

LETÍCIA ESTELA CAVICHIOLO

ASPECTOS MORFOLÓGICOS E ECOLÓGICOS DOS PRINCIPAIS TIPOS
MORFOFUNCIONAIS DE PLÂNTULAS OCORRENTES NA ILHA DO MEL, PR.

Dissertação de Mestrado apresentado ao curso de Pós-graduação em Botânica (nível Mestrado), ofertado pelo Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador(a): Prof^a Dr^a Maria Regina Torres Boeger

Co-Orientador(a): Prof^a Dr^a Márcia Cristina Mendes Marques

CURITIBA
2006

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, acima de todas as coisas;

Ao meu amigo, companheiro, colega de Mestrado e meu esposo, Ari Jr. por toda ajuda, pelo seu infinito amor e preciosa companhia, que enriqueceram e deram sentido à toda esta caminhada;

Aos meus pais, minhas irmãs e a todos os familiares, que compreenderam minha ausência e me incentivaram sempre;

Aos muitos amigos, especialmente Célio e Cássia, Gislaine, Regiane, Marina, Renata Peres, Rodolfo e Waleska, Cecília e Daniel, cuja amizade contribuiu para a dissertação e foi mais do que prazerosa, foi e é parte integrante de minha vida.

Aos vários amigos, amigas e também colegas de trabalho do Colégio Nossa Senhora Medianeira, por todo apoio, compreensão, torcida e incentivo;

Aos amigos e colegas de laboratório, com quem compartilho trabalhos, muitas alegrias e lembranças;

À Prof. Dr^a Maria Regina Torres Boeger, pela orientação e amizade cultivada há muitos anos; à atenciosa Prof. Dr^a Márcia C.M. Marques, pela dedicação e auxílio durante as coletas, identificação das plântulas, leituras, releituras e preciosas sugestões, e por estar disposta a esclarecer minhas dúvidas a todos os momentos; ao Prof, Dr Walter Boeger, pelo auxílio em diversos instantes;

Ao Centro de Microscopia Eletrônica e à Biblioteca do Setor de Ciências Biológicas, não somente pela estrutura oferecida, mas pela simpatia e receptividade; ao Departamento de Botânica e ao curso de pós-graduação em botânica pela infraestrutura ofertada para o desenvolvimento dos trabalhos, principalmente ao secretário José Carlos; á CAPES, pela bolsa de mestrado; aos meus colegas e amigos do mestrado; ao Nilson Belém Filho, pelo auxílio técnico e dicas a todos que dispõem do laboratório de botânica estrutural; aos professores do departamento que de alguma forma contribuíram para minha formação.

Meu sincero muito obrigado.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	ii
SUMÁRIO	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	1
INTRODUÇÃO	2
CAPÍTULO 1: Estrutura dos eofilos e cotilédones de quatro tipos morfofuncionais de plântulas da Floresta Atlântica.	8
1.1 Abstratc	9
1.2 Introdução	10
1.3 Material e métodos	11
1.4 Resultados	13
1.5 Discussão	16
1.6 Resumo	19
1.7 Referências bibliográficas	21
1.8 Figuras	25
CAPÍTULO 2: Relações morfométricas e funcionalidade em plântulas de quatro espécies arbóreas da Floresta Atlântica do Sul do Brasil.	33
2.1 Abstratc	34
2.2 Introdução	35
2.4 Material e métodos	37
2.5 Resultados	40
2.6 Discussão	48
2.7 Resumo	53
2.8 Referências bibliográficas	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – ESTRUTURA DOS EOFILOS E COTILÉDONES DE QUATRO TIPOS MORFOFUNCIONAIS DE PLÂNTULAS DA FLORESTA ATLÂNTICA.

Figura 01	Eofilo de <i>Faramea marginata</i> . Face adaxial da epiderme em vista frontal.	25
Figura 02	Eofilo de <i>Faramea marginata</i> . Eletromicrografia em M.E.V da face abaxial da epiderme.	25
Figura 03	Eofilo de <i>Faramea marginata</i> . Região mediana do limbo eofilar em secção transversal.	25
Figura 04	Eofilo de <i>Faramea marginata</i> . Secção transversal da nervura central.	25
Figura 05	Eofilo de <i>Ilex pseudobuxus</i> . Face adaxial da epiderme em vista frontal.	26
Figura 06	Eofilo de <i>Ilex pseudobuxus</i> . Eletromicrografia em M.E.V da face abaxial da epiderme.	26
Figura 07	Eofilo de <i>Ilex pseudobuxus</i> . Região mediana do limbo eofilar em secção transversal.	26
Figura 08	Eofilo de <i>Ilex pseudobuxus</i> . Secção transversal da nervura central.	26
Figura 09	Eofilo de <i>Ocotea pulchella</i> . Face adaxial da epiderme em vista frontal.	27
Figura 10	Eofilo de <i>Ocotea pulchella</i> . Eletromicrografia M.E.V da face abaxial da epiderme.	27
Figura 11	Eofilo de <i>Ocotea pulchella</i> . Eletromicrografia em M.E.V evidenciando detalhe dos tricomas tectores ocorrentes na região da nervura central.	27
Figura 12	Eofilo de <i>Ocotea pulchella</i> . Região mediana do limbo eofilar em secção transversal.	27

Figura 13	Eofilo de <i>Ocotea pulchella</i> . Secção transversal da nervura central.	27
Figura 14	Eofilo de <i>Tapirira guianensis</i> . Eletromicrografia em M.E.V da face adaxial da epiderme.	28
Figura 15	Eofilo de <i>Tapirira guianensis</i> . Eletromicrografia em M.E.V da face abaxial da epiderme.	28
Figura 16	Eofilo de <i>Tapirira guianensis</i> . Região mediana do limbo eofilar em secção transversal.	28
Figura 17	Eofilo de <i>Tapirira guianensis</i> . Secção transversal da nervura central.	28
Figura 18	Cotilédone de <i>Faramea marginata</i> . Secção transversal do cotilédone.	29
Figura 19	Cotilédone de <i>Faramea marginata</i> . Secção transversal mostrando detalhe do cotilédone.	29
Figura 20	Cotilédone de <i>Ilex pseudobuxus</i> . Eletromicrografia em M.E.V da face adaxial da epiderme.	30
Figura 21	Cotilédone de <i>Ilex pseudobuxus</i> . Eletromicrografia em M.E.V da face abaxial da epiderme.	30
Figura 22	Cotilédone de <i>Ilex pseudobuxus</i> . Secção transversal do limbo cotiledonar evidenciando feixe vascular de maior calibre.	30
Figura 23	Cotilédone de <i>Ocotea pulchella</i> . Secção transversal do limbo cotiledonar.	31
Figura 24	Cotilédone de <i>Ocotea pulchella</i> . Detalhe do feixe vascular de maior calibre.	31
Figura 25	Cotilédone de <i>Ocotea pulchella</i> . Detalhe das células contendo substâncias de reserva.	31
Figura 26	Cotilédone de <i>Tapirira guianensis</i> . Face adaxial da epiderme cotiledonar em vista frontal.	32
Figura 27	Cotilédone de <i>Tapirira guianensis</i> . Face abaxial da epiderme cotiledonar em vista frontal.	32
Figura 28	Cotilédone de <i>Tapirira guianensis</i> . Face adaxial da epiderme cotiledonar em secção transversal.	32
Figura 29	Cotilédone de <i>Tapirira guianensis</i> . Face abaxial da epiderme cotiledonar em secção transversal.	32

Figura 30	Cotilédone de <i>Tapirira guianensis</i> . Secção transversal do limbo cotiledonar.	32
Figura 31	Cotilédone de <i>Tapirira guianensis</i> . Detalhe dos feixes vasculares associados ao ducto.	32

CAPÍTULO 2 – RELAÇÕES MORFOMÉTRICAS E FUNCIONALIDADE EM PLÂNTULAS DE QUATRO ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ATLÂNTICA DO SUL DO BRASIL.

Figura 01	Plântulas das espécies investigadas, segundo MARQUES & OLIVEIRA (2005). A- <i>Ilex pseudobuxus</i> (PEF), B- <i>Tapirira guianensis</i> (PER), C- <i>Faramea marginata</i> (CER) e D- <i>Ocotea pulchella</i> (CHR).	44
Figura 02	Valores médios (\pm erros-padrão) para a razão entre área do eofilo e altura da plântula de cada tipo morfo-funcional. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântula (Tukey, $p < 0,05$)	44
Figura 03	Valores médios (\pm erros-padrão) para a razão entre os parênquimas paliçádico e lacunoso dos eofilos de cada tipo morfo-funcional. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântula (Tukey, $p < 0,05$)	45
Figura 04	Valores médios (\pm erros-padrão) para a densidade eofilar de cada tipo morfo-funcional de plântula. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântula (Tukey, $p < 0,05$)	45
Figura 05	Valores médios (\pm erros-padrão) para a razão entre o nº de estômatos e a área dos eofilos de cada tipo morfo-funcional de plântula. Letras diferentes representam diferenças	46

estatisticamente significativas entre os tipos de plântula (Tukey, $p < 0,05$)

- Figura 06 Valores médios (\pm erros-padrão) para a razão entre a densidade estomática e a área foliar dos eofilos de cada tipo morfo-funcional de plântula. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântula (Tukey, $p < 0,05$) 46
- Figura 07 Valores médios e desvios-padrão (barras em y) para a concentração total de clorofila de cada tipo morfo-funcional. Letras diferentes para a mesma variável representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântula (Tukey, $p < 0,05$) 47
- Figura 08 Valores médios e desvios-padrão (barras em y) para a área total fotossintetizante total de cada tipo morfo-funcional. Letras diferentes para a mesma variável representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântula (Tukey, $p < 0,05$) 47

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 – RELAÇÕES MORFOMÉTRICAS E FUNCIONALIDADE EM PLÂNTULAS DE QUATRO ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ATLÂNTICA DO SUL DO BRASIL

- | | | |
|-----------|--|----|
| Tabela 01 | Valores médios (\pm erros-padrão) das características analisadas nos eofilos de cada tipo morfo-funcional de plântula. Letras diferentes para a mesma variável representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântula (Tukey, $p < 0,05$). | 42 |
| Tabela 02 | Valores médios (\pm erros-padrão) das características analisadas nos cotilédones de cada tipo morfo-funcional de plântula. Letras diferentes para a mesma variável representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântula (Tukey, $p < 0,05$). nm = dados não mensurados. | 43 |

RESUMO

O estágio plântula, compreendido entre a germinação da semente e o aparecimento do primeiro par de eofilos, representa uma das etapas mais difíceis do ciclo de vida da planta. O sucesso na transposição desta fase depende de adaptações morfofuncionais, que poderiam favorecer o estabelecimento em determinados ambientes. Baseado na exposição, posição e função dos cotilédones, plântulas podem ser classificadas nos tipos fanerocotiledonar-epigeal-foliáceo (PEF), fanerocotiledonar-epigeal-de reserva (PER), fanerocotiledonar-hipogeal-de reserva (PHR), criptocotiledonar-hipogeal-de reserva (CHR) e criptocotiledonar-epigeal-de reserva (CER). Embora estas variações possam ter um significado adaptativo, pouco se conhece sobre as implicações de tais morfologias. No presente estudo foram analisados parâmetros morfológicos (área e massa seca foliar, área foliar específica (AEF), densidade estomática e espessura dos tecidos eofilares e cotiledonares) de quatro tipos morfofuncionais representativos da Floresta de Restinga da Ilha do Mel (PR), pertencente à Floresta Atlântica (BR): *Ilex pseudobuxus* – Aquifoliaceae – PEF; *Tapirira guianensis* – Anacardiaceae - PER; *Ocotea pulchella* – Lauraceae - CHR; *Faramea marginata* – Rubiaceae - CER) com o objetivo de verificar se as relações entre tamanho e eficiência fotossintética podem explicar as diferenças morfofuncionais e a ocorrência das plântulas em um mesmo ambiente, além de investigar a relação da estrutura anatômica com a funcionalidade das mesmas. Os resultados mostraram que plântulas com cotilédones de reserva (PER, CER e CHR) apresentam eofilos semelhantes às folhas adultas e estruturalmente mais complexos que os cotilédones. O tipo morfofuncional PEF é o que mais difere dos demais tipos de plântulas. Apesar de apresentar eofilos com a menor área, o tipo PEF é dotado de características que os habilitam para a captação de luz e trocas gasosas eficientes, como eofilos e cotilédones com mesófilo delgado, presença de estômatos e altas concentrações de clorofila, requeridos para a fotossíntese em ambientes de luz difusa, como a Floresta de Restinga. Os resultados indicam que as espécies investigadas podem se distribuir funcionalmente em dois grupos (fotossintetizantes ou de reserva), representando diferentes estratégias para obtenção de energia (luz ou reservas cotiledonares) em um mesmo ambiente, com a mesma finalidade de contribuir para um aumento efetivo das suas chances de sobrevivência nos primeiros estágios de desenvolvimento em cada tipo morfofuncional de plântula.

Palavras-chave: morfofuncionalidade de plântulas, Floresta de Restinga, Ilha do Mel, cotilédone, eofilo, reservas, fotossíntese.

INTRODUÇÃO GERAL

Nos vegetais fanerógamos, o estágio plântula, compreendido entre a germinação da semente e o aparecimento do primeiro par de eófilos (SOUZA, 2003), é efêmero, frágil e representa uma das etapas mais difíceis do ciclo de vida da planta (MÍQUEL, 1987). O sucesso na transposição desta fase depende de fatores como as adaptações morfológicas e funcionais, que poderiam favorecer o estabelecimento em determinadas situações ambientais (GARWOOD, 1996).

Muitos trabalhos identificam a fase de plântula de acordo com a idade da mesma: vinte e oito dias (HANLEY & LAMONT, 2001), seis meses (KENNEDY et al, 2004), ou dois anos (CANHAM et al, 1999). Porém, apesar da importância desta fase para a biologia vegetal, não há consenso sobre o conceito de plântula e determinação da mesma na história de vida de uma planta. Outros autores consideram que a plântula corresponde à fase da vida do vegetal que se inicia com a germinação (marcada pela protusão da radícula) e se estende até o aparecimento do primeiro par de folhas ou eófilos. Ainda de acordo com este conceito, a fase seguinte à de plântula corresponde ao tirodendro, cujo término é determinado pelo aparecimento dos primeiros metáfilos (MOURÃO et al, 2002; SOUZA, 2003; SOUZA & OLIVEIRA, 2004).

Dentre as diversas classificações propostas para os tipos morfológicos de plântulas, uma das mais recentes é a de MÍQUEL (1987), com abreviações de GARWOOD (1996), que separa as plântulas em cinco tipos morfofuncionais com base na exposição dos cotilédones (fanerocotiledonar ou criptocotiledonar), suas posições na plântula (epigeal ou hipogeal) e funções (fotossintetizante ou reserva). Nesta classificação, plântulas do tipo fanerocotiledonar epigeal fotossintetizante (PEF) caracterizam-se por apresentar cotilédones que não se encerram dentro do tegumento da semente, sendo visíveis, foliáceos fotossintetizantes e localizados acima do nível do solo; o tipo fanerocotiledonar epigeal de reserva (PER) apresenta cotilédones visíveis e localizados acima do nível do solo, mas apresentando função de reserva. O tipo fanerocotiledonar hipogeal de reserva (PHR) possui cotilédones visíveis, localizados abaixo ou ao nível do solo e apresentam função de reserva. O tipo criptocotiledonar hipogeal de reserva (CHR) é caracterizado pela presença de cotilédones encerrados no tegumento da semente. Não são visíveis, pois estão localizados abaixo ou ao nível do solo e com função de reserva. Finalmente, o tipo criptocotiledonar epigeal de reserva (CER) possui cotilédones não visíveis por

estarem encerrados no tegumento da semente, localizados acima do nível do solo e que apresentam função de reserva.

A adequação morfológica das plântulas às condições ambientais pode interferir no sucesso reprodutivo de uma espécie (GARWOOD, 1996), sendo que o estabelecimento da plântula é necessário para completar o ciclo de vida de populações vegetais (PRIMACK, 1990; IBARRA-MANRÍQUEZ, *et al* 2001). A morfologia da plântula pode ser utilizada também como característica para distinção de táxons. HOPKINS (1986) distinguiu quatro espécies pertencentes ao gênero *Parkia* pelas variações em espessura e pontoações das paredes das células dos cotilédones, em decorrência da quantidade de polissacarídeos de reserva destas células.

Esta morfologia inicial varia de acordo com a espécie e desempenha funções determinantes nos processos de desenvolvimento e estabelecimento das plântulas de espécies arbóreas, participando efetivamente no aumento das suas chances de sobrevivência. Após este período, as plântulas passam a depender diretamente do meio em que se estabeleceram, de acordo com as características morfológicas que desenvolveu (RESSEL *et al*, 2004).

As chances do estabelecimento das plântulas dependem de processos como a produção de folhas e crescimento radicular, que são limitados por fatores físico-químicos como a umidade, luz e características do solo (MEDINA, 1998) e aumentam com a disponibilidade de recursos oriundos de sementes ricas em reservas, o que, por sua vez, é decisivo para a dinâmica populacional (KIDSON & WESTOBY, 2000). Existe uma correlação positiva entre o tamanho da semente e a biomassa da plântula formada (KENNEDY *et al*, 2004). Plântulas oriundas de sementes maiores tendem a sobreviver melhor sobre condições ambientais estressantes (isoladas ou associadas), mobilizando seus recursos metabólicos para a formação de estruturas fotossinteticamente funcionais para a plântula (KIDSON & WESTOBY, 2000).

Os tipos morfofuncionais mantêm a mesma abundância relativa, mesmo em comunidades tropicais distintas (NG, 1987, MIQUEL, 1987; MOREIRA & MOREIRA, 1996; RESSEL, 2004; IBARRA-MANRÍQUEZ, *et al* 2001), sugerindo que pressões seletivas semelhantes podem estar agindo na determinação dos diferentes tipos morfofuncionais de plântulas (RESSEL, 2004).

Diferentes morfologias de plântulas implicam em diferentes funcionalidades ecológicas das mesmas, devido a variações na absorção de luz e proteção dos tecidos nutritivos, os quais influenciam no crescimento e no estabelecimento da planta (DUKE, 1965; DUKE, 1969; KITAJIMA, 1992; MARQUES, 2002). Portanto, tipos de plântulas similares podem ser

observados em táxons filogeneticamente distantes, o que sugere a convergência evolutiva entre estes (IBARRA-MANRÍQUEZ *et al*, 2001). Tipos de plântulas que são melhor adaptadas a determinadas condições ambientais, como luz, umidade, temperatura, além da herbivoria, poderiam permitir a coexistência de muitas espécies arbóreas em florestas tropicais, pela variedade de especializações de nichos de estabelecimento (PRIMACK, 1990).

Os cotilédones são importantes para o crescimento inicial das plântulas (MARSHALL & KOZLOWSKI, 1976; KITAJIMA, 1992), pois possuem a função de absorver recursos maternos antes da germinação e de transferir materiais de reserva (lipídios, minerais e carboidratos) para o seu crescimento, após a germinação (KITAJIMA, 1992). Podem apresentar função de fotossíntese em algumas das espécies em que os cotilédones emergem do tegumento da semente (KITAJIMA, 1992). A excisão dos cotilédones pode interferir no alongamento de raízes, na formação de raízes adventícias, na expansão das folhas (MARSHALL & KOZLOWSKI, 1976), no desenvolvimento vegetativo, no florescimento e até mesmo na organização celular das plântulas (KILLEEN & LARSON, 1968).

Plântulas que possuem grande quantidade de reserva estocada em seus cotilédones apresentam um desenvolvimento mais amplo e profundo de suas raízes, além de uma área foliar comparativamente maior (PRIMACK, 1990), que aumentam a probabilidade de sobrevivência em condições limitadas de luz (IBARRA-MANRÍQUEZ *et al*, 2001). Tais plântulas são, geralmente, provenientes de sementes com maior massa, que podem germinar rapidamente e se mostram bem adaptadas a ambientes sombreados (PRIMACK, 1990; IBARRA-MANRÍQUEZ *et al*, 2001), podendo apresentar altos valores de importância e densidade relativa por serem mais resistentes a injúrias ambientais e a herbivoria (RESSEL, 2004). Em contraste, plântulas de espécies que não se desenvolvem na sombra, possuem sementes pequenas, com poucas reservas e cotilédones fotossintetizantes que as habilitam a um rápido crescimento em ambientes bem iluminados (IBARRA-MANRÍQUEZ *et al*, 2001), podendo apresentar baixos valores de densidade e frequência relativas na Floresta Atlântica (RESSEL, 2004). NG (1976) destacou que a evolução nas florestas tropicais parece ter favorecido as plântulas oriundas de sementes maiores, que germinam mais rapidamente e são menos susceptíveis ao ataque de fungos do que as plântulas epigeais. Este autor considerou que os cotilédones das plântulas epigeais apresentavam função de fotossíntese, não distinguindo plântulas PEF de PER. Portanto, a variação das reservas provenientes da semente afeta, significativamente, a biomassa da plântula.

Os limbos dos eofilos tendem a apresentar uma maior complexidade estrutural quando comparados aos limbos cotiledonares, onde a efemeridade e funções atribuídas a estes podem justificar tal tendência (MOREIRA & OLIVEIRA, 2002). Porém, poucos são os estudos que enfocam a seqüência foliar de plântulas e, em sua maioria, somente apresentam a descrição morfológica (MOREIRA & OLIVEIRA, 2000; 2002).

Estudos morfológicos e anatômicos entre os tipos morfofuncionais de plântulas são escassos. Sabe-se que diferentes morfologias de plântulas implicam em diferentes funcionalidades ecológicas das mesmas, influenciando o estabelecimento da planta (DUKE, 1965; DUKE, 1969; NG, 1987; KITAJIMA, 1992; MARQUES, 2002), o que ocasiona diferenças em abundância dos tipos morfofuncionais nas comunidades tropicais (MIQUEL, 1987; MOREIRA & MOREIRA, 1996; RESSEL, 2004; IBARRA-MANRÍQUEZ, *et al* 2001).

O presente trabalho encontra-se dividido em dois capítulos, onde o primeiro capítulo teve por objetivo investigar comparativamente a morfoanatomia dos limbos cotiledonares e eofilares, bem como a presença de substância de reserva e compostos fenólicos em quatro espécies abundantes e representativas da Floresta de Restinga. O segundo capítulo objetivou avaliar as diferenças morfofuncionais e a ocorrência das plântulas segundo as características morfológicas e eficiência fotossintética dos eofilos e cotilédones de quatro espécies abundantes e representativas da Floresta de Restinga.

**CAPÍTULO 1 – ESTRUTURA DOS EOFILOS E COTILÉDONES DE QUATRO TIPOS
MORFOFUNCIONAIS DE PLÂNTULAS DA FLORESTA ATLÂNTICA.**

Estrutura dos Eofilos e Cotilédones de Quatro Tipos Morfo-funcionais de Plântulas da Floresta Atlântica

Letícia Estela Cavichiolo¹, Maria Regina Torres Boeger^{1,2}, Márcia Cristina Mendes Marques²

1 – Programa de Pós-Graduação em Botânica, Departamento de Botânica, SCB, UFPR, Caixa Postal 19031, CEP 81531.990, Curitiba, PR.

2 - Departamento de Botânica, Caixa Postal 19031, SCB, UFPR, 81531.990, Curitiba, PR.

ABSTRACT

In seed plants, the seedling phase, which begins with seed germination and ends with the appearance of the first pair of eophylls, is ephemeral and represents one of the most fragile stages of the plant life cycle. The success in the transposition of this phase depends on factors such as the morpho-functional adaptations that could favor the establishment of the plants in some environmental conditions. Based on the exposition, position, and function of the cotyledons, seedlings can be classified in the types phanerocotylar-epigeal-foliaceous (PEF), phanerocotylar-epigeal-of reserve (PER), phanerocotylar-hypogeal-of reserve (PHR), cryptocotylar-hypogeal-of reserve (CHR) and cryptocotylar-epigeal-of reserve (CER). These variations can have an adaptive meaning, but the understanding of their anatomical features is small. In the present study, we analyzed the anatomy of eophylls and cotyledons of these four seedling types in the Restinga Forest from “Ilha do Mel”, an island of the State of Paraná, Brazil (PEF: *Ilex pseudobuxus* - Aquifoliaceae; PER: *Tapirira guianensis* - Anacardiaceae; CHR: *Ocotea pulchella* - Lauraceae; CER: *Faramea marginata* - Rubiaceae). The aim of this study was to investigate the relationship between the anatomical structure and the functionality of the seedling types. The results showed that seedlings with reserve cotyledons (PER, CER and CHR) presents eophyllar lamina structurally more similar to true leaves of adult individuals and structurally more complex than cotyledons. This could explain the difference in abundance of seedlings observed in the tropical communities, where foliaceous types (PEF) are more abundant in environments with abundant light while seedlings with reserve cotyledons are more abundant in shaded environments. The data indicate that different morphologies of cotyledons imply in different functionalities for each type of seedlings.

Key-words: seedling types, anatomy, functionality, Restinga Forest.

INTRODUÇÃO

As plântulas são estágios frágeis e efêmeros, indispensáveis ao processo de multiplicação de uma espécie (MÍQUEL, 1987). O estabelecimento das plântulas depende de vários mecanismos como a produção de folhas e crescimento radicular, os quais são limitados por fatores físico-químicos como a umidade, luz e características do solo (MEDINA, 1998).

A adequação morfológica das plântulas às condições ambientais pode interferir no sucesso reprodutivo de uma espécie (GARWOOD, 1996), sendo que o estabelecimento das plântulas é necessário para completar o ciclo de vida de populações vegetais (PRIMACK, 1990; IBARRA-MANRÍQUEZ *et al.*, 2001). Esta morfologia inicial varia de acordo com a espécie e desempenha funções determinantes nos processos de desenvolvimento e estabelecimento das plântulas de espécies arbóreas (RESSEL *et al.*, 2004).

A morfologia das plântulas pode ser utilizada também como característica para distinção de táxons. HOPKINS (1986) distinguiu quatro espécies pertencentes ao gênero *Parkia* pelas variações em espessura e pontuações das paredes das células dos cotilédones, em decorrência da quantidade de polissacarídeos de reserva destas células.

Diversas classificações foram propostas para as plântulas. Mais recentemente, a exposição dos cotilédones (fanerocotiledonar e criptocotiledonar), suas posições na plântula (epigeal ou hipogeal) e funções (fotossintetizante e de reserva) serviram de subsídio para o estudo e classificação morfológica das plântulas (RESSEL *et al.*, 2004). Uma das classificações mais utilizadas é a de MÍQUEL (1987), com abreviações de GARWOOD (1996), que separa as plântulas em cinco tipos morfofuncionais com base nas características morfológicas e função dos cotilédones. O tipo fanerocotiledonar epigeal fotossintetizante (PEF) caracteriza-se por apresentar cotilédones externos ao tegumento da semente, sendo visíveis, foliáceos fotossintetizantes e localizados acima do nível do solo; o tipo fanerocotiledonar epigeal de reserva (PER) apresenta cotilédones visíveis e localizados acima do nível do solo, mas com função de reserva; o tipo fanerocotiledonar hipogeal de reserva (PHR) possui cotilédones visíveis, localizados abaixo ou ao nível do solo e apresentam função de reserva; o tipo criptocotiledonar hipogeal de reserva (CHR) é caracterizado pela presença de cotilédones encerrados no tegumento da semente, não sendo visíveis, pois estão localizados abaixo ou ao nível do solo e com função de reserva; e o tipo criptocotiledonar epigeal de reserva (CER) que possui cotilédones não visíveis por estarem encerrados no tegumento da semente, localizados acima do nível do solo e que apresentam função de reserva.

Diferentes morfologias de plântulas implicam em diferentes funcionalidades ecológicas das mesmas, devido às variações na absorção de luz e proteção dos tecidos nutritivos, os quais influenciam no crescimento e no estabelecimento das plantas (DUKE, 1965; KITAJIMA, 1992; MARQUES, 2002). Portanto, tipos de plântulas similares podem ser observados em táxons distantemente relacionados, o que

sugere um gradiente de convergência evolutiva entre estes (IBARRA-MANRÍQUEZ et al., 2001). Tipos de plântulas que são melhor adaptados a determinadas condições ambientais, como luz, umidade, temperatura, além da herbivoria, permitem a coexistência de muitas espécies arbóreas em florestas tropicais pela variedade de especializações de nichos de estabelecimento (PRIMACK, 1990).

Os cotilédones são importantes no crescimento inicial das plântulas (MARSHALL & KOZLOWSKI, 1976; KITAJIMA, 1992), pois possuem a função de absorver recursos maternos antes da germinação e de transferir materiais de reserva (substâncias lipídicas, minerais e carboidratos) para o seu crescimento, após a germinação (KITAJIMA, 1992) ou ainda realizam a função de fotossíntese, quando os cotilédones emergem do tegumento da semente (KITAJIMA, 1992).

Limbos de eófilos tendem a apresentar uma maior complexidade estrutural quando comparados aos limbos cotiledonares, onde a efemeridade e funções atribuídas a estes podem justificar tal tendência (MOREIRA & OLIVEIRA, 2002). Apesar da importância de tais estruturas para o estabelecimento das plantas, poucos são os estudos morfológicos que enfocam o desenvolvimento foliar das plântulas (MOREIRA & OLIVEIRA, 2000; 2002). Neste contexto, o presente trabalho investigou comparativamente a morfoanatomia dos limbos cotiledonares e eofilares, bem como a presença de substâncias de reserva e compostos fenólicos em quatro tipos morfofuncionais de plântulas de espécies abundantes e representativas de Florestas de Restinga no estado do Paraná, com o objetivo de compreender a relação entre estrutura anatômica e as diferentes funcionalidades entre os tipos de plântulas deste ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo: a Ilha do Mel possui aproximadamente 2760 ha e está localizada no município de Paranaguá, estado do Paraná, Brasil, entre as coordenadas 25°29'25"34'32"S e 48°17'15"/48°23'16"W (FIGUEIREDO, 1954). A maior parte da ilha foi formada por transgressões e regressões marinhas ocorridas durante o Holoceno, o que resultou em uma extensa planície formada por sedimentos continentais e costeiros (PARANHOS FILHO, 1996; ARAÚJO, 2001). Sobre esta planície desenvolveu-se uma vegetação bastante heterogênea (SILVA & BRITZ, 2005), denominada genericamente por Restinga, onde as formações vegetacionais são diferenciadas pela forma biológica dominante, grau de cobertura, altura da sinúsia e características do substrato.

O presente estudo foi realizado nas fitofisionomias de Floresta de Restinga, caracterizada pelo predomínio de espécies arbóreas, ambiente sombreado e solo arenoso (SILVA & BRITZ, 2005). Foram investigadas quatro espécies arbóreas, cada uma pertencente a um tipo morfo-funcional de plântula, ocorrentes na área de estudo e cujo critério de escolha baseou-se em levantamentos fitossociológicos prévios (MARQUES & OLIVEIRA, 2005).

Material de estudo: *Faramea marginata* Cham. (Rubiaceae), ocorre preferencialmente em locais sombreados (GOMES, 2003) e floresce na Ilha do Mel no período de dezembro a fevereiro, com produção de frutos maduros entre os meses de fevereiro e setembro (MARQUES & OLIVEIRA, 2004). Possui plântula criptocotiledonar epigeal de reserva – CER (MARQUES & OLIVEIRA, 2005). *Ocotea pulchella* Mart. (Lauraceae) é uma espécie secundária inicial (PAULA et al., 2004) encontrada nas florestas das planícies quaternárias úmidas do litoral (SCHEEREN et al., 2003), heliófita, seletiva higrófito (PBA-SC, 2001). Apresenta folhas simples de superfície superior glabra. Ocorre desde o Espírito Santo e Minas Gerais até o Rio Grande do Sul e em todas as fitofisionomias da Ilha do Mel. Apresenta plântula criptocotiledonar hipogeal de reserva – CHR (MARQUES & OLIVEIRA, 2005). *Ilex pseudobuxus* Reiss. (Aquifoliaceae) é heliófita, seletiva higrófito (EDWIN & REITZ, 1967), característica e quase exclusiva da vegetação das restingas. Na Ilha do Mel, a floração ocorre no período de novembro a fevereiro e a frutificação de dezembro à maio (MARQUES & OLIVEIRA, 2005). Apresenta plântula fanerocotiledonar epigeal de foliáceo – PEF (MARQUES & OLIVEIRA, 2005). *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae) é esciófita ou de luz difusa enquanto jovem e heliófita quando adulta, podendo ser xerófito quando muito abundante (FLEINING, 1967). Possui folhas compostas. É uma árvore característica e exclusiva da Floresta Atlântica (planície sub-montana) e das Florestas de restinga. Apresenta plântula fanerocotiledonar epigeal de reserva – PER (MARQUES & OLIVEIRA, 2005).

Metodologia: para a análise anatômica, seis plântulas de cada espécie foram coletadas na Floresta de Restinga e identificadas por meio de comparação com material herborizado (UPCB) e plantas adultas da própria área de estudos.

A análise anatômica foi realizada na região mediana de limbos cotiledonares e eofilares previamente fixados em FAA 70 (etanol 70%, formaldeído e ácido acético 18:1:1 v/v) e armazenados em álcool 70° (JOHANSEN, 1940). Para o estudo da epiderme foram feitas secções transversais e paradérmicas na região mediana das folhas. Para a análise da estrutura dos mesófilos, amostras de limbos cotiledonares e eofilares foram incluídas em suportes de isopor e seccionados à mão livre com auxílio de lâmina da barbear. As secções obtidas foram clarificadas em hipoclorito de sódio 20% até a despigmentação, lavadas duas vezes em água destilada, uma vez em água acidulada 10%, e novamente lavadas em água destilada. Após o processo de clarificação, as secções foram coradas com azul de toluidina 0,1 M em tampão fosfato (O' BRIEN et al., 1965) ou azul de astra e fucsina básica (ALVES DE BRITO & ALQUINI, 1996) e montadas em gelatina glicerinada (KAISER, 1880).

Para a confecção de lâminas permanentes, o material botânico previamente fixado foi desidratado em série etanólica crescente (JOHANSEN, 1940), pré-infiltrado e infiltrado para inclusão em metacrilatoglicol de acordo com as especificações fornecidas pelo fabricante. Os materiais foram seccionados em micrótomo rotativo a 7µm, corados com azul de toluidina 0,1 M em tampão fosfato (O' BRIEN et al.,

1965) ou azul de astra e fucsina básica (ALVES DE BRITO & ALQUINI, 1996) e montados em Entellan[®].

Testes microquímicos foram realizados em material armazenado em álcool 70°. Para detecção de compostos fenólicos foi efetuada a reação com Cloreto Férrico (JOHANSEN, 1940), para a detecção de amido, utilizou-se Lugol (BERLYN & MIKSCHE, 1976) e para detecção de substâncias lipídicas utilizou-se Sudam III (SASS, 1951) e IV (GERLACH, 1984).

Para microscopia eletrônica de varredura (MEV), o material fixado em FAA 70 foi desidratado em série etanólica crescente, embebido em álcool absoluto e submetido ao ponto crítico com equipamento Baltec CPD 030 Critical Point Dryer, à 32°C. As amostras foram metalizadas em metalizador FL9496 Balzers SCD 030, observadas e fotografadas em microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM – 6360 LV.

RESULTADOS

Os eofilos das espécies estudadas apresentaram estrutura anatômica semelhante entre si. Todos os eofilos são revestidos por epiderme uniestratificada, possuem mesofilo dorsiventral e são hipoestomáticos. No entanto, características como paredes sinuosas das células epidérmicas, tipo de estômato e número de camadas do parênquima lacunoso variaram entre as espécies.

O eofilo de *Faramea marginata* é lanceolado, com margem inteira, ápice agudo e base cuneada. Em vista frontal, o eofilo de *F. marginata* apresenta células epidérmicas alongadas, de formato variado, com paredes anticlinais sinuosas em ambas as faces (Figuras 1 e 2). Estômatos do tipo anisocítico estão presentes na face abaxial (Figura 2). Em secção transversal, a epiderme é uniestratificada, sendo que as células epidérmicas da face adaxial apresenta formato variado, de arredondado a retangulares, com parede periclinal externa reta (Figuras 3 e 4). O mesofilo é dorsiventral, constituído de uma camada de parênquima paliçádico, com células em forma de funil (Figura 3). O parênquima esponjoso possui cerca de cinco camadas de células de formato variado, frouxamente dispostas. Ao longo do mesofilo pode-se observar feixes vasculares colaterais envolvidos por uma bainha de células parenquimáticas, caracterizando uma endoderme (Figura 3). Estes feixes conferem uma proeminência na face abaxial do limbo eofilar.

A região da nervura central, em secção transversal, apresenta células epidérmicas mais arredondadas. A parede periclinal externa das células da face adaxial é mais convexa do que na outra face (Figura 4). Na posição subepidérmica ocorre uma a duas camadas de colênquima. O feixe vascular é anficrival, apresentando câmbio e delimitado por uma endoderme desprovida de estrias de Caspary evidentes (Figura 4).

Ilex pseudobuxus apresenta eofilos variando de oblongo a lanceolado, com margem serrada, ápice agudo e base cuneada. Em vista frontal, as células epidérmicas apresentam parede anticlinal externa sinuosa (Figura 5), tanto na face adaxial como na face abaxial, possuindo estômatos anomocíticos apenas na epiderme da face abaxial (Figura 6). Em secção transversal, a epiderme é uniestratificada, cujas células variam de arredondadas a retangulares com parede periclinal externa reta, em ambas as faces. O mesofilo é heterogêneo, possuindo uma camada de células semelhantes ao parênquima paliçádico, constituído por células em forma de funil (Figura 7). O parênquima esponjoso possui cerca de três a quatro camadas de células com formato irregular, frouxamente distribuídas. Os feixes vasculares possuem forma de arco e são do tipo colateral. A região da nervura central é proeminente na face abaxial e desprovida de colênquima subepidérmico (Figura 8). Nesta região, a face abaxial apresenta estrias na parede periclinal externa das células epidérmicas e o feixe vascular é semelhante aos citados para o limbo eofilar.

O eofilo de *Ocotea pulchella* é lanceolado, apresentando margem inteira, ápice acuminado e base cuneada. Em vista frontal, as células epidérmicas possuem formato variado e paredes anticlinais sinuosas (Figuras 9 e 10). Estômatos do tipo anomocítico (Figura 10) e tricomas tectores unicelulares (Figura 11) são encontrados na face abaxial, sendo que os últimos ocorrem somente na epiderme sobre os feixes vasculares. Em secção transversal, a epiderme é uniestratificada, com células epidérmicas predominantemente retangulares na face adaxial, enquanto que a face abaxial possui células arredondadas a retangulares (Figuras 12 e 13).

O mesofilo é dorsiventral, caracterizado pela presença de parênquima paliçádico com células mais longas, porém não densamente dispostas. O parênquima esponjoso aparentemente apresenta grande quantidade de espaços intercelulares, sendo formado por cerca de cinco camadas de células (Figura 12). Os feixes vasculares são colaterais e envoltos por uma bainha parenquimática (endoderme) e um periciclo esclerenquimático. Em secção transversal, a região da nervura central, na face adaxial, possui epiderme uniestratificada com células retangulares, enquanto que na face abaxial, as células epidérmicas são isodiamétricas, com parede periclinal externa arredondada (Figura 13). Na região da nervura central, o feixe vascular apresenta uma extensão do periciclo esclerenquimático em direção a face adaxial (Figura 13).

Tapirira guianensis apresenta eofilos lanceolados, de margem inteira, ápice caudado e base cuneada. As células epidérmicas, em vista frontal, são de formato variado, possuindo parede anticlinal pouco sinuosa (Figuras 14 e 15). Estômatos anomocíticos estão presentes na epiderme da face abaxial (Figura 15). Em secção transversal, a epiderme é uniestratificada, sendo que na face adaxial apresenta células de formato predominantemente retangular, enquanto que as células epidérmicas da face abaxial variam de arredondadas a retangulares (Figura 16 e 17). Na região da nervura central as células epidérmicas adaxiais são arredondadas, enquanto que na face abaxial as células possuem parede periclinal externa arredondada (Figura 16 e 17).

O mesofilo dorsiventral do eofilo possui parênquima paliçádico formado por uma camada de células de mais alongadas não justapostas e parênquima esponjoso composto por cerca de três camadas de células de formato variável. Os feixes vasculares são do tipo colateral com ductos associados ao floema (Figuras 17 e 18). A nervura central apresenta colênquima em ambas as faces, porém de forma mais pronunciada na face adaxial. Ocorrem de quatro a seis ductos posicionados na região abaxial da nervura central e três a quatro na região adaxial, associados aos feixes vasculares colaterais (Figura 17).

Os cotilédones das espécies em estudo diferiram quanto à presença de cloroplastos, sendo que o único cotilédone clorofilado foi o de *I. pseudobuxus*, onde foi observada uma pequena diferenciação da primeira camada do mesofilo, adjacente as células epidérmicas da face adaxial. Esta espécie também foi a única que apresentou estômatos nos cotilédones.

Os cotilédones de *F. marginata* são aclorofilados e se encontram inseridos entre os tecidos de reserva da semente, mais precisamente no endosperma (Figura 18). Em vista frontal, não foi possível visualizar as células epidérmicas. Em secção transversal, a epiderme é uniestratificada em ambas as faces e apresenta células cuja forma varia de arredondada a quadrada, com parede periclinal externa mais espessada que as demais (Figura 19). O mesofilo homogêneo é aclorofilado e possui organização e delimitação distintas dos tecidos de reserva da semente (Figura 18). Apresenta de quatro a cinco camadas de células arredondadas justapostas, com parede delgada. Ao longo do mesofilo pode-se observar feixes vasculares colaterais, envoltos por uma bainha parenquimática (endoderme), (Figura 19). Amido, compostos fenólicos ou substâncias lipídicas não foram observados nos cotilédones de *F. marginata*.

Os cotilédones de *I. pseudobuxus* são oblongos, com margem inteira, ápice retuso e base arredondada, abruptamente cuneada, clorofilados e apresentam organização anatômica semelhante a uma folha. Em vista frontal, as células possuem parede anticlinal pouco sinuosa (Figura 20 e 21) com estômatos do tipo anomocítico, na face abaxial do cotilédone (Figura 21). Em secção transversal, a epiderme possui células epidérmicas cujo formato varia de arredondado a retangular em ambas as faces (Figura 22).

O mesofilo é heterogêneo, possuindo parênquima com células frouxamente arranjadas, semelhante ao parênquima esponjoso, com cerca de nove camadas de células. Adjacente as células epidérmicas da face adaxial, a camada parenquimática é diferenciada das demais pelo formato cônico de suas células, curtamente alongadas, não caracterizando um parênquima paliçádico típico. Os feixes vasculares são do tipo colateral, apresentando fibras associadas ao floema (Figura 22). A região central é desprovida de tecidos de sustentação, apresentando feixes vasculares semelhantes aos citados para o limbo eofilar (Figura 22). O teste de amido foi positivo no mesofilo.

Os cotilédones de *O. pulchella* são aclorofilados e encontram-se envoltos pelo tegumento da semente o que dificultou a visualização das células epidérmicas em vista frontal. Em secção transversal, a epiderme é uniestratificada com células predominantemente arredondadas em ambas as faces, sendo que na face abaxial as células possuem parede periclinal externa arredondada (Figura 23).

O mesofilo é homogêneo e espesso, constituído por várias camadas de células parenquimáticas de tamanho, formatos e conteúdos celulares variados (Figura 23). Os feixes vasculares são do tipo colateral (Figura 24) e estão dispostos linearmente, próximo à face adaxial do cotilédone (Figura 23). Amido, substâncias lipídicas e compostos fenólicos foram observados nas células parenquimáticas (Figura 23 e 25).

Os cotilédones de *T. guianensis* são lanceolados, de margem inteira, ápice caudado a falcado, base cuneada. Em vista frontal, a epiderme de ambas as faces são formadas por células de formato variado, sem estômatos (Figuras 26 e 27). Em secção transversal, a epiderme uniestratificada apresenta células de formato arredondado a retangular em ambas as faces (Figuras 28 e 29). Em secção transversal, o mesofilo é homogêneo e aclorofilado, possuindo várias camadas de células parenquimáticas com tamanho e forma variados (Figura 30). Os feixes vasculares são do tipo colateral, associados a canais secretores (Figura 30 e 31). Estes canais possuem conteúdos que reagiram positivamente à presença de amido e compostos fenólicos.

DISCUSSÃO

Os eofilos das espécies estudadas e o limbo cotiledonar de *I. pseudobuxus* apresentaram características semelhantes entre si. Características como epiderme uniestratificada com células plano-convexas ou esféricas, mesofilo dorsiventral, constituído de apenas uma camada de parênquima paliçádico e três a seis camadas de parênquima esponjoso, além de tecido de sustentação pouco desenvolvido são características entre as espécies.

As células epidérmicas, que apresentam formato plano-convexo ou esférico, e são transparentes à luz visível, permitem que as mesmas atuem como lentes celulares, captando a luz difusa e direcionando-a para o interior da folha (SMITH et al., 1997). Em locais sombreados, plantas cujas células epidérmicas apresentem tais características parecem ter uma vantagem adicional para obter maior disponibilidade de luz (VOGELMANN et al., 1996).

Os eofilos de todas as espécies estudadas e o cotilédone de *I. pseudobuxus* apresentaram estômatos na face abaxial da epiderme. Segundo SMITH *et al.* (1997), o hipoestomatismo é comum para plantas de ambientes sombreados, porque a presença de estômatos somente na face abaxial da epiderme reduz a transpiração e aumenta o ganho de CO₂ de uma folha com o mesmo grau de abertura dos estômatos. Em ambientes úmidos, o hipoestomatismo relaciona-se à prevenção do desenvolvimento de organismos epífilos que podem obliterar os poros estomáticos (COLEY *et al.*, 1993).

A estrutura dorsiventral, observada nos eofilos assim como no cotilédone de *I. pseudobuxus* parece estar voltada para a melhor captação de luz pela limbo foliar. Apesar das plântulas estudadas apresentarem mesofilo dorsiventral desprovido de parênquima paliçádico típico, pois existe uma distinção clara entre a primeira camada adjacente à face adaxial e as demais células do mesofilo. O mesofilo possui um maior número de camadas do parênquima esponjoso em relação ao parênquima paliçádico e esta característica é relacionada com a qualidade da luz no subosque, que é principalmente difusa (LARCHER, 2000). As células do parênquima esponjoso, cuja forma é mais esférica e irregular do que o parênquima paliçádico, associadas à maior fração de espaços intercelulares no interior da folha geram maiores quantidades de luz difusa, aumentando a absorção da luz pelos cloroplastos dentro do mesofilo (VOGELMANN *et al.*, 1996, SMITH *et al.*, 1997). O formato irregular juntamente com os espaços intercelulares do parênquima esponjoso gera muitas interfaces entre o ar e a água, que refletem e refratam a luz, o que torna aleatória a sua direção de movimento e amplia a trajetória dos fótons que, em consequência, aumentam a probabilidade de absorção (TAIZ & ZEIGER, 2004). Assim, o parênquima esponjoso é mais eficiente na distribuição da luz difusa no interior da folha do que as células do parênquima paliçádico (VOGELMANN *et al.*, 1996).

A estrutura anatômica dos eofilos das plântulas é semelhante à descrita na literatura para indivíduos adultos (BOEGER & WISNIEWSKI, 2003; 2004). Entretanto, algumas variações como o número de camadas dos tecidos clorofilianos em função da posição que as folhas ocupam nos diferentes estratos da floresta podem ocorrer em indivíduos adultos, como em *T. guianensis* (BOEGER *et al.*, 1998).

Apesar dos eofilos apresentarem pouco tecido de sustentação, em função da área e espessura foliares pouco desenvolvidas, os eofilos de *O. pulchella* apresentaram bainhas ao redor dos feixes vasculares, enquanto que as folhas dos indivíduos adultos possuem extensões esclerenquimáticas de bainha do feixe vascular (BOEGER & WISNIEWSKI, 2002). Em folhas adultas de *T. guianensis*, os feixes vasculares de menor porte estão envolvidos por fibras (BOEGER & WISNIEWSKI, 2002), o que não ocorre na fase de plântula, onde feixes vasculares se encontram associados a ductos secretores.

As características observadas nos eofilos de *O. pulchella*, como presença de idioblastos dispersos no mesofilo, contendo compostos fenólicos, também estão presentes nas folhas de indivíduos adultos, o que não ocorreu para as demais espécies. A concentração de compostos fenólicos, que pode alterar o crescimento de plântulas, é negativamente relacionada a herbivoria (HANLEY & LAMONT,

2002), pois reduz a palatabilidade das plântulas frente aos herbívoros, como uma resposta evolutiva resultante da interação entre fatores bióticos e abióticos (HANLEY & LAMONT, 2002).

Ao contrário dos eofilos, a estrutura anatômica dos cotilédones diferenciou-se em dois grupos. Os cotilédones de *I. pseudobuxus* apresentaram mesofilo dorsiventral, semelhante aos eofilos, enquanto que os demais cotilédones apresentaram mesofilo homogêneo. Tal diferenciação ocorre devido à função (reserva ou fotossintetizante) dos cotilédones (GARWOOD, 1996).

A semelhança entre o limbo eofilar e o cotiledonar de *I. pseudobuxus* parece ser uma estratégia para aumentar a sua área fotossintetizante, uma vez que as reservas parecem ser limitadas na fase plântula devido ao tamanho reduzido das sementes desta espécie. Apesar de vários autores ressaltarem a diferença na organização dos tecidos e disposição de estômatos entre os limbos fotossintetizantes cotiledonares e eofilares para diversas plântulas (MOREIRA & OLIVEIRA, 2000; SOUZA & OLIVEIRA, 2004), isto não foi observado em *I. pseudobuxus*, sugerindo que os cotilédones possam contribuir tanto quanto os eofilos para a fotossíntese total da plântula.

Ilex pseudobuxus foi a única espécie que apresentou mesofilo cotiledonar heterogêneo. A relação entre mesofilos heterogêneos e homogêneos com os aspectos ambientais não é explorada na literatura referente a plântulas. Mesofilos cotiledonares podem variar de acordo com a espécie investigada, variando de homogêneos a heterogêneos dentro de um mesmo táxon (SOUZA, 2003). Cotilédones com mesofilos heterogêneos foram descritos para *Tabebuia chrysotricha* (SOUZA & OLIVEIRA, 2004), enquanto que mesofilo homogêneos foram descritos para *Tabebuia avellanae* (SOUZA & OLIVEIRA, 2004), *Trichilia catigua* e *Trichilia elegans* (MOURÃO *et al.*, 2002). Os limbos eofilares tendem a apresentar uma maior complexidade estrutural quando comparados aos limbos de cotilédones, em função da efemeridade e funções atribuídas a estas estruturas foliares (MOREIRA & OLIVEIRA, 2002). A ocorrência de mesofilo homogêneo dos cotilédones parece ser relacionada com a função que exercem, onde os cotilédones de reserva são mais espessos do que os cotilédones fotossintetizantes (KITAJIMA, 2002), apresentando células isodiamétricas e com pouco espaço intercelular.

As reservas amiláceas foram observadas nos cotilédones de *I. pseudobuxus*, *O. pulchella*, *T. guianensis*, enquanto que substâncias lipídicas ocorreram em idioblastos dos cotilédones de *O. pulchella*. As reservas amiláceas são comuns nos cotilédones de muitas espécies (SCOTT & SMITH, 1998), como por exemplo as espécies do gênero *Acacia* (cerca de 50%) e nos cotilédones de duas espécies de *Trichilia* (MOURÃO *et al.*, 2002), assim como as substâncias lipídicas. As reservas cotiledonares fornecem energia e nitrogênio requeridos para a produção de partes hipógeas e epígeas da plântula, que atuam de maneira importante para o estabelecimento da mesma (KITAJIMA, 2002). Os compostos fenólicos que ocorreram em idioblastos dos cotilédones de *O. pulchella* e de *T. guianensis* são reconhecidos como defesa química contra a herbivoria em plântulas (HANLEY & LAMONT, 2002) porque podem conferir

uma menor palatabilidade aos herbívoros (FRITZ *et al.*, 2001). Alguns autores sugerem que a seleção por defesas químicas seja maior na fase de plântula do que nos indivíduos maduros, uma vez que a herbivoria afeta fortemente esta fase da vida (HANLEY & LAMONT, 2001) porque os eofilos apresentam pouco tecido mecânico o que os torna mais palatáveis. Assim, era esperado que as outras espécies estudadas também apresentassem idioblastos com compostos fenólicos.

De maneira geral, os limbos eofilares e os cotiledonares fotossintetizantes de *I. pseudobuxus* tenderam a ser heterogêneos, enquanto que os cotiledonares de reserva tenderam a ser homogêneos.

Assim, as diferenças anatômicas entre as quatro espécies estudadas podem caracterizar diferentes estratégias na captura da luz. PRIMACK (1990) e IBARRA-MANRRÍQUEZ *et al.* (2001) observaram que as plântulas com maior quantidade de reserva estocada em seus cotilédones estariam mais adaptadas a ambientes sombreados, enquanto que plântulas com cotilédones fotossintetizantes estariam habilitadas para um rápido crescimento em ambientes bem iluminados.

Plântulas oriundas de sementes pequenas, com cotilédones fotossintetizantes apresentam crescimento relativo rápido, que a tornará gradativamente mais dependente de recursos (assimilação de carbono) adquiridos pelos órgãos epigeos, enquanto que as plântulas oriundas de sementes grandes podem depender das reservas cotiledonares por longos períodos e apresentar um crescimento relativo mais lento (KITAJIMA, 2002).

As diferenças anatômicas observadas para as espécies estudadas indicam que as plântulas com cotilédones de reserva (PER, CER e CHR) apresentam limbo eofilar estruturalmente semelhante às folhas adultas, quando comparado às plântulas fotossintetizantes (PEF). Isto sugere que as reservas cotiledonares podem capacitar os tipos morfofuncionais de reserva (PER, CER e CHR) a investirem na construção mais lenta de eofilos mais complexos e mais eficientes para o aproveitamento da luz difusa de ambientes mais sombreados, como a produção de parênquima paliádico com células mais alongadas. Por outro lado, as plântulas PEF utilizariam os eofilos e os cotilédones para aumentar a obtenção de energia por meio da fotossíntese, devido às sementes destes possuírem poucas reservas. Isto poderia explicar a diferença em abundância das plântulas nas comunidades tropicais, onde as plântulas fotossintetizantes são mais abundantes em ambientes iluminados e as plântulas com cotilédones de reserva são mais abundantes em ambiente sombreados (MÍQUEL, 1987; PRIMAK, 1990; KITAJIMA, 2002; MARQUES & OLIVEIRA, 2005).

RESUMO

Nos vegetais fanerógamos, o estágio de plântula, compreendido entre a germinação da semente e o aparecimento do primeiro par de eofilos, é efêmero, frágil e representa uma das etapas mais difíceis do ciclo de vida da planta. O sucesso na transposição desta fase depende de fatores como as adaptações morfo-funcionais, que poderiam favorecer o estabelecimento em determinadas situações ambientais.

Baseado na exposição, posição e função dos cotilédones, plântulas podem ser classificadas nos tipos fanerocotiledonar-epigeal-fotossintetizante (PEF), fanerocotiledonar-epigeal-de reserva (PER), fanerocotiledonar-hipogeal-de reserva (PHR), criptocotiledonar-hipogeal-de reserva (CHR) e criptocotiledonar-epigeal-de reserva (CER). Embora estas variações possam ter um significado adaptativo, pouco se conhece sobre as implicações anatômicas de tais morfologias. No presente estudo a anatomia do eófilo e do cotilédone de quatro tipos de plântulas típicas de Florestas de Restinga da Ilha do Mel (PR) foi analisada, (PEF: *Ilex pseudobuxus* – Aquifoliaceae; PER: *Tapirira guianensis* - Anacardiaceae; CHR: *Ocotea pulchella* – Lauraceae; CER: *Faramea marginata* - Rubiaceae) com o objetivo de investigar a relação da estrutura anatômica com a funcionalidade das mesmas. Os resultados mostraram que plântulas com cotilédones de reserva (PER, CER e CHR) apresentam limbo eófilo estruturalmente mais semelhante às folhas verdadeiras de indivíduos adultos e estruturalmente mais complexos que os cotilédones. Isto poderia explicar a diferença em abundância destas observada nas comunidades tropicais, onde as plântulas fotossintetizantes são mais abundantes em ambientes iluminados e as plântulas com cotilédones de reserva são mais abundantes em ambiente sombreados. Estes dados indicam que diferentes morfologias dos cotilédones implicam em diferentes funcionalidades dos mesmos para cada tipo de plântula.

Palavras-chave: tipos de plântulas, anatomia, funcionalidade, Floresta de Restinga.

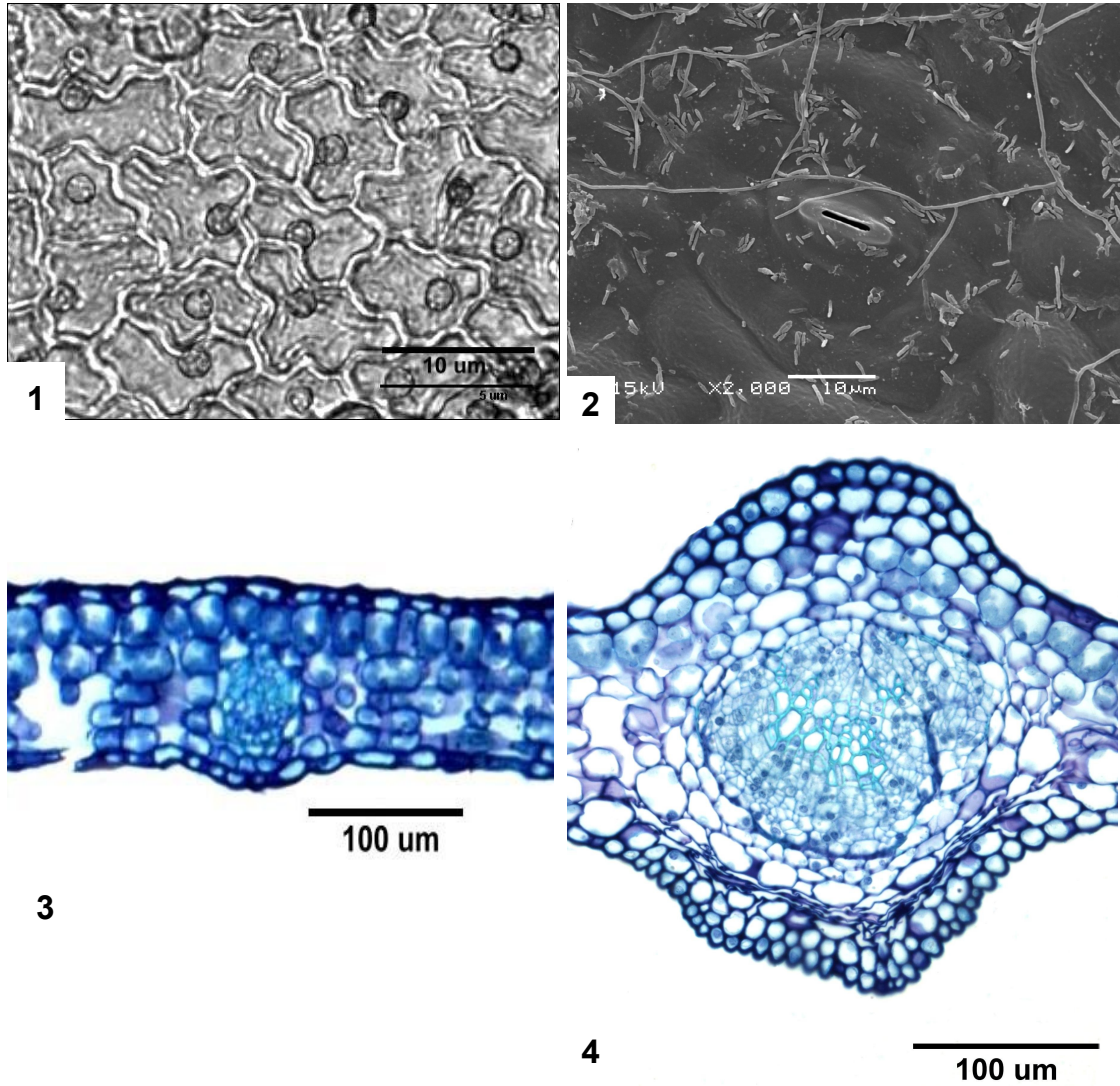
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves De Brito, C.J.F. & Alquini, Y. (1996) A new method for staining botanical material embedded in glycol – methacrylate (GMA). *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 39, 949 – 951.
- Araújo, A.D. (2001) Dinâmica sedimentar e evolução paleogeográfica do saco do limoeiro na Ilha do Mel, e sua relação com o canal de acesso ao porto de Paranaguá. Dissertação de Mestrado (Geologia Ambiental). UFPR. 73p.
- Berlyn, W. ; Miksche, J.P. (1976) Botanical microtechnique and cytochemistry. Ames, The Iowa State Press, p. 276.
- Boeger, M.R.; Alves, L.C., Negrelle, R.R.B. (1998) Variações morfo-anatômicas dos folíolos de *Tapirira guianensis* Aubl. em relação a diferentes estratos da floresta. *Biotemas* 11, 27-38.
- Boeger, M.R.; Wisniewski, C. (2002) Estrutura e teores de nutrientes foliares de seis espécies arbóreas ao longo de um gradiente sucessional da planície litorânea do estado do Paraná, Brasil. *Iheringia* 57, 243-262.
- Boeger, M.R.T.; Wisniewski, C. (2003). Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. *Revista Brasil. Bot.* 26, 61-72.
- Boeger, M.R.T.; Alves, L.C.; Negrelle, R.R.B. (2004) Leaf Morphology of 89 Tree Species from a Lowland Tropical Rain Forest (Atlantic Forest) in South Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47, 933-943.
- Coley, P. D.; Kursar, T. A.; Machado, J. L. (1993). Colonization of Tropical rain forest leaves by epiphylls: effects of site and host plant leaf lifetime. *Ecology* 74, 619-623.
- Duke, J. A. (1965) keys for identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. *Ann. Miss. Bot. Gard.* 52, 314 – 350.
- Edwin, G. ; Reitz, P. R. (1967) Aquifoliaceae - Flora Ilustrada Catarinense. Ed. Reitz, P.
- Figueiredo, J. C. (1954). Contribuição à geografia da Ilha do Mel (Litoral do Paraná). Tese de Doutorado (Geografia). UFPR. 181p.
- Fleining, M. (1967) Anacardiaceae - Flora Ilustrada Catarinense. Ed. Reitz, P.

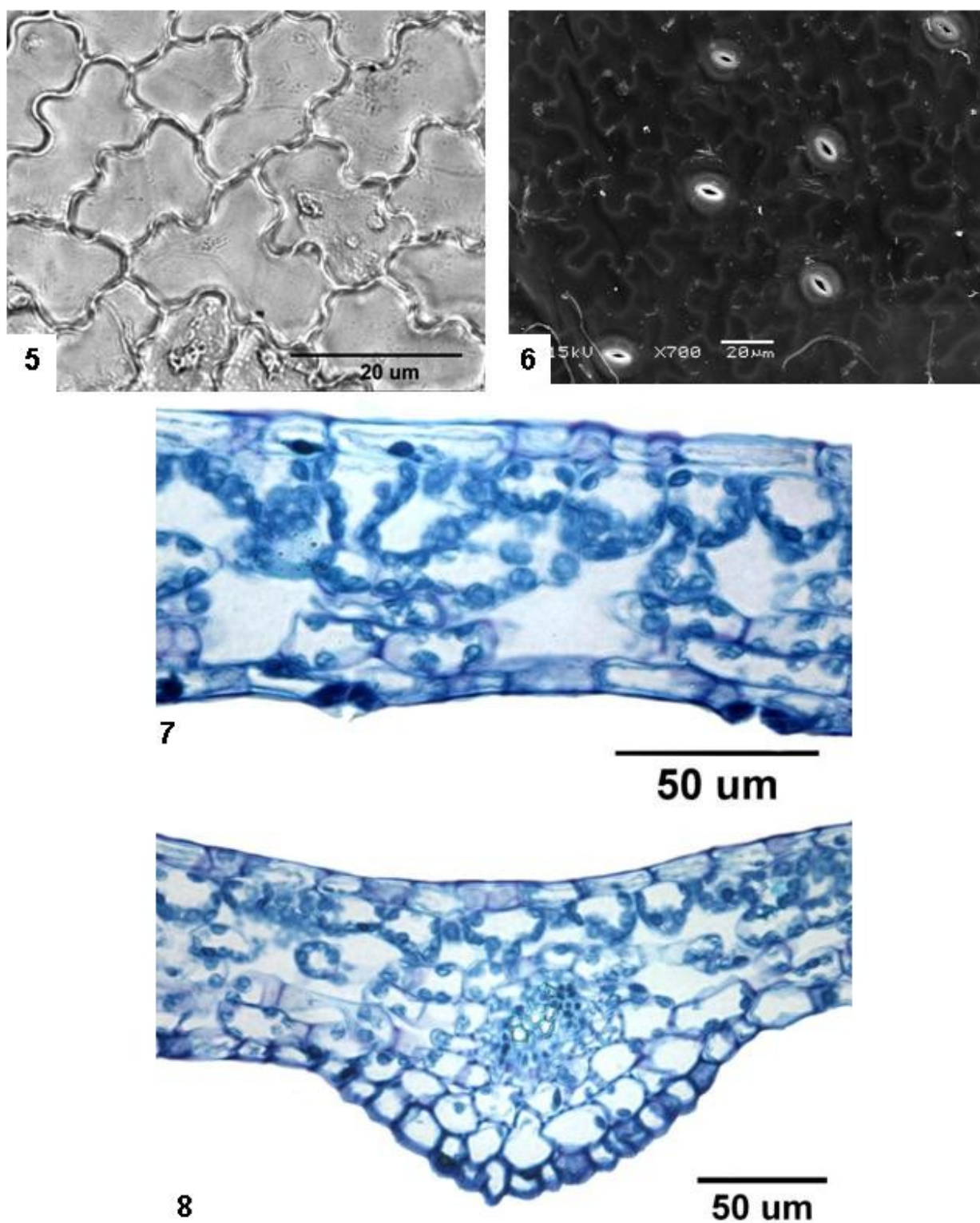
- Fritz, R.S.; Hochwender, C.G.; Lewkiewicz, D. A.; Bothwell, S.; Orians, C.M. (2001) Seedling herbivory by slugs in a willow hybrid system: developmental changes in damage, chemical defense, and plant performance. *Oecologia* 129, 87–97.
- Garwood, N. C. (1996) Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SWAINE, M. D. The ecology of tropical forest tree seedlings. Unesco – Parthenon publishing. Paris. 457p.
- Gerlach, D. (1984) Botanische mikrotechnik. Stuttgart, Georg Thieme Verlag, p. 244.
- Gomes, M. (2003). Reavaliação taxonômica de algumas espécies dos gêneros *Coussarea* Aubl. e *Faramea* Aubl. (Rubiaceae, tribo Coussareae). *Acta Bot. Bras.* 17 .
- Hanley, M. E.; Lamont, B. B. (2001) Herbivory, serotiny and seedling defence in Western Australian Proteaceae. *Oecologia* 126, 409–417.
- Hanley, M.E.; Lamont, B.B. (2002) Relationships between physical and chemical attributes of congeneric seedlings: how important is seedling defence? *Functional Ecology* 16, 216–222.
- Hopkins, H.C.F. (1986) *Parkia* (Leguminosae: Mimosoideae). *Flora Neotropica* 43.
- Ibarra-Manríquez, G.; Ramos, M. M., Oyama, K. (2001) Seedling functional types in lowland rain forest in Mexico. *American Journal of Botany* 88, p. 1801 – 1812.
- Johansen, D.A. (1940). Plant Microtechnique. Mc Graw Hill Book, New York.
- Kaiser, E. (1880) Verfahren zur herstellung einer tadellosen Clycerine-gelatine. *Bot. Zentralb.* 1880, 25-26.
- Kitajima, K. (1992) Relationship between photosynthesis and thickness of cotyledons for Tropical tree species. *Functional Ecology* 6, 582 – 589.
- Kitajima, K. (2002) Do shade-tolerant tropical tree seedlings depend longer on seed reserves? Functional growth analysis of three Bignoniaceae species. *Functional Ecology* 16, 433-444.
- Larcher, W. (2000) *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos, RiMa Artes e Textos, 531 p.
- Marques, M. C. M. (2002) Dinâmica da dispersão de sementes e regeneração de plantas da Planície Litorânea da Ilha do Mel, PR. Tese de Doutorado (Biologia vegetal). UNICAMP – Instituto de Biologia. 145p.
- Marques, M.C.M.; Oliveira, P.E.A.M. (2004) Fenologia de espécies do dossel e do Sub-bosque de duas Florestas de Restinga da Ilha do Mel, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27, 713-723.
- Marques, M. C. M. ; Oliveira, P. E. A. M. (2005) Características reprodutivas das espécies vegetais da planície costeira. In: Márcia Cristina Mendes Marques; Ricardo Miranda de Brites. (Org.). História Natural e Conservação da Ilha do Mel. 1 ed. Curitiba, 169-188.
- Marshall, P. E. ; Kozłowski, T.T. (1976) Importance of photosynthetic cotyledons for early growth of woody angiosperms. *Physiol. Plant.* 37, 336 – 340.

- Medina, E. (1998) Seedling establishment and endurance in tropical forest: ecophysiology of stress during early stages of growth. In: Scarano, F. R.; Franco, A. C (eds). *Ecofisiological strategies of xerophytic and amphibious plants in neotropics. Séries Oecologia Brasiliensis* 4, 23 – 43.
- Miquel, S. (1987) Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestères du Garbon. *Bull. Mus Natn. Hist. Nat.* 1, 101 – 121.
- Moreira, I. R.; Oliveira, D. M. T. (2000) Anatomia comparada dos limbos cotiledonares e eofilares de *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. e *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Fabaceae: Cesalpinioideae). Resumos do 51º congresso Nacional de Botânica 51, 121.
- Moreira, I. R.; Oliveira, D. M. T. (2002) Anatomia comparada dos limbos cotiledonares e eofilares de dez espécies de Cesalpinioideae (Fabaceae). Resumos do 53º congresso Nacional de Botânica 53, 163.
- Mourão, K.S.M.; Pinto, D.D.; Souza, L.A.; Moscheta, I.S. (2002) Morfo-anatomia da plântula e do tirodendro de *Trichilia catigua* A. Juss., *T. elegans* A. Juss. e *T. pallida* Sw. (Meliaceae). *Acta Scientiarum* 24, 601-610.
- O'Brien, T. F.; Feder, N.; McCully, M. E. (1965) Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine bule O. *Protoplasma* 59, 368 –373.
- Paranhos Filho, A. C. (1996) O processo erosivo e as variações morfodinâmicas praias na Ilha do Mel (Baía de Paranguá – PR). Dissertação de Mestrado (Geologia Ambiental). 239 p.
- Paula, A.; Silva, A.F.; Marco Júnior, P. Santos, F.A.M.; Souza, A. L. (2004) Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. *Acta bot. bras.* 18, 407-423.
- PBA - Projeto Básico Ambiental. (2001) Subprograma de Proteção à Flora Programa de Proteção à Fauna e Flora Julho/2001. Projeto de Ampliação da Capacidade Rodoviária das Ligações com os Países do MERCOSUL BR-101 Florianópolis (SC) - Osório (RS).
- Primack, R. B. (1990) Seed physiology, seed germination and seedling ecology – commentary. In: BAWA, K. S.; HADLEY, M. (eds) *Reproductive ecology of tropical forest plants. Man and the biosphere series*, 7, 233 – 236. UNESCO, Paris and Parthenon. Paris, França.
- Ressel, K.; Guilherme, F. A. G.; Schiavini, I; Oliveira, P. E. (2004) Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Revista Brasil. Bot.* 27, 311-323.
- Sass, J. E. (1951) *Botanical microtechnique* 2ª ed. Ames. The Iowa State College Press, p. 98.
- Scheeren, L.W.; Fleig, F.D.; Schneider, P.R.; Finger, C.A.G. (2003) Crescimento de canela-lageana, *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees, na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal* 13,137-144.
- Scott, R.C.; Smith, D.L. (1998) Cotyledon architecture and anatomy in the Acacieae (Leguminosae: Mimosoideae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 128,15-44.

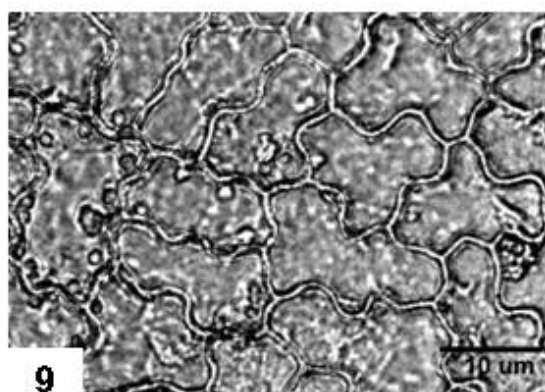
- Silva, S. M. ; Britez, R. M. (2005) A Vegetação da Planície Costeira. In: Márcia C. M. Marques; Ricardo Miranda Britez. (Org.). História Natural e Conservação da Ilha do Mel. Curitiba, 49-84.
- Smith, W.K., Vogelmann, T.C., Delucia, E.H., Bell, D.T. & Shepherd, K.A. (1997) Leaf form and photosynthesis: Do leaf structure and orientation interact to regulate internal light and carbon dioxide? *Bioscience* 47, 785-793.
- Souza, L. A.; Oliveira, J. H. G. (2004) Morfologia e anatomia das plântulas de *Tabebuia avellanedae* Lor. Ex Griseb e *T. chrysotricha* (Mart. ex Dc.) Standl. (Bignoniaceae). *Acta Scientiarum* 26, 217-226.
- Souza, L. A. (2003) Morfologia e anatomia vegetal (célula, tecidos, órgãos e plântula). Ponta Grossa: Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2004) Fisiologia Vegetal. 3°. ed. Porto Alegre: Artmed.
- Vogelmann, T.C., Nishio, J.N. & Smith, W.K. (1996). Leaves and light capture: light propagation and gradients of carbon fixation within leaves. *Trends in Plant Science* 1, 65-70.



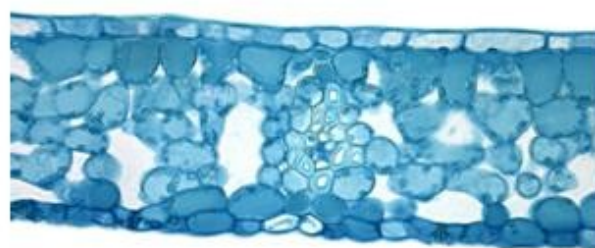
Figuras 1 a 4: Eofilo de *Faramaea marginata*. 1. Face adaxial da epiderme em vista frontal. 2. Eletromicrografia em M.E.V da face abaxial da epiderme. 3. Região mediana do limbo eofilar em secção transversal. 4. Secção transversal da nervura central.



Figuras 5 a 8: Eofilo de *Ilex pseudobuxus*. 5. Face adaxial da epiderme em vista frontal. 6. Eletromicrografia em M.E.V da face abaxial da epiderme. 7. Região mediana do limbo eofilar em secção transversal. 8. Secção transversal da nervura central.

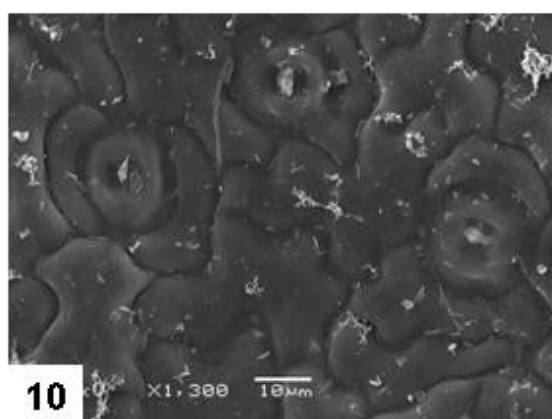


9



12

50 μm



10

X1,300 10 μm



11

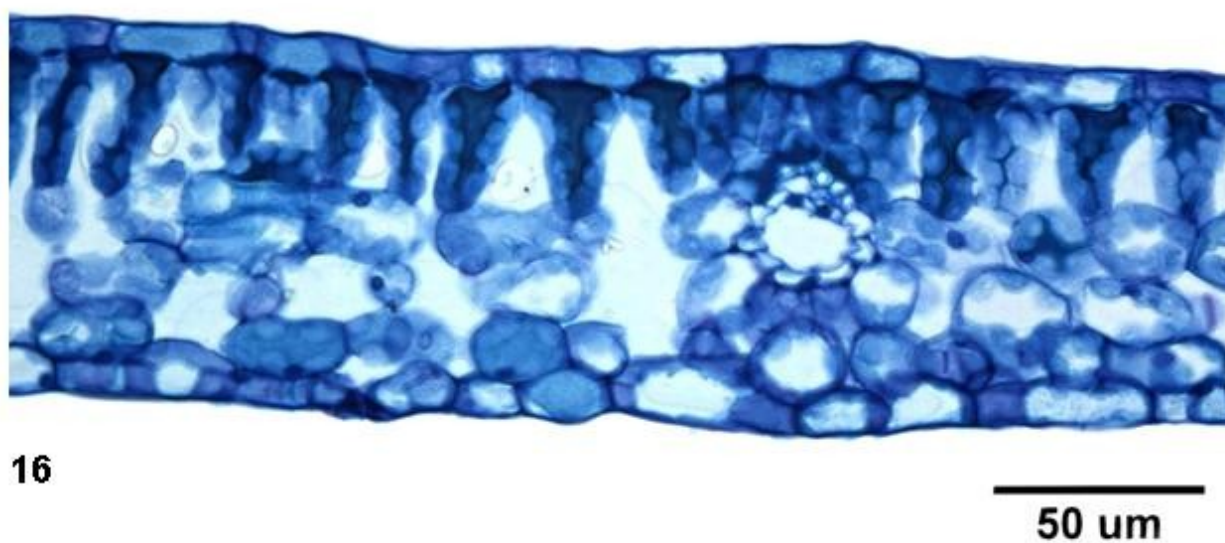
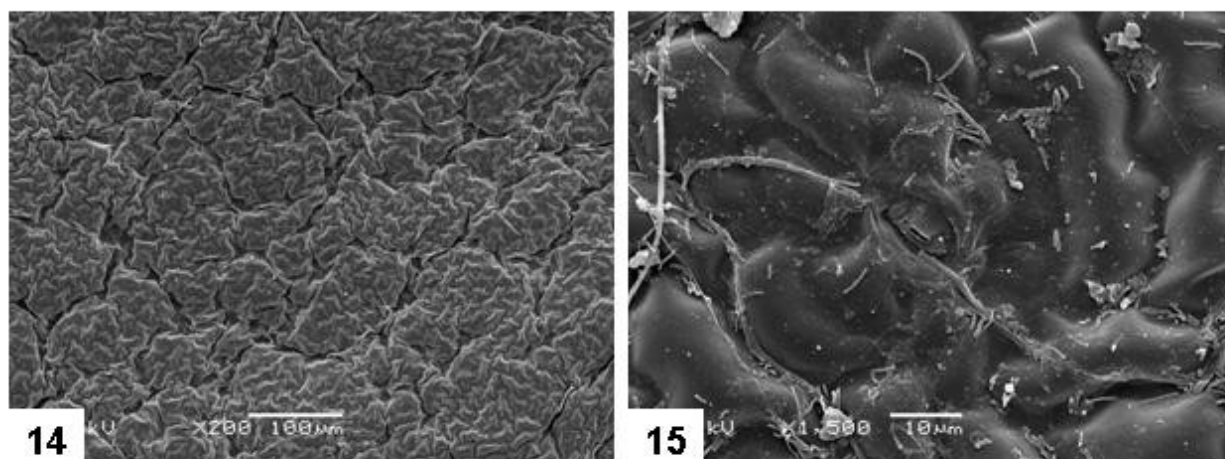
X1,500 10 μm



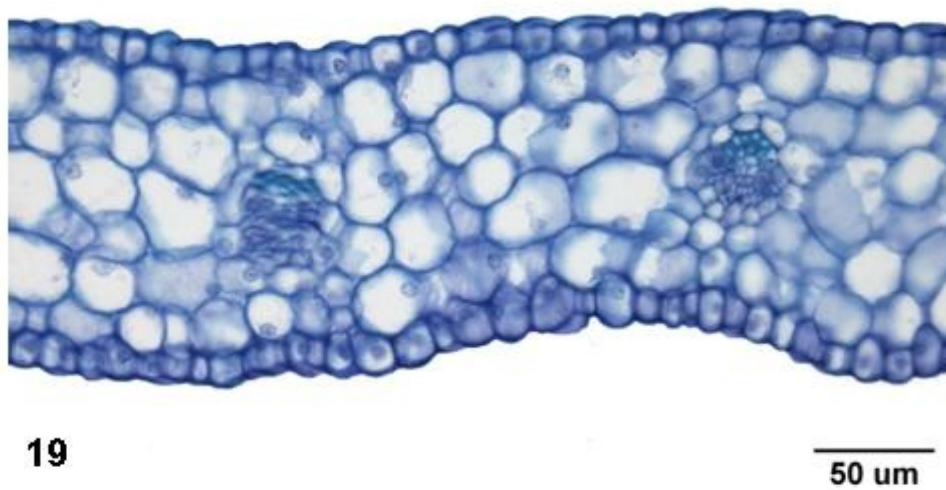
13

100 μm

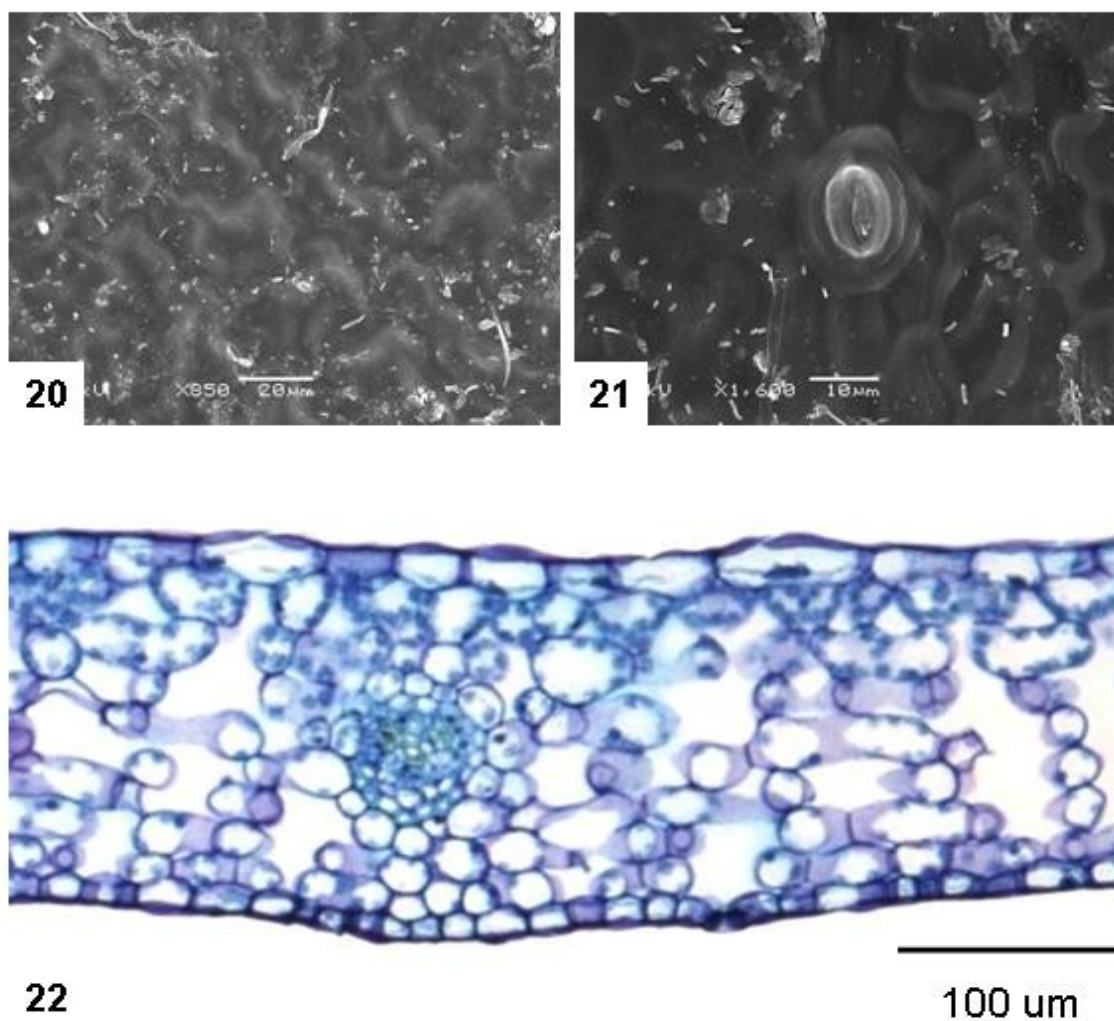
Figuras 9 a 13: Eofilo de *Ocotea pulchella*. 9. Face adaxial da epiderme em vista frontal. 10. Eletromicrografia M.E.V da face abaxial da epiderme. 11. Eletromicrografia em M.E.V evidenciando detalhe dos tricomas tectores ocorrentes na região da nervura central. 12. Região mediana do limbo eofilar em secção transversal. 13. Secção transversal da nervura central.



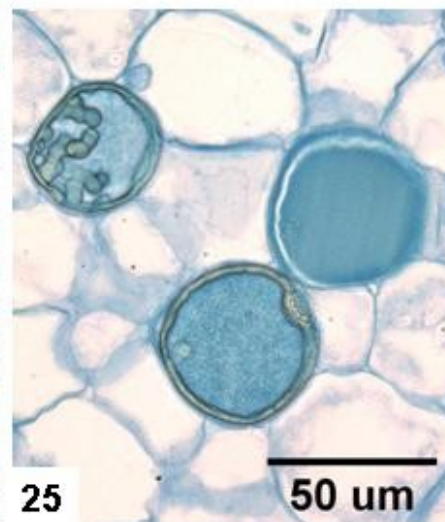
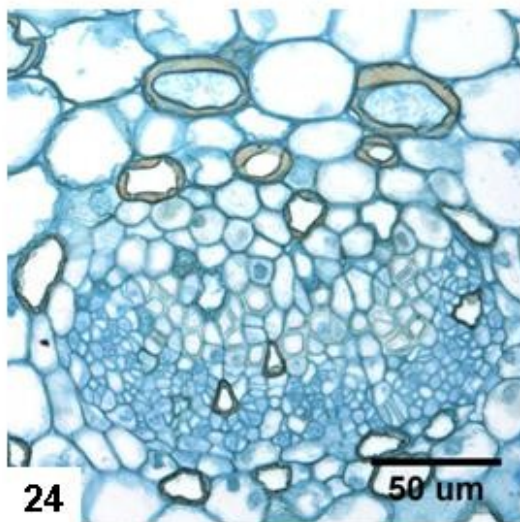
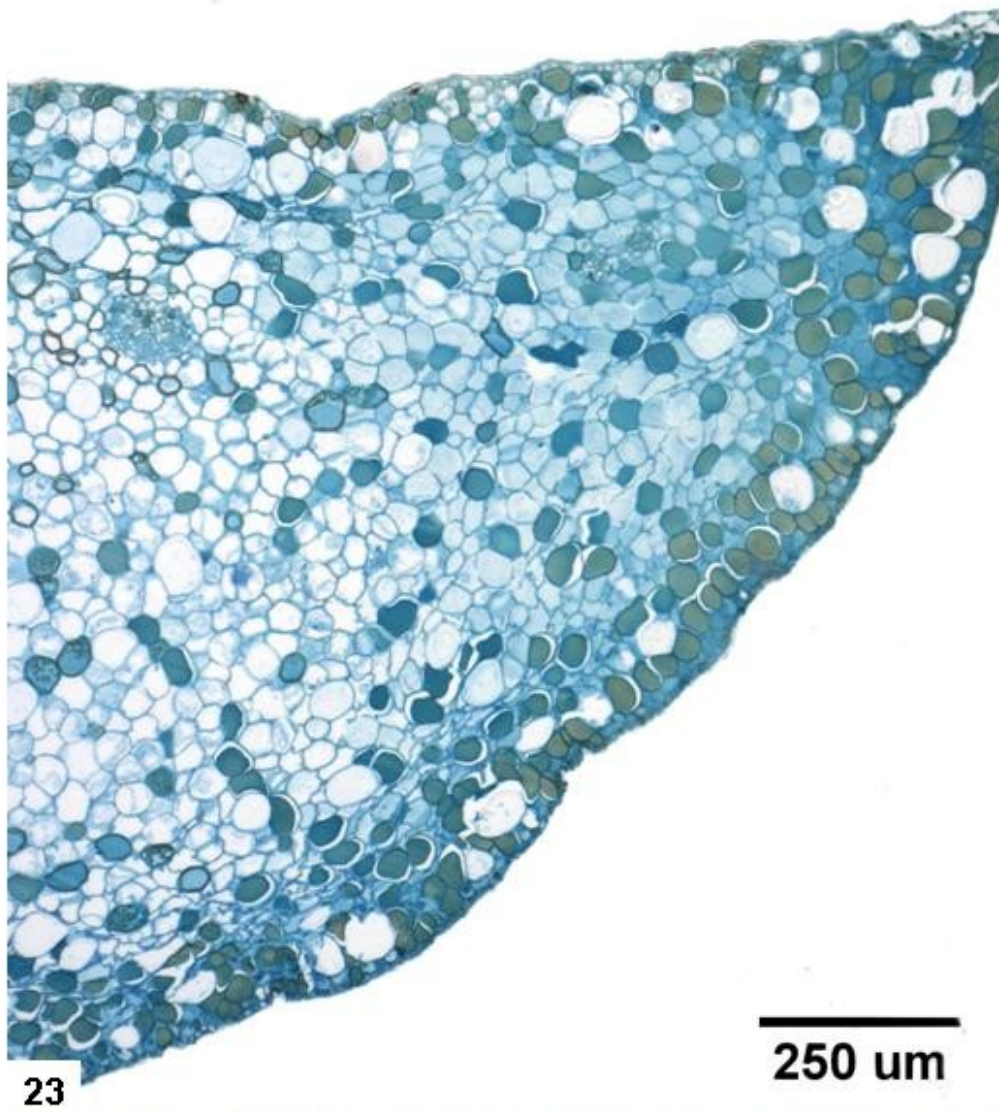
Figuras 14 a 17: Eofilo de *Tapirira guianensis*. 14. Eletromicrografia em M.E.V da face adaxial da epiderme. 15. Eletromicrografia em M.E.V da face abaxial da epiderme. 16. Região mediana do limbo eofilar em secção transversal. 17. Secção transversal da nervura central.



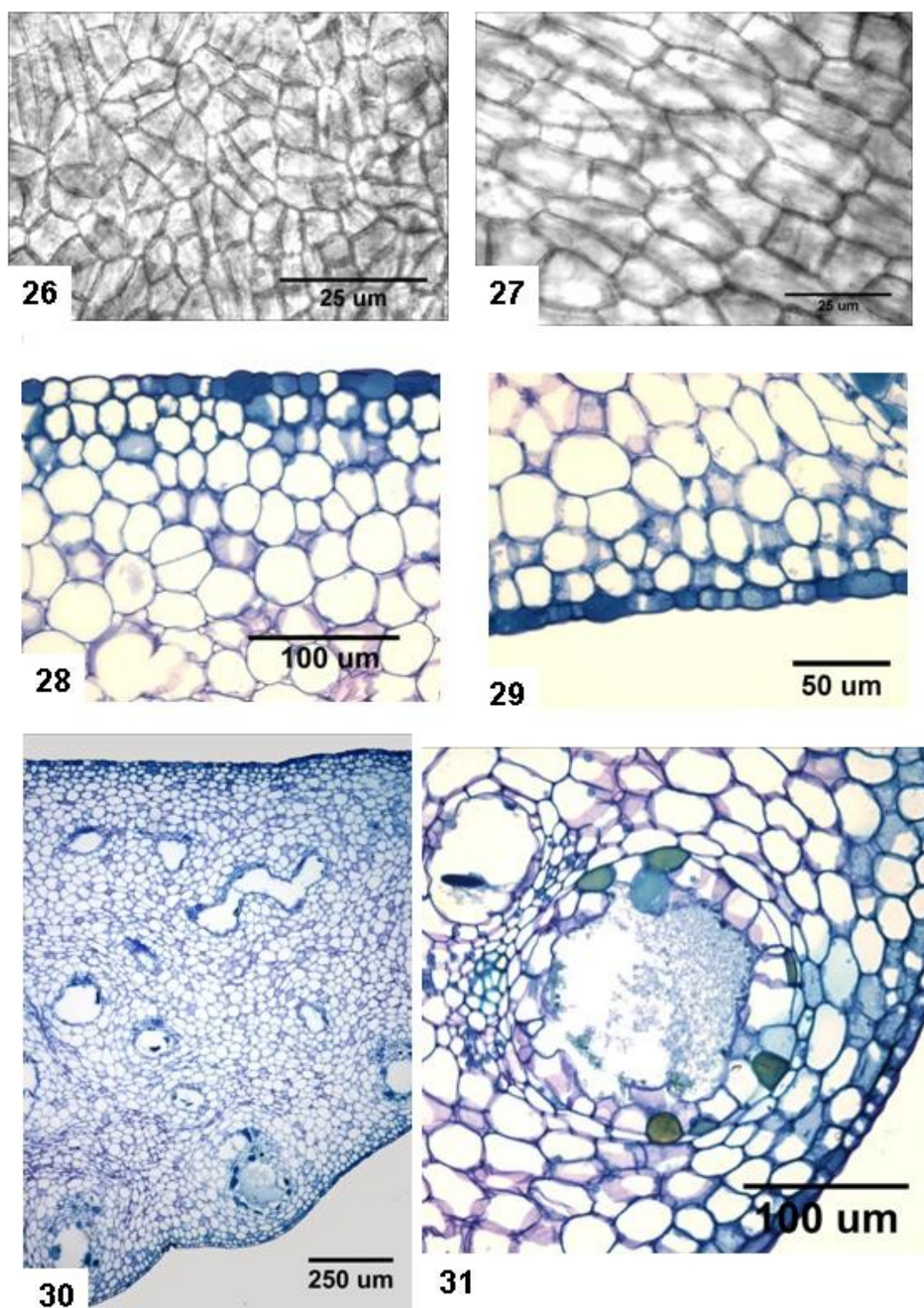
Figuras 18 e 19: Cotilédone de *Faramaea marginata*. 18. Secção transversal do cotilédone. 19. Secção transversal mostrando detalhe do cotilédone.



Figuras 20 a 22: Cotilédone de *Ilex pseudobuxus*. 20. Eletromicrografia em M.E.V da face adaxial da epiderme. 21. Eletromicrografia em M.E.V da face abaxial da epiderme. 22. Secção transversal do limbo cotiledonar evidenciando feixe vascular de maior calibre.



Figuras 23 a 25: Cotilédone de *Ocotea pulchella*. 23. Secção transversal do limbo cotiledonar. 24. Detalhe do feixe vascular de maior calibre. 25. Detalhe das células contendo substâncias de reserva.



Figuras 26 a 31: Cotilédone de *Tapirira guianensis*. 26. Face adaxial da epiderme cotiledonar em vista frontal. 27. Face abaxial da epiderme cotiledonar em vista frontal. 28. Face adaxial da epiderme cotiledonar em secção transversal. 29. Face abaxial da epiderme cotiledonar em secção transversal. 30. Secção transversal do limbo cotiledonar. 31. Detalhe dos feixes vasculares associados ao ducto.

**CAPÍTULO 2 – RELAÇÕES MORFOMÉTRICAS E FUNCIONALIDADE DE
PLÂNTULAS DE QUATRO ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ATLÂNTICA DO
SUL DO BRASIL**

Relações morfométricas e funcionalidade de plântulas de quatro espécies arbóreas da Floresta Atlântica do sul do Brasil.

Letícia Estela Cavichiolo¹, Maria Regina Torres Boeger^{1,2}, Márcia Cristina Mendes Marques²

1 – Programa de Pós-Graduação em Botânica, Departamento de Botânica, SCB, UFPR, Caixa Postal 19031, CEP 81531.990, Curitiba, PR.

2 - Departamento de Botânica, Caixa Postal 19031, SCB, UFPR, 81531.990, Curitiba, PR.

ABSTRACT

*The seedling stage, which begins with the germination of the seed and ends with the appearance of the first pair of eophylls, represents one of the most fragile stages of the plant life cycle. The success in the transposition of this phase depends on morpho-functional adaptations, that could favor the establishment of the plant in some environmental conditions. Based on the degree of exposition, position, and function of the cotyledons, seedlings can be classified in the types phanerocotylar-epigeal-foliaceous (PEF), phanerocotylar-epigeal-of reserve (PER), phanerocotylar-hypogeal-of reserve (PHR), cryptocotylar-hypogeal-of reserve (CHR), and cryptocotylar-epigeal-of reserve (CER). While these variations can have an adaptative meaning, little is known about the implications of such morphologies. In the present study, morphologic parameters (leaf area and leaf dry mass, specific leaf area (AEF), stomata density, and thickness of eophyllars and cotyledonars tissues) of representative of the four morpho-functional seedling types of the Restinga Forest was analyzed. The seedlings were collected in the Mel Island (PR), part of the Atlantic Forest (BR) and belong to the following species: *Ilex pseudobuxus* - Aquifoliaceae - PEF; *Tapirira guianensis* - Anacardiaceae - PER; *Ocotea pulchella* - Lauraceae - CHR; *Faramea marginata* - Rubiaceae - CER). The study verified if the relationship between seedling size and photosynthetic efficiency can explain the morpho-functional differences and seedling occurrence in a same environment. The results showed that the morpho-functional type PEF differs more significantly from the others seedling types. Although the PEF type shows smaller eophylls, its characteristics suggests that they are efficient in the capture of light and gas exchange; seedlings classified as PEF have thin eophylls and cotyledons, stomata and high chlorophyll concentration, characteristics that are required for photosynthesis in environments with diffuse light, as the Restinga Forest. The results indicate, also, that the investigated species can be distributed functionally in two groups (photosynthetic or reserve), characterized by different sources of energy (light or cotyledon reserves) in a same environment, with similar contribution on its growth and survival in the first stages of development in each morpho-functional seedling type.*

Key-words: seedling types, functional morphology, Restinga Forest, reserve, photosynthesis.

INTRODUÇÃO

Nos vegetais fanerógamos, o estágio plântula, compreendido entre a germinação da semente e o aparecimento do primeiro par de eófilos (SOUZA, 2003), é efêmero, frágil e representa uma das etapas mais vulneráveis do ciclo de vida da planta (MÍQUEL, 1987). O sucesso na transposição desta fase depende de fatores como as adaptações morfológicas e funcionais, que poderiam favorecer o estabelecimento em determinadas situações ambientais (GARWOOD, 1996).

MÍQUEL (1987) e GARWOOD (1996) consideram que as plântulas podem ser diferenciáveis de acordo com a exposição dos cotilédones (fanerocotiledonares e criptocotiledonares), suas posições na plântula, (epigeais ou hipogeais) e funções (fotossintetizantes e de reserva). Plântulas do tipo fanerocotiledonar epigeal foliáceo (PEF) caracterizam-se por apresentar cotilédones expostos do tegumento da semente, foliáceos fotossintetizantes e localizados acima do nível do solo. O tipo fanerocotiledonar epigeal de reserva (PER) apresenta cotilédones localizados acima do nível do solo, mas apresentando função de reserva. Plântulas do tipo fanerocotiledonar hipogeal de reserva (PHR) possuem cotilédones localizados abaixo ou ao nível do solo e apresentam função de reserva. O tipo criptocotiledonar hipogeal de reserva (CHR) é caracterizado por plântulas com a presença de cotilédones encerrados no tegumento da semente, localizados abaixo ou ao nível do solo e com função de reserva. Já as plântulas do tipo criptocotiledonar epigeal de reserva (CER) possuem cotilédones encerrados no tegumento da semente, localizados acima do nível do solo e com função de reserva.

A adequação morfológica das plântulas às condições ambientais pode interferir no sucesso reprodutivo de uma espécie (GARWOOD, 1996), sendo que o estabelecimento das plântulas é necessário para completar o ciclo de vida de populações vegetais (IBARRA-MANRÍQUEZ, et al 2001). Esta morfologia inicial varia de acordo com a espécie e desempenha funções determinantes nos processos de desenvolvimento e estabelecimento das plântulas de espécies arbóreas, participando efetivamente no aumento das suas chances de sobrevivência. Após este período, as plântulas passam a depender diretamente do meio em que se estabeleceram, de acordo com as características morfológicas que desenvolveram (RESSEL et al, 2004).

As chances do estabelecimento das plântulas dependem de processos como a produção de folhas e crescimento radicular, que são limitados por fatores físico-químicos como a umidade, luz e características do solo (MEDINA, 1998) e aumentam com a disponibilidade de recursos oriundos de sementes ricas em reservas, o que, por sua vez, é decisivo para a dinâmica populacional (KIDSON & WESTOBY, 2000). Existe uma correlação positiva entre o tamanho da semente e a biomassa da plântula formada (KENNEDY et al, 2004). Plântulas oriundas de sementes maiores tendem a sobreviver melhor sobre condições ambientais estressantes (isoladas ou associadas), mobilizando seus recursos metabólicos

para a formação de estruturas fotossinteticamente funcionais para a plântula (KIDSON & WESTOBY, 2000).

Os tipos morfofuncionais diferem em abundância nas comunidades tropicais (MIQUEL, 1987; MOREIRA & MOREIRA, 1996; RESSEL, 2000; IBARRA-MANRÍQUEZ, et al 2001), sugerindo que pressões seletivas semelhantes podem estar agindo na determinação dos diferentes tipos morfo-funcionais de plântulas (RESSEL, 2004).

Diferentes tipos morfológicos de plântulas implicam em diferentes funcionalidades ecológicas das mesmas, devido a variações na absorção de luz e proteção dos tecidos nutritivos, os quais influenciam no crescimento e no estabelecimento das plantas (DUKE, 1965; KITAJIMA, 1992; MARQUES & OLIVEIRA, 2005). Tipos de plântulas que são melhor adaptadas a determinadas condições ambientais, como luz, umidade, temperatura, além da herbivoria, poderiam permitir a coexistência de muitas espécies arbóreas em florestas tropicais pela variedade de especializações de nichos de estabelecimento (PRIMACK, 1990).

Uma das características que conferem diferentes funcionalidades às plântulas são os cotilédones, que podem possuir a função de absorver recursos maternos antes da germinação e de transferir materiais de reserva (lipídios, minerais e carboidratos) para o seu crescimento, após a germinação (KITAJIMA, 1992; KITAJIMA, 1994). Ainda podem apresentar função de fotossíntese nas espécies em que os cotilédones emergem do tegumento da semente (KITAJIMA, 1992), atuando de modo muito importante para o crescimento inicial das plântulas (MARSHALL & KOZLOWSKI, 1976; KITAJIMA, 1992).

Os cotilédones mais espessos tendem a apresentar as menores taxas fotossintéticas em plântulas tropicais (KITAJIMA, 1992). As espécies com cotilédones mais adaptados à fotossíntese desenvolvem mais cedo o hipocótilo e suas raízes, enquanto que as espécies com cotilédones menos adaptados à fotossíntese produzem folhas mais rapidamente (LOVELL & MOORE, 1971), onde as plântulas que se desenvolvem em ambientes mais iluminados tendem a apresentar uma maior razão entre partes hipógeas/epígeas do que as plantas que se desenvolvem em ambientes mais sombreados (POPMA & BONGERS, 1988). Quando as plântulas apresentam altas taxas de crescimento relativo em ambientes bem iluminados, tendem a apresentar o mesmo padrão em ambientes mais sombreados (KITAJIMA, 1994).

MARQUES & OLIVEIRA (2005) observaram que as plântulas PEF representavam 57% das 195 espécies estudadas na Ilha do Mel. Na floresta de restinga, 59% das espécies apresentavam plântulas fotossintetizantes e 41% de outros tipos de plântulas (PER, CHR, CER e CHR), enquanto que em fitofisionomias mais abertas, a porcentagem de espécies com plântulas PEF foi maior, cerca de 77%.

Estudos morfológicos entre os tipos morfofuncionais de plântulas são escassos. Entre os estudos morfológicos existentes, como os de MARQUES & OLIVEIRA (2005), RESSEL (2004), GARWWOD

(1996), POPMA & BONGERS (1988) e MÍQUEL (1987), não há relação das características morfológicas como área, espessura e concentrações de clorofila, de maneira conjunta, com a funcionalidade dos órgãos das plântulas, o que é importante para compreender a ocorrência de diferentes tipos morfofuncionais numa floresta tropical. Neste contexto, o presente trabalho investigou comparativa e quantitativamente a morfologia dos limbos cotiledonares e eofilares de plântulas de quatro espécies arbóreas abundantes e representativas da Floresta Atlântica, com o objetivo de verificar se as relações entre tamanho (área, espessura, altura da plântula) e eficiência fotossintética (densidade estomática, concentração de clorofila) podem explicar as diferenças morfofuncionais e a ocorrência das plântulas em um mesmo ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Para o estudo das plântulas foram utilizadas espécies ocorrentes em florestas de restinga, fitofisionomia associada à Floresta Atlântica, que ocorre em quase todo litoral brasileiro (SILVA & BRITTEZ, 2005). Tais florestas são caracterizadas por ocorrerem sobre um solo pobre, com uma espessa camada de serapilheira (SILVA & BRITTEZ, 2005). A diversidade florística é relativamente baixa em comparação a outras fisionomias da Floresta Atlântica (SILVA et al, 1993; SILVA & BRITTEZ, 2005).

As plantas foram coletadas na Ilha do Mel, localizada no município de Paranaguá, PR (25°29'25"34'32"S e 48°17'15"/48°23'16"W). A ilha possui cerca de 2760 há, localiza-se aproximadamente a 4 Km do continente e está 1 m acima do nível do mar (FIGUEIREDO, 1954). Trata-se de um local que abriga algumas das mais importantes áreas de preservação permanente do sul do Brasil (BRITTEZ & MARQUES, 2005).

ESPÉCIES ESTUDADAS

Baseando-se no estudo prévio que avaliou e quantificou os tipos de plântulas na Ilha do Mel (MARQUES & OLIVEIRA, 2005) foram escolhidas quatro espécies mais representativas das Florestas de Restinga: *Faramea marginata* Cham. (Rubiaceae) que ocorre preferencialmente em locais sombreados (GOMES, 2003) e floresce na Ilha do Mel no período de dezembro a fevereiro, com produção de frutos maduros entre os meses de fevereiro e setembro (MARQUES & OLIVEIRA, 2005). A plântula é do tipo criptocotiledonar epigeal de reserva – CER. *Ocotea pulchella* Mart. (Lauraceae) é uma espécie secundária inicial (PAULA et al., 2004) encontrada nas florestas das planícies quarternárias úmidas do litoral (SCHEEREN et al. 2003). É uma planta heliófita, seletiva higrófila (PBA-SC, 2001) com folhas simples.

Ocorre desde o Espírito Santo e Minas Gerais até o Rio Grande do Sul e em todas as fitofisionomias da Ilha do Mel. As plântulas são do criptocotiledonar hipogea de reserva – CHR. *Ilex pseudobuxus* Reiss. (Aquifoliaceae) é uma espécie heliófita, seletiva higrófila (EDWIN & REITZ, 1967), característica e quase exclusiva da vegetação das restingas. Na Ilha do Mel, a floração ocorre no período de novembro a fevereiro e a frutificação de dezembro à maio (MARQUES & OLIVEIRA, 2005). As plântulas são do tipo fanerocotiledonar epigeal de foliáceo – PEF. *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae) é uma espécie esciófita ou de luz difusa enquanto jovem e heliófita quando adulta, podendo ser xerófila quando muito abundante (FLEINING, 1967). Possui folhas compostas. Ocorre em todo o território brasileiro, preferencialmente em terrenos úmidos (LORENZI, 1998), sendo uma árvore característica e exclusiva da Floresta Atlântica (planície sub-montana) e das Florestas de restinga. As plântulas são do tipo fanerocotiledonar epigeal de reserva – PER .

METODOLOGIA

Trinta e seis plântulas com aproximadamente um mês desde a emergência e trinta sementes oriundas de frutos maduros e recém dispersos das quatro espécies estudadas, foram coletadas na Floresta de Restinga para análise das características morfológicas e concentração de clorofila. As plântulas foram comparadas e identificadas por meio de coleções de referência.

As plântulas coletadas foram umedecidas, acondicionadas em sacos plásticos e transportados para o laboratório, onde foram destacados seus eofilos e cotilédones. Para cada espécie, as seguintes características morfológicas foram analisadas: altura da plântula (cm), massa seca da semente (mg), massa seca foliar (mg), área foliar (cm²), área específica foliar (AEF, cm².g⁻¹), densidade estomática (n^o.mm⁻²); espessura do mesofilo, do parênquima paliçádico e do parênquima esponjoso (µm); clorofila total, a e b (nmol.g⁻¹) para os eofilos e cotilédones.

A altura das plântulas foi determinada com auxílio de régua milimetrada. A massa seca das sementes foi determinada através de 30 sementes secas em estufa a 50°C até atingirem peso constante, posteriormente pesadas em balança analítica de precisão. Para a análise da massa seca foliar e área foliar, 30 eofilos e cotilédones (quando foliáceos) foram prensados entre papel jornal e desidratados em estufa a 50°C até atingirem massa constante para a mensuração de suas massas secas em balança analítica de precisão. Posteriormente, a área foliar foi estimada através da imagem digitalizada dos limbos em “scanner” de mesa acoplado à computador, pelo programa SigmaPro Versão 5.0 (SSPS Inc. Chicago, IL. USA - 1995). A partir dos dados de área foliar e massa seca foi calculada a área específica foliar (AEF), estimada pela seguinte fórmula: $AEF = \text{área do limbo (cm}^2\text{)} / \text{massa seca (g)}$, segundo WITKOWSKI e LAMONT (1991).

Para estimar a densidade estomática, foi utilizada a modelagem com esmalte incolor da epiderme na região do terço médio dos cotilédones e eofilos. A contagem do número de estômatos situados em dez campos por efilo/cotilédone, numa área de 1mm², foi realizada em microscópio fotônico com câmara clara acoplada.

Os limbos cotiledonares e eofilares foram previamente fixados em FAA 70 (etanol 70%, formaldeído e ácido acético 18:1:1 v/v) e armazenados em álcool 70° (JOHANSEN, 1940). Para a confecção de lâminas semipermanentes, as amostras foram incluídas em suportes de isopor e seccionados à mão livre com auxílio de lamina da barbear. As secções transversais obtidas foram clarificadas em hipoclorito de sódio 20% até a despigmentação, lavadas duas vezes em água destilada, uma vez em água acidulada 10%, e novamente lavados em água destilada. Após o processo de clarificação, as secções foram coradas com azul de toluidina 0,1 M em tampão fosfato (O' BRIEN et al., 1965) ou azul de astra e fucsina básica (ALVES DE BRITO & ALQUINI, 1996) e montadas em gelatina glicerinada (KAISER, 1880). Demais técnicas de coloração foram testadas, como reagentes para detecção de amido, compostos fenólicos e lipídios (Lugol, Cloreto Férrico e Sudam III), respectivamente. Os tecidos componentes do limbo eofilares foram mensurados em microscópio fotônico acoplado a uma ocular micrometrada, para uma amostra de 15 eofilos.

Para a quantificação da concentração de clorofila, as amostras de cotilédones e eofilos das espécies estudadas foram embaladas em papel alumínio no local de coleta, acondicionadas em caixa de isopor com gelo e em seguida transportadas para o laboratório. Para a quantificação dos pigmentos foliares (clorofila a, clorofila b e clorofila total), foi efetuada a extração com acetona 80%, centrifugação do extrato em 2500rpm e leitura de absorbância no espectrofotômetro Hitachi modelo U-2001 (Hitachi, Inc., São Francisco, Ca, USA). Nos dados obtidos, foram aplicados os coeficientes de extinção determinados por PORRA et al. (1989).

Buscando estabelecer uma relação entre as características morfológicas e eficiência fotossintética foram calculadas as seguintes razões: área do efilo/altura da plântula, espessura do parênquima paliádico/parênquima esponjoso, densidade estomática/área do efilo, concentração total de clorofila da plântula (concentração de clorofila dos eofilos + concentração de clorofila dos cotilédones) e área total fotossintetizante da plântula (área eofilar + área cotiledonar). A partir dos dados de área, massa seca e espessura do efilo, foi calculada a densidade foliar (g.mm⁻³), estimada através da fórmula: (massa seca foliar/área foliar) x (1/espessura foliar total).

As médias e respectivos erros-padrão foram calculadas para todas as características morfológicas quantitativas e comparadas pela análise de variância (ANOVA) e do teste de Tukey com auxílio do *software* Statistica versão 6.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA 1998). Em todos os casos assumiu-se $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

Os valores médios das características morfológicas dos eofilos e dos cotilédones variaram entre as espécies (figura 1). Dentre todos os tipos morfo-funcionais, o tipo PEF de *Ilex pseudobuxus* se destacou por apresentar eofilos com valores médios significativamente diferentes dos demais tipos de plântulas para todas as características analisadas, com exceção da concentração de clorofila total, *a* e *b*; da razão entre parênquima paliçádico/lacunoso e densidade eofilar. A AEF não diferiu significativamente entre os tipos de plântulas. (Tabela 1, figuras 2 a 8).

O tipo PEF apresentou eofilos com os maiores valores médios para as seguintes variáveis: densidade estomática, razão densidade estomática/área foliar, razão densidade estomática/espessura do mesofilo, espessuras do mesofilo, do parênquimas paliçádico e esponjoso e concentração de clorofila total da plântula (Tabela 1, figuras 5 e 6). O tipo morfofuncional PEF apresentou eofilos com os menores valores médios para a área foliar, massa seca foliar, razão área foliar/altura da plântula e área fotossintetizante total da plântula (Tabela 1, figuras 2 e 8).

O tipo morfofuncional PER é caracterizado por possuir eofilos com maiores valores médios para a área foliar, massa seca foliar, concentração de clorofila total, *a* e *b*, razão área foliar/altura da plântula, razão parênquima paliçádico/esponjoso e área fotossintetizante total da plântula. Não diferiu significativamente do tipo PEF quanto a espessura do parênquima paliçádico e a concentração de clorofila total da plântula, cujos maiores valores médios foram observados nas plântulas PER e PEF (Tabela 1, figuras 2 e 8). Os eofilos do tipo PER obtiveram os menores valores médios para a espessura do mesofilo e do parênquima esponjoso, que não diferiu estatisticamente das plântulas CER (Tabela 1).

O tipo CER não diferiu significativamente do tipo PER, quanto aos maiores valores médios de massa seca da semente e densidade eofilar. Em contraste ao tipo morfofuncional PEF, o tipo CER apresentou valores menores para a maioria das características analisadas: densidade estomática, razão densidade estomática/espessura, razão densidade estomática/área eofilo e concentração de clorofila total da plântula. Juntamente ao tipo PER, apresentou os menores valores médios para a espessura do mesofilo. Não diferiu significativamente do tipo CHR para espessura do parênquima paliçádico e esponjoso, razão parênquima paliçádico/esponjoso e concentração de clorofila total, *a* e *b*, cujos menores valores ocorreram nas plântulas CER e CHR.

As plântulas do tipo CHR apresentaram eofilos com características semelhantes às plântulas do tipo PEF e CER. O tipo CHR não diferiu significativamente do tipo PEF quanto à espessura do mesofilo e espessura do parênquima esponjoso, sendo que esses tipos de plântulas apresentaram os maiores valores médios. Juntamente ao tipo PEF, o tipo CHR obteve os menores valores médios para *a* e densidade eofilar. O tipo CHR não diferiu significativamente do tipo CER quanto aos menores valores médios para

concentração de clorofila total, *a* e *b*, razão área eofilar/altura, razão parênquima paliçádico/esponjoso e área fotossintetizante total da plântula (Tabela 1, figuras 2, 3 e 8).

Os valores médios das características morfológicas dos cotilédones variaram entre as espécies investigadas. Somente as plântulas PEF, PER e CHR apresentaram cotilédones que puderam ser removidos, e por esta razão, tiveram a área e a massa seca de seus cotilédones mensurados. Os cotilédones diferiram significativamente entre si, onde o tipo PEF se destacou dos demais tipos por apresentar os maiores valores médios para todas as variáveis quantitativas analisadas, com exceção da massa seca e das espessuras total e do mesofilo, que não diferiram estatisticamente do tipo CER (Tabela 2).

O mesofilo dos cotilédones de todas as espécies investigadas apresenta-se homogêneo, porém o mesofilo do tipo PEF apresentou uma camada celular semelhante ao parênquima paliçádico, composto de células mais alongadas no eixo longitudinal, em secção transversal. Devido a estas características, esta camada de células foi denominada de parênquima uniestratificado adaxial neste estudo e mensurada somente nas plântulas PEF (Tabela 2).

Os cotilédones das plântulas PEF são clorofilados e com presença de estômatos, assemelhando-se morfológica e funcionalmente a uma folha. Esta espécie apresentou valores médios significativamente maiores para as concentrações de clorofila total, *a* e *b* cotiledonares. O tipo PER apresentou os maiores valores médios para espessura total e do mesofilo, não diferindo estatisticamente do tipo CHR. Não apresentou estômatos, assim como os cotilédones das plântulas criptocotiledonares CER e CHR (Tabela 2).

Os menores valores médios para a espessura total e do mesofilo cotiledonar ocorreram nos tipos CER e PEF, que diferiram significativamente. Porém, o CER apresentou os menores valores de concentração de clorofila total, *a* e *b* dentre todos os tipos de plântulas investigados. O tipo CHR apresentou os maiores valores médios para a espessura total e do mesofilo, não diferindo estatisticamente do tipo PER e apresentou valores médios intermediários para as demais características estudadas (Tabela 2).

Tabela 1 – Valores médios (\pm erros-padrão) das características analisadas nos eofilos e sementes de cada tipo morfo-funcional de plântula. Letras diferentes para a mesma variável representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântula (Tukey, $p < 0,05$).

Variáveis/espécie		<i>I. pseudobuxus</i>	<i>T. guianensis</i>	<i>F. marginata</i>	<i>O. pulchella</i>
Tipo morfo-funcional	n	PEF	PER	CER	CHR
Massa seca da semente (mg)	30	3,5 ($\pm 0,09$) c	32,5 ($\pm 0,88$) b	46,1 ($\pm 0,77$) a	38,2 ($\pm 1,22$) b
Área foliar (cm ²)	30	0,33 ($\pm 0,004$) d	2,22 ($\pm 0,11$) a	1,04 ($\pm 0,05$) c	1,6 ($\pm 0,02$) b
Massa seca (mg)	30	1,0 ($\pm 0,04$) d	6,5 ($\pm 0,38$) a	3,24 ($\pm 0,16$) c	5,0 ($\pm 0,16$) b
Área Específica Foliar (cm ² .g ⁻¹)	30	362,1 ($\pm 13,2$) a	364,1 ($\pm 19,92$) a	307,1 ($\pm 8,03$) a	354,9 ($\pm 10,48$) a
Densidade Estomática (n ^o .mm ⁻²)	15	381,2 ($\pm 7,11$) a	231,8 ($\pm 11,9$) c	74,8 ($\pm 2,26$) d	312,9 ($\pm 6,7$) b
Espessura:					
▪ Mesofilo (μ m)	15	83,0 ($\pm 2,67$) a	70,9 ($\pm 1,23$) b	69,3 ($\pm 1,59$) b	80,3 ($\pm 2,38$) a
▪ Parênquima Paliçádico (μ m)	15	31,1 ($\pm 1,3$) a	23,6 ($\pm 0,73$) a	19,8 ($\pm 0,79$) b	24,9 ($\pm 0,76$) b
▪ Parênquima Lacunoso (μ m)	15	52,5 ($\pm 1,82$) ab	41,6 ($\pm 1,03$) c	49,0 ($\pm 1,68$) b	55,4 ($\pm 2,18$) ab
Clorofila total (nmol.g ⁻¹)	6	316,5 ($\pm 29,17$) b	520,7 ($\pm 30,93$) a	123,5 ($\pm 8,48$) c	130,1 ($\pm 21,67$) c
Clorofila <i>a</i> (nmol.g ⁻¹)	6	245,5 ($\pm 17,64$) b	396,5 ($\pm 19,41$) a	90,0 ($\pm 5,89$) c	94,1 ($\pm 15,55$) c
Clorofila <i>b</i> (nmol.g ⁻¹)	6	71,0 ($\pm 13,75$) b	124,2 ($\pm 11,8$) a	33,5 ($\pm 2,67$) c	36,0 ($\pm 6,15$) c

Tabela 2 - Valores médios (\pm erros-padrão) das características analisadas nos cotilédones de cada tipo morfo-funcional de plântula. Letras diferentes para a mesma variável representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântula (Tukey, $p < 0,05$). nm = dados não mensurados.

Variáveis/espécie		<i>I. pseudobuxus</i>	<i>T. guianensis</i>	<i>F. marginata</i>	<i>O. pulchella</i>
Tipo morfo-funcional	n	PEF	PER	CER	CHR
Área foliar (cm ²)	30	0,23 ($\pm 0,01$) a	0,09 ($\pm 0,003$) c	nm	0,21 ($\pm 0,001$) b
Massa seca (mg)	30	0,72 ($\pm 0,04$) a	3,0 ($\pm 0,15$) c	nm	19,3 ($\pm 0,64$) b
Densidade Estomática (n ^o .mm ⁻²)	15	193,4 ($\pm 2,71$)	0	0	0
Espessura:					
▪ Total (μ m)	15	142,3 ($\pm 2,61$) b	2102 ($\pm 54,22$) a	156,1 ($\pm 5,63$) b	2052 ($\pm 17,94$) a
▪ Mesofilo (μ m)	15	110,4 ($\pm 2,06$) b	2071 ($\pm 54,22$) a	120,0 ($\pm 4,65$) b	2010 ($\pm 22,41$) a
▪ Parênquima uniestratificado adaxial (μ m)	15	26,0 ($\pm 0,59$)	0	0	0
▪ Parênquima Lacunoso (μ m)	15	84,4 ($\pm 2,01$)	0	0	0
Clorofila – Total (nmol.g ⁻¹)	6	406,8 ($\pm 25,95$) a	30,9 ($\pm 4,56$) c	5,7 ($\pm 0,81$) d	110,2 (± 14) b
Clorofila - a (nmol.g ⁻¹)	6	260,0 ($\pm 8,73$) a	30,5 ($\pm 4,49$) c	3,5 ($\pm 0,49$) d	40,7 ($\pm 5,19$) b
Clorofila – b (nmol.g ⁻¹)	6	146,7 ($\pm 23,37$) a	0,42 ($\pm 0,06$) c	2,2 ($\pm 0,46$) d	69,5 ($\pm 8,9$) b

Figura 1 - Plântulas das espécies investigadas, segundo MARQUES & OLIVEIRA (2005). A-*Ilex pseudobuxus* (PEF), B-*Tapirira guianensis* (PER), C- *Faramea marginata* (CER) e D-*Ocotea pulchella* (CHR).

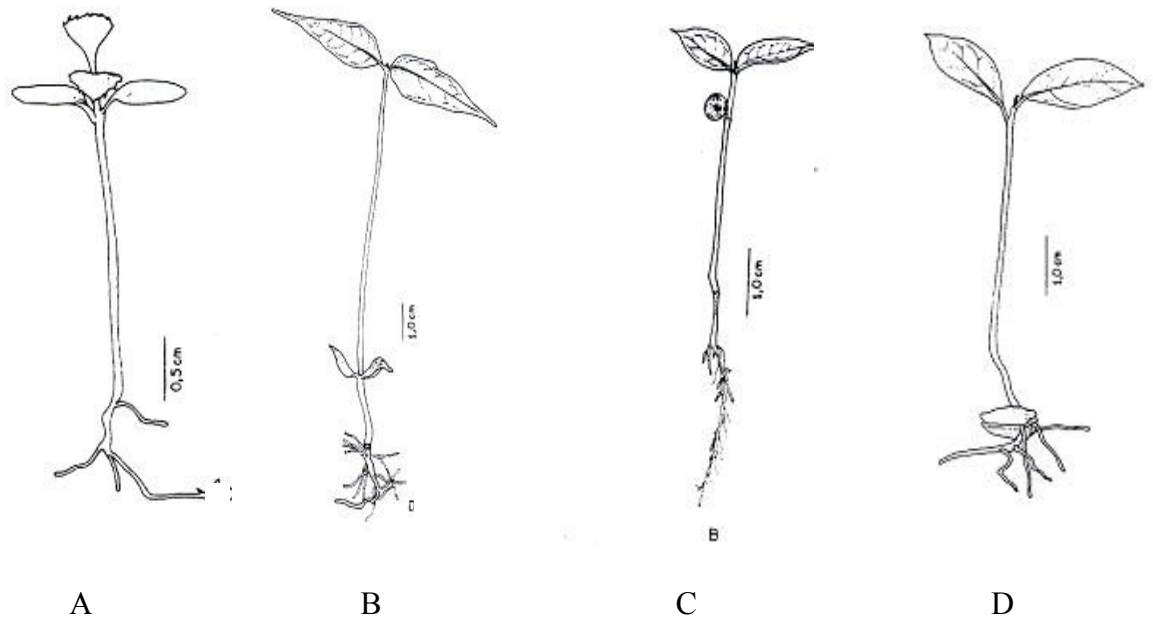


Figura 2 – Valores médios (+ erros-padrão) para a razão entre área do eofilo e altura da plântula (cm) de cada tipo morfofuncional. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântulas (Tukey, $p < 0,05$)

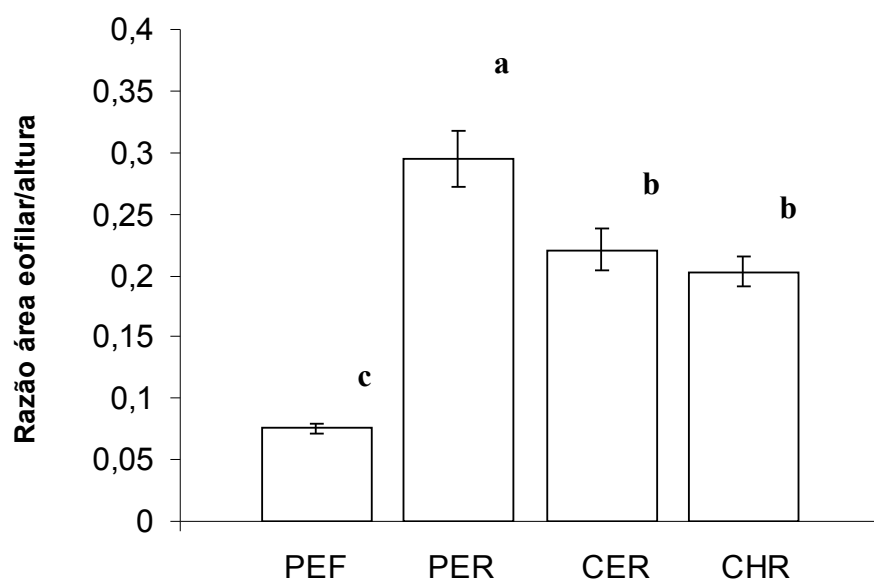


Figura 3 – Valores médios (+ erros-padrão) para a razão parênquima paliádico/esponjoso dos eofilos de cada tipo morfofuncional. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântulas (Tukey, $p < 0,05$)

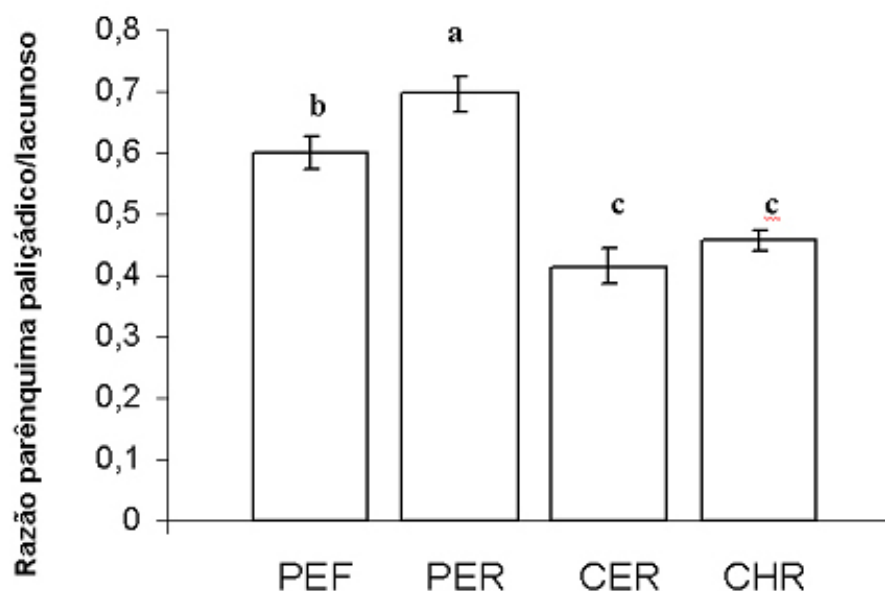


Figura 4 – Valores médios (+ erros-padrão) para a densidade eofilar ($\text{g}\cdot\text{mm}^{-3}$) de cada tipo morfofuncional de plântula. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântulas (Tukey, $p < 0,05$).

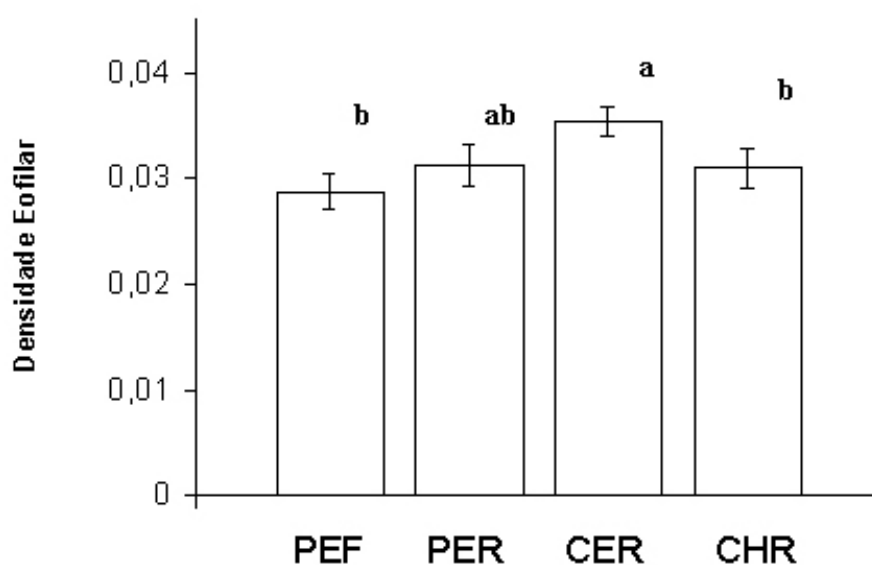


Figura 5 – Valores médios (+ erros-padrão) para a razão entre o n° de estômatos e a espessura dos eofilos (no.mm-3) de cada tipo morfo-funcional de plântula. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântulas (Tukey, $p < 0,05$).

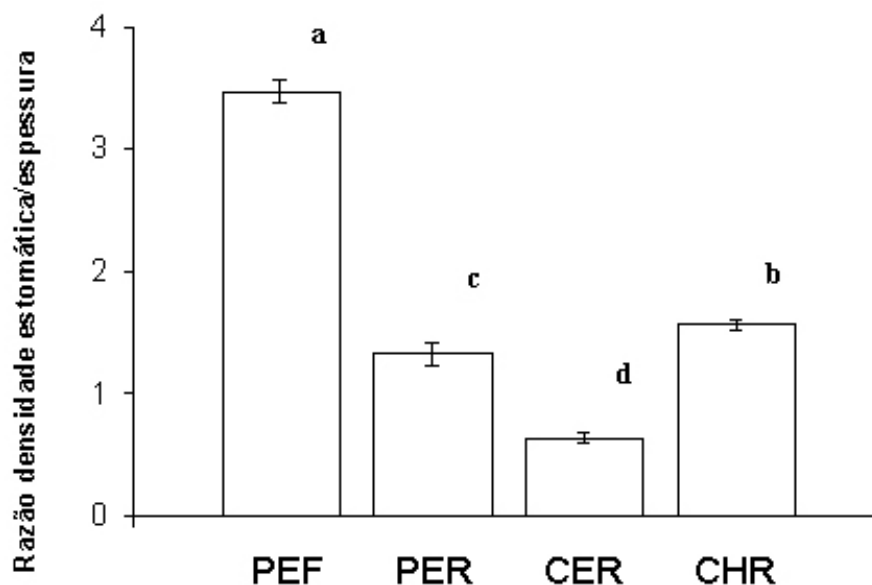


Figura 6 – Valores médios (+ erros-padrão) para a razão entre a densidade estomática e a área foliar (no) dos eofilos de cada tipo morfo-funcional de plântula. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântulas (Tukey, $p < 0,05$).

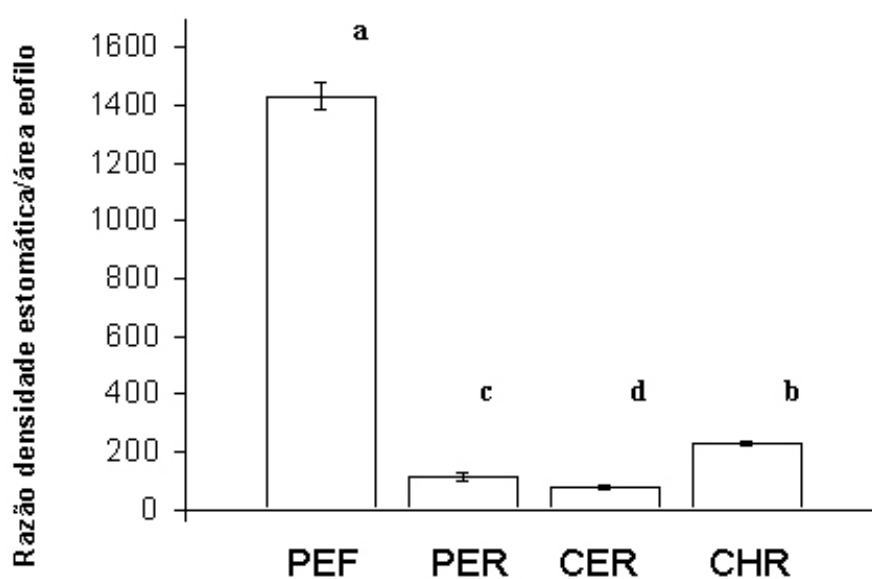


Figura 7 – Valores médios e desvios-padrão (barras em y) para a concentração total de clorofila (nmol.g⁻¹) de cada tipo morfofuncional. Letras diferentes para a mesma variável representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântulas (Tukey, $p < 0,05$).

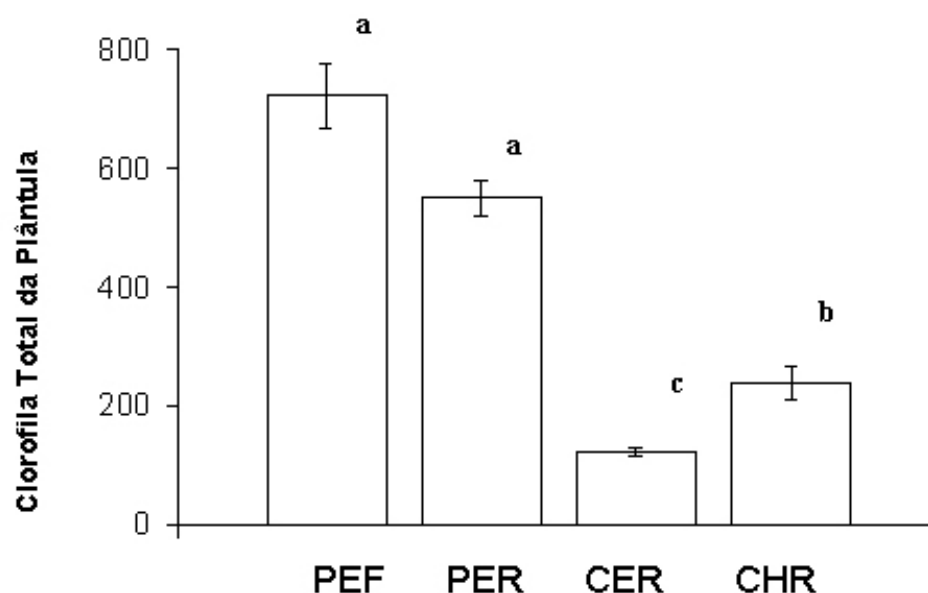
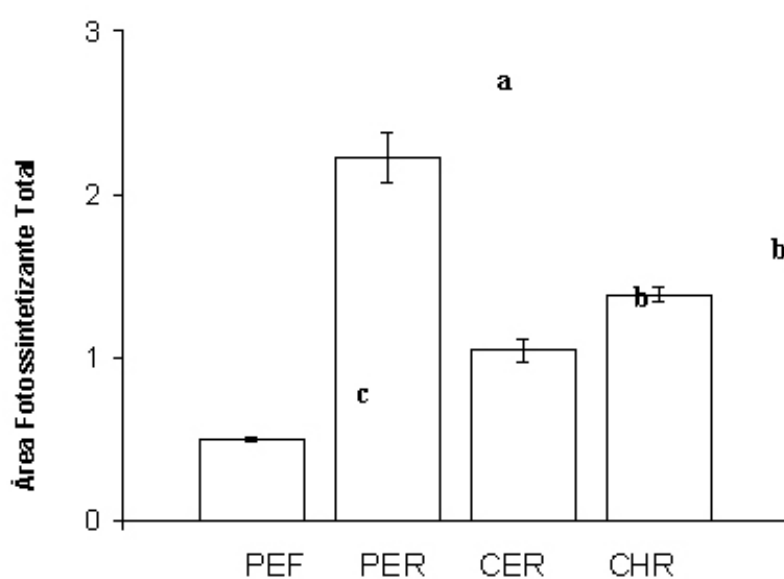


Figura 8 – Valores médios e desvios-padrão (barras em y) para a área total fotossintetizante total (cm²) de cada tipo morfofuncional. Letras diferentes para a mesma variável representam diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plântulas (Tukey, $p < 0,05$).



DISCUSSÃO

O tipo morfofuncional PEF se destacou dos demais tipos de plântula por apresentar eófilos menores (com menor área, massa seca e densidade foliar), sendo porém, mais espessos, com mais estômatos e com maiores concentrações de clorofila. Os cotilédones deste tipo morfofuncional são fotossintetizantes, semelhantes aos eófilos, delgados e com clorofila, sendo, entre as espécies estudadas, o único com estas características. Este conjunto de dados sugere que o tipo morfofuncional PEF poderia utilizar luz de maneira mais eficiente que os demais tipos de plântulas como proposto por RESSEL (2000).

As plântulas podem apresentar variações nas suas características foliares em função de fatores ambientais. Porém, estudos indicam que estas características são pouco plásticas quando comparadas às características dos indivíduos adultos, devido ao alto custo energético associado a esta plasticidade (POHLMAN et al., 2005). Este fato, associado à efemeridade da fase de plântula, a torna diretamente dependente das características morfológicas que desenvolveu para se estabelecer, o que leva a uma diferença na abundância dos tipos morfofuncionais em ambientes de condições lumínicas e de umidade diferentes. Os cotilédones fotossintetizantes das plântulas do tipo PEF podem aumentar a eficiência fotossintética total deste tipo em ambientes de luz difusa, o que pode estar relacionado ao predomínio de plântulas PEF em relação aos demais tipos morfofuncionais de plântulas, observado nas florestas tropicais (MIQUEL, 1987; RESSEL, 2000, GARWOOD, 1996), na floresta de restinga e em todas as fitofisionomias da Ilha do Mel (MARQUES et al., 2004), sugerindo que pressões seletivas similares devem ter influenciado na morfologia das plântulas (GARWOOD, 1996; RESSEL, 2004; RESSEL et al., 2004).

Os eófilos e cotilédones das plântulas PEF favorecem a fotossíntese em ambientes bem iluminados, porém, o mesmo não ocorre para as plântulas PER da espécie investigada, uma vez que seus cotilédones se apresentaram com baixas concentrações de clorofila, sem estômatos e muito espessos, o que não favoreceria utilização da luz e as trocas gasosas necessárias para aumentar a fotossíntese total da plântula. Na tentativa de compreender os tipos morfofuncionais de plântulas nos trópicos, foi sugerido que os tipos fanero-epigeais (PEF+PER) seriam mais abundantes em regiões mais secas, mais iluminadas e sem períodos de inundação (RESSEL et al., 2004), uma vez que os cotilédones das plântulas PER apresentariam, além da função de reserva, a função de fotossíntese (MÍQUEL, 1987). Este raciocínio se aplica as plântulas PEF, porém não está de acordo com as características observadas para os cotilédones do tipo PER, que não apresentam função fotossintética.

O tipo PEF se destacou dentre todos os tipos morfo-funcionais por apresentar os menores valores médios de massa seca da semente, enquanto que os tipos criptocotiledonares obtiveram os maiores valores médios para esta característica. Em geral, as espécies que possuem plântulas PEF,

apresentam sementes pequenas e leves e são predominantemente pioneiras, enquanto que as espécies climáticas tolerantes à sombra, com um menor número de sementes, porém maiores e com maior quantidade de reservas, apresentam predominantemente plântulas CHR (RESSEL et al., 2004).

A energia e nutrientes oriundos da semente provêm alterações no desenvolvimento da área foliar. Como o crescimento inicial das plântulas é tipicamente exponencial, pequenas diferenças na área foliar podem causar grandes alterações no crescimento ao longo do tempo (KENNEDY et al., 2004). O tipo PEF apresentou os menores valores médios para a área foliar e massa seca do eofilo, enquanto que o tipo PER obteve os maiores valores. Áreas foliares maiores fornecem vantagens na captação eficiente de luz em ambientes sombreados como a Floresta de Restinga, devido a maior superfície sujeita a interceptação dos raios luminosos (PARKHUST & LOUCKS, 1972).

Alguns estudos destacam a importância da área eofilar, relacionando-a com a massa seca do eofilo através da área específica foliar, que não diferiu entre os tipos de plântulas. POHLMAN et al. (2005) observaram que a AEF ($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) em plântulas tende a apresentar uma grande plasticidade em resposta a disponibilidade de água no solo para espécies de Acacia de distribuição não restrita, onde um aumento na AEF ocorria nos solos com maiores disponibilidades de água (BLOOR & GRUBB, 2004). Baixos valores médios para AEF de plântulas em ambientes de maior intensidade luminosa estariam relacionados a um aumento da lignificação e estocagem de carboidratos nas folhas expostas à luz. Plântulas de *Euterpe edulis* desenvolvidas sob sombreamento intenso apresentaram uma diminuição na massa foliar específica (inverso da AEF) (NAKAZONO et al., 2001). Entretanto, entre os tipos morfofuncionais de plântulas estudadas, os valores médios de AEF não variaram significativamente, apesar da variação de área e massa seca eofilar.

Plântulas PEF de *I. pseudobuxus* apresentaram os eofilos mais espessos, sendo que a maior espessura do limbo associada a uma menor área foliar representa a manutenção do volume foliar (ACKERLY et al., 2000) e da capacidade fotossintética da folha (CHAZDON & KAUFMANN, 1993). A espessura do cotilédone também é considerada como uma predição morfológica da diferenciação cotiledonar, onde a capacidade fotossintética diminui com o aumento da espessura (KITAJIMA, 1992). O aumento na espessura do mesofilo eofilar possibilita uma maior proteção do aparelho fotossintético, além de permitir um volume maior de células protegidas da desidratação e ressecamento (NAKAZONO et al., 2001) frequentes em solos expostos à seca devido a menor capacidade em reter água, como os solos arenosos da região litorânea.

Ilex pseudobuxus apresenta porte arbóreo ou arbustivo e é perenifólia. Plântulas de espécies perenes tendem a apresentar eofilos mais espessos em decorrência do aumento número das camadas celulares, aumentando a capacidade fotossintética por unidade de área (CASTRO-DÍEZ et al., 2000). Porém, os eofilos das plântulas PEF apresentaram um menor número de camadas celulares do que as plântulas criptocotiledonares. Eofilos mais esclerificados, com células menores e mais densas são observados em plântulas de espécies arbóreas, enquanto que eofilos menos esclerificados, com células

grandes e menos densas são comuns nas plântulas de espécies arbustivas. Os arbustos tendem a ocorrer em ambientes mais estressantes, onde as forças seletivas levaram a uma alocação de recursos para componentes fotossintéticos em detrimento da proteção e suporte do interior da folha, associados a um crescimento rápido (CASTRO-DÍEZ et al., 2000). Já, o formato irregular das células do parênquima lacunoso associadas a maior fração de espaços intercelulares no interior da folha geram maiores quantidades de luz difusa, aumentando a absorção da luz pelos cloroplastos dentro do mesófilo (VOGELMANN et al., 1996, SMITH et al., 1997), por gerar muitas interfaces entre o ar e a água, que refletem e refratam a luz, o que torna aleatória a sua direção de movimento amplia a trajetória dos fótons que, em consequência, aumentam a probabilidade de absorção destes (TAIZ & ZEIGER, 2004).

As plântulas CER apresentaram os menores valores médios quanto à densidade estomática dos eófilos, enquanto que o tipo PEF obteve os maiores valores médios para estas características. Porém, características observadas nas plântulas CER, como um menor número de estômatos, mesófilos mais delgados e com um aumento dos espaços intercelulares são estreitamente relacionadas ao processo de fotossíntese em ambientes sombreados (WOODWARD et al., 2002), onde o acesso ao CO₂ atmosférico não representa grandes perdas de água pela transpiração.

Os eófilos de todas as espécies estudadas e o cotilédone de *I. pseudobuxus* apresentaram estômatos na face abaxial da epiderme. Segundo SMITH et al. (1997), o hipoestomatismo é comum para plantas de ambientes sombreados, porque a presença de estômatos somente na face abaxial da epiderme reduz a transpiração e aumenta o ganho de CO₂ de uma folha com o mesmo grau de abertura de estômatos. Em ambientes úmidos, o hipoestomatismo relaciona-se à prevenção do desenvolvimento de organismos epífilos que poderiam obliterar os poros estomáticos (COLEY et al. 1993).

Os maiores valores médios de densidade estomática dos eófilos das plântulas PEF parecem ser relacionadas com condições mais estressantes, como os solos mais secos. Quanto maior a frequência estomática por unidade de área, maior é a eficiência das trocas gasosas. Os estômatos em maior número podem ficar abertos num período menor de tempo, quando as condições ambientais são mais favoráveis (KORNER et al., 1986). Em cotilédones, a densidade estomática decresce linearmente com o aumento da espessura (KITAJIMA, 1992).

Apesar do número reduzido de camadas celulares, os eófilos das plântulas faneroepigeais (PEF + PER) apresentaram maiores concentrações de clorofila, enquanto que as plântulas criptocotiledonares apresentaram os menores valores. De fato, folhas de ambientes sombreados tendem a apresentar uma menor concentração de clorofila por unidade de área (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1997) e maior concentração de clorofila total em relação à massa foliar, porque apresentam mesófilos delgados, com cloroplastos maiores e com mais clorofila do que as plantas de sol (BOARDMAN, 1977).

A relação entre morfologia e função para cotilédones difere da observada para folhas regulares, porque os cotilédones podem apresentar a dupla função de estocagem de reservas e de fotossíntese. Estudos indicam que a espessura do cotilédone é inversamente proporcional à fotossíntese máxima por unidade de área (KITAJIMA, 1992). Quando a biomassa dos cotilédones espessos não é distribuída para a captura eficiente de luz, a fotossíntese por unidade de área é muito menor do que a observada para cotilédones delgados. Os cotilédones mais espessos apresentam maior proporção de células de reserva em detrimento às células fotossintetizantes. Nestes cotilédones, haveria uma baixa concentração interna de CO₂, o que ocasionaria um decréscimo nas taxas fotossintéticas. Porém, a orientação horizontal de cotilédones, como os presentes nas plântulas PEF, promove uma maior incidência da luz na face adaxial do mesófilo, que até aproximadamente 200 µm, permanecem com clorofila e cloroplastos eficientes para a fotossíntese (KITAJIMA, 1992).

MÍQUEL (1987) sugeriu que as plântulas PER apresentam cotilédones ditos de dupla função, por conter reservas e realizar a fotossíntese. Entretanto, a ausência de estômatos, associada a uma baixa concentração de clorofila, observada para *T. guianensis*, indicam uma baixa atividade fotossintética nestes cotilédones. Portanto, nas plântulas PER estudadas, o cotilédone aparentemente apresenta somente função de reserva.

Os maiores valores médios para teores de clorofilas nos cotilédones foram obtidos nas plântulas PEF, enquanto que os menores valores foram obtidos para as plântulas CER. O acúmulo de clorofila em cotilédones foi observado por OU & ADAMSON (1995) em plântulas de *Pinus pinea* desenvolvidas no escuro e na claridade, indicando que todo o processo de síntese de clorofila nestes órgãos é fotocontrolado, onde a luz é o fator que limita este processo. Os cotilédones das plântulas PEF são clorofilados, com presença de estômatos, orientados horizontalmente em relação ao substrato, se assemelhando morfológica e funcionalmente a uma folha. A orientação horizontal promove uma maior incidência da luz na face adaxial do mesófilo, que até aproximadamente 200 µm, permanecem com cloroplastos, com coloração verde escuro e eficientes para a fotossíntese (KITAJIMA, 1992). A função de fotossíntese dos cotilédones de plântulas PEF antecipa o estabelecimento destas, por assimilar rapidamente a luz. Em contraste, as plântulas criptocotiledonares podem utilizar lentamente as reservas cotiledonares ou do endosperma para produzir folhas ditas verdadeiras, com superfícies fotossintéticas mais eficientes que os cotilédones foliáceos (ROUSTEAU, 1986 apud MARQUES & OLIVEIRA, 2005; MIQUEL, 1987). Corroborando esta opinião, as plântulas CER e CHR apresentaram eófilos estruturalmente mais complexos, semelhante às folhas verdadeiras de plantas adultas.

As plântulas CHR e PER investigadas apresentaram amido e substâncias lipídicas como substâncias de reserva estocadas em seus cotilédones (CAVICHIOLO *et al.*, inédito). Quanto maior a quantidade de reservas de origem parental estocadas na plântula, oriundas de sementes maiores, maior tenderá a ser a plântula (KENNEDY *et al.*, 2004). As plântulas que possuem grande quantidade de

reserva estocada em seus cotilédones apresentam um desenvolvimento mais amplo e profundo de suas raízes, além de uma área foliar comparativamente maior (PRIMACK, 1990) e aparentam apresentar um desenvolvimento mais rápido de suas folhas (KENNEDY et al, 2004), que aumentam a probabilidade de sobrevivência em condições limitadas de luz (IBARRA-MANRÍQUEZ *et al.*, 2001, GREEN & JUNIPER, 2004). Geralmente, estas plântulas são oriundas de sementes com maior massa, que germinam rapidamente e se mostram bem adaptadas a ambientes sombreados (PRIMACK, 1990; IBARRA-MANRÍQUEZ *et al.*, 2001), como as plântulas CHR e CER. Cotilédones de reserva poderiam assegurar a sobrevivência das plântulas em ambientes sombreados e de alta competição interespecífica, como a Floresta de Restinga da Ilha do Mel, até o surgimento de uma clareira que oferecesse as condições necessárias ao seu desenvolvimento (MARQUES, 2002).

Em contraste, plântulas de espécies que geralmente não se desenvolvem na sombra quando adultas, possuem sementes pequenas, com poucas reservas e cotilédones fotossintetizantes que as habilitam a um rápido crescimento em ambientes bem iluminados enquanto plântulas (IBARRA-MANRÍQUEZ *et al.*, 2001), como observado nas plântulas PEF. Espécies que crescem rapidamente ao sol, também crescem rapidamente em ambientes sombreados (KITAJIMA, 1994). Isto poderia ser vinculado a maior abundância do tipo PEF em relação aos demais tipos morfofuncionais de plântulas nas florestas tropicais, observado por MARQUES & OILIVEIRA (2005), RESSEL (2004), IBARRA-MANRÍQUEZ *et al.* (2001) e GARWOOD (1996).

Diante do exposto, podemos considerar que os tipos morfofuncionais estudados caracterizam diferentes estratégias no uso da luz e das reservas oriundas da semente. PRIMACK (1990) e IBARRA-MANRÍQUEZ *et al.* (2001) observaram que as plântulas com maior quantidade de reserva estocada em seus cotilédones estariam mais adaptadas a ambientes sombreados, enquanto que plântulas com cotilédones fotossintetizantes estariam habilitadas para um rápido crescimento em ambientes bem iluminados. Foi observada uma relação direta entre os parâmetros investigados e as funções atribuídas aos cotilédones, onde o tipo PEF se destacou dos demais por apresentar uma pequena área total fotossintetizante, contudo muito eficiente para a realização da fotossíntese por apresentar as maiores concentrações de clorofila e maior densidade estomática. Os demais tipos de plântulas parecem utilizar mais as reservas oriundas da semente do que a luz disponível no ambiente, implicando em diferentes funcionalidades ecológicas dos tipos de plântulas em decorrência a diferentes modos de absorção de luz e proteção/uso dos tecidos nutritivos oriundos da semente, os quais influenciam no crescimento e no estabelecimento da planta (DUKE, 1965; KITAJIMA, 1992; MARQUES, 2002).

Isto indica que as espécies investigadas podem se distribuir funcionalmente em dois grupos e não nos cinco tipos propostos por MÍQUEL (1987) e GARWOOD (1996): plântulas com cotilédones fotossintetizantes e plântulas com cotilédones de reserva. Não foram observadas diferenças em abundância de plântulas fanerocotiledonares (PER + PEF+ PHR) em relação às criptocotiledonares (CER + CHR), ou de plântulas epigeais (CER + PER + PEF) em relação às hipogeais (CHR + PHR),

sugerindo que estas diferenças morfológicas impliquem em uma funcionalidade com um menor significado ecológico do que a função dos cotilédones representa para a fase de plântula. Desse modo, a existência de dois tipos morfofuncionais (de reserva e fotossintetizantes), e não de cinco tipos, poderiam explicar a diferença em abundância das plântulas observada nas comunidades tropicais, onde as plântulas fotossintetizantes são mais abundantes em ambientes iluminados e as plântulas com cotilédones de reserva são mais abundantes em ambiente sombreados (MÍQUEL, 1987; PRIMAK, 1990; MARQUES & OLIVEIRA, 2005).

Tipos de plântulas que são mais adaptadas a determinadas condições ambientais, como luz, umidade, temperatura, além da herbivoria, permitem a coexistência de muitas espécies arbóreas em florestas tropicais pela variedade de especializações de nichos de estabelecimento (PRIMACK, 1990). Portanto, tipos de plântulas similares podem ser observados em táxons distantemente relacionados, o que sugere um gradiente de convergência evolutiva entre estes (IBARRA-MANRÍQUEZ *et al.*, 2001). Dessa forma, as diferentes funções que as plântulas apresentam em decorrência da morfologia, representam estratégias diferentes para obtenção de energia (luz ou reservas cotiledonares) em um mesmo ambiente, com a mesma finalidade de contribuir para um aumento efetivo das suas chances de sobrevivência nos primeiros estágios de desenvolvimento em cada tipo morfofuncional de plântula.

RESUMO

O estágio plântula, compreendido entre a germinação da semente e o aparecimento do primeiro par de eofilos, representa uma das etapas mais difíceis do ciclo de vida da planta. O sucesso na transposição desta fase depende de adaptações morfofuncionais, que poderiam favorecer o estabelecimento em determinados ambientes. Baseado na exposição, posição e função dos cotilédones, plântulas podem ser classificadas nos tipos fanerocotiledonar-epigeal-foliáceo (PEF), fanerocotiledonar-epigeal-de reserva (PER), fanerocotiledonar-hipogeal-de reserva (PHR), criptocotiledonar-hipogeal-de reserva (CHR) e criptocotiledonar-epigeal-de reserva (CER). Embora estas variações possam ter um significado adaptativo, pouco se conhece sobre as implicações de tais morfologias. No presente estudo, foram analisados parâmetros morfológicos (área e massa seca foliar, área foliar específica (AEF), densidade estomática e espessura dos tecidos eofilares e cotiledonares) de quatro tipos morfofuncionais representativos da Floresta de Restinga da Ilha do Mel (PR), pertencente a Floresta Atlântica (BR): *Ilex pseudobuxus* (Aquifoliaceae – PEF); *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae – PER); *Ocotea pulchella* (Lauraceae – CHR) e *Faramea marginata* (Rubiaceae - CER) com o objetivo de verificar se as relações entre tamanho e eficiência fotossintética podem explicar as diferenças morfofuncionais e a ocorrência das plântulas em um mesmo ambiente. Os resultados mostraram que o tipo morfofuncional PEF é o que mais difere dos demais tipos de plântulas. Apesar de apresentar eofilos com a menor área, o tipo PEF é dotado de características que os habilitam para a captação de luz e trocas gasosas

eficientes, como eófilos e cotilédones com mesófilo delgado, presença de estômatos e altas concentrações de clorofila, requeridos para a fotossíntese em ambientes de luz difusa, como a floresta de restinga. Os resultados indicam ainda que as espécies investigadas podem se distribuir funcionalmente em dois grupos (fotossintetizantes ou de reserva), representando diferentes estratégias para obtenção de energia (luz ou reservas cotiledonares) em um mesmo ambiente, com a mesma finalidade de contribuir para um aumento efetivo das suas chances de sobrevivência nos primeiros estágios de desenvolvimento em cada tipo morfofuncional de plântula.

Palavras-chave: tipos de plântulas, morfologia funcional, Floresta de Restinga, reserva, fotossíntese.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackerly, D.D.; Dudley, S.A.; Sultan, S.E.; Schmitt, J.; Coleman, J.S.; Linder, R.; Sandquist, D.R.; Geber, M.A.; Evans, A.S.; Dawson, T.E.; Lechowicz, M.J. (2000) The evolution of plant ecophysiological traits: Recent advances and future directions. *Bioscience* 50: 979–995.
- Alves De Brito, C.J.F. & Alquini, Y. (1996) A new method for staining botanical material embedded in glycol – methacrylate (GMA). *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 39, 949 – 951.
- Bloor, J.M.G; Grubb, P.J. (2004) Morphological plasticity of shade-tolerant tropical rain forest tree seedlings exposed to light chances. *Functional ecology* 18, 337-348.
- Boardman, N.K. (1977) Comparative Photosynthesis of sun and shade plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28, 355-377.
- Britez, R. M. ; Marques, M. C. M. (2005) Caracterização Geral. In: Márcia Cristina Mendes Marques; Ricardo Miranda de Britez. (Org.). História Natural e Conservação da Ilha do Mel. 1 ed. Curitiba, 2005, v. , p. 13-17.
- Castro-Díez, P ., Puyravaud J.P. & Cornelissen, J.H.C. (2000). Leaf structure and anatomy as related to leaf mass per area variation in seedlings of a wide range of woody plant species and types. *Oecologia* 124: 476-486.
- Chazdon, R.L.; Kaufmann, S. 1993. Plasticity of leaf anatomy of two rain forest shrubs in relation to photosynthetic light acclimation. *Functional Ecology* 7:385--394.
- Coley, P. D.; Kursar, T. A.; Machado, J. L. (1993) Colonization of Tropical rain forest leaves by epiphylls: effects of site and host plant leaf lifetime. *Ecology* 74, 619-623.
- Duke, J. A. (1965) Keys for identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. *Annals Missouri Bot. Gard.* 52, 314- 350.
- Edwin, G.; Reitz, P.R. (1967) Aquifoliaceae - Flora Ilustrada Catarinense. Ed. Reitz, P.
- Figueiredo, J. C. (1954). *Contribuição à geografia da Ilha do Mel (Litoral do Paraná)*. Tese de Doutorado (Geografia). UFPR. 181p.
- Fleining, M. (1967) *Anacardiaceae* - Flora Ilustrada Catarinense. Ed. Reitz, P.
- Garwood, N. C. (1996) Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SWAINE, M. D. The ecology of tropical forest tree seedlings. Unesco – Parthenon publishing. Paris. 457p.
- Gomes, M. (2003). Reavaliação taxonômica de algumas espécies dos gêneros *Coussarea* Aubl. e *Faramea* Aubl. (Rubiaceae, tribo Coussareae). *Acta Bot. Bras.* 17 .
- Green, P.T.; Juniper, P.A. (2004) Seed–seedling allometry in tropical rain forest trees: seed mass-related patterns of resource allocation and the ‘reserve effect’. *Journal of Ecology* 92, 397–408.

- Ibarra-Manríquez, G.; Ramos, M. M., Oyama, K. (2001) Seedling functional types in lowland rain forest in Mexico. *American Journal of Botany* 88, p. 1801 – 1812.
- Johansen, D.A. (1940). Plant Microtechnique. Mc Graw Hill Book, New York.
- Kaiser, E. (1880) Verfahren zur herstellung einer tadellosen Clycerine-gelatine. *Bot. Zentralb.* 1880, 25-26..
- Kennedy, P. G.; Hausmann, N. J.; Wenk, E. H.; Dawson, T. E. (2004) The importance of seed reserves for seedling performance: an integrated approach using morphological, physiological, and stable isotope techniques. *Oecologia* 141: 547–554.
- Kidson, R.; Westoby, M. (2000) Seed mass and seedling dimensions in relation to seedling establishment. *Oecologia* 125, p 11 – 17.
- Kitajima, K. (1992) Relationship between photosynthesis and thickness of cotyledons for Tropical tree species. *Functional Ecology* 6, 582 – 589.
- Kitajima, K. (1994) Relative importance of photosynthetic traits and allocation patterns as correlates of seedling shade tolerance of 13 tropical trees. *Oecologia* 98, 419-428.
- Korner, C.H.; Bannister, P.; Mark, A.F. (1986). Altitudinal variation in stomatal conductance, nitrogen content and leaf anatomy in different plant life forms in New Zealand. *Oecologia* 69, 577–588.
- Kozłowski, T.T.; Pallardy, S.G. (1997) Physiology of Woody Plants. Academic Press, NY. San diego pp 159-162.
- Lorenzi, H. 1998. *Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Árvores Brasileiras*. 2ªed. Editora Plantarum. v II, p. 143.
- Lovell, P.; Moore, K. (1971) A comparative study of the role of cotyledon in seedling development. *Journal of Experimental Botany* 22, 153-162.
- Marques, M. C. M. (2002) *Dinâmica da dispersão de sementes e regeneração de plantas da Planície Litorânea da Ilha do Mel, PR*. Tese de Doutorado (Biologia vegetal). UNICAMP – Instituto de Biologia. 145p.
- Marques, M.C.M.; Oliveira, P.E.A.M. (2004) Fenologia de espécies do dossel e do Sub-bosque de duas Florestas de Restinga da Ilha do Mel, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27, 713-723.
- Marques, M. C. M. ; Oliveira, P. E. A. M. (2005) Características reprodutivas das espécies vegetais da planície costeira. In: Márcia Cristina Mendes Marques; Ricardo Miranda de Brites. (Org.). História Natural e Conservação da Ilha do Mel. 1 ed. Curitiba, 169-188.
- Marshall, P. E. ; Kozłowski, T.T. (1976) Importance of photosynthetic cotyledons for early growth of woody angiosperms. *Physiol. Plant.* 37, 336 – 340.
- Medina, E. (1998) Seedling establishment and endurance in tropical forest: ecophysiology of stress during early stages of growth. In: Scarano, F. R.; Franco, A. C (eds). Ecofisiological strategies of xerophytic and amphibious plants in neotropics. *Séries Oecologia Brasiliensis* 4, 23 – 43.

- Miquel, S. (1987) Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestières du Garbon. *Bull. Mus Natn. Hist. Nat.* 1, 101 – 121.
- Moreira, F.M.S.; Moreira, F.W. (1996) Características da germinação de sementes de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. *Acta Amazônica* 1, 1.
- Nakazono, E.M.; Costa, M.C.; Futatsugi, K.; Paulilo, M.T.S. (2001) Crescimento inicial de *Euterpe edullis* Mart. em diferentes regimes de luz. *Rev. Brasil. Bot.* 24, 173-179.
- O'brien, T. F.; Feder, N; McCully, M. E. (1965) Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma* 59, 368 –373.
- Ou, K; Adamson, H. (1995) Chlorophyll accumulation in cotyledons, hypocotyls and primary needles of *Pinus pinea* seedlings in light and dark. *Physiologia Plantarum* 93, 719 – 724.
- Parkhurst, D.F.; Loucks, O.L. (1972) Optimal leaf size in relation to environment. *Journal of ecology* 60, 505-537.
- Paula, A.; Silva, A.F.; Marco Júnior, P. Santos, F.A.M.; Souza, A. L. (2004) Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. *Acta bot. bras.* 18, 407-423.
- PBA - Projeto Básico Ambiental. (2001) *Subprograma de Proteção à Flora Programa de Proteção à Fauna e Flora Julho/2001*. Projeto de Ampliação da Capacidade Rodoviária das Ligações com os Países do MERCOSUL BR-101 Florianópolis (SC) - Osório (RS).
- Pohlman, C.L.; Nicotra, A.B.; Murray, B.R. (2005) Geographic range size, seedling ecophysiology and phenotypic plasticity in Australian *Acacia* species. *Journal of Biogeography* 32, 341-351.
- Popma, J.; Bongers, F. (1988) The effect of canopy gaps on growth and morphology of seedlings of rain forest species. *Oecologia*. 75, 625-632.
- Porra, R.J., Thompson, W.A. & Kriedmann, P.E. (1989) Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. *Biochim. Biophys. Acta* 975:384-394.
- Primack, R. B. (1990) Seed physiology, seed germination and seedling ecology – commentary. In: BAWA, K. S.; HADLEY, M. (eds) Reproductive ecology of tropical forest plants. Man and the biosphere series, 7, 233 – 236. UNESCO, Paris and Parthenon. Paris, França.
- Ressel, K. (2004) *Plântulas de espécies arbóreas de mata Atlântica: ecologia, morfofuncionalidade e manual de identificação*. Dissertação de Mestrado (Biologia Vegetal). UNESP. 203 p.
- Ressel, K.; Guilherme, F. A. G.; Schiavini, I; Oliveira, P. E. (2004) Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Revista Brasil. Bot.* 27, 311-323.
- Rousteau, A. (2005) Les plantules d'arbres forestiers de Guadeloupe: adaptations structurales at dimentionnelles. Mémoires d'Muséum National d'Histoire Naturelle, Série A, Zoologie. V. 132, p.

- 185-192. 986 apud Marques, M. C. M. ; Oliveira, P. E. A. M. Características reprodutivas das espécies vegetais da planície costeira. *In: Márcia Cristina Mendes Marques; Ricardo Miranda de Britez. (Org.). História Natural e Conservação da Ilha do Mel. 1 ed. Curitiba, 2005, p. 169-188.*
- Scheeren, L.W.; Fleig, F.D.; Schneider, P.R.; Finger, C.A.G. (2003) Crescimento de canela-lageana, *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees, na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal* 13, 137-144.
- Silva, S. M. ; Britez, R. M. (2005) A Vegetação da Planície Costeira. *In: Márcia C. M. Marques; Ricardo Miranda Britez. (Org.). História Natural e Conservação da Ilha do Mel. Curitiba, 49-84.*
- Silva, S.M.; Britez, R.M.; Souza, W.S.; Joly, C.A. (1993) Fitossociologia do componente arbóreo da Floresta de Restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, Pr. *In: ACIESP (org.). III Simpósio de ecossistemas da Costa Brasileira. Anais, p. 33-48.*
- 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, 785-793.
- Souza, L. A. (2003) *Morfologia e anatomia vegetal (célula, tecidos, órgãos e plântula)*. Ponta Grossa: Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2004) *Fisiologia Vegetal*. 3º. ed. Porto Alegre: Artmed.
- Vogelmann, T.C., Nishio, J.N. & Smith, W.K. (1996). Leaves and light capture: light propagation and gradients of carbon fixation within leaves. *Trends in Plant Science* 1, 65-70.
- 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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plântulas podem apresentar variações nas suas características foliares em função de fatores ambientais. Porém, estudos indicam que elas são pouco plásticas quando comparadas aos indivíduos adultos, devido ao alto custo energético associado à esta plasticidade. Este fato associado à efemeridade da fase de plântula a torna diretamente dependente das características morfológicas que desenvolveu para se estabelecer, o que leva a uma diferença na abundância dos tipos morfofuncionais em um mesmo ambiente, como por exemplo a Floresta de Restinga.

Quanto à anatomia, as plântulas com cotilédones de reserva (PER, CER e CHR) apresentaram limbo eofilar estruturalmente mais semelhante às folhas verdadeiras de indivíduos adultos e estruturalmente mais complexos que os cotilédones, sugerindo que as reservas cotiledonares podem capacitar os tipos morfofuncionais de reserva na construção mais lenta de eofilos mais complexos e mais eficientes para o aproveitamento da luz difusa de ambientes mais sombreados. Por outro lado, as plântulas PEF poderiam utilizar os cotilédones, além dos eofilos, para aumentar a obtenção energia por meio da fotossíntese, devido às sementes destas possuírem poucas reservas.

Quanto às características morfológicas, o tipo morfofuncional PEF é o que mais difere dos demais tipos de plântulas. Apesar de apresentar eofilos com a menor área, o tipo PEF é dotado de características que os habilitam para a captação de luz e trocas gasosas eficientes, como eofilos e cotilédones mesofilo delgados, presença de estômatos e altas concentrações de clorofila, requeridos para a fotossíntese em ambientes de luz difusa, como a floresta de restinga.

Isto indica que as espécies investigadas podem se distribuir funcionalmente em dois grupos (fotossintetizantes ou de reserva) e não nos cinco tipos propostos por MÍQUEL (1987) e GARWOOD (1996), uma vez que, dentre os trabalhos prévios de morfologia de plântulas, não é observada uma diferença em abundância de plântulas fanerocotiledonares (PER + PEF+ PHR) em relação às criptocotiledonares (CER + CHR), ou de plântulas epigeais (CER + PER + PEF) em relação às

hipogeais (CHR + PHR), sugerindo que estas diferenças morfológicas impliquem em uma funcionalidade com um menor significado ecológico do que a função dos cotilédones representa para a fase de plântula.

A existência de dois tipos morfofuncionais (de reserva e fotossintetizantes) pode representar diferentes estratégias para obtenção de energia (luz ou reservas cotiledonares) em um mesmo ambiente, com a mesma finalidade de contribuir para um aumento efetivo das suas chances de sobrevivência nos primeiros estágios de desenvolvimento em cada tipo morfofuncional de plântula.

De acordo com as análises anatômicas e morfológicas, os cotilédones do tipo PER da espécie investigada não apresentam a dupla função de reserva e fotossíntese, como era sugerido. Estudos com um maior número de espécies poderiam verificar se plântulas do tipo PER podem ou não apresentar cotilédones com dupla função. Da mesma maneira, se fazem necessários estudos sobre as taxas fotossintéticas totais das plântulas fotossintetizantes e de reserva para uma maior compreensão do papel dos diferentes tipos morfofuncionais de plântulas nas Florestas tropicais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANHAM, C. D.; KOBE, R. K.; LATTY, E. F.; CHAZDON, R. L. Interspecific and intraspecific variation in tree seedling survival: effects of allocation to roots versus carbohydrate reserves. **Oecologia**, v.121, p. 1-11.1999.

DUKE, J. A. keys for identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. **Annals Missouri Bot. Gard.** v.52, p. 314 – 350. 1965.

DUKE, J. A. On tropical tree seedlings – seeds, seedlings, systems and systematics. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.36, p.125-161. 1969.

GARWOOD, N. C. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: **SWAINE, M. D. The ecology of tropical forest tree seedlings**. Unesco – Parthenon publishing. Paris. 457p. 1996.

HANLEY, M. E.; LAMONT, B. B. Herbivory, serotiny and seedling defence in Western Australian Proteaceae. **Oecologia**, v. 126, p. 409–417. 2001.

HOPKINS, H.C.F. *Parkia* (Leguminosae: Mimosoideae). **Flora Neotropica**, n. 43. 1986.

IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; RAMOS, M. M., OYAMA, K. Seedling functional types in lowland rain forest in Mexico. **American Journal of Botany**, v. 88, p. 1801 – 1812. 2001.

KENNEDY, P. G.; HAUSMANN, N. J.; WENK, E. H.; DAWSON, T. E. The importance of seed reserves for seedling performance: an integrated approach using morphological, physiological, and stable isotope techniques. **Oecologia**, v.141, p. 547–554. 2004.

KIDSON, R.; WESTOBY, M. Seed mass and seedling dimensions in relation to seedling establishment. **Oecologia**, v. 125, p. 11 – 17. 2000.

KILLEEN, L. A.; LARSON, L. A. The effect of cotyledon excision on the growth of pea seedlings. **American Journal of Botany**, v. 55, p. 961 – 965. 1968.

KITAJIMA, K. Relationship between photosynthesis and thickness of cotyledons for Tropical tree species. **Functional Ecology**, v. 6, p. 582 – 589. 1992.

MARQUES, M. C. M. **Dinâmica da dispersão de sementes e regeneração de plantas da Planície Litorânea da Ilha do Mel, PR**. Tese de Doutorado (Biologia vegetal). UNICAMP – Instituto de Biologia. 145p. 2002.

MARSHALL, P. E. ; KOZLOWISKI, T.T. Importance of photosynthetic cotyledons for early growth of woody angiosperms. **Physiol. Plant.** V 37, p. 336 – 340. 1976.

MEDINA, E. Seedling establishment and endurance in tropical forest: ecophysiology of stress during early stages of growth. In: Scarano, F. R.; Franco, A. C (eds). *Ecofisiological strategies of xerophytic and amphibious plants in neotropics*. Séries **Oecologia Brasiliensis**, v. 4, p. 23 – 43. 1998.

MIQUEL, S. Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestères du Garbon. **Bull. Mus Natn. Hist. Nat.** v. 1, p. 101 – 121. 1987.

MOREIRA, I. R.; OLIVEIRA, D. M. T. Anatomia comparada dos limbos cotiledonares e eofilares de *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. e *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Fabaceae: Cesalpinioideae). **51º congresso Nacional de Botânica, Anais**, p. 121. 2000.

Moreira, I. R.; Oliveira, D. M. T. Anatomia comparada dos limbos cotiledonares e eofilares de dez espécies de Cesalpinioideae (Fabaceae). **53º congresso Nacional de Botânica, Anais**, p. 163. 2002.

MOREIRA, F.M.S.; MOREIRA, F.W. Características da germinação de sementes de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. **Acta Amazônica**. 1996.

MOURÃO, K.S.M.; PINTO, D.D.; SOUZA, L.A.; MOSCHETA, I.S. Morfo-anatomia da plântula e do tirodendro de *Trichilia catigua* A. Juss., *T. elegans* A. Juss. e *T. pallida* Sw. (Meliaceae). **Acta Scientiarum**, v. 24, p. 601-610. 2002.

NG, F.S.P. Strategies of establishment in Malayan forest trees. **In: TOMLINSON, P.B.; ZIMMERMANN, M. H. Tropical trees as living systems**. Cambridge university press. 673 p. 1987.

PRIMACK, R. B. Seed physiology, seed germination and seedling ecology – commentary. **In: BAWA, K. S.; HADLEY, M. (eds) Reproductive ecology of tropical forest plants**. Man and the biosphere series, UNESCO, Paris and Parthenon. Paris, França, v. 7, p. 233 – 236. 1990.

RESSEL, K. **Plântulas de espécies arbóreas de mata Atlântica: ecologia, morfofuncionalidade e manual de identificação**. Dissertação de Mestrado (Biologia Vegetal). UNESP. 203 p. 2004.

RESSEL, K.; GUILHERME, F. A. G.; SCHIAVINI, I; OLIVEIRA, P. E. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, p. 311-323. 2004.

SOUZA, L. A.; OLIVEIRA, J. H. G. Morfologia e anatomia das plântulas de *Tabebuia avellanedae* Lor. Ex Griseb e *T. chrysotricha* (Mart. ex Dc.) Standl. (Bignoniaceae). **Acta Scientiarum**, v. 26, p. 217-226. 2004.

SOUZA, L. A. **Morfologia e anatomia vegetal (célula, tecidos, órgãos e plântula)**. Ponta Grossa: Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2003.