.** A. The germination of seeds. Exeter, Pergamon Press.
- McCain, D. C.; Croxdale, J.; Markley, J. L. 1988.** Water is allocated differently to chloroplasts in sun and shade leaves. Plant Physiology. p 16-18.

- McGill, R.; Tukey, J. W.; Larsen, W. A. 1978.** Variations of box plot. *Amer Statist.* 32:12–16
- Medina, E.; Garcia, V.; Cuevas, E. 1990.** Sclerophylly and oligotrophic environments: Relationships between leaf structure, mineral nutrient content, and drought resistance in tropical rain forests of upper Rio Negro region. *Biotropica.* 22: 51-64.
- Mendes, M. M.; Gazarini, L. C.; Rodrigues M. L. 2001.** Acclimation of *Myrtus communis* to contrasting mediterranean light environment - effects on structure and chemical composition of foliage and plant water relations. *Environment and Experimental Botany.* 45(1): 165-178.
- Metcalf, C. R.; Chalk, L. 1950.** *Anatomy of dicotyledons: leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses*”, Clarendon Press, Oxford, Vol. I, p 48 e 945.
- Metcalf, C. R.; Chalk, L. 1957.** *Anatomy of the Dicotyledons. Leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses.* Oxford, Clarendon Press. Volume II. p 945-947.
- Metcalf, C. R.; Chalk, L. 1988.** *Anatomy of dicotyledons: systematic anatomy of leaf and stem, with a brief history of the subject*”, 2nd ed., Clarendon Press, Oxford, Vol. 1, p 198- 207.
- Monsi, M.; Saeki, T. 1953.** Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften, seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Japanese Journal of Botany.* p 22.
- Morellato, L. P. C.; Haddad, C. F. B. 2000.** Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica.* p 786-792.
- Morais, H.; Caramori, P. H.; Ribeiro, A. M. A.; Gomes, J.C. 2003.** Caracterização microclimática de *Coffea arabica* sombreado com guandu (*Cajanus cajan*) e cultivado a pleno sol. In: Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras, 29., 2003, Araxá. Trabalhos apresentados. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ. p. 91-92.
- Morais, H.; Medri, M. E.; Marur, C. J.; Caramori, P. H.; Ribeiro, A. M. A.; Gomes, J. C. 2004.** Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Brazilian Archives of Biology and Technology.* 47: 863.

- Muller, P.; Li, X. P.; Niyogi, K. K. 2001.** Non-photochemical quenching: A response to excess light energy. *Plant Physiology*. 125: 1558-1566.
- Murray-Smith, C.; Brummitt, N. A.; Filho, A. T. O.; Bachman, S.; Moat, J.; Lughadha, E. M.; Lucas, E. J. 2009.** *Conservation Biology [Conserv. Biol.]*. p 151-163.
- Myers, N.; Mittermeier, R.; Mittermeier, C.; Fonseca, G.; Kent, J. 2000.** Biodiversity hotspots for conservation priority. *Nature*. p 24.
- Nardoto, G. B., Bustamante, M. M. C., Pinto, A. S. e Klink, C. A. 2006.** Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. *Journal of Tropical Ecology*. 22: 191-201.
- Niinemets, Ü. 2001.** Global-scale climatic controls of leaf dry mass per area density, and thickness in trees and shrubs. *Ecology*. 82: 453-469.
- Niinemets, Ü.; Kull, K. 2003.** Leaf structure vs. nutrient relationship vary with soil conditions in temperate shrubs and trees. *Acta Oecologica*. 24: 209-219.
- Niinemets, Ü.; Cescatti, A.; Rodeghiero, M.; Tosens, T. 2005.** Leaf internal diffusion conductance limits photosynthesis more strongly in older leaves of Mediterranean evergreen broad-leaved species. *Plant Cell Environ*. 28: 1552-1566.
- Nobel, P. 1988.** *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Nobel, P. 1999.** *Physiochemical and environmental plant physiology*. Academic Press, New York.
- Nunes, O. A. 2007.** Matas Ciliares e Nascentes. <http://www.webartigos.com/articles/2438/1/-Matas-Ciliares-E-Nascentes/pagina1.html>. Acessado em 07 de setembro de 2011.
- Oguchi, R.; Hikosaka, K.; Hirose, T. 2005.** Leaf anatomy as a constraint for photosynthetic acclimation: differential responses in leaf anatomy to increasing growth irradiance among three deciduous trees. *Plant, Cell Environ*. 28: 916–927.
- Oren-Shamir, M.; Gussakovsky, E. E.; Shipiegel, E.; Nissim-Levi, A.; Ratner, K.; Ovadia, R.; Giller, Y. E.; Shahak, Y. 2001.** Coloured shade

nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum* The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 76(3): 353-361.

Ort, D. R. 2001. When there is too much light. Plant Physiology. 125: 29-32.

Palm, C.A., Gachengo, C.N., Delve R.J., Cadisch, G.; Killer, K.E. 2001. Organic Inputs for Soil Fertility Management in Tropical Agro ecosystems: Application of um Organic Resource Database, Agriculture, Ecosystems & Environment. 83: 27-42.

Paré, P. W.; Tumlinson, J. H. 1999. Plant volatiles as a defense against insect herbivores. Plant Physiology. 121: 325–331.

Parrota, J. A.; Turnbull, J. W.; Jones, N. 1997. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. Forest Ecology and Management. 99: 7.

Pearse, A. G. E. 1980. Histochemistry, theoretical and applied: preparative and optical technology. 4th ed. Churchill Livingstone, Edinburgh.

Pérez-Martín, A.; Flexas, J.; Ribas-Carbó, M.; Bota, J.; Tomás, M.; Infante, J. M.; Diaz-Espejo, A. 2009. Interactive effects of soil water deficit and air vapour pressure deficit on mesophyll conductance to CO₂ in *Vitis vinifera* and *Olea europaea*. Journal of Experimental Botany. 60: 2391-2405.

Perri, N. B.; Anderson, R. E.; Brennan, N. J.; Douglas, M. H.; Heaney, A. J.; McGimpsey, J. A.; Smallfield, B. M. 1999. Essential oils from Dalmatian Sage (*Salvia officinalis* L.): Variations among individuals, plant parts, seasons, and sites. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47: 2048-2054.

Pesagro-Rio. 2011. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro.

Peterson, R. B.; Havir, E. A. 2000. A nonphotochemical quenching deficient mutant of *Arabidopsis* possessing normal pigment composition and xanthophyll cycle activity. Planta. 210: 205-214.

Pickett, S. T. A.; Kempf, J. S. 1980. Branching patterns in forest shrubs and understory trees in relation to habitat. New Phytologist. p 219-228.

Piolli, A. L.; Celestine, R. M.; Magon, R. 2004. Teoria e Prática em Recuperação de Áreas Degradadas: Plantando a semente de um mundo

melhor. Apostila de áreas degradadas. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. p 13.

- Pires, M. F. O.; Semir, J.; Pinna, G. F. A. M.; Félix, L. P. 2003.** Taxonomic separation of the genera *Prosthechea* and *Encyclia* (Laeliinae: Orchidaceae) using leaf and root anatomical features. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 143: 293 – 303.
- Portal SOS Mata Atlântica. 2007.** <http://www.sosmatatlantica.org.br/>
Acessado em 06 de agosto de 2011.
- Prado, R. M; Romualdo, L. M; Rozane, D. E. 2007.** Omissão de macronutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional de plantas de sorgo (cv. BRS 3010) cultivadas em solução nutritiva. *Científica, Jaboticabal*. 35(2): 122-128.
- Primo, D. C.; Vaz, L. M. S. 2006.** Degradação e Perturbação Ambiental em Maas Ciliares: Estudo de Caso do Rio Itapicuru-Açu em Porto Novo e Filadélfia Bahia. *Diálogos Ciência. Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências*. Ano IV. 7: 2.
- Pyykko, M. 1966.** The leaf anatomy of East Patagonian erophytic plants. *Annales Botanici Fennice*. 3(4): 453-622.
- Rabelo, G. R.; Marques, J. B. C.; Zottich, U.; Dias, G. B.; Miguel, E. C.; Gomes, V. M.; Da Cunha, M. 2011.** Leaf structure, microanalysis and characterization of the latex protein profile of *Pachystroma longifolium* (Nees) I.M. Jonhst. (Euphorbiaceae) in a seasonally dry Atlantic Forest. *Acta Botanica Brasilica*. 25(1): 150-159.
- Rabelo, G. R.; Klein, D. E.; Da Cunha, M. 2012 a.** Does selective logging affect the leaf structure of a late successional species? *Rodriguésia* 63(2): 419-427.
- Rabelo, G. R.; Vitória, A. P.; Silva, M. V. A.; Cruz, R. A.; Pinho, E. I. B.; Ribeiro, D. R.; Feitas, A. V.; Da Cunha, M. 2012 b.** Structural and ecophysiological adaptations to forest gaps. *Trees*. 27: 259-272.
- Rascio, A.; Cedola, M. C.; Topani, M.; Flagella, Z.; Wittmer, G. 1990.** Leaf morphology and water status changes in *Triticum durum* under water stress. *Physiol Plant* 78:462~467.

- Rego, G. M.; Possamai, E. 2006.** Efeito do Sombreamento sobre o Teor de Clorofila e Crescimento Inicial do Jequitibá-rosa. Bol. Pesq. Fl., Colombo. 53: 179-194.
- Reynolds, E. S. 1963.** The use of lead citrate at high pH as na electron-opaque stain in electron microscopy. Journal Cell Biology. 17: 208- 212.
- Ribeiro, J. F. 1998.** Cerrado: matas de galeria. Planaltina: EMBRAPA – CPAC. p 164.
- Ribeiro, R. V.; Souza, G. M.; Oliveira, R. F.; Machado, E. C. 2005.** Photosynthetic responses of tropical tree species from different successional groups under contrasting irradiance conditions. Revista Brasileira de Botânica, 28(1): 149-161.
- Ribeiro, M. C.; Metzger, J. P., Martensen, A. C.; Ponzoni, F. J.; Hirota, M. M. 2009.** The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. Biological Conservation. 142(6): 1141-1153.
- Ricklefs, R. E. 2003.** A Economia da Natureza. 5 ed. Editora Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. p 52 e 53.
- Rosa, A. de F. 1997.** Florística, Fitossociologia e Caracterização Sucessional em uma Floresta Estacional Semidecidual: Mata da Virgínia, Matão, SP. Tese (Mestrado em Ciências Biológicas). Campinas – SP. Universidade Estadual de Campinas. p 5.
- Rosa, M. M. T. da; Pace, L. B.; Carvalho, S. M. de. 1984.** Anatomia foliar de *Cordia superba* Cham. Arq. Univ. Fed. Rur. Rio de Janeiro. 7(1): 1-9.
- Rosado, B. H. P.; Mattos, E. A. 2007.** Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ, Brasil. Acta bot. bras. 21(3): 744.
- Santiago, E. J. A.; Pinto, J. E. B. P.; Castro, E. M.; Lameira, O. A.; Conceição, H. E. O. 2001.** Aspectos da anatomia foliar da pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C. DC.) sob diferentes condições de luminosidade. *Ciências agrotécnicas*, 25(5): 1035-1042.
- Santos, A. C. C.; Neto, A. D. A.; Pereira, P. P. A.; Costa, D. P. 2011.** Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de

tolerância à salinidade em girassol. *Revista Ciência Agronômica*. 42(4): 893-897.

- Sarijeva, G.; Knapp, M.; Lichtenthaler, H. K. 2007.** Differences in photosynthetic activity, chlorophyll and carotenoid levels, and in chlorophyll fluorescence parameters in green sun and shade leaves of *Gingko* and *Fagus*. *Journal of Plant Physiology*. 164: 950-955.
- Scalon, S. P. Q.; Mussury, R. M.; Rigoni, M. R.; Veraldo, F. 2002.** Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. *Revista Árvore*. 26(1): 1-5.
- Schwinning, S.; Ehleringer, J. R. 2001.** Water use trade-offs and optimal adaptations to pulse-driven arid ecosystems. *Journal of Ecology*. 89: 464-480.
- Sevegnani, L; Santos, J. S. 2000.** Contribuição à ecologia das planícies aluviais do Rio Itajaí-Açu: relações entre cotas de inundação e espécies vegetais. In: *Revistas de estudos ambientais*. FURB: Janeiro/Abril, 2000.
- Silva, B. A. O. 1999.** Mosaicos Nutricionais na Interrelação Vegetação/Solos/Termiteiros em um Ecossistema de Restinga – Formação Aberta de Ericácea, RJ. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, SP.
- Silva, A. F.; Barbosa, L. C. A.; Silva, E. A. M.; Casali, V. W. D.; Nascimento, E. A. 2003.** Composição química do óleo essencial de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Lamiaceae). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*. 6: 1-7.
- Singsaas, E. L. 2000.** Terpenes and the thermotolerance of photosynthesis. *New Phytol*. 146: 1-3.
- Siqui, A. C.; Sampaio, A. L. F.; Sousa, M. C.; Henriques, M. G. M. O.; Ramos, M. F. S. 2000.** Óleos essenciais - potencial antiinflamatório. *Biotechnology, Ciência e Desenvolvimento*. 16: 38-43.
- Smith, W. K.; Vogelmann, T. C.; Delucia, E. H.; Bell, D. T.; Shepherd, K. A. 1997.** Leaf form and photosynthesis: Do leaf structure and orientation interact to regulate internal light and carbon dioxide? *Bioscience*. 47(11): 785-793.
- Solereder, H. 1908.** Systematic anatomy of the dicotyledons. v.1. Clarendon Press, Oxford.

- Souza, R. J; Carvalho, J. G. 2000.** Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. *Ciência Agrotécnica*, Lavras. 24(4): 905-916.
- Souza, M. G.; Balmant, B. D.; Vitolo, H. F.; Gomes, K. B. P.; Florentino, T. M.; Catuchi, T. A.; Vieira, W. L. 2009.** Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. *Acta bot. bras.* 23(2): 474-485.
- Souza, G. S.; Santos, A. R.; Silva, J. S.; Ferreira, D. R. 2011.** Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* Schultz Bip. Ex Baker (Guaco) cultivadas sob malhas coloridas. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiania.* 7(2) 1.
- Strauss-Debenedetti, S.; Bazzaz, F. A. 1996.** Photosynthetic characteristics of tropical trees along successional gradients. In: S.S. Mulkey; R.L. Chazdon & A.P. Smith (eds.). *Tropical forest plant ecophysiology.* New York, Chapman & Hall. p 162.
- Tabarelli, M.; Pinto, L. P.; Silva, J. M. C.; Hirota, M. M.; Bêde, L. C. 2005.** Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica Brasileira. *Megadiversidade.* 1(1): 3-6.
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2004.** *Fisiologia Vegetal.* 3ª ed. Porto Alegre, Artmed. p 719 e 720.
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2009.** *Fisiologia vegetal.* 4ª ed. Porto Alegre, Artmed. p 223-224.
- Takahama, U.; Oniki, T. 2000.** Flavonoids and some other phenolics as substrates of peroxidase: Physiological Significance of the Redox Reactions. *Journal of Plant Research.* 113: 301-309.
- Takashima, T.; Hikosaka, K.; Hirose, T. 2004.** Photosynthesis or persistence: nitrogen allocation in leaves of evergreen and deciduous *Quercus* species. *Plant Cell and Environment.* 27: 1047–1054.
- Tavares, E. S.; Vieira, R. C. 1994.** Anatomia foliar de *Coussarea meridionalis* (Vell.) Muel. Arg. e *Coussarea graciliflora* Benth. & Hook (Rubiaceae).

Boletim do Herbário Bradeanum. 39: 320-330.

- Tenberge, K. B. 1992.** Ultrastructure and development of the outer epidermal wall of spruce *Picea abies* needles. Canadian Journal of Botany. 70: 1467-1487.
- Thompson, J.; Proctor, J.; Viana, V.; Milliken, W.; Ratter, J. A.; Scott, D. A. 1992.** Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. I. Physical environment, forest structure and leaf chemistry. Journal of Ecology. 80: 689-703.
- Tukey, J. W. 1953.** The problem of multiple comparisons. Unpublished manuscript. In The Collected Works of John W. Tukey VIII. Chapman and Hall, New York. Multiple Comparisons: 1948-1983 1-300.
- Turner, I. M.; Ong, B. L.; Tan, H. T. W. 1995.** Vegetation analysis, leaf structure and nutrient status of a Malaysian heath community. Biotropica. 27(1): 2-12.
- Valladares, F.; Dobarro, I.; Sánchez-Gómez, D.; Pearcy, R. W. 2005.** Photoinhibition and drought in Mediterranean woody saplings: scaling effects and interactions in sun and shade phenotypes. J. Exp. Bot. 56: 483-494.
- Van Kooten, O.; Snel, J. F. H. 1990.** The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. Photosynthesis Research. 25: 147-159.
- Vieira, R. C. 1988.** *Tocoyena bullata* (Vell.) Mart. (Rubiaceae). Anatomia foliar. Rodriguésia. 38/40: 33 – 39.
- Vieira, T. O.; Lage-Pinto, F.; Ribeiro, D. R.; Alencar, T. S.; Vitória, A. P. 2011.** *Estresse luminoso em plântulas de jequitibá-rosa (Cariniana legalis, Lecythidaceae): monitoramento da capacidade de aclimação fotossintética sob duas intensidades de luz.* VÉRTICES, Campos dos Goytacazes/RJ. 13(3): 129-142.
- Villar, R.; Merino, J. 2001.** Comparison of leaf construction costs in woody species with differing leaf life-spans in contrasting ecosystems. New Phytologist. 151: 213-226.
- Vitousek, P. M.; Sanford Jr., R. L. 1986.** Nutrient cycling in moist tropical forest. Annual Review of Ecology and Systematics. 17: 137-167.

- Vitousek, P. M. 2004.** Nutrient Cycling and Limitation: Hawai'i as a Model System. Princeton University Press: Oxford and Princeton. p 223.
- Vogelmann, T. C.; Martin, G. 1993.** The functional significance of palisade tissue: penetration of directional versus diffuse light. *Plant Cell Environment*. 16: 65 – 72.
- Vogelmann, T. C.; Bornman, J. F.; Yates, D. J. 1996.** Focusing of light by leaf epidermal cells. *Plant Physiology*. p 43-56.
- Voltan, R. B. Q.; Fahl, J. I; Carelli, M. L. C. 1992.** Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidade luminosas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, Londrina*. 4 (2): 99-105.
- Wagner, G. J.; Wang, E.; Shepherd, R. W. 2004.** New approaches for studying and exploiting an old protuberance, the plant trichome. *Annales Botanici Fennici*. 93: 3-11.
- Waring, R. H.; Schlesinger, W. H. 1985.** Forest Ecosystems. Concepts and management. Orlando, Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich Publishers.
- Wellburn, A. R. 1994.** The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*. 144(3): 307-313.
- Whatley, F. H.; Whatley, F. R. 1982.** A luz e a vida das plantas. São Paulo. EPU-EDUSP. p 101.
- Witkowski, E. T. F.; Lamont, B. B. 1991.** Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia*. 88: 486-493.
- Woodward, F. I.; Lake, J. A.; Quick, W. P. 2002.** Stomatal development and CO₂ : Ecological consequences. *New Phytologist*. 153: 477.
- Wright, I. J.; Cannon, K. 2001.** Relationships between leaf lifespan and structural defences in a low-nutrient, sclerophyll flora. *Functional Ecology*. 15: 351-359.
- Wylie, R. B. 1951.** Principles of foliar organization shown by sunshade leaves from ten species of deciduous dicotyledon trees. *American Journal of Botany*. 38: 355-361.
- Zar, J. H. 1999.** Biostatistical Analysis. 4.ed. Prentice Hall, New Jersey.

Anexo 1. Registro editorial: início do reflorestamento da área de estudo.

6 Jornal da Região Feliz Dia dos Namorados!!! 04 de Junho de 2000

Itaocara planta o futuro:

Prefeitura de Itaocara realiza programação especial em comemoração a Semana do Meio Ambiente

Na semana do Meio Ambiente, alunos do Ensino Médio das escolas de Itaocara estiveram no Projeto Piabanha para visitar e conhecer as instalações. O objetivo da visita era plantar árvores que serão acompanhados individualmente por cada um. A idéia é conscientizar os alunos para a necessidade de preservar o Meio Ambiente. Durante o plantio, foi ressaltado que aquele gesto não iria salvar o planeta, mas serve de exemplo para conscientizar de que todos juntos podem e devem salvar o mundo. Outro destaque dado foi a importância da preservação das matas.

36. Ninguém possui a tecnologia e a estrutura que nós possuímos. O Projeto Piabanha já tem quatro teses de mestrado e doutorado”, enfatizou Guilherme.

O biólogo apresentou e diferenciou as espécies de peixe, dizendo ainda: “O Rio Paraíba possui cerca de 180 espécies e o Projeto

estamos levando cidadania”. Na ocasião foram plantadas 120 mudas de árvores. O plantio foi acompanhado pela secretária de ambientais.

26. O pescador artesanal é o mais marginalizado, quer tem Carteira de Identidade e é através do Projeto que

Os alunos assistiram a diversas palestras e fizeram uma interação com a natureza visando aprender a respeitá-la

Mudas de árvores foram plantadas pelos alunos em uma área da ilha

As diversas espécies de peixes da Bacia do Paraíba




Itaocara ensinou a plantar na Semana do Meio Ambiente



O diretor do projeto Piabanha Guilherme Souza mostra um tambaqui

A prefeitura de Itaocara promoveu uma série de eventos para comemorar o Dia do Meio Ambiente. O homem possa tirar dela o melhor proveito. O evento foi realizado no município de Itaocara, onde o diretor geral do projeto Piabanha, deu

sistiram a cinco palestras que duraram cerca de 20 minutos cada e abordaram os seguintes temas:

- Importância do domínio das ilhas fluviais do curso médio inferior do rio Paraíba do Sul (Luiz Felipe Daudt - Diretor de novos projetos do Projeto Piabanha);
- Área de preservação (Aureo Gonçalves Lixa - Gerente Regional da Serita Noroeste);
- Inter-relação flora e fauna (Guilherme Souza);
- Técnicas de recomposição de mata ciliar (Guilherme Eugênio - Engenheiro Agrônomo da Pesagrô);
- Técnicas de plantio (Ademir Peres de Souza - Técnico Agrícola da Emater).

Em seguida os alunos



Ademir de Souza, técnico agrícola da Emater, ensinou os alunos a plantarem árvores



do ensino médio das escolas municipais, estaduais e particulares do município visando a conscientização para a importância de preservar o meio ambiente. O "Plantando o Futuro" foi realizado em comemoração à Semana do Meio Ambiente, no dia 02 de junho, e o projeto Piabanhense foi o escolhido para servir de exemplo como forma eficiente de proteger a natureza e garantir que o

tarianas municipais de Educação, Meio Ambiente, Agricultura, Obras e pelo Projeto Piabanhense com a colaboração da PESAGRO, SERLA, EMATER e das escolas de ensino médio. Os alunos visitaram as instalações do Projeto no Campo de Sementes, conheceram o trabalho que ali é desenvolvido, assistiram a diversas palestras e plantaram mudas de árvores. O biólogo Gui-

peixes do rio Paraíba do Sul, informando que nele existem 180 espécies e que o projeto Piabanhense já desenvolve 26. "Temos boa infra-estrutura e tecnologia, já desenvolvemos quatro cursos de mestrado e doutorado", afirmou Guilherme. A secretária de Educação Ana Bittencourt, o secretário de Meio Ambiente Marcelo Graça e representantes de órgãos ambientais. Depois, os alunos as-

plantaram mudas de árvores nativas. Os organizadores frisaram que este gesto isolado não garante a salvação do planeta, mas é um passo importante neste sentido, pois os jovens estão aprendendo na prática a importância de preservar a natureza, nossas águas, matas ciliares e nossa fauna.

O "Plantando o futuro" não terminou ali. Os alunos participantes irão repassar o que aprenderam em su-

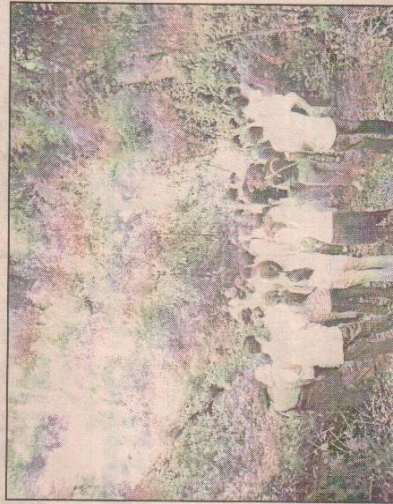
plantaram mudas de árvores nativas. Os organizadores frisaram que este gesto isolado não garante a salvação do planeta, mas é um passo importante neste sentido, pois os jovens estão aprendendo na prática a importância de preservar a natureza, nossas águas, matas ciliares e nossa fauna.

Palestrantes discutiram na beira do tanque e os alunos puderam observar vários peixes pulando

as escolas e no dia 21 de setembro, Dia da Árvore, desenvolvido em conjunto com o governo do estado através da PESAGRO, que cedeu o espaço físico. Também será realizado um concurso de redação. tanques, e da SERLA.



120 mudas de árvores foram plantadas



As palestras despertaram o interesse dos alunos



Conscientização desde cedo: as pequenas Camilinha e Maethê também plantaram mudas