

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE  
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

CRISTINA MOREIRA PISICCHIO

Ecologia e morfoanatomia de plântulas ocorrentes na planície de inundação  
do alto rio Paraná

Maringá  
2011

CRISTINA MOREIRA PISICCHIO

Ecologia e morfoanatomia de plântulas ocorrentes na planície de inundação  
do alto rio Paraná

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais  
Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antonio de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Edmilson Bianchini

Maringá  
2011



# FOLHA DE APROVAÇÃO

CRISTINA MOREIRA PISICCHIO

Ecologia e morfoanatomia de plântulas ocorrentes na planície de inundação  
do alto rio Paraná

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos  
Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da  
Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de  
Doutor em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

## COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Luiz Antonio de Souza  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. <sup>a</sup>. Dr. <sup>a</sup>. Maria Regina Torres Boeger  
Universidade Federal do Paraná

Prof. <sup>a</sup>. Dr. <sup>a</sup>. Marisa Santos  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Ismar Sebastião Moscheta  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. João Batista Campos  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 25 de março de 2011.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da  
Universidade Estadual de Maringá.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos  
AMORES da minha vida:  
MIGUEL, AMANDA e  
MARIANA

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador pela paciência e prontidão sempre que eu precisava.  
Ao coorientador pelas correções e sugestões tão coerentes e acertivas.  
À banca pelo aceite imediato de participação, onde deixam seus compromissos para contribuir com mais este trabalho de pesquisa.  
À CAPES pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual não seria possível realizar este trabalho.  
À Biblioteca Setorial do Nupélia, Salete e João, pela atenção exemplar, pela amizade e respeito.  
À secretaria da Pós-Graduação, Aldenir e Jocemara, pela ajuda e apoio durante o doutorado.  
Ao pessoal da “Dona Nupelia” Alfredo, Tião, Valdice e Frora pela ajuda em campo.  
Aos amigos que participaram das coletas de campo, Cibele, Camila, Alan, Tati, Rafael e Roberta.  
Um agradecimento especial à Cibele pelo companheirismo, pelas risadas e apoio nas horas mais difíceis! Ci obrigada por tudo!  
À Camila pela paciência de ir ao campo me ajudar, ôh menina animada! Obrigada pelo cafezinho quente na ilha Porto Rico, quando o cansaço chegava!  
À Sybelle...minha querida, sem você esta tese não teria saído! Obrigada por você existir e ser tão especial.  
Aos meus companheiros de horas, horas e mais horas de micrótomo, lupa e microscópio, Karina, Junior e Sara.  
Ao pessoal do laboratório, Silvia, Nelson e Rosie, sem os quais não seria possível realizar parte desta tese.  
À turma de pós, pela amizade e ótimos momentos, Vanessa, Rômulo, Suellen, Janielly, Darlon, Dilermando, Sáuria, André, Nadson, Roger, Rafael, Tati, Marília.  
Aos meus familiares, que sempre rezaram e torceram pelo meu sucesso.  
Aos meus pais, Gilberto e Thereza, vocês são o início de tudo!  
À minha mais nova amiga Lúcia! Seja bem vinda.  
Às minhas filhas que sempre me apoiaram, quando me ausentei, ou quando estava estressada. Eu amo vocês e obrigada por tudo.  
Ao meu marido, Miguel, pelo apoio mesmo quando não entendia o motivo de tanto trabalho e preocupação, mas sempre ajudando, principalmente nos momentos mais difíceis. Agora eu realmente terminei este NEGÓCIO!

## Ecologia e morfoanatomia de plântulas ocorrentes na planície de inundação do alto rio Paraná

### RESUMO

Determinou-se quais componentes edáficos ou topográficos poderiam explicar a distribuição de plântulas de *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria capillacea*, *Triplaris americana*, *Celtis iguanae*, *Cecropia pachystachya* e *Piper tuberculatum*, além de descrever morfoanatomicamente as plântulas de *P. carthagenensis* e *P. capillacea*. Para isso, amostrou-se 600 m<sup>2</sup>, do remanescente florestal localizado na ilha Porto Rico, divididos em três transectos de 100m, em parcelas de 2 x 2 m, em março de 2008, julho de 2008 e fevereiro de 2009. Amostras de solo foram coletadas em 10 pontos por transecto no período de julho de 2008 e foram realizadas análises químicas, granulométricas e de umidade. A topografia foi elaborada nos mesmos transectos através de mangueira graduada. Para a descrição morfoanatômica das plântulas de *P. carthagenensis* e *P. capillacea*, 10 indivíduos de cada espécie foram coletados na área de estudo, juntamente com o substrato, e foram descritas a morfologia e anatomia da raiz, hipocótilo, epicótilo, cotilédones, eofilos, coléteres e estípulas. Foram fixadas em FAA 50%, incluídas em hidróxi-etil-metacrilato, seccionadas em micrótomo de rotação e coradas com azul de toluidina 0,05%. O material também foi analisado em MEV. O solo é classificado como Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico. As duas espécies de *Psychotria*, *Celtis* e *Cecropia* apresentaram associação com potássio, cálcio, Ph, matéria orgânica particulada fina; *Triplaris* com fósforo e *Piper* com alumínio e umidade do solo. A Análise de Correspondência Canônica revelou gradiente de aumento da acidez, da umidade e maiores teores de cálcio, magnésio e alumínio com o distanciamento do rio. As plântulas das duas espécies de *Psychotria* são fanerocotiledonares e epigeias. A raiz primária é diarca e o hipocótilo apresenta estrutura de transição raiz-caule. Os cotilédones são foliáceos e dorsiventrais. O epicótilo tem estrutura caulinar eustélica. Os eofilos são opostos, estipulados, peciolados, hipostomáticos e dorsiventrais. As estípulas interpeciolares apresentam coléteres do tipo 'S-standard'. As duas espécies são morfológicamente e anatomicamente semelhantes, diferindo apenas no formato de cotilédones, eofilos e tipos de tricomas.

**Palavras-chave:** Macronutrientes do solo. Topografia. Granulometria. Umidade. Rubiaceae. *Psychotria*. Plântula. Cotilédone. Estípula. Coléter.

## Ecology and morphoanatomy seedlings occurring in the floodplain of the Paraná River

### **ABSTRACT**

It was determined which components edaphic or topographic could explain the distribution of seedlings *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria capillacea*, *Triplaris american*, *Celtis iguanaea*, *Cecropia pachystachya* and *Piper tuberculatum*, and describe the morphology and anatomy seedlings of *P. carthagenensis* and *P. capillacea*. For this, sampled was 600 m<sup>2</sup>, the remaining forest located on the island Puerto Rico, in three transects of 100m, in plots of 2 x 2 m in March 2008, July 2008 and February 2009. Soil samples were collected at 10 points per transect between July 2008 and were carried out chemical analysis, particle size and moisture content. The topography was prepared in the same transects through hose graduated. For the description morphoanatomical seedlings of *P. carthagenensis* and *P. capillacea*, 10 individuals of each species were collected in the study area, together with the substrate, and were described the morphology and anatomy of root, hypocotyl, cotyledons, eophylls, colleters and stipules. Were fixed in 50% FAA, embedded in hydroxy ethyl methacrylate, sectioned in a rotation microtome and stained with toluidine blue 0.05%. The material was also analyzed by SEM. The soil is classified as Tb Fluvisol Dystrophic typical. The two species of *Psychotria*, *Celtis* and *Cecropia* were associated with potassium, calcium, pH, fine particulate organic matter, phosphorus and *Piper* and *Triplaris* with aluminum and soil moisture. The Canonical Correspondence Analysis revealed gradient of increasing acidity, moisture and higher levels of calcium, magnesium and aluminum with the distance of river. Seedlings of both species of *Psychotria* are fanerocotylar epigeal. The primary root and hypocotyl is diarchic transition structure has root-stem. The cotyledons are foliaceous and dorsiventral. The epicotyl stem structure has eustele. Eophylls opposites are prescribed, petiolate, hipostomatic and dorsiventral. Stipules present interpetiolar colleters of tipo 'S-standard'. The two species are morphologically and anatomically similar, differing only in the shape of cotyledons and trichomes eophylls.

**Keywords:** Macro nutrients from the soil. Topography. Particle size. Moisture. Rubiaceae. *Psychotria*. Seedlings. Cotyledon. Stipule. Colleters.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figuras 1-2 - Localização da área de estudo na ilha Porto Rico planície de inundação do alto rio Paraná. 1. No detalhe são indicadas as transecções onde foram realizados os censos das plântulas de cinco gêneros. 2. Disposição das transecções (T1, T2 e T3), das parcelas (2 x 2 m) e dos pontos de amostras para análise química, granulométrica e de umidade (1 a 10) ..... 49
- Figuras 3-5 - Topografia dos transectos e número de plântulas das espécies em julho de 2008 (Per 2), no remanescente florestal na Ilha Porto Rico, planície de inundação do alto rio Paraná. 4. Transecto 1. 5. Transecto 2 . 6. Transecto 3. P = ponto de coleta de solo (1 a 10). A divisão de solo aluvial e hidromórfico é similar para todos os transectos ..... 53
- Figura 6 - Diagrama de ordenação das espécies, variáveis ambientais e pontos de coleta de solo (p1 a p10) nos transectos (T1, T2 e T3) produzidos pela Análise de Correspondência Canônica no Per 2 ..... 54
- Figuras 1-4 - Aspecto das plantas na área de estudo. 1. Arbusto de *Psychotria carthagenensis* 2. Detalhe do ramo com fruto 3. Subarbusto de *Psychotria capillacea* 4. Detalhe do ramo com fruto. Barras = 1 m (1), 30 cm (3), 10 cm (2), 5 cm (4) ..... 72
- Figuras 5-6 - Localização da área de estudo entre o Estado do Paraná e Mato Grosso do Sul. 5. Ilha Porto Rico e base de estudos do Nupelia no município de Porto Rico, Paraná. 6. Em detalhe a ilha Porto Rico e o local de coleta das plântulas (\*) ..... 73
- Figuras 7-9 - Aspecto das plântulas. 7. Desenvolvimento de *Psychotria carthagenensis*. 8. Cotilédones e eofilos de *Psychotria carthagenensis*. 9. Cotilédones e eofilos de *Psychotria capillacea*. Coletor (C), Cotilédone (Co), eofilo (Eo), hipocótilo (Hp), epicótilo (Ep), Semente (S). Barras =1cm ..... 74
- Figuras 10-14 - Estrutura da raiz em seções transversais de *Psychotria carthagenensis* (10, 11 e 14) e *Psychotria capillacea* (12 e 13). 10. Raiz em crescimento primário. 11. Detalhe da disposição diarca do xilema primário. 12. Células secretoras no córtex. 13. Detalhe da epiderme e córtex mostrando célula secretora. 14. Raiz em crescimento secundário com presença de células secretoras no córtex, próximo ao cilindro central e raiz lateral em desenvolvimento. Célula secretora (setas), Córtex (Cx), Endoderme (En), Epiderme (Ep), Floema (F), Metaxilema (Mx), Periciclo (Pe), Protoxilema (Px), Raiz lateral (Rl). Barras = 50 µm (10, 12, 13 e 14), 100 µm (11) ..... 75
- Figuras 15-18 - Estrutura do hipocótilo em seção transversal de *Psychotria carthagenensis* (15-17) e *Psychotria capillacea* (18). 15. Região do

hipocótilo evidenciando o afastamento dos elementos traqueais de metaxilema. 16. Cilindro vascular apresentando os traços cotiledonares e epicotiledonares. 17. Traços cotiledonares que darão origem ao feixe vascular único do cotilédone. 18. Seção mostrando colênquima no córtex. Câmbio (Ca), Colênquima (Cq), Estrias de Caspary (Ec), Floema (F), Metaxilema (Mx), Parênquima (Pa), Protoxilema (Px), Traço cotiledonar (Tc), Traço epicotiledonar (Te). Barras = 50 µm (15 e 16), 100 µm (17 e 18) ..... 76

Figuras 19-24 - Estrutura do epicótilo de *Psychotria carthagenensis* (19, 21, 22, 23) e de *Psychotria capillacea* (20, 24). 19-21. Seções transversais do epicótilo. 22-24. MEV. 19. Epiderme com tricomas curtos, córtex colenquimático/parenquimático e cilindro vascular. 20. Epicótilo evidenciando tricomas longos. 21. Detalhe do córtex com colênquima. 22-24. Microscopia eletrônica de varredura de ápice caulinar. 22. Ápice do hipocótilo. 23. Epicótilo mostrando tricomas e estípula jovem. 24. Ápice do hipocótilo. Córtex (Cx), Cilindro vascular (Cv), Parênquima (Pa), Colênquima (Cq), Epiderme (Ep), Estípula jovem (Ej), Estípula senescente (Es), Medula parenquimática (Mp), Tricoma (Tr). Barras = 100 µm (20, 21 e 22), 500 µm (23 e 24) ..... 77

Figuras 25-30 - Cotilédone em seção transversal de *Psychotrya carthagenensis* (26-30) e *Psychotria capillacea* (25). 25. Pecíolo com feixe vascular único. 26. Base do cotilédone com nervação trinérvia. 27. Detalhe do limbo (região basal), presença de câmara subestomática e ráfide (\*). 28. Nervura central e parte do limbo. 29. Detalhe do limbo (região média). Note diferença entre o tamanho das células epidérmicas e presença de divisão periclinal na superfície adaxial. 30. Bordo no ápice do limbo com estômato e ráfides. Câmara subestomática (Cs), Divisão periclinal (Dp), Epiderme abaxial (Ab), Epiderme adaxial (Ad), Estomato (Es), Feixe vascular único (Fv), Feixe vascular trinérvio (Fvt), Parênquima paliçádico (Pp), Parênquima lacunoso (Pl). Barras = 50µm (25 e 26), 100 µm (26, 27, 28, 30), 30 µm (29) ..... 78

Figuras 31-36 - Epiderme dos cotilédones de *Psychotria carthagenensis* (31-35) e *Psychotria capillacea* (36). 31, 33. Seções paradérmicas. 32, 34, 35, 36. MEV. 31 e 32. Epiderme da face adaxial, com paredes anticlinais retas. 33 e 34. Epiderme da face abaxial. 35. Epiderme da face abaxial evidenciando o tricoma. 36. Epiderme da face abaxial. Células com paredes de contorno variável. Ceras epicuticulares (Ce), Membrana cuticular lisa (Mcl), Parede anticlinal reta (Pc), Tricoma (Tr). Barras = 80 µm (31), 50 µm (32 e 34), 100 µm (33), 10 µm (35), 20 µm (36) ..... 79

Figuras 37-42 - Seções transversais (37-40) e MEV (41, 42) do ápice de plântulas de *Psychotria carthagenensis* (38-40) e *Psychotria capillacea* (37, 41, 42). 37. Estípulas interpeciolares. A seta indica a união das estípulas na porção basal. 38. Estípula e coléter. 39. Coléteres na base das estípulas (\*). 40. Detalhe do coléter com células epidérmicas em

paliçada. 41. Microscopia eletrônica de varredura, evidenciando a estípula (\*) e os coléteres (setas) na extremidade. 42. Detalhe dos poros no ápice do coléter (setas). Coléter (Cl), Cotilédone (Co), Células epidérmicas em paliçada (Ep), Eofilo (Eo), Estípula (Es), Parênquima (Pa), Tricomas (Tr). Barras: = 100µm (38, 39, 40), 50 µm (41), 20µm (42) ..... 80

Figuras 43-48 - Eofilos de *Psychotria carthagenensis* (44-48) e pecíolo de *Psychotria capillacea* (43). Seção transversal (43, 44, 46, 47 e 48) e MEV (45). 43. Pecíolo com ráfides (setas). 44. Porção basal do mesofilo com nervura central e tricomas. 45. Nervura central na superfície abaxial com tricomas (setas). 46. Porção mediana do mesofilo. 47. Região apical do limbo. 48. Bordo. Câmara subestomática (Cs), Colênquima (Cq), Epiderme da face adaxial (Ad), Epiderme da face abaxial (Ab), Parênquima paliçádico (Pp), Parênquima lacunoso (Pl). Barras = 100 µm (43, 44, 45 e 46), 50 µm (47 e 48) ..... 81

Figuras 49-54 - Epiderme dos eofilos em cortes paradérmicos (49, 51) e em MEV (50-54) de *Psychotria carthagenensis* (49-54) e *Psychotria capillacea* (52). 49 - 50. Epiderme da face adaxial. 51. Epiderme da face abaxial. 52. Epiderme da face abaxial com estômato. 53. Epiderme da face abaxial com tricomas na nervura central. 54. Detalhe para os tricomas e estômatos na epiderme da face abaxial. Parede anticlinal reta (Pc), Tricomas (Tr). Barras = 80 µm (49), 50 µm (50 e 51), 10 µm (52), 100 µm (53), 20 µm (54) ..... 82

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Espécies da ilha Porto Rico planície de inundação do alto rio Paraná, respectivas famílias e categoria sucessional ..... 50
- Tabela 2 - Densidade de plântulas ( $n^{\circ}/m^2$ ) nos três períodos de amostragem (Per 1, Per 2, Per 3), nos transectos (T1, T2, T3) e precipitação do mês, na ilha Porto Rico planície de inundação do alto rio Paraná ..... 50
- Tabela 3 - One way Anova para a densidade das espécies entre períodos (Per 1, Per 2, Per 3) e transectos (T1, T2, T3) na ilha Porto Rico planície de inundação do alto rio Paraná. Os valores de p entre parênteses nas colunas são significativos ao nível de 5%, pelo Teste de Tukey ..... 50
- Tabela 4 - Médias das amostras de solos, para os transectos (T1, T2 e T3) no remanescente florestal da ilha Porto Rico, em julho de 2008 (Per 2). Capacidade de troca catiônica (CTC), índice de saturação por bases (V), Soma de bases trocáveis (SB), Transectos-amostra (TA), Umidade (U). Número de amostras por transecto = 10 ..... 51
- Tabela 5 - Análise granulométrica (média  $\pm$  desvio) para os transectos (T1, T2 e T3) no remanescente florestal na ilha Porto Rico, em julho de 2008 (Per 2). Número de amostras por transecto = 10 ..... 52
- Tabela 6 - Resumo para Análise de Correspondência Canônica para as espécies no Per 2 em 30 parcelas na ilha Porto Rico, planície de inundação do alto rio Paraná ..... 52
- Tabela 7 - Resumo dos resultados da ACC com os dados abióticos, para os eixos 1 e 2. Índice de saturação por bases (V), Matéria orgânica particulada grossa, Matéria orgânica particulada fina ..... 52
- Tabela 8 - Escores para os dois eixos da ACC para os pontos de coleta de solo (p1 a p10) dos transectos T1, T2, T3, no per 2 ..... 55
- Tabela 9 - Escores das espécies para os eixos 1 e 2 da ACC ..... 55

Tese elaborada e formatada  
conforme as normas de publicação  
científica da Revista *Acta  
Botânica Brasilica* e *Revista  
Brasileira de Botânica*  
Disponíveis em:  
<<http://www.scielo.br>>

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	14
1.1	O Ambiente .....	14
1.2	Rubiaceae e o gênero <i>Psychotria</i> .....	16
1.3	Plântula .....	19
1.4	Morfoanatomia .....	21
1.4.1	Raiz .....	21
1.4.2	Colo .....	22
1.4.3	Hipocótilo .....	23
1.4.4	Cotilédone .....	23
1.4.5	Estípulas e coléteres .....	26
1.4.6	Eofilo .....	27
1.4.7	Epicótilo .....	27
	REFERÊNCIAS .....	28
2	FATORES EDÁFICOS NA DISTRIBUIÇÃO DE PLÂNTULAS DE ESPÉCIES ARBÓREO-ARBUSTIVAS, PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ .....	37
2.1	Introdução .....	38
2.2	Material e métodos .....	39
2.3	Resultados e discussão .....	41
2.4	Conclusão .....	46
	REFERÊNCIAS .....	46
	ANEXO –Figuras e tabelas .....	49
3	MORFOANATOMIA DE PLÂNTULAS DE DUAS ESPÉCIES DO GÊNERO <i>Psychotria</i> OCORRENTES NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ .....	56
3.1	Introdução .....	57
3.2	Material e métodos .....	58
3.3	Resultados e discussão .....	59
	REFERÊNCIAS .....	67
	ANEXO –Figuras .....	72

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 O Ambiente

A planície de inundação do alto rio Paraná, no trecho entre o Reservatório de Itaipu e a barragem de Porto Primavera, compreende uma área de 3.375 km<sup>2</sup> (Fuem/Ciamb-Padct 1993), e em cuja margem à esquerda localiza-se o território paranaense e à direita o mato-grossense (Figura 1). Segundo Souza Filho & Stevaux (1997) o lado paranaense apresenta as maiores variações topográficas, com barrancos de até 15m de altura, com poucas áreas baixas e sujeitas a inundações. No entanto, segundo estes autores, a margem localizada no estado do Mato Grosso do Sul, apresenta uma planície aluvial composta por pântanos, lagoas, canais secundários e diques marginais.

Além da complexidade natural, a região foi fortemente explorada para criação de gado e uso agrícola, tendo sua cobertura vegetal reduzida a menos de 1% (Fundação SOS Mata Atlântica 1992/93). Considerando a importância ecológica desta região, foram criadas três unidades de conservação: o Parque Nacional de Ilha Grande, o Parque Estadual do Rio Ivinhema e a Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná (Agostinho *et al.* 2007).

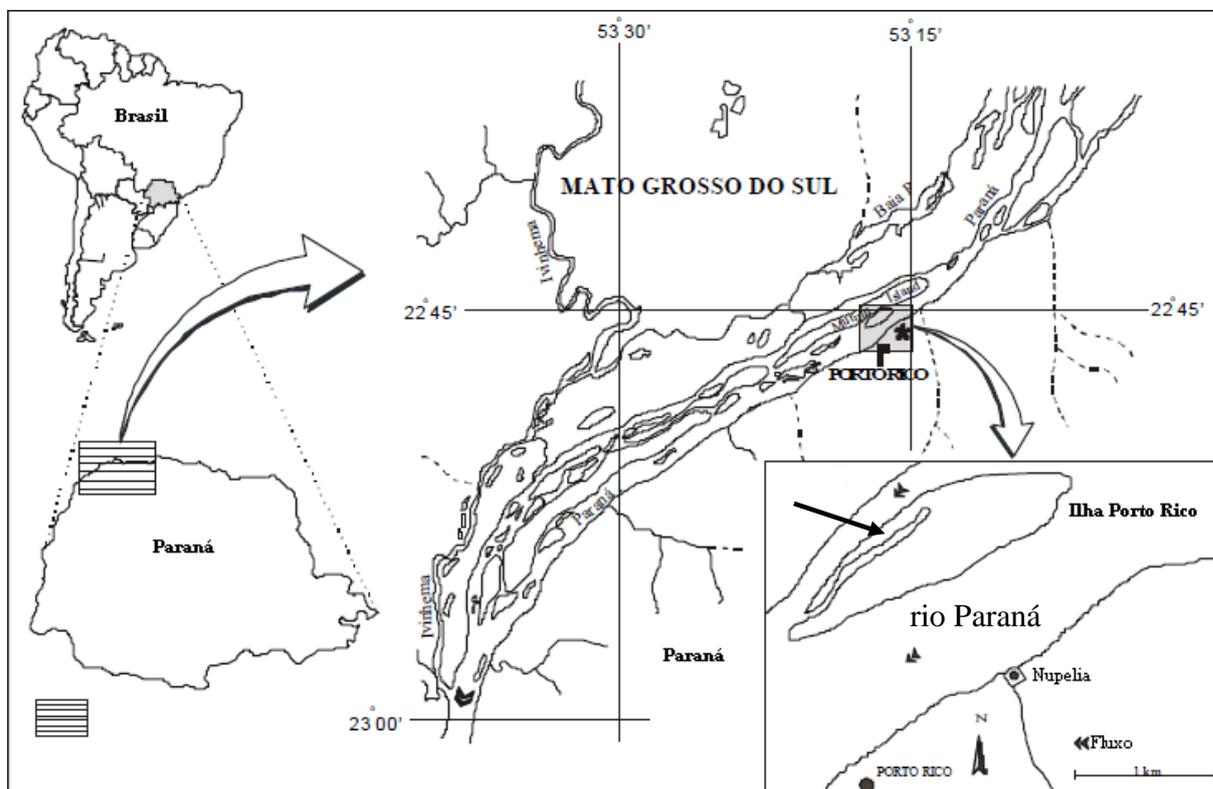


Figura 1. Localização da Planície de Inundação do alto rio Paraná, com detalhe para a Ilha Porto Rico e o banco de areia (ponta da seta).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfaclima, de acordo com o sistema de Köppen, como Cfa – clima tropical-subtropical com verão quente (média de 22° C anuais), com precipitação anual média de 1500 mm (Maack 2002), sendo outubro o mês com as maiores precipitações e julho e agosto os valores mais baixos. A altitude varia entre 230 a 290m. A vegetação é classificada como domínio da Floresta Estacional Semidecidual, estando próxima às áreas de Cerrado dos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul e, portanto, podendo ser considerada uma área de ecótono entre estas formações (Campos *et al.* 2000).

Neiff (1986) observa que a vegetação é fortemente influenciada por fatores como os regimes hidrológicos, de sedimentação, geomorfológicos e composição do solo, determinando grande heterogeneidade de habitats e condições para os processos sucessionais. Como a região está sujeita a inundações, principalmente nos meses de maiores índices pluviométricos, a inundação das áreas florestadas é inevitável e, portanto, as condições abióticas podem alterar-se condicionando adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas e até de estrutura da comunidade (Junk 1997). Bianchini *et al.* (2001), comparando áreas com e sem influência de alagamento, demonstraram que a primeira apresenta mais espaçamentos entre os indivíduos arbóreos, dossel baixo e com menor número de estratos, o que determina maior luminosidade, e para os autores estas características estruturais estariam relacionadas à presença do rio.

Esta dinâmica pôde ser observada na planície de inundação do alto rio Paraná em 1988, onde a elevação dos níveis d'água submergiu toda a vegetação por mais de 6 meses, determinando a morte de quase todas as espécies arbóreas, o que segundo Neiff (1986) poderia ser considerado como um reinício do sistema.

Neste contexto, o remanescente florestal da Ilha Porto Rico, objeto deste estudo, está condicionado a essas forças, já que a ilha se apresenta circundada pelo rio Paraná e teve sua área aumentada em 12,40ha pela formação de um banco de areia a partir de 1952 (Figura 1). Pelo processo de arraste e deposição, a areia em suspensão foi trazida e depositada, onde hoje apresenta vegetação arbórea abundante (Campos & Souza 2002).

Devido à importância e complexidade da região, levantamentos e estudos têm sido conduzidos pelo programa de estudos de longa duração (PELD), desenvolvidos na base do núcleo de pesquisas (NUPELIA) no município de Porto Rico, através da Universidade Estadual de Maringá, como os levantamentos de florística e

fitossociologia (Assis 1991; Romagnolo *et al.* 1994; Campos & Souza 1997; Campos *et al.* 2000; Pereira 2008), banco de sementes (Campos & Souza 2003, Chapla 2011) e crédito de carbono (Zampar 2009). Embora os esforços sejam muitos, a área envolvida é grande e de difícil acesso em alguns trechos, sendo necessárias inúmeras pesquisas para fornecer subsídios para compreensão dos fatores que condicionam o estabelecimento e manutenção da biota local.

## 1.2 Rubiaceae e o gênero *Psychotria*

A denominação Rubiaceae deriva do gênero *Rubia* L., do latim *rubium*, que refere-se à tinta vermelha produzida pelas raízes das plantas e que é utilizada para tingir tecidos (Cronquist 1981), mas foi descrita a partir de 1789 por Antoine Laurent de Jussieu. A família apresenta em torno de 611 gêneros e 13.143 espécies, o que a coloca em quarta posição de maior riqueza entre as angiospermas, após Orchidaceae, Asteraceae e Leguminosae (Davis *et al.* 2009). O autor comenta, ainda, sobre a ocorrência predominante da família nos trópicos, com a maior diversidade ocorrendo nas florestas úmidas em baixa e média altitude, embora possa ser encontrada em todas as regiões do mundo, com exceção do Continente Antártico.

Na América, a família é representada por 229 gêneros e 5.200 espécies (Delprete 1999) e no Brasil estima-se 101 gêneros e 1.010 espécies (Barroso *et al.* 1991) amplamente distribuídos em quase todas as formações vegetais, embora a maior representatividade em espécies esteja associada à Mata Atlântica (Gomes 1996). É também conhecida pelos representantes com importância econômica, como o café (*Coffea arabica*); fonte de alimento para a fauna e de uso culinário, como o jenipapo (*Genipa americana*); ornamentais, como a ixora (*Ixora sp.*) e a serissa (*Serissa fetida*); medicinais como a quina (*Cinchona sp.*) e a ipeca (*Psychotria ipecacuanha*); tóxicas (*Palicourea marcgravii*) e daninhas em áreas de agricultura (*Borreria*, *Diodia* e *Richardia*) (Pereira 2007).

Além disso, seus representantes apresentam variadas formas de vida, como árvores, subarbustos, ervas perenes ou anuais, cipós, epífitas, mirmecófitas (hastes ocas ou tubérculos com câmaras especiais, contendo formigas ou colônias de formigas) e raramente suculentas ou aquáticas (Robbrecht 1988; Davis & Bridson 2007 *apud* Davis *et al.* 2009). Pereira (2007) realizando um levantamento das espécies de Rubiaceae no Parque Estadual do Ivinhema (MS), que é banhado pelo rio Paraná, encontrou 51% com

forma arbustiva, 38% ervas, 13% árvores e 7% de trepadeiras. Esta autora comenta, ainda, que a localização de herbáceas em pastagens e várzeas e de arbustos em florestas já era esperada, mas reforça a participação da família em subosques.

As Rubiaceae caracterizam-se, principalmente, por apresentarem folhas simples, opostas cruzadas ou, menos frequentemente, verticiladas; estípulas interpeciolares, raramente intrapeciolares, livres ou concrecidas entre si, com formas variadas, persistentes ou decíduas; estames isômeros, fixados ao tubo da corola, e ovário ínfero (Cronquist, 1981; Barroso *et al.* 1991). A família também apresenta heterostilia tendo o maior número de gêneros com esta característica dentre as Angiospermas (Vuilleumier 1967).

*Psychotria* é o maior gênero da família (Sohmer & Davis 2007, Davis *et al.* 2009), com 1.834 espécies e o terceiro maior gênero dentre as angiospermas, após *Astragalus* L. (Leguminosae) com 3200 espécies e *Bulbophyllum* Thouars (Orchidaceae) com 2000 espécies, sendo sua distribuição pantropical (Taylor 1994, Davis *et al.* 2009). Na América ocorre da Flórida (Reiskind *et al.* 2009) até a Argentina (Bacipalugo 1952, 1993); no Brasil da Floresta Amazônica (Kinupp & Magnusson 2005, Rossi *et al.* 2009) até o Rio Grande do Sul (Longhi *et al.* 2008, Colonetti *et al.* 2009), com grande ocorrência na Floresta Atlântica (Barroso *et al.* 1991).

O gênero é representativo para o subosque como demonstra Meira Neto & Martins (2003), estudando o componente herbáceo-arbustivo de uma Mata de Silvicultura, onde encontraram no gênero *Psychotria* o maior contribuinte em biomassa, o que confirma a afirmação de Gentry (1988) que cita que os representantes de Rubiaceae constituem um dos mais importantes componentes da vegetação arbórea e arbustiva das florestas tropicais. Pereira (2007) relata que das 45 espécies de 24 gêneros encontrados no Parque Estadual do Ivinhema (MS) o mais representativo foi *Psychotria* com 10 espécies.

*Psychotria carthagenensis* Jacq. e *Psychotria capillacea* (Müll. Arg.) Standl., objetos do presente estudo, conhecidas popularmente como cafezinho ou erva de rato branca, são registradas no remanescente florestal da Ilha Porto Rico. A distribuição de *P. carthagenensis* abrange Estados Unidos, México, América do Sul, Antilhas e na América Central, principalmente, na costa do pacífico em elevações de 0-1400m, em florestas úmidas de clima tropical e equatorial (Burger & Taylor 1993) e no Brasil, ocorre nas regiões Norte, Sudeste e Centro-Oeste (Andersson 1992).

*Psychotria capillacea*, por sua vez, de acordo com Andersson (1992), ocorre nos Estados da Amazônia, Mato Grosso do Sul e Paraná e no Paraguai e Argentina. Vale ressaltar que Pereira (2007) comenta que *P. carthagenensis* ocorre com maior frequência na borda dos remanescentes. Entretanto, neste estudo foi localizada no subosque e com frequência as duas espécies ocorrem próximas (obs. pess.). A Tabela 1 mostra as características mais marcantes que podem ser utilizadas para diferenciar as espécies.

Hamilton (1989) registra que a sensibilidade a distúrbios e as altas taxas de endemismo encontradas em Rubiaceae podem favorecer a extinção local e mundial de espécies. Davis *et al.* (2009), estudando as vinte maiores áreas para endemismo em Rubiaceae, apresenta o sudeste do Brasil em 6º lugar, com 619 espécies, sendo 311 (50%) endêmicas. Diante desses dados e considerando-se a fragmentação dos habitats naturais de ocorrência de *Psychotria* torna-se necessário registrar a ameaça de desaparecimento das duas espécies objetos de estudo.

Tabela 1. Caracteres morfológicos de *Psychotria carthagenensis* e *Psychotria capillacea*

Caracteres	<i>P. carthagenensis</i> Jacq.	<i>P. capillacea</i> (Müll. Arg.) Standl.
Categoria	árvore, arbusto, subarbusto	subarbusto
Altura	até 15 m	1 a 5m
Pecíolo	1 a 1,5cm	0,3 a 0,5cm
Limbo (dimensões) <sup>1</sup>	5,5-20 x 2-9cm	2,5-8,5 x 0,5-2,5cm
Limbo (dimensões) <sup>2</sup>	8-18 x 5-8cm	5-8 x 1,5-2,5cm
Estípula	Grande e inteira	Pequena e inteira
Nervuras secundárias	7 a 9 pares	5 a 6 pares
Fruto	Drupáceo elipsóide	Drupáceo globoso
Fruto (dimensões) <sup>2</sup>	6-8 x 4-6mm	5-8 x 4-6mm
Semente (peso) <sup>3</sup>	0,025g	0,014g

1. Pereira (2008); 2. Pereira (2007); 3. Psicichio dados não publicados (média para 200 sementes).

Como muitas espécies de subosque não apresentam ou ainda não se conhece seu valor econômico, os estudos ficam restritos a poucas espécies. Diante da importância do grupo, do nível de fragmentação que se encontram os biomas, da sensibilidade ecológica e considerando as mudanças ambientais em nível global são

imprescindíveis estudos que abordem as mais diversas áreas de pesquisa e com o maior número de espécies.

### 1.3 Plântula

A fase de plântula, considerada neste estudo como o período compreendido entre a germinação e a expansão completa do primeiro par de folhas (eofilos) (Souza 2003, 2009), pode-se afirmar que ela é o momento mais crítico no ciclo de vida de uma planta. A fase seguinte, chamada de tirodendro, compreende o final da fase de plântula e se estende até o desenvolvimento do primeiro metafilo, que é a folha semelhante morfológicamente à da planta adulta (Souza 2003, 2009). Como os tecidos jovens são delicados, sujeitos a danos mecânicos e podem ser palatáveis aos herbívoros, as estratégias utilizadas para superar esta fase podem ser complexas. Após a germinação, quando uma quantidade adequada de água deve estar disponível, a raiz recém desenvolvida precisa, muitas vezes, transpor a serapilheira numa mata para alcançar o solo e estabelecer sua fixação.

Vencida esta etapa, a exposição do hipocótilo e dos cotilédones depende do escape à predação, da quantidade de reserva da semente e/ou da produção fotossintética, dos nutrientes disponíveis no solo e também de água. Além disso, neste período a plântula é suscetível a deposição de material da serapilheira, pisoteio por animais e competição inter e intra específica (Ng 1978, Míquel 1987). Desta maneira, para compreender o ciclo biológico e a regeneração natural das espécies, é fundamental o conhecimento desta etapa do desenvolvimento.

A importância da fase de plântula no desenvolvimento de uma espécie motivou vários estudos morfológicos, como o de De Candolle (1825) que classificou os cotilédones como de reserva ou foliares; Rizzini (1965) que separou as formas epígea e hipógea, que se referem às plântulas que expõem os cotilédones ou que os mantêm no interior do solo, respectivamente; Duke (1965) que propõe os termos fanerocotiledonar e criptocotiledonar, que se referem aos cotilédones livres ou envoltos pelo envoltório da semente e/ou fruto, respectivamente, sendo mais comum o primeiro em dicotiledôneas e o segundo em monocotiledôneas (Duke 1969); Ng (1978) que classifica, além dos tipos acima, plântulas semi-hipogeias (hipocótilo não desenvolvido e cotilédones expostos) e *Durian* (plântula epigéia, hipocótilo desenvolvido e cotilédones não expostos), sendo esta última não registrada para regiões não tropicais; Vogel (1980) que classificou 16

tipos de plântulas de várias famílias: Tipo *Macaranga*; Tipo *Sloanea*; Tipo *Sterculia stipulata*; Tipo *Ternstroemia*; Tipo *Cyclamen*; Tipo *Heliciopsis*; Tipo *Horsfieldia*; tipo *Blumeodendron*; Tipo *Rhizophora*; Tipo *Coscinium*; Tipo *Endertia*; Tipo *Cynometra ramiflora*; Tipo *Barringtonia*; Tipo *Garcinia*; Tipo *Hodgsonia*; Tipo *Orobanche*.

Posteriormente, Míquel (1987) categoriza 5 tipos de plântula, às quais Garwood (1995), com algumas modificações, faz a mesma aplicação dos termos, que hoje são muito utilizados em ecologia de plântulas tropicais, que são: PEF (Fanerocotiledonar Epigeal Foliáceo) que são as plântulas cujos cotilédones estão livres do envoltório da semente ou fruto, acima do solo e são foliáceos; PER (Fanerocotiledonar Epigeal de Reserva) cotilédones também livres e acima do solo, mas são de reserva ou absorção; PHR (Fanerocotiledonar Hipogeal de Reserva) cotilédones junto ao solo, livres do envoltório da semente ou fruto e de reserva ou absorção; CHR (Criptocotiledonar Hipogeal de Reserva) cotilédones abaixo do solo, presos ao envoltório da semente ou fruto e de reserva ou absorção; CER (Criptocotiledonar Epigeal de Reserva) cotilédones acima do solo, presos ao envoltório da semente ou fruto e de reserva.

Hladik & Míquel (1990) fazem observações interessantes a respeito do excesso de umidade antes e após a germinação, bem como observam que a concentração de CO<sub>2</sub>, temperatura e luminosidade interferem na morfologia da plântula. Comentam também, que parece haver uma relação entre sementes pequenas, e de cotilédone foliáceo e sementes maiores com maior variedade de tipos de folhas cotiledonares.

Ibarra-Manríquez *et al.* (2001), estudando 210 espécies, observam que o tipo PEF foi o mais comum (49,5%) sendo 98% de espécies pioneiras, com sementes pequenas e com pouca reserva nutritiva; já as espécies tardias ou clímax foram compostas por tipo PEF (43%) e CHR (37%). O trabalho de Ressel *et al.* (2004) segue em geral os mesmos resultados do anterior tendo nas plântulas tipo PEF as mais comuns, diferindo apenas nas espécies tardias que apresentaram maior contribuição do tipo CHR. Os autores também avaliaram as sementes, mas quanto ao peso, e verificaram que as mais leves (<0,1gr) pertencem ao grupo das pioneiras. Neste estudo, *Psychotria carthagenensis* e *Psychotria capillacea* apresentam peso médio para 200 sementes, em 0,025g e 0,014g respectivamente, mas são enquadradas na categoria de espécies secundárias (Tabela 1).

Como é possível observar, as diferentes classificações tentam combinar a morfologia com a função, mas em virtude da diversidade biológica encontrada, espécies

de táxons diferentes podem apresentar características muito semelhantes, o que poderia indicar convergência evolutiva (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2001, Ressel *et al.* 2004). Por outro lado, a similaridade morfológica entre plântulas de espécies diferentes também pode ser indicadora das especializações de nicho (Queenborough *et al.* 2007) e do grau de plasticidade, já que muitas espécies têm distribuição ampla e outras território restrito.

## 1.4 Morfoanatomia

### 1.4.1. Raiz

A raiz primária em dicotiledôneas é em geral axial, aclorofilada, flexível, de crescimento rápido, com pelos e sem ramificações (Oliveira 1993). Pode apresentar ainda lenticelas, como em *Platonia insignis* (Clusiaceae), tuberosidades em *Amburana cearensis* (Fabaceae) ou ainda haustórios em *Struthanthus vulgaris* (Souza 2009).

Em geral, a presença de lenticelas representa déficit de oxigênio no solo, assim como a raiz tuberosa pode ser uma indicação de estratégia de rebrotamento por dano à parte aérea ocorrente em espécies do Cerrado.

De acordo com Vogel (1980), as espécies de Fabaceae (Papilionioideae) apresentam nódulos com infestação de bactérias do tipo *Rhizobium*. A investigação destas estruturas pode ser útil para reconhecimento dos sítios favoráveis às espécies, já que a adaptação a condições específicas determina o desenvolvimento dessas respostas (Larcher 2000).

A presença de uma zona pilífera é comum em plântulas, o que provavelmente além de aumentar a zona de absorção serve como proteção mecânica aos tecidos jovens da raiz primária. Posteriormente, a ramificação secundária lateral e adventícia ocorre, sendo esta última proveniente do colo ou do hipocótilo (Oliveira 1993).

Quanto à estrutura interna, a raiz, em crescimento primário, apresenta-se mais simples que o hipocótilo, com sistema dérmico (epiderme), cortical (exoderme, parênquima e endoderme), cilindro central (periciclo, xilema e floema primários alternados) e, eventualmente, medula parenquimática (Esau 1976, Souza 2009). O córtex pode estar presente em *Tabebuia avellanadae* (Bignoniaceae) e *Celtis iguanaea* (Ulmaceae) mesmo em crescimento secundário.

A epiderme em geral é unisseriada, com ausência de estômatos e em geral com pelos absorventes (Esau 1976). Souza (2009) comenta ainda que epiderme de raízes subterrâneas é unisseriada e apresenta formato irregular das células e cita os exemplos

de *Cassia cathartica* (Fabaceae) e *Arrabidaea mutabilis* (Bignoniaceae). No entanto, Camargo *et al.* (2000) encontraram epiderme bisseriada em *Bertholletia excelsa* (Lecythidaceae),

Em geral, o córtex é composto por células parenquimáticas, apresenta espaços intercelulares e pode mostrar exoderme unisseriada, como em *Arrabidaea mutabilis* (Bignoniaceae) e *Campomanesia xanthocarpa* (Myrtaceae) (Gogosz *et al.* 2010), e bisseriada em *Tabebuia avellanadae* e *T. chrysotricha*, além de endoderme com estrias de Caspary (Souza 2009).

Para o cilindro central podem ser observados o periciclo parenquimático e os tecidos vasculares primários, em que o xilema alterna-se com o floema. O número de polos de protoxilema no cilindro central da raiz de plântulas pode variar conforme as espécies, sendo: raiz diarca em *Rollinia sylvatica*, Annonaceae (Souza 2009); diarca ou tetraarca em *Celtis iguanaea*, Ulmaceae (Pilati & Souza 2006); triarca a pentarca em *Arrabidaea mutabilis*, Bignoniaceae (Souza *et al.* 2007); tetraarca em *Joannesia princeps*, Euphorbiaceae e *Tabebuia chrysotricha*, Bignoniaceae (Souza 2009); pentarca a hexarca em *Campomanesia xanthocarpa*, Myrtaceae (Gogosz *et al.* 2010).

Na literatura não foram encontrados estudos anatômicos em raízes de plântulas de Rubiaceae, mas raízes jovens de *Myrmecodia* são diarcas (Metcalf & Chalk 1950). A variação de protoxilema na raiz pode ocorrer em virtude da região estudada, ou seja, apical ou basal, do tempo de desenvolvimento e até por alteração das condições ambientais (Guttemberg 1968).

#### 1.4.2. Colo

O colo ou coleto se refere à região que separa a raiz do hipocótilo e pode distinguir-se pela coloração, pela presença de pelos (*Vismia guianensis*, Clusiaceae), ou tricomas (*Epiphyllum phyllanthus*, Cactaceae) ou ainda, por estrangulamento formando uma leve depressão (Souza 2009). Em outras espécies esta estrutura pode aparecer como uma projeção basal, como em *Luetzelburgia guaissara*, Fabaceae-Papilionoideae (Rodrigues & Tozzi 2007) e *Hymenaea intermedia* Ducke var. *adenotricha* (Ducke), Fabaceae-Ceasalpinioideae (Melo *et al.* 2004), ou ainda intumescido em *Indigofera anil*, *I. suffruticosa* e *I. truxillensis*, Leguminosae (Paulino *et al.* 2010). Na Rubiaceae *Guettarda platypoda* (Lima *et al.* 2010) o colo apresenta-se como uma região um pouco mais espessa.

### 1.4.3 Hipocótilo

É a região da plântula situada entre o colo ou coleto até a região do nó cotiledonar. Vogel (1980) refere-se a esta região como um entrenó, que não é perceptível, a não ser quando o colo é evidente. O autor considera, ainda, que é nesta região que ocorre a transição da condição exarca da raiz para a endarca do caule e por isso, também se utiliza o termo de zona de transição.

Esta transição raiz-caule pode ocorrer por todo o hipocótilo como em *Arabidaea mutabilis* (Souza *et al.* 2007), ou ter estrutura caulinar como em *Celtis iguanaea* (Pilati & Souza 2006). Independente da extensão da zona de transição, ou de sua estrutura, esta representa um contínuo, entre a raiz e o restante da plântula, como observa Esau (1976).

O tipo de germinação epígea ou hipógea, em geral, está relacionado ao comprimento do hipocótilo, como bem desenvolvido expondo os cotilédones, ou reduzido, permanecendo os cotilédones sob o solo, respectivamente. Isso se deve à função do hipocótilo que é a de sustentação mecânica, conexão entre a raiz e parte aérea, como também de reserva (Oliveira 1993).

A epiderme do hipocótilo é, em geral, unisseriada, com cutícula, estômatos e tricomas tectores e/ou glandulares. O córtex é parenquimático e colenquimático em *Arabidaea selloi*, *Tabebuia avellanadae* e *T. chrysotricha* (Souza & Oliveira 2004), podendo apresentar cloroplastídios, estruturas secretoras em *Pilocarpus pennatifolius*, Rutaceae (Souza 2009), exoderme e bainha amilífera, em *Arabidaea mutabilis* (Souza *et al.* 2007), e endoderme com estrias de Caspary.

O cilindro central apresenta tecidos vasculares primários, e a medula, quando existente, é parenquimática, além de ser encontrado o periciclo. A disposição em forma de anel do xilema primário, circundando a medula, ocorre devido à divisão radial do metaxilema e ao afastamento lateral de seus componentes celulares (Souza 2009). Esta disposição determina o aparecimento de cordões de metaxilema, com duas porções laterais e apenas uma porção mediana de protoxilema, tendo um aspecto triangular.

### 1.4.4 Cotilédone

Vogel (1980) sugere que o termo cotilédone seja aplicado apenas quando ele exerce a função de reserva ou haustorial, preferindo o termo paracotilédone para o de

função fotossintetizante, embora a denominação cotilédone fotossintetizante seja de uso comum entre botânicos e ecólogos.

As plântulas geralmente possuem dois cotilédones, mas podem ocorrer apenas um ou mais, ou ainda serem ausentes (Vogel 1980). Algumas espécies, embora tenham dois cotilédones, um apresenta função de absorção, permanecendo envolvido pelo tegumento da semente e o outro é foliáceo, como ocorre em *Peperomia*, Piperaceae (Duke 1969).

Os cotilédones fotossintetizantes ou foliáceos são finos, de textura membranácea a mais coriácea e de coloração sempre verde, com pecíolo em geral curto, sendo encontrados em plântulas com germinação fanerocotiledonar e epígea, como em *Genipa americana* L. (Oliveira 1993), *Uncaria guianensis* e *U. tomentosa* (Pollito & Bendezú 2003), *Tabernaemontana catharinensis*, *Tynanthus micranthus* e *Piper amalago* var. *medium* (Souza 2009), *Guettarda platypoda* (Lima *et al.* 2010) e *Campomanesia xanthocarpa* (Gogosz *et al.* 2010). Segundo Vogel (1980) os paracotilédones têm rápida emergência e produção de clorofila, exercendo a função fotossintética até que o número de metafílos seja suficiente para atender a demanda energética da planta jovem, tornando-se desnecessários e caindo em seguida.

Os cotilédones de reserva, em geral, são carnosos e espessos, podem ser verdes ou amarelados, mas vão diminuindo ao longo do desenvolvimento da plântula, sofrendo murchamento e posterior abscisão. Podem ser fanerocotiledones e epígeos como em *Eugenia caryophyllata*, *Mimosa scabrella*, *Erithrina glauca*, *Parckia gigantocarpa* (Oliveira 1993) ou criptocotiledonares hipógeos como em *Sapindus saponaria* (Paoli & Santos 1998), *Ocotea diospyrifolia*, *O. odorifera*, *Esenbeckia grandiflora* e *Prunus selowii* Koehne (Leonhardt *et al.* 2008).

Os cotilédones haustoriais são mais delgados e de textura cartácea a carnosa, e têm a função de mobilizar nutrientes do endosperma da semente, para o desenvolvimento da plântula (Vogel 1980). Podem ser epígeos, com pecíolo longo e hipocótilo desenvolvido como em *Hura crepitans*, ou ainda, hipógeos ou semi-hipógeos, com pecíolos reduzidos e hipocótilo não distendido como em *Hevea brasiliensis*, *Omphalea diandra* e *Swietenia macrophylla* (Oliveira 1993).

Quanto à forma e ao tamanho, os cotilédones podem variar consideravelmente. Estes podem ser reniformes em Bignoniaceae, Combretaceae e Malvaceae; auriculados em Fabaceae-Leguminosae; cordados em Ranunculaceae; peltados em *Peperomia*,

Piperaceae (Duke 1969) e oblongos em *Senna multijuga* var. *lindleyana* – Leguminosae Caesalpinioideae (Amorim *et al.* 2008).

A anatomia descreve a ocorrência de epiderme unisseriada, mesofilo parenquimático homogêneo ou heterogêneo, estômatos, tricomas, e estruturas secretoras (Souza 2009). O autor comenta ainda, que plântulas podem apresentar cotilédones com morfoanatomia semelhante a eofilos, como o encontrado em paracotilédones de *Campomanesia xanthocarpa* (Gogosz *et al.* 2010).

Moreira-Coneglian & Oliveira (2006), estudando a anatomia de 10 espécies de Caesalpinioideae, descrevem mesofilo isobilateral para *Dimorphandra mollis*, homogêneo para *Cassia ferruginea*, *Copaifera langsdorffii* e *Hymenaea stilbocarpa* e heterogêneo para *Caesalpinia leiostachya*, *Peltophorum dubium*, *Pterogyne nitens*, *Schozobium parahyba*, *Senna multijuga* e *Bauhinia forficata*.

A vascularização varia de apenas um traço foliar no nó cotiledonar presente em *Vismia guianensis*, dois traços e uma lacuna em *Cassia cathartica* ou ainda, feixes vasculares colaterais como em *Trichilia catigua*, *T. elegans*, *T. pallida* (Souza 2009), *Faramea marginata* (Cavichiolo *et al.* 2009) e também para as 10 espécies de Caesalpinioideae estudadas por Moreira-Coneglian & Oliveira (2006). Estes últimos autores consideram a presença de maior número de fibras associadas aos feixes vasculares de eofilos do que em cotilédones, em virtude da necessidade de reforço mecânico nas folhas de longa duração.

As folhas cotiledonares podem ser anfistomáticas em *Celtis iguanaea*, *Tabebuia avellanadae*, *T. chrysotricha*, *Vismia guianensis* (Souza 2009), hipostomáticas em *Arrabidaea selloi*, *Campomanesia xanthocarpa* (Souza 2009), *Ilex pseudobuxus* (Cavichiolo *et al.* 2009) ou anfi-hipostomática em *Rollinia sylvatica* (Souza 2009).

Glândulas e células secretoras também ocorrem em cotilédones, além de idioblastos com cristais no mesofilo, como observado para *Campomanesia xanthocarpa* (Gogosz *et al.* 2010). Os autores comentam ainda que o conteúdo lipídico das glândulas e os compostos fenólicos das células podem indicar formação de compostos não palatáveis à biota, reduzindo as chances de predação, além de auxiliar na manutenção da estrutura celular mediante estresse hídrico. Compostos fenólicos também foram observados em *Ocotea pulchella* e *Tapirira guianensis* (Cavichiolo *et al.* 2009). Cavidades secretoras também foram observadas em *Pilocarpus pennatifolius* e *Vismia guianensis*, além de cistólitos e drusas, respectivamente (Souza 2009).

#### 1.4.5. Estípulas e coléteres

Estípulas, do latim *stipula*, referem-se aos apêndices, em geral em forma de lâmina, localizadas junto ao pecíolo ou na base foliar (Pereira & Putzke 2010), podendo ser caducas ou persistentes, e interpeciolares. Em Rubiaceae as estípulas aparecem associadas à coléteres, estes podem ocorrer em pecíolos (Johansson 1987), cálice (Robbrecht 1987, Dave *et al.* 1988), brácteas, bractéolas e corola (Thomas & Dave 1989c), apresentando caráter taxonômico. Coléteres são também frequentes em Apocynaceae.

Coléter em grego deriva de “colla” significando cola, goma, que é a substância produzida por estas estruturas (Dave *et al.* 1988). A produção de mucilagem pelos coléteres é considerada como estratégia protetora contra dessecação dos primórdios foliares (Solereeder 1908), herbivoria e patógenos (Thomas *et al.* 1989).

No entanto, em espécies de Rubiaceae que apresentam relação simbiótica, a secreção dos coléteres tem o papel de fonte de nutrientes para as bactérias (Lersten 1975), ou ainda como meio de entrada destes organismos nas folhas (Miller *et al.* 1983).

Lersten (1974a, b) classificou os coléteres que apresentavam cutícula recobrimo a epiderme, que envolve células alongadas, e que se encontra em um pedúnculo multicelular, como tipo padrão e ainda classificou mais quatro tipos em Rubiaceae, sendo padrão reduzido, intermediário, dendróide e escova.

Thomas (1991) complementa, incluindo os tipos, filiforme e alado, observados por Robbrecht (1987) em *Tricalysia fenorum* e *T. bifida* respectivamente. Para *Alibertia sessilis*, Rubiaceae, os coléteres são do tipo dendróide (Barreiro & Machado 2007).

Para o gênero *Psychotria*, Vitarelli & Santos (2009) fazem descrição morfológica e anatômica de estípulas e coléteres em folhas maduras de *Psychotria carthagenensis* e, foram classificadas como tipo padrão ou S (Standard), o mesmo tendo sido observado em outros grupos como *Mandevilla*, Apocynaceae (Apezato da Glória & Estelita 2000) e *Caryocar brasiliensis*, Caryocaraceae (Paiva & Machado 2006). Estes autores consideram estas estruturas como emergências e que não devem ser relacionadas aos tricomas como definido por Solereeder (1908).

Apesar da importância como caráter distintivo entre famílias e espécies, poucos trabalhos dão ênfase a estas estruturas, principalmente de sua ocorrência em plântulas.

#### 1.4.6 Eofilo

É a folha(s) que se desenvolve(m) acima dos cotilédones e que, para este trabalho são consideradas como indicativo do final da fase de plântula. As folhas nesta fase de desenvolvimento podem assemelhar-se ou não às folhas mais maduras (Duke 1965) e as características morfológicas podem ser usadas com caráter taxonômico e ecológico. A heterofilia, que é esta alteração na forma de folhas em diferentes fases de desenvolvimento das espécies, pode apresentar grandes variações, como por exemplo, eofilos simples e folhas adultas compostas encontradas em *Bursera simaruba* (Duke 1969) e *Arrabidaea mutabilis* (Souza *et al.* 2007).

Ocorrem variações no formato da base, bordo e ápice, e podem ser glabros ou apresentar apêndices epidérmicos. Além disso, podem ser opostos ou alternos e apresentar padrão de nervura bem diferente dos cotilédones. Em geral são verdes e podem ser simples como em *Aspidosperma polyneuron*, *Victoria amazonica*, estipulados como em, *Celtis iguanaea*, *Ormosia arborea* e *O. fastigiata*, ou compostos como *Cabrlea canjerana*, *Piptadenia gonoacantha* e *Parapiptadenia rigida* (Souza 2009).

A epiderme da lâmina foliar pode ser unisseriada, com presença de tricomas emergências e estômatos. O mesofilo pode ser homogêneo como em *Anthurium coriaceum*, *Agave angustifolia*, (Souza 2009), ou heterogêneo como nas espécies de Caesalpinioideae estudadas por Moreira-Coneglian & Oliveira (2006), em *Vismia guianensis* (Souza 2009), bem como, em *Ilex pseudobuxus*, *Tapirira guianensis*, *Ocotea pulchella* e *Farameae marginata* (Cavichiolo *et al.* 2009).

O eofilo pode ser hipostomático como em *Tabebuia avellanadae*, *T. chrysotricha* (Souza & Oliveira 2004), *Arrabidaea mutabilis*, *A. selloi*, *Vismia guianensis* (Souza 2009), *Ilex pseudobuxus*, *Tapirira guianensis*, *Ocotea pulchella* e *Farameae marginata* (Cavichiolo *et al.* 2009), anfistomático em *Bauhinia forficata* (Moreira-Coneglian & Oliveira 2006), *Celtis iguanaea* (Pilati & Souza 2006) ou ainda epistomático.

#### 1.4.7 Epicótilo

Localizado entre o ponto de união dos cotilédones e o primeiro par de folhas ou eofilos é também considerado, como o primeiro entrenó (Souza 2009). Pode ser curto, como em *Piper diospyrifolium*, *P. amalago* (Souza 2009), *Celtis iguanaea* (Pilati &

Souza 2006), *Arrabiadaea mutabilis* (Souza *et al.* 2007), *Guettarda platypoda* (Lima *et al.* 2010) ou longo como em *Cryptocarya moschata*, *Ocotea catharinensis* (Moraes & Paoli 1999), *Luetzelburgia guaissara*, *Sweetia fruticosa* (Rodrigues & Tozzi 2007), *Unonopsis lindimanii* (Battilani *et al.* 2007), *Cybistax antisyphilitica* (Ortolani *et al.* 2008), *Protium polybotryum*, *P. grandifolium* (Melo *et al.* 2007), ou ainda, ser praticamente desprovida de epicótilo, como em *Piper crassinervium* e *P. hispidum* (Souza 2009).

Oliveira (1993) comenta que plântulas fanerocotiledonares epigéias com epicótilo curto, em geral, apresentam um hipocótilo bem desenvolvido e que, nas espécies criptocotiledonares hipógeas ou semi-hipógeas, cujo hipocótilo é, reduzido ou muito curto o epicótilo apresenta-se bem desenvolvido. A autora discute ainda, que na primeira situação (epicótilo curto) somente em desenvolvimento posterior da gema apical, é que, é possível observar o epicótilo juntamente com as primeiras folhas.

O formato do epicótilo pode variar de cilíndrico a quadrangular, ou ainda apresentar-se achatado. A coloração é também diversa desde verde, rosa, creme a marrom, podendo ou não apresentar rugosidade, apêndices epidérmicos (Souza 2009). Além disso, pode apresentar catafilos, como em *Aspidosperma australe* e *A. riedelii* (Leonhardt *et al.* 2008).

Em crescimento primário, no epicótilo pode ocorrer a presença de epiderme uniestratificada, córtex parenquimático, colenquimático, tricomas, estômatos e cilindro central com medula como em *Cassia cathartica* (Souza 2009), *Tabernaemontana catharinensis*, *Tabebuia avellanadae* e *T. chrysotricha* (Souza & Oliveira 2004), *Malvastrum coromandelianum*, *Sida regnelli*, *S. rhombifolia* (Santos *et al.* 2010 no prelo), sendo considerado por esta organização, como estrutura caulinar.

Além disso, crescimento secundário pode ser observado em epicótilo de plântulas de várias espécies, por atividade meristemática do câmbio e felogênio, como relata Souza (2009) para *Pilocarpus pennatifolius*, *Cassia cathartica*, *Arrabiadae mutabilis*, *Chamissoa altissima*, entre outras.

## REFERÊNCIAS

Agostinho, A. A., Gomes, L. C. & Pelicice, F. M. 2007. Ecologia e manejo de recurso pesqueiro em reservatórios do Brasil. Eduem, Maringá.

- Amorim, I. L., Davide, A. C., Ferreira, R. A. & Chaves, M. M. F. 2008. Morfologia de frutos, sementes, plântulas e mudas de *Senna multijuga* var. *lindleyana* (Gardner) H. S. Irwin & Barneby - Leguminosae Caesalpinioideae. *Revista Brasileira de Botânica* 31(3): 507-516.
- Andersson, L. A. 1992. A provisional checklist of Neotropical Rubiaceae. *Scripta Botanica Belgica* 1: 1-199.
- Assis, M. A. 1991. Fitossociologia de um remanescente de Mata Ciliar do rio Ivinheima (MS). Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas - Instituto de Botânica.
- Bacipalugo, N. M. 1952. Las especies argentinas de los géneros *Psychotria*, *Palicourea* y *Rudgea* (Rubiaceae). *Darwiniana*, San Isidro 10(1): 31-64.
- . 1993. Rubiaceae. In *Flora de la Provincia del Jujuy: Tomo XIII, Parte IX, Verbenáceas a Caliceráceas*. Buenos Aires: Coleccion Científica del I.N.T.A, Pp. 374-437.
- Barreiro, D. P. & Machado, S. R. 2007. Coléteres dendróides em *Alibertia sessilis* (Vell.) K. Schum., uma espécie não-nodulada de Rubiaceae. *Revista Brasileira de Botânica* 30(3): 387-399.
- Barroso, G. M., Peixoto, A. L., Ichaso, C. L. F., Costa C. G. & Guimarães, E. F. 1991. Rubiáceas. In *Sistemática de angiospermas do Brasil*. Viçosa: Imprensa Universitária de Viçosa, 1991. Pp.189-228.
- Battilani, J. L., Santiago, E. F. & Souza, A. L. T. 2007. Aspectos morfológicos de frutos, sementes e desenvolvimento de plântulas e plantas jovens de *Unonopsis lindmanii* Fries (Annonaceae). *Acta Botanica Brasilica* 21(4): 897-907.
- Bianchini, E., Pimenta, J. A. & Santos, F. A. M. 2001. Spatial and temporal variation in the canopy cover in a Tropical Semi-deciduous forest. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 44(3): 269-276.
- Burger, W. & Taylor, C. M. 1993. Rubiaceae: Flora Costaricensis. *Field Museum of Natural History* 33: 1-333.
- Camargo, I. P., Castro, E. M. & Gavilanes, M. L. 2000. Aspectos da anatomia e morfologia de amêndoas e plântulas de Castanheira-do-Brasil. *Cerne* 6(2): 11-18.
- Campos, J. B., Romagnolo, M. B. & Souza, M. C. 2000. Structure, composition and spatial distribution of tree species in a remnant of the semideciduous seasonal alluvial forest of the upper Paraná river floodplain. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 43(2): 185-194.

- Campos, J. B. & Souza, M. C. 1997. Vegetação. In A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. A. E. A. M. Vazzoler, A. A. Agostinho, N. S. Hahn (eds). Maringá: EDUEM: Nupelia, Pp.331-342.
- . 2002. Arboreous vegetation of an alluvial riparian forest and their soil relations: Porto Rico Island, Paraná River, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 45(2): 137-149.
- . 2003. Potencial for natural forest regeneration from seed bank in an upper Paraná river floodplain, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46(4): 625-639.
- Cavichiolo, L. E., Boeger, M. R. T. & Marques, M. C. M. 2009. Estrutura dos eófilos e cotilédones de quatro tipos de plântulas da Floresta de Restinga, Paraná. *Iheringia, Série Botânica* 64(2): 5-14.
- Chapla, T. E. & Campos, J. B. 2011. Soil seed bank during succession at an abandoned pasture in the upper Paraná river-floodplain, Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences Maringa* 33(1): 1-12.
- Colonetti, S., Citadini-Zanette, V., Martins, R., Santos, R., Rocha, E. & Jarenkow, J. A. 2009. Florística e estrutura fitossociológica em floresta ombrófila densa submontana na barragem do rio São Bento, Siderópolis, Estado de Santa Catarina. *Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringa* 31(4): 397-405.
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of flowering plants. Ed. New York: Columbia University Press. 1262p.
- Dave, Y., Kuriachen, P. M. & Thomas, V. 1988. Development, structure and senescence of colleters in *Gardenia lucida* Roxb. (Rubiaceae). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 57: 3-7.
- Davis, A. P., Govaerts, R., Bridson, D. M., Ruhsam, M., Moat, J. & Brummitt, N. A. 2009. A global assessment of distribution, diversity, endemism, and taxonomic effort in the Rubiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 96: 68-78.
- De Candolle, A. P. 1825. De la germination des Légumineuses. In *Mémoires Sur La Famille des Légumineuses*. Pp. 61-122.
- Delprete, P. G. 1999. Rondeletieae (Rubiaceae) Part I. In *Flora Neotropica Monograph Number 77*. New York.: The New York Botanical Garden.
- Duke, J. A. 1965. Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 52(3): 314-350.

- . 1969. On tropical tree seedlings I. Seeds, seedlings, systems, and systematics. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 56(2): 125-161.
- Esau, K. 1976. *Anatomia Vegetal*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Fuem/Ciamb-Padct. 1993. Estudos ambientais da planície de inundação do rio Paraná, no trecho compreendido entre a foz do rio Paranapanema e o reservatório de Itaipu. Relatório de pesquisa - Apoio PADCT-CIAMB 1993, Fundação Universidade Estadual de Maringá (ed).
- Fundação SOS Mata Atlântica. 1992/93. Atlas da Evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados do domínio da Mata Atlântica no período de 1985-1990. Fundação SOS Mata Atlântica/INPE.
- Garwood, N. C. 1995. Functional morphology of Tropical tree seedlings. In *The ecology of tropical forest tree seedlings*. M. D Swaine, (Ed.). *Man and the Biosphere Series*. Ed. J. N. R. Jeffers. Paris: Unesco & The Parthenon Publishing Group, Pp.59-119.
- Gentry, A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75(1): 1-34.
- Gogosz, A. M., Cosmo, N. L. & Souza, L. A. 2010. Morfoanatomia da plântula de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. (Myrtaceae). *Acta Botanica Brasilica* 24(3): 613-623.
- Gomes, M. 1996. Aspectos florísticos das espécies vasculares. In *Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Nova Fiburgo - RJ*. R. R. Lima, M.P.M. de Guedes-Bruni (Ed.). Rio de Janeiro. Pp.345-426.
- Guttemberg, H. von. 1968. Der primare bau der Angiospermenwurzel. In *Handbuch der Pflanzenanatomie*. K. Linsbauer. (Ed.) v 8 Berlin: Gebrüder Borntraeger.
- Hamilton, C. W. 1989. A revision of mesoamerican *Psychotria* subgenus *Psychotria* (Rubiaceae), part I: introduction and species 1-16. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 76(67): 69-111.
- Hladik, A. & Míquel, S. 1990. Seedling types and plant establishment in an African Rain Forest. In *Reproductive ecology of tropical forest plants*. Ed. K. S. Bawa and M. eds Hadley. *Man and the Biosphere series*. Paris, France: UNESCO, Paris and Parthenon, Pp.261-282.
- Ibarra-Manríquez, G., Ramos, M. M. & Oyama, K. 2001. Seedling functional types in lowland rain forest in Mexico. *American Journal of Botany* 88:1801-1812.

- Johansson, J. T. 1987. Revision of the genus *Prismatomeris* Thw. (Rubiaceae, Morindeae). *Opera Botanica* 94: 1-62.
- Junk, W. J. 1997. General aspects of floodplain ecology with special reference to Amazonian floodplains. The central Amazon floodplain. Berlin. W. J. Junk, (Ed.), Springer-Verlag, Pp.3-17.
- Kinupp, V. F. & Magnusson, W. E. 2005. Spatial patterns in the understory shrub genus *Psychotria* in central Amazonia: effects of distance and topograph. *Journal of Tropical Ecology* 21:363-374.
- Larcher, W. 2000. As influências do ambiente sobre o crescimento e sobre o desenvolvimento. Pp.295-340. In: *Ecofisiologia Vegetal*. Rima (Ed.).
- Leonhardt, C., Bueno, O. L., Calil, A. C., Busnello, A. & Rosa, R. 2008. Morfologia e desenvolvimento de plântulas de 29 espécies arbóreas nativas da área da Bacia Hidrográfica do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia* 63(1): 5-14.
- Lersten, N. R. 1974. Morphology and distribution of colleter and crystals in relation to the taxonomy and bacterial leaf nodule symbiosis of *Psychotria* (Rubiaceae). *American Journal of Botany* 61: 973-981.
- . 1975. Colleter types in Rubiaceae, especially in relation to the bacterial leaf nodule symbiosis. *Botanical Journal of Linnean Society* 71: 311-319.
- Lima, L. F., Lima, P. B., Almeida Jr, E. B. & Zickel, C. S. 2010. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Guettarda platypoda* DC. (Rubiaceae). *Biota Neotropica* 10 (1):155-160.
- Longhi, S. J., Brena D. A., Scipioni, M. C., Giacomolli, L. Z., Deliberali, G., Longhi, R. V. & Mastella, T. 2008. Caracterização fitossociológica do estrato arbóreo em um remanescente de floresta estacional semidecidual, em Montenegro, RS. *Ciência Rural Santa Maria* 38(6): 1630-1638.
- Maack, R. 2002. Geografia física do Estado do Paraná. Curitiba 3<sup>a</sup> ed., Imprensa Oficial do Paraná.
- Meira Neto, J. A. A. & Martins, F. R. 2003. Estrutura do sub-bosque herbáceo-arbustivo da mata de silvicultura, em uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa-MG. *Revista Árvore* 27(4): 459-471.
- Melo, M. F. F., Macedo, S. T. & Daly, D. C. 2007. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de nove espécies de *Protium* Burm. f. (Burseraceae) da Amazônia Central, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 21(3): 503-520.

- Melo, M. G. G., Mendonça, M. S. & Mendes, A. M. S. 2004. Análise morfológica de sementes, germinação e plântulas de jatobá (*Hymenaea intermedia* Ducke var. *adenotricha* (Ducke) Lee & Lang.) (Leguminosae-caesalpinoideae). *Acta Amazonica* 34(1): 9-14.
- Metcalf, C. R. & Chalk, L. 1950. Rubiaceae. In *Anatomy of the dicotyledons*. Pp.759-776.
- Miller, I. M., Scott, A. & Gardner, I. C. 1983. The development, structure and function of dendroid colleters in *Psychotria Kirkii* Hiern (Rubiaceae). *Annals of Botany* 51: 621-630.
- Míquel, S. 1987. Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestières du Garbon. *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle* 1: 101-121.
- Moraes, P. L. R. & Paoli, A. A. S. 1999. Morfologia e estabelecimento de plântulas de *Cryptocarya moschata* Nees, *Ocotea catharinensis* Mes e *Endlicheria paniculata* (Spreng.) MacBride - Lauraceae. *Revista Brasileira de Botânica* 22(2 supl): 287-295.
- Moreira-Coneglian, I. R. & Oliveira, D. M. T. 2006. Anatomia comparada dos limbos cotiledonares e eofilares de dez espécies de Caesalpinoideae (Fabaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 29(2):193-207.
- Neiff, J. J. 1986. Las grandes unidades de vegetacion y ambiente insular del rio Paraná en el tramo Candelaria - Ita Itabe. *Revista de la Asociacion de Ciencias Naturales del Litoral* 17(11): 7-13.
- Ng, F. S. P. 1978. Strategies of establishment in Malayan Forest Tree. In *Tropical Trees as Living Systems*. Cambridge, P. B. Tomlison, M. H. Zimmerman. (Ed.). Cambridge University Press, Pp.129-162.
- Oliveria, E. C. 1993. Morfologia de plântulas. In *Sementes Florestais Tropicais*. Brasilia DF . I. B. Aguiar, F. C. M. Piña-Rodrigues, M. B. Figliolia (Ed.). Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes (ABRATES), Pp.175-211.
- Ortolani, F. A., Mataqueiro, M. F., Moro, J. R., Moro, F. V. & Damião Filho, C. F. 2008. Morfo-anatomia de plântulas e número cromossômico de *Cybistax antisiphilitica* (Mart.) Mart. (Bignoniaceae). *Acta Botanica Brasilica* 22(2): 345-353.
- Paoli, A. A. S. & Santos, M. R. O. 1998. Caracterização morfológica de frutos e plântulas de *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae). *Revista Brasileira de Sementes* 20(2): 147-153.

- Paulino, J. V., Pessine, E. & Teixeira, S. P. 2010. Estudos morfoanatômicos da semente e da plântula de espécies de Anileiras (*Indigofera* L., Leguminosae). *Acta Botanica Brasilica* 24(1): 1-7.
- Pereira, A. B. & Putzke, J. 2010. Dicionário brasileiro de botânica. Ed. Editora CRV. Curitiba. 437p.
- Pereira, G. F. 2008. A família Rubiaceae Juss. na vegetação ripária de um trecho do alto rio Paraná, Brasil, com ênfase na tribo Spermaceae. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Pereira, Z. F. 2007. Rubiaceae Juss. do Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema, Mato Grosso do Sul: florística, sistema reprodutivo, distribuição espacial e relações alométricas de espécies distílicas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas.
- Pilati, R. & Souza, L. A. 2006. Morfoanatomia da plântula de *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg. (Ulmaceae). *Acta Scientiarum Biological Science* 28(1):1-6.
- Pollito, P. A. Z. and Y. F. Bendezú. "Caracterización morfológica de plántulas de "Uña e Gato" *Uncaria tomentosa* (Willd. ex Roemer & Schultes) D.C. y *U. guianensis* (Aublet) Gmelin del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt." *Ecología Aplicada* 2003: 41-46.
- Queenborough, S. A., Burslem, D. F. R. P., Garwood, N. C. & Valencia, R. 2007. Neighborhood and community interactions determine the spatial pattern of tropical tree seedling survival. *Ecology* 88(9): 2248-2258.
- Reiskind, M. H., Greene, K. & Lounibos, P. 2009. Leaf species identity and combination affect performance and oviposition choice of two container mosquito species. *Ecological Entomology* 34: 447-456.
- 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 Brasileira de Botânica* 27(2): 311-323
- Rizzini, C. T. 1965. Experimental studies on seedling development of Cerrado woody plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 52(3): 410-426.
- Robbrecht, E. 1987. The African genus *Tricalysia* A. Rich. (Rubiaceae). A revision of the species of section *Tricalysia* and section *Rosea*. *Bulletin van Nationale Plantentuin van Belgie* 57: 39-208.
- . 1988. Tropical woody Rubiaceae. *Opera Botanic Belgic* 1: 1-271.

- Rodrigues, R. S. & Tozzi, A. M. G. A. 2007. Morfologia de plântulas de cinco leguminosas genistóides arbóreas do Brasil (Leguminosae-Papilionoideae). *Acta Botanica Brasilica* 21(3): 599-607.
- . 2007. Morfologia de plântulas do clado Vatairea (Leguminosae, Papilionoideae). *Rodriguésia* 58(2): 221-229.
- Romagnollo, M. B., Souza-Stevaux, M. C. & Ferrucci, M. S. 1994. Sapindaceae na planície de inundação do rio Paraná. *Revista Unimar, Maringá (BRA)* 16(3 supl): 61-81.
- Rossi, A. P. B., Oliveira, L. O., Venturini, B. A. & Silva, R. S. 2009. Genetic diversity and geographic differentiation of disjunct Atlantic and Amazonian populations of *Psychotria ipecacuanha* (Rubiaceae). *Genetica* 36: 57-67.
- Sohmer, S. H. & Davis, A. P. 2007. The genus *Psychotria* (Rubiaceae) in the Philippine Archipelago. *Economic Botany* 62(4): 638-639.
- Solereder, H. 1908. Systematic anatomy of the dicotyledons. Oxford, Clarendon Press.
- Souza Filho, E. E. & Stevaux, J. C. 1997. Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curutuba, Ivinhema. In *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá. A. E. A. M. Vazzoler, A. A. Agostinho, N. S. (Ed.) Hahn., EDUEM. Nupélia. Pp.3-46.
- Souza, L. A. 2003. *Morfologia e Anatomia Vegetal*. Ed. UEPG. Ponta Grossa, 259p.
- Souza, L. A., Lopes, W. A. L. & Almeida, O. J. G. 2007. Morfoanatomia da plântula e do tirodendro de *Arrabidaea mutabilis* Bureau & K. Schum. (Bignoniaceae). *Acta Scientiarum Biological Science* 29(2): 131-136.
- Souza, L. A., Moscheta, I. S., Mourão, K. S. M., Albiero, A. L. M., Montanher, D. R. & Paoli, A. A. S. 2009. Morfologia da plântula e do tirodendro. In *Sementes e plântulas: germinação, estrutura e adaptação*. Ponta Grossa, Pr. Toda Palavra (Ed.), Pp.119-143.
- Souza, L. A. & Oliveira, J. H. G. 2004. Morfologia e anatomia das plântulas de *Tabebuia avellaneda* Lor. ex Griseb e *T. chrysotricha* (Mart. ex Dc.) Standl. (Bignoniaceae). *Acta Scientiarum Biological Science* 26(2): 217-226.
- Taylor, C. M. 1994. Taxonomic notes on *Psychotria* (Rubiaceae) in Western South America. *Novon* 4: 303-306.
- Thomas, V. 1991. Structural, functional and phylogenetic aspects of the colleter. *Annals of Botany* 68: 287-305.

- Thomas, V. & Dave, Y. 1989. The colleters of *Alstonia scholaris* L. (Apocynaceae). Indian Botanical Contactor 6: 25-29.
- Thomas, V., Dave, Y. & Menon, A. R. S. 1989. Anatomy and histochemistry of colleters in *Roupelia grata* Wall. (Apocynaceae). Nordic Journal of Botany 8: 493-496.
- Vitarelli, N. C. & Santos, M. 2009. Anatomia de estípulas e coléteres de *Psychotria carthagenensis* Jacq. (Rubiaceae). Acta Botanica Brasilica 23(4): 923-928.
- Vogel, E. F. 1980. Seedlings of dicotyledons. Wagening (Ed.). Pudoc.
- Vuilleumier, B. S. 1967. The origin and evolutionary development of heterostyly in the Angiosperms. Evolution Lancaster 21:210-226.
- Zampar, R. 2009. Contribuição da criação de uma unidade de conservação no sequestro de carbono atmosférico. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.

## 2 Fatores edáficos na distribuição de plântulas de espécies arbóreo-arbustivas, planície de inundação do alto rio Paraná.

Cristina Moreira Pisicchio<sup>1</sup>, Luiz Antonio de Souza<sup>2</sup>, Edmilson Bianchini<sup>3</sup>

**ABSTRACT** – (Edaphic factors in the distribution of seedling tree and shrubs, the floodplain of the Paraná river). The study was conducted in a forest remnant, located on the island Puerto Rico, in the floodplain of the Paraná River, with the objective of determining whether soil factors such as moisture, nutrients and slope, have correspondence with the distribution of seedlings. Thus, seedlings *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria capillacea*, *Celtis iguanaea*, *Cecropia pachystachia*, *Piper tuberculatum* and *Triplaris americana*, were sampled in three transects of 100m, in plots of 2 x 2 m in March 2008, July 2008 and February 2009. Soil samples were collected at 10 points per transect between July 2008 and were carried out chemical analysis, particle size and moisture content. The slope transects had their measure. The Canonical Correspondence Analysis revealed a gradient decrease of pH, increase moisture levels and bases that come with the terrain slope. The species of *Psychotria*, *Celtis* and *Cecropia* showed low correlation with the factors. However, *Piper* and *Triplaris* had correspondence with aluminum and phosphorus, respectively.

**Key words** – Soil nutrients, grain size, topograph, Semideciduous Alluvial Forest.

**RESUMO** – (Fatores edáficos na distribuição de plântulas de espécies arbóreo-arbustivas na Ilha Porto Rico, planície de inundação do alto rio Paraná). O estudo foi conduzido em um remanescente florestal, localizado na ilha Porto Rico, na planície de inundação do alto rio Paraná, com o objetivo de verificar se fatores edáficos, como umidade, nutrientes e declividade, apresentam correspondência com a distribuição das plântulas. Assim, plântulas de *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria capillacea*, *Celtis iguanaea*, *Cecropia pachystachia*, *Triplaris americana* e *Piper tuberculatum*, foram amostradas em três transectos de 100m, em parcelas de 2 x 2 m, em março de 2008, julho de 2008 e fevereiro de 2009. Amostras de solo foram coletadas em 10 pontos por transecto no período de julho de 2008 e foram realizadas análises químicas, granulométricas e de umidade. As transecções tiveram sua declividade medida. A

Análise de Correspondência Canônica revelou um gradiente de redução de Ph, aumento de umidade e teores de bases que acompanham a declividade do terreno. As espécies de *Psychotria*, *Cecropia* e *Celtis* apresentaram baixa correlação com os fatores. No entanto, *Piper* e *Triplaris* apresentaram correspondência com alumínio e fósforo, respectivamente.

**Palavras-chave** – Nutrientes do solo, granulometria, topografia, Floresta Estacional Semidecidual Aluvial.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A planície de inundação do alto rio Paraná é o último trecho livre, do rio Paraná, de represamento dentro do território Brasileiro, depois da construção da barragem da usina hidrelétrica de Porto Primavera a montante (Agostinho *et al.* 2007). Convertida em Área de Proteção Ambiental em 1999, apresenta-se como região de tensão ecológica pelo ecótono formado entre a Floresta Estacional Semidecidual no estado do Paraná e o Cerrado no estado do Mato Grosso do Sul (Campos *et al.* 2000).

O regime hidrológico e sedimentológico que operam nesta região influenciam a distribuição espacial e a estrutura desta vegetação (Neiff 1986). Arrasto e deposição são reconhecidos fenômenos nos processos fluviais (Marion *et al.* 2006 *apud* Wintle & Kirkpatrick 2007) e podem afetar o estabelecimento de novos indivíduos.

Campos & Souza (2002) demonstraram o evento de deposição, pelo estudo da vegetação desenvolvida sobre barra ou banco de areia, que se formou a partir de 1952 na Ilha Porto Rico, aumentando em 12,40 ha sua área. Os autores comentam ainda, que o que era inicialmente um banco de areia, atualmente faz parte da ilha.

O estabelecimento de populações nestas condições, onde ocupam um mesmo habitat, mas selecionam microsítios para estabelecimento de novos indivíduos, revelam um mecanismo essencial para a coexistência de espécies (Souza & Martins 2004), onde a morfologia funcional da plântula, tamanho e reserva da semente e reprodução, podem indicar quais fatores são relevantes para as espécies.

A germinação, a fase de plântula e a sobrevivência até a maturidade dependem dos níveis de flutuação do rio (Bendix & Hupp 2000). Níveis elevados, que acarretam inundações extensas, podem por um lado, criar sítios de colonização por destruição da vegetação existente, mas também dispersar propágulos que podem instalar-se em novos habitats (Bendix & Hupp 2000).

Sob estas condições, Neiff (1986) considera que a vegetação associada à inundações periódicas, pode não alcançar um estágio sucessional avançado, uma vez que a vegetação reinicia o processo a cada elevação de nível mais intenso e por período mais prolongado, como o que ocorreu na ilha Porto Rico no ano de 1988, onde a vegetação permaneceu submersa por seis meses. Muitas espécies não sobrevivem à condição de anoxia imposta pela submersão, e a re-colonização de uma área depende da chegada de sementes e/ou propágulos.

Assim sendo, o banco de plântulas pode dar um panorama das preferências de nicho das populações e, que podem representar a possibilidade de ocupação de novos sítios, embora a alta mortalidade nos estádios iniciais seja uma característica desta fase de desenvolvimento (Garwood 1982, Lieberman 1995).

Por isso, o objetivo deste estudo foi verificar se plântulas de espécies arbóreo/arbustiva apresentam especificidade por microsítios quanto à umidade, aos nutrientes, ao tipo de solo e à topografia do terreno em um remanescente florestal na Ilha Porto Rico, localizada na planície de inundação do alto rio Paraná.

## **2.2 MATERIAL E MÉTODOS**

A área de estudo, remanescente florestal da ilha Porto Rico, localiza-se na planície de inundação do alto rio Paraná (Fig. 1). O clima é classificado como tropical a subtropical, precipitação anual de 1.500mm e altitude de 236m. Segundo IBGE (1992), a vegetação local é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Aluvial. Na ilha Porto Rico, sob as coordenadas 53° 15 42''W, 22° 45' 7''S, foram demarcadas três transecções de 100 m de comprimento cada (T1, T2 e T3), perpendicular ao rio Paraná e separadas por 20 m.

Cada transecção foi subdividida em parcelas de 2x2m totalizando 50 parcelas por transecto (Fig. 2). As parcelas foram alocadas a partir do barranco às margens do rio Paraná, em direção ao interior da ilha e terminam próximas a uma lagoa onde o terreno é mais baixo. Segundo Campos & Souza (2002), da margem do rio Paraná até 50 m, o solo é classificado como aluvial e, dos 50 m até 100 m, o solo é hidromórfico.

Cinco gêneros e 6 espécies foram selecionadas para os censos (Tab. 1), realizados em três períodos: março de 2008 (Per 1), julho de 2008 (Per 2) e fevereiro de 2009 (Per 3). Para o Per 1 apenas duas transecções foram amostradas devido a dificuldades operacionais. Para estabelecimento da fase de plântula, foi considerada a

classificação de acordo com Souza *et al.* (2009), que estabelece a fase compreendida entre a germinação e o aparecimento do primeiro par de eófilos.

Em virtude de dificuldades na germinação e portanto, para diferenciação em campo das plântulas, em tempo hábil para as coletas, as espécies de *Psychotria* foram agrupadas como gênero. As espécies restantes, foram identificadas através de germinação em casa de vegetação, literatura ou com auxílio de especialista em campo.

As densidades médias (número por metro quadrado), para cada período de amostragem (Per1, Per2 e Per 3) foram calculadas somando-se o total de plântulas dos três transectos, dividindo pela soma dos comprimentos dos transectos, e dividindo pela largura linear do transecto (modificado de Dixon *et al.* (2002)) e para os transectos T1, T2 e T3 como segue:

$$D(n^{\circ}/m^2) = (n^{\circ} \text{ plântulas} / 300m) / 2m, \text{ para os períodos}$$

$$D(n^{\circ}/m^2) = (n^{\circ} \text{ plântulas} / 100m) / 2m, \text{ para os transectos}$$

A precipitação para Per1, Per2 e Per3 foi encontrada somando-se os índices diários, através dos dados da estação climatológica, localizada na Base Avançada de Pesquisas do Nupelia, sítio 6, em Porto Rico, Paraná.

As amostras de solo, utilizadas nas análises químicas, de teor de umidade e granulometria, foram coletadas apenas no Per2, em 10 pontos em cada transecto (Fig. 2), totalizando 30 amostras. Nestes mesmos pontos, a declividade do terreno foi obtida pelo nível de água na mangueira com graduações com base no nível do rio.

Para a análise química, as amostras foram retiradas do solo no horizonte de 0-15 cm, perfazendo 300 gramas de acordo com a metodologia estabelecida pelo laboratório de solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá. As amostras foram submetidas às seguintes análises química: pH em água, fósforo (P), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), potássio ( $K^{+}$ ), alumínio ( $Al^{3+}$ ), hidrogênio + alumínio ( $H+ Al^{3+}$ ), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e índice de saturação por bases (V). A SB representa a quantidade de bases (cálcio, magnésio potássio e alumínio), a CTC representa a quantidade destas bases que estão disponíveis no solo, e o V demonstra o quanto da CTC é ocupada por estes cátions.

A umidade do solo foi calculada pesando-se as amostras em placas de Petri em balança analítica de precisão e posteriormente levadas a estufa a 60°C até peso constante. A umidade (g) foi determinada pela diferença da amostra final com a amostra inicial.

A composição granulométrica foi determinada utilizando-se a escala de Wentworth (1922). A estimativa do conteúdo de matéria orgânica do sedimento foi obtida pela queima de 20g de sedimento seco em mufla a 560°C, por cerca de quatro horas. A matéria orgânica presente nas partículas grossas do sedimento (> 1 mm) foi denominada de matéria orgânica particulada grossa (MOPG) e nas partículas finas (< 1 mm) de matéria orgânica particulada fina (MOPF), de acordo com Cummins (1973). Em seguida foram realizados os cálculos para determinação dos teores de argila (< 0,002 mm) e de silte fino (0,002 - 0,020 mm). A areia total foi pesada e depois passada pela peneira de malha 0,2 mm para separar a areia fina (0,053 - 0,2) da areia grossa (0,2 - 2 mm), as quais foram pesadas. Por diferença foi calculada a fração silte grosso (0,020 - 0,053).

Para avaliar se havia diferença na densidade das plântulas entre os períodos (Per 1, Per2, Per3) e entre os transectos (T1, T2, T3) foi utilizada one way Anova e aplicado o Teste de Tukey a *posteriori*, quando necessário. Para verificar se existiam variações na distribuição das espécies correlacionadas aos fatores edáficos, ao longo do gradiente topográfico, a abundância das plântulas foi analisada em conjunto com os dados do solo, através da Análise de Correspondência Canônica (ACC), que possibilita uma análise de ordenação direta de gradientes, para explicar a distribuição das espécies em relação a variáveis ambientais (Ter Braak & Printice 1988).

Para essa análise, foram elaboradas duas matrizes, sendo a primeira com a abundância das plântulas e a segunda com as variáveis ambientais: umidade, pH (H<sub>2</sub>O), fósforo (P), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), potássio (K<sup>+</sup>), alumínio (Al<sup>3+</sup>), hidrogênio + alumínio (H<sup>+</sup> Al<sup>3+</sup>), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), índice de saturação por bases (V), matéria orgânica particulada (MOPG) e matéria orgânica particulada fina (MOPF). A ACC foi conduzida no programa R (versão 2.11) com a função ACC do pacote Vegan (Oksanen *et al.* 2010).

Os escores das espécies gerados pela ACC foram utilizados para avaliar o nível de correlação entre as variáveis e, para isso utilizou-se o Teste de correlação de Spearman, através do programa Statistica (7.0).

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade de plântulas/m<sup>2</sup> foi maior para *Psychotria* no Per1 e no T2 (Tab. 2). Para *Cecropia* e *Piper* foi no Per 3 e T2, para *Celtis* e *Triplaris* foi para Per1 e T1 (Tab.

2). A redução da densidade do Per1 para o Per2 já era esperado, já que o mês de março apresenta maior índice pluviométrico que o mês de julho, no entanto no Per3 (fevereiro), a redução deste índice manteve-se baixa, quando comparada com o Per2.

Observações de campo de julho de 2009 a outubro de 2010 não detectaram a presença de *Psychotria* na área de estudo, sendo observadas apenas, algumas plântulas das outras espécies. Kinupp & Magnusson (2005) observaram que a baixa disponibilidade de água durante a estação seca afetava algumas espécies do gênero *Psychotria*, o que poderia explicar em parte, a redução na densidade, uma vez que a precipitação do Per1 para o Per3 variou em 34% (Tab. 2).

No entanto, quando se observa a densidade total, o Per 3 apresentou o maior valor, que ocorreu pela maior contribuição de *Piper*, embora a precipitação tenha sido a menor dos três períodos. A menor precipitação associada à redução na densidade das outras espécies, podem ter favorecido a maior densidade de *Piper* e *Cecropia* no Per 3. Vale ressaltar, que embora a densidade de *Celtis* seja baixa tanto entre os períodos, como entre os transectos, a presença de indivíduos adultos é representativa na área de estudo, o que pode estar relacionada a reprodução vegetativa (Campos & Souza 2002).

Vários fatores ou processos podem estar relacionados à redução da densidade, como competição inter e intra-específica, mortalidade dependente da densidade, baixa tolerância à dessecação, tamanho de semente, (Walters & Reich 2000), massa da semente (Parolin *et al.* 2004), predação (Fine *et al.* 2004), entre outras.

A densidade foi maior no T2 para *Psychotria*, *Cecropia* e *Piper* e no T1 para *Celtis* e *Triplaris* (Tab. 2). As densidades totais foram semelhantes no T1 e no T3 e, maior no T2, o que talvez possa ser explicada, pela localização, pois o T2 representa o transecto intermediário que é mais sombreado e, provavelmente, com maior umidade. Inúmeros fatores podem operar na redução do número de plântulas. Keeton (2008), comenta que 39% da mortalidade de plântulas observada em seu estudo não foram em virtude de herbivoria ou pisoteamento e conclui, que outros agentes de mortalidade atuaram sobre a densidade, mas que não foram contemplados em seu estudo.

A abundância diferiu entre um ou mais períodos e transectos, sendo que para este último, *Cecropia* e *Triplaris*, não apresentaram diferença significativa (Tab. 3). Para *Psychotria* e *Piper* apenas o T3 não apresentou diferença e o mesmo ocorreu para *Celtis* quanto ao T1. A abundância é o número bruto de plântulas e pode refletir como as espécies se distribuem ao longo de um gradiente e/ou como dispersam seus frutos,

pois as maiores concentrações de plântulas em geral, foram observadas sob, ou próximas à planta mãe (obs. pessoal).

A umidade, em média, foi maior no T3. Para T1 e T2 os maiores teores de umidade encontram-se entre as amostras 6 a 9 (Tab. 4), ou seja, o distanciamento do rio em direção ao interior da floresta é mais úmido, provavelmente pela presença da vegetação e maior sombreamento.

O pH em água é medianamente ácido em média no T1 e T3. No entanto, as maiores variações ocorreram no T2 (Tab. 4). Pode-se observar que há uma tendência de redução do pH, ou seja, maior acidez, com o distanciamento do rio. Os valores de pH são relacionados às condições de fertilidade do solo, o que pode indicar que o T2 tem solo mais favorável às plântulas. Segundo Larcher (2000), quanto maior a acidez do solo maiores serão os teores de alumínio, ferro e manganês liberados e isto reduzirá a fertilidade, por empobrecimento de íons cálcio, magnésio e potássio, que podem tornar-se indisponíveis pela ligação com compostos de difícil absorção.

As concentrações de fósforo tendem a diminuir do T1 para o T3, mas cálcio, magnésio, potássio e alumínio aumentam (Tab. 4). Os valores de alumínio são considerados baixos ou inexistentes. Gonçalves (2009), estudando uma floresta ciliar, encontrou teores baixos de alumínio nas parcelas próximas ao rio.

O SB e a CTC são maiores em média no T3, indicando maiores quantidades presentes das bases (cálcio, magnésio potássio e alumínio) e o quanto estão disponíveis no solo, respectivamente (Tab. 4). O índice de saturação por bases representa o percentual de cátions com capacidade de troca. Deste modo, é possível observar que, embora o T3 tenha maiores teores de bases, estas estão mais disponíveis no T2, significando maior fertilidade do solo, no T2 do que no T3. Valores semelhantes foram encontrados por Campos & Souza (2002) estudando o mesmo remanescente florestal. Os autores concluíram que a estrutura da vegetação arbórea deste remanescente apresentou um gradiente florístico relacionado às variações químicas e físicas do substrato, e que isto é condicionado pelos eventos de aumento do nível da água, bem como pelos processos de sedimentação.

Para plântulas de *Psychotria* não houve preferência em relação ao tipo de solo (Fig. 3, 4 e 5), mas para *Triplaris* (Fig. 3) e *Piper* (Fig. 5) o solo aluvial aparentemente é mais favorável, enquanto que *Celtis* e *Cecropia* apresentaram distribuição homogênea quanto ao tipo de solo.

A análise granulométrica revelou valores similares entre os transectos. (Tab. 5). Campos & Souza (2002) encontraram maior proporção de areia grossa e fina em área mais alta (solo aluvial) do que em área baixa (solo hidromórfico). De acordo com a classificação de solo realizada para todo o estado do Paraná (Bhering & Santos 2008), na ilha Porto Rico ocorre o tipo Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico, com textura argilosa a moderada, fase floresta tropical de várzea com relevo plano. Rossi *et al.* (2005) relata a ocorrência de Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico, associado à área de vegetação ciliar. Os teores de argila+silte foram inferiores aos encontrados no estudo de Campos & Souza (2002), para a mesma profundidade, os resultados são similares aos encontrados por Simões *et al.* (2007).

As relações da vegetação com os fatores edáficos são tema de muitos estudos ecológicos, no entanto, a dinâmica das espécies em fase inicial de desenvolvimento é de difícil estabelecimento, já que a mortalidade neste período é alta e as estratégias que as plântulas utilizam são pouco mensuráveis.

Os autovalores ( $\lambda$ ) para os dois primeiros eixos da ordenação canônica foram 0,323 e 0,183, respectivamente (Tab. 6) com o primeiro explicando 35,9% e o segundo 20,3% da variância total dos dados. Estes valores podem ser considerados altos, o que pode refletir a agregação típica de plântulas próximas à planta mãe. Gonçalves (2009) encontrou valores de  $\lambda$  mais baixos do que deste estudo e justifica que isso deve estar relacionado à distribuição das espécies ao longo de um gradiente. No entanto, nesse estudo, o teste de correlação de Spearman não foi significativo e demonstrou que os eixos são fracamente correlacionados. Pode-se inferir duas hipóteses: 1) A variância acumulada de 56,2% não é indicativo da correlação espécie-ambiente; 2) A fraca correlação pode ser devida a grande quantidade de parcelas sem a ocorrência das espécies.

As correlações internas entre as variáveis ambientais e os dois eixos retidos são apresentadas na Tabela 7. O eixo 1 correlacionou-se negativamente com a maioria das variáveis, exceto para fósforo (maior valor positivo) e alumínio trocável. As maiores correlações para o eixo 2 foram com o alumínio (positiva), alumínio trocável e MPOG.

Como é possível observar embora as correlações com os dois eixos não sejam fortes, ocorreu uma tendência de associação de *Triplaris* com fósforo, com os pontos de coleta 2, 3 e 4 do T1 e com as últimas parcelas do T2 e T3 (Fig. 6 e Tab. 8). Para *Piper*, alumínio, alumínio trocável, matéria orgânica particulada grossa e o final do T1 e T2

melhor representam a distribuição das plântulas. Para *Psychotria*, *Celtis* e *Cecropia* a associação ocorre para potássio, cálcio, pH, matéria orgânica particulada fina e a distribuição nos transectos e nos pontos de coleta não é tão evidente (Fig. 6), devido às associações negativas tanto para os componentes químicos (Tab. 7) como para as espécies (Tab. 9) em ambos os eixos.

A ACC revelou um gradiente de maior acidez, aumento da umidade e solo com maiores teores de cálcio, magnésio e alumínio com o distanciamento do rio (Tab 4 e Fig. 6). A fertilidade do solo tende a aumentar em direção a locais mais baixos, em virtude da dinâmica de deposição, que ocorre logo após a elevação dos níveis de água e posterior redução dos mesmos, depositando o material que estava em suspensão na água nos locais cuja declividade é menor (Fig 3-5).

Aparentemente plântulas de *Triplaris*, apresentam melhor desempenho em solos mais básicos, mas que apresentem maiores teores de fósforo, já que este cátion, tende a diminuir em direção aos locais mais baixos. Para *Piper* o aumento da concentração de alumínio e umidade tendem a favorecer a espécie. *Cecropia* e *Celtis* são favorecidas pela redução no pH e nos valores de cálcio. Vale ressaltar, que a presença de *Celtis* na área de estudo, não reflete esta preferência, já que a espécie é encontrada com muita frequência, o que foi relatado no levantamento fitossociológico realizado por Campos & Souza (2002).

As plântulas das espécies de *Psychotria*, assim como as de *Cecropia* e *Celtis*, tem uma relação com solos mais básicos e menores teores de cálcio, no entanto, a distribuição ao longo do gradiente topográfico e de umidade, não é clara, já que sua ocorrência se dá tanto em solos mais ácidos como básicos, em locais mais úmidos e com menor umidade.

Para *Psychotria*, a ocorrência de uma das duas espécies, em geral, implica na proximidade da outra (obs. pes.). Kinupp & Magnusson (2005) estudando a distribuição espacial do gênero *Psychotria* na Amazônia encontraram auto-correlação na similaridade da composição de espécies em locais distanciados em até 4 Km e concluem, que diferenças entre a assembléia de espécies pode ser relacionada com fatores como altitude e inclinação do terreno.

Wright *et al.* (2005) observam que a variação inter-anual na produção de sementes pode acarretar flutuações tanto no recrutamento, quanto nas populações de espécies de consumidores, podendo ter reflexo nas densidades dos anos subsequentes.

Queenborough *et al.* (2007) estudando a sobrevivência de plântulas de espécies arbóreas tropicais concluíram, após avaliar a vizinhança local, que a auto-correlação de sobrevivência foi importante para escalas espaciais entre 1 a 5 m mas, que diminuía à medida que aumentava a distância. Concluíram também que, a densidade de plântulas co-específicas, tem um efeito mais negativo sobre a sobrevivência, do que as hetero-específicas, e isso é mais importante para as espécies raras do que para as espécies comuns.

## 2.4 CONCLUSÃO

Embora a distribuição das plântulas reflita a parental, a ocupação de novos nichos pode ser detectada através deste tipo de avaliação. Habitats mais sombreados com maior umidade e melhores condições edáficas podem indicar quais fatores favorecem a germinação, e a manutenção dos indivíduos até a fase adulta.

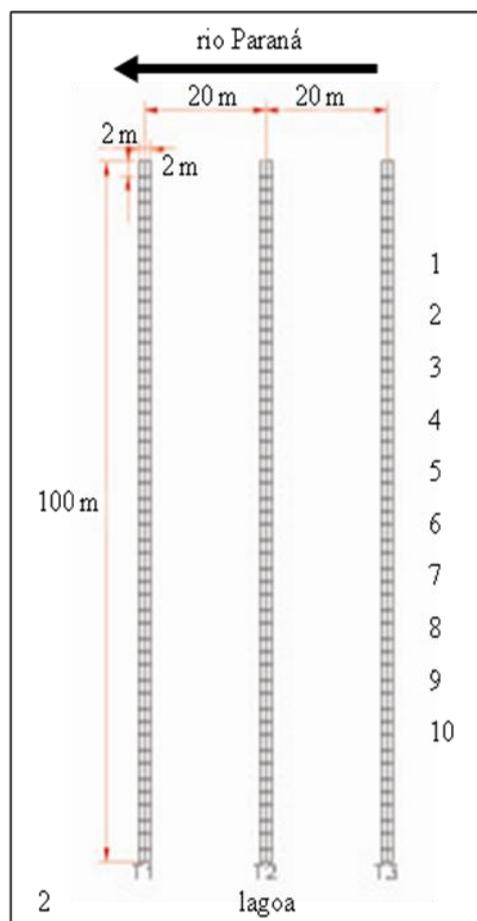
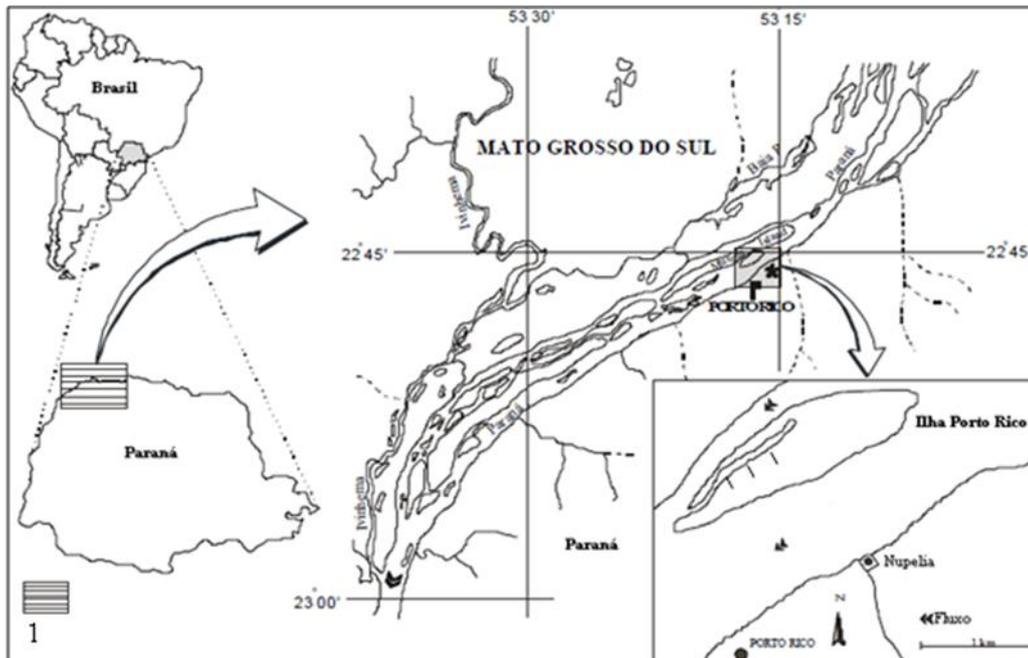
Para este estudo, foi possível observar que após o último censo em março de 2009, a densidade de plântulas das espécies de *Psychotria carthagenensis* e *Psychotria capillacea* foram reduzidas até não se observar nenhum indivíduo em outubro de 2010, o que coincidiu com a redução na floração e conseqüente frutificação das espécies anteriormente. Infere-se que estas espécies apresentem reprodução supra anual, uma vez que nesta última data citada, os indivíduos apresentavam maior número de flores, que em visitas anteriores. A redução na precipitação entre o primeiro período do censo e o último, pode ter reduzido a produtividade dos indivíduos. Além disso, para confirmar um evento supra anual, seria necessário maior número de censos, por um período maior com acompanhamento dos eventos fenológicos.

## LITERATURA CITADA

- Agostinho, A. A., Gomes, L. C. & Pelicice, F. M. 2007. **Ecologia e manejo de Recurso pesqueiro em reservatórios do Brasil**. Eduem Maringá, 2007.
- Bendix, J. & Hupp, C. R. 2000. Hydrological and geomorphological impacts on riparian plant communities. **Hydrological processes 14**: 2977-2990.
- Bhering, S. B. & H. G. Santos. **Mapa de solos do Estado do Paraná**. Pp.1-74 In: S. B. Bhering & H. G. Santos. (eds). Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

- Campos, J. B., Romagnolo, M. B. & Souza, M. C. 2000. Structure, composition and spatial distribution of tree species in a remnant of the semideciduous seasonal alluvial forest of the upper Paraná river floodplain. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **43**(2): 185-194.
- Campos, J. B. & Souza, M. C. 2002. Arboreous vegetation of an alluvial riparian forest and their soil relations: Porto Rico Island, Paraná River, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **45**(2): 137-149.
- Cummins, K. W. 1973. Trophic relations of aquatic insects. **Annual Review of Entomology** **18**: 183-206.
- Dixon, M. D., Turner, M. G. & Jin, C. 2002. Riparian tree seedling distribution on Wisconsin river sandbars: controls at different spatial scales. **Ecological Monographs** **72**(4): 465-485.
- Fine, P. V. A., Mesones, I. & Coley, P.D. 2004. Herbivores promote habitat specialization by trees in Amazonian forests. **Science** **305**: 663-665.
- Garwood, N. C. 1982. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. **Ecological Monographs** **53**(2): 159-181.
- Gonçalves, I. S. 2009. Relação solo-vegetação em mata ciliar do rio Gualaxo do norte, Município de Mariana, Minas Gerais. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Viçosa.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1992. Rio de Janeiro: IBGE (ed). P.92.
- Keeton, W. S. 2008. Evaluation of tree seedling mortality and protective strategies in riparian forest restoration. **North Journal Application Forest**. **25**(3): 117-123.
- Kinupp, V. F. & Magnusson, W. E. 2005. Spatial patterns in the understory shrub genus *Psychotria* in central Amazonia: effects of distance and topograph. **Journal of Tropical Ecology** **21**: 363-374.
- Larcher, W. 2000. As influências do ambiente sobre o crescimento e sobre o desenvolvimento. Pp.295-340. In: **Ecofisiologia Vegetal**. Rima (Ed.).
- Lieberman, M., Lieberman, D. & Peralta, R. 1995. Canopy closure and the distribution of tropical forest seedlings. **Journal of Tropical Ecology** **11**: 161-178.
- Neiff, J. J. 1986. Las grandes unidades de vegetacion y ambiente insular del rio Paraná en el tramo Candelaria - Ita Itabe. **Revista de la Asociacion de Ciencias Naturales del Litoral** **17**(11): 7-13.
- Oksanen, J., Blanchete, F. G., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H. & Wagner, H. 2010. Vegan: **Community Ecology Package**.

- Parolin, P., De Simone, O., Haase, K., Haldhoof, D., Rottenberger, S., Kesselmeier, J., Kleiss, B., Schmidt, W., Piedade, M. T. F. & Junk, W. J. 2004. Central Amazonian Floodplain Forests: Tree Adaptations in a Pulsing System. **The Botanical Review** **70**(3): 357-380.
- Queenborough, S. A., Burslem, D. F. R. P., Garwood, N. C. & Valencia, R. 2007. Neighborhood and community interactions determine the spatial pattern of tropical tree seedling survival. **Ecology** **88**(9): 2248-2258.
- Rossi, M., Mattos, I. F. A., Coelho, R. M., Menk, J. R. F., Rocha, F. T., Pfeifer, R. M. & De Maria, I. C. 2005. Relação solo-vegetação em área natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal** **17**(1): 47-61.
- Simões, D. F. F., Ker, J. C.; Fontes, M. P. F.; Corrêa, A. C. U.; Araújo, E. A. 2007. Caracterização De Neossolos Flúvicos, Cambissolos e Cupinzeiros associados utilizados na agricultura de subsistência do médio Jequitinhonha-MG. **XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**.
- Souza, A. F. & Martins, F. R. 2004. Microsite specialization and spatial distribution of *Geonoma brevispatha*, a clonal palm in south-eastern Brazil. **Ecological Research** **19**: 521-532.
- Souza, L. A. Moscheta, I. S., Mourão, K. S. M., Albiero, A. L. M., Montanher, D. R. & Paoli, A. A. S. 2009. Morfologia da plântula e do tirodendro. Pp.119-143. In: **Sementes e plântulas: germinação, estrutura e adaptação**. Toda Palavra (Ed.). Ponta Grossa PR.
- Ter Braak, C. J. F. & Printice, I. C. 1988. A theory the gradient analysis. **Advances in Ecological Research** **18**(2): 271-317.
- Walters, M. B. & Reich, P. B. 2000. Seed size, nitrogen supply, and growth rate affect tree seedling survival in deep shade. **Ecology** **81**(7): 1887-1901.
- Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and class tremms for clastic sediments. **Journal of Geology** **30**: 377-392.
- Wintle, B. C. & Kirkpatrick, J. B. 2007. The response of riparian vegetation to food-maintained habitat heterogeneity. **Annual Ecology** **32**: 592-599.
- Wright, S. J., Muller-Landau, H. C.; Calderon, O.; Hernández, A. 2005. Annual and spatial variation in seedfall and seedling recruitment in a neotropical forest. **Ecology** **86**(4): 848-860.



Figuras 1 - 2. Localização da área de estudo na ilha Porto Rico planície de inundação do alto rio Paraná. 1. No detalhe são indicadas as transecções onde foram realizados os censos das plântulas de cinco gêneros. 2. Disposição das transecções (T1, T2 e T3), das parcelas (2 x 2 m) e dos pontos de amostras para análise química, granulométrica e de umidade (1 a 10).

Tabela 1. Espécies da ilha Porto Rico, planície de inundação do alto rio Paraná, respectivas famílias e categoria sucessional.

Espécie	Família	Categoria Sucessional
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	Rubiaceae	Secundária
<i>Psychotria capillacea</i> (Müll. Arg.) Standl.	Rubiaceae	Secundária
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sargent.	Cannabaceae	Secundária
<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	Urticaceae	Pioneira
<i>Piper tuberculatum</i> Jacq.	Piperaceae	Climax
<i>Triplaris americana</i> L.	Polygonaceae	Secundária

Tabela 2. Densidade de plântulas ( $n^{\circ}/m^2$ ) nos três períodos de amostragem (Per 1, Per 2, Per 3), nos transectos (T1, T2, T3) e precipitação do mês, na ilha Porto Rico planície de inundação do alto rio Paraná.

Densidade	<i>Psychotria</i>	<i>Cecropia</i>	<i>Celtis</i>	<i>Piper</i>	<i>Triplaris</i>	Total	Precipitação (mm)
Per 1	3,42	1,23	0,30	3,02	1,19	9,16	452
Per 2	2,33	0,03	0,05	0,34	0,39	3,14	316
Per 3	1,33	3,90	0,05	10,03	0,08	15,39	298
T1	2,15	1,91	0,23	1,27	1,15	6,71	
T2	11,61	2,23	0,13	10,17	0,40	24,54	
T3	4,09	1,24	0,02	1,37	0,09	6,81	

Tabela 3. One way Anova para a densidade das espécies entre períodos (Per 1, Per 2, Per 3) e transectos (T1, T2, T3) na ilha Porto Rico planície de inundação do alto rio Paraná. Os valores de p entre parênteses nas colunas são significativos ao nível de 5%, pelo Teste de Tukey.

	GL	MS	F	p				MS	F	p			
					Per 1	Per 2	Per3				T1	T2	T3
<i>Psychotria</i>	2	2115,27	6,03	0,002	0,17	0,15	(0,00)	5996,56	18,12	0,000	(0,00)	(0,01)	0,06
<i>Cecropia</i>	2	9282,29	10,18	0,000	0,44	(0,00)	(0,02)	552,35	0,58	0,56	0,53	0,93	0,83
<i>Celtis</i>	2	3828,04	44,89	0,00	(0,00)	0,97	(0,00)	7,4375	7,41	0,001	0,55	(0,01)	(0,00)
<i>Piper</i>	2	59113,4	5,41	0,005	0,71	(0,00)	0,09	59269,3	5,43	0,001	(0,01)	(0,04)	0,93
<i>Triplaris</i>	2	604,257	8,26	0,003	(0,01)	0,42	(0,00)	198,750	2,64	0,07	0,31	0,62	0,06

Tabela 4. Médias das amostras de solos, para os transectos (T1, T2 e T3) no remanescente florestal da ilha Porto Rico, em julho de 2008 (Per 2). Capacidade de troca catiônica (CTC), índice de saturação por bases (V), Soma de bases trocáveis (SB), Transectos-amostra (TA), Umidade (U). Número de amostras por transecto = 10.

T-A	U g	pH água	P g/dm <sup>-3</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> cmolc/dm <sup>-3</sup>	H <sup>+</sup> Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	V %
T1-1	9,2	4,9	18,20	3,57	0,89	0,17	0,10	5,74	4,63	10,37	44,65
T1-2	13,4	4,9	13,40	3,21	0,91	0,26	0,10	4,96	4,38	9,34	46,90
T1-3	10,0	5,0	20,10	6,92	1,19	0,25	0,10	5,34	8,36	13,70	61,02
T1-4	8,3	4,5	39,60	5,36	1,19	0,33	0,10	6,64	6,88	13,52	50,89
T1-5	10,3	4,5	30,10	4,33	0,99	0,20	0,40	8,22	5,52	13,74	40,17
T1-6	18,0	4,5	19,90	4,30	1,06	0,19	0,20	8,22	5,55	13,77	40,31
T1-7	15,0	4,6	19,40	5,75	1,37	0,27	0,40	8,22	7,39	15,61	47,34
T1-8	15,5	4,8	12,40	7,01	1,90	0,27	0,10	8,22	9,18	17,40	52,76
T1-9	17,9	4,8	15,80	8,64	2,94	0,47	0,10	8,22	12,05	20,27	59,45
T1-10	18,7	4,8	10,80	8,51	2,07	0,33	0,20	8,81	10,91	19,72	55,32
Médias	13,6	4,7	19,97	5,76	1,45	0,27	0,18	7,26	7,49	14,74	49,88
T2-1	10,6	5,2	11,00	6,48	1,77	0,14	0,00	4,96	8,39	13,35	62,85
T2-2	6,3	5,7	24,70	4,75	1,03	0,24	0,00	2,94	6,02	8,96	67,19
T2-3	12,2	5,9	30,80	11,2	1,91	0,26	0,00	2,73	13,44	16,17	83,12
T2-4	11,3	6,5	27,20	11,8	2,77	0,50	0,00	2,19	15,08	17,27	87,32
T2-5	15,0	5,7	15,00	10,2	2,11	0,60	0,00	3,97	12,96	16,93	76,55
T2-6	19,3	4,6	17,90	7,44	1,39	0,25	0,50	8,81	9,08	17,89	50,75
T2-7	13,1	4,9	18,20	12,1	3,07	0,57	0,20	8,81	15,82	24,63	64,23
T2-8	22,8	5,0	10,20	14,1	3,67	0,26	0,10	6,18	18,07	24,25	74,52
T2-9	21,2	4,7	8,60	8,23	2,57	0,31	0,20	8,81	11,11	19,92	55,77
T2-10	19,6	4,3	9,10	7,34	1,85	0,26	1,50	11,54	9,45	20,99	45,02
Médias	15,1	5,3	17,27	9,39	2,21	0,34	0,25	6,09	11,94	18,04	66,73
T3-1	21,0	5,3	33,50	7,14	2,83	0,31	0,00	4,61	10,28	14,89	69,04
T3-2	16,0	5,2	20,10	3,63	1,05	0,15	0,00	3,97	4,83	8,80	54,89
T3-3	31,0	5,4	13,40	11,8	2,77	0,28	0,00	4,61	15,03	19,64	76,53
T3-4	30,1	4,4	12,00	9,14	2,17	0,38	0,40	8,81	11,69	20,50	57,02
T3-5	32,0	4,3	11,80	6,76	1,67	0,19	0,90	9,44	8,62	18,06	47,73
T3-6	18,3	4,6	19,10	8,60	2,29	0,51	0,30	8,81	11,40	20,21	56,41
T3-7	26,4	4,6	6,90	10,8	2,57	0,28	0,10	8,22	13,65	21,87	62,41
T3-8	19,1	4,6	14,70	14,8	2,35	0,26	0,10	8,22	17,47	25,69	68,00
T3-9	27,7	4,5	9,60	12,9	2,52	0,30	0,20	8,81	15,78	24,59	64,17
T3-10	14,8	4,1	12,10	9,62	1,64	0,31	0,80	11,54	11,57	23,11	50,06
Médias	23,6	4,7	15,32	9,55	2,19	0,30	0,28	7,70	12,03	19,74	60,63

Tabela 5. Análise granulométrica (média  $\pm$  erro padrão) para os transectos (T1, T2 e T3) no remanescente florestal na ilha Porto Rico, em julho de 2008 (Per 2). Número de amostras por transecto = 10.

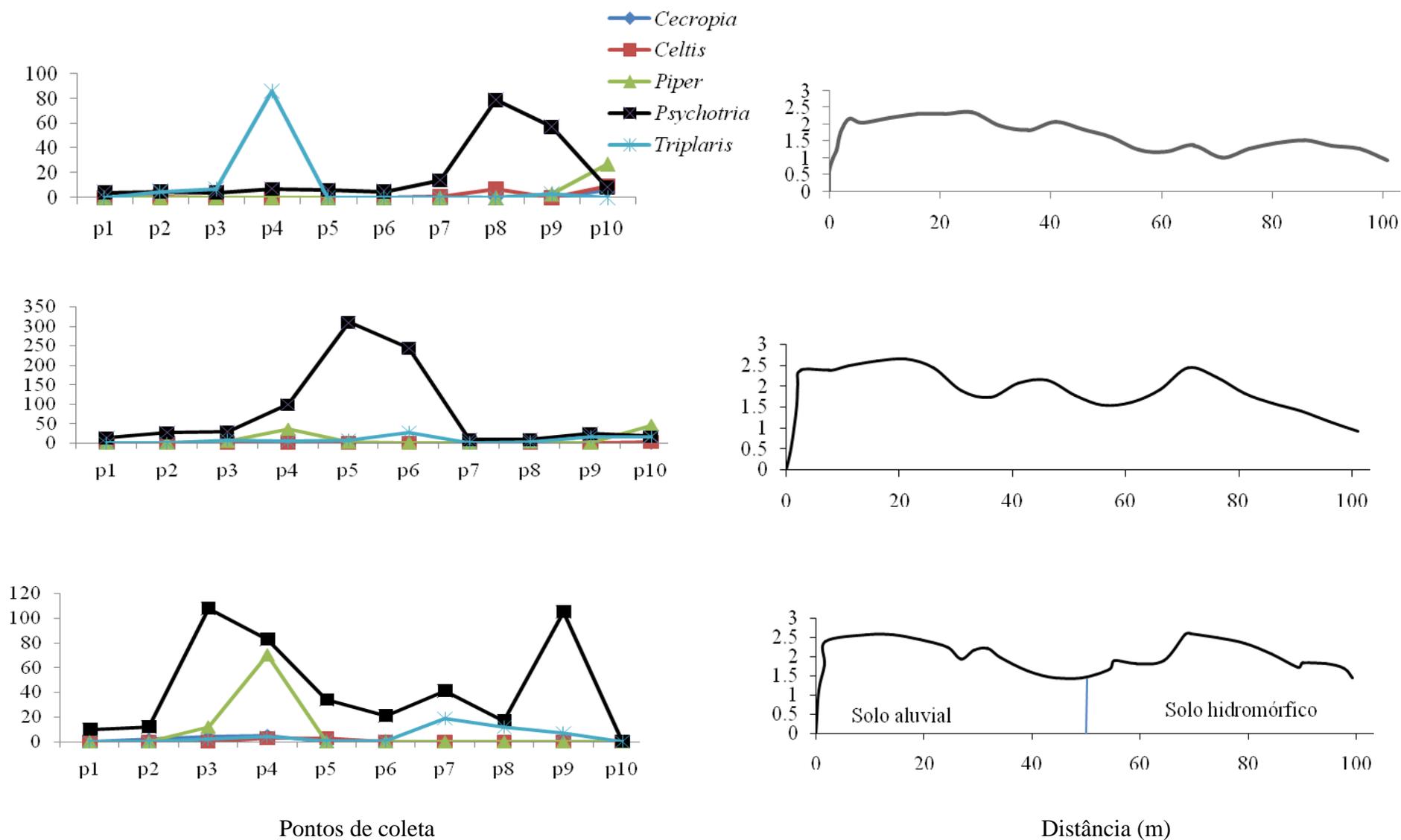
Profundidade 0-15 cm	Areia Grossa	Areia Fina %	Argila+silte	Matéria Orgânica
T1	0,80 ( $\pm$ 0,31)	46,00 ( $\pm$ 18,12)	43,50 ( $\pm$ 28,04)	9,70 ( $\pm$ 6,10)
T2	0,55 ( $\pm$ 0,22)	34,82 ( $\pm$ 20,83)	54,79 ( $\pm$ 28,91)	9,85 ( $\pm$ 6,35)
T3	0,76 ( $\pm$ 0,36)	39,80 ( $\pm$ 16,62)	48,47 ( $\pm$ 31,00)	10,97 ( $\pm$ 6,30)

Tabela 6. Resumo para Análise de Correspondência Canônica para as espécies no Per 2 em 30 parcelas na ilha Porto Rico, planície de inundação do alto rio Paraná.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalores	0,323	0,183
Variância explicada para as espécies (%)	35,9	20,3
Variância acumulada (%)	35,9	56,2
Spearman (rs) t=1,83; p=0,078	0,317	

Tabela 7. Resumo dos resultados da ACC com os dados abióticos, para os eixos 1 e 2. Índice de saturação por bases (V), Matéria orgânica particulada grossa, Matéria orgânica particulada fina.

	Eixo1	Eixo2
Umidade	-0,3934	0,14706
pH	-0,2705	-0,3011
P	0,61566	0,05295
Al <sup>3+</sup>	-0,0979	0,64343
H <sup>+</sup> Al <sup>3+</sup>	0,05727	0,38788
Ca <sup>2+</sup>	-0,3129	-0,1204
Mg <sup>2+</sup>	-0,4005	0,05852
K <sup>+</sup>	-0,1886	-0,1465
V	-0,2664	-0,2825
MOPG	-0,1265	0,32481
MOPF	-0,1831	-0,1526



Figuras 3 - 5. Topografia dos transectos e número de plântulas das espécies em julho de 2008 (Per 2), no remanescente florestal na Ilha Porto Rico, planície de inundação do alto rio Paraná. 4. Transecto 1. 5. Transecto 2. 6. Transecto 3. P = ponto de coleta de solo (1 a 10). A divisão de solo aluvial e hidromórfico é similar para todos os transectos.

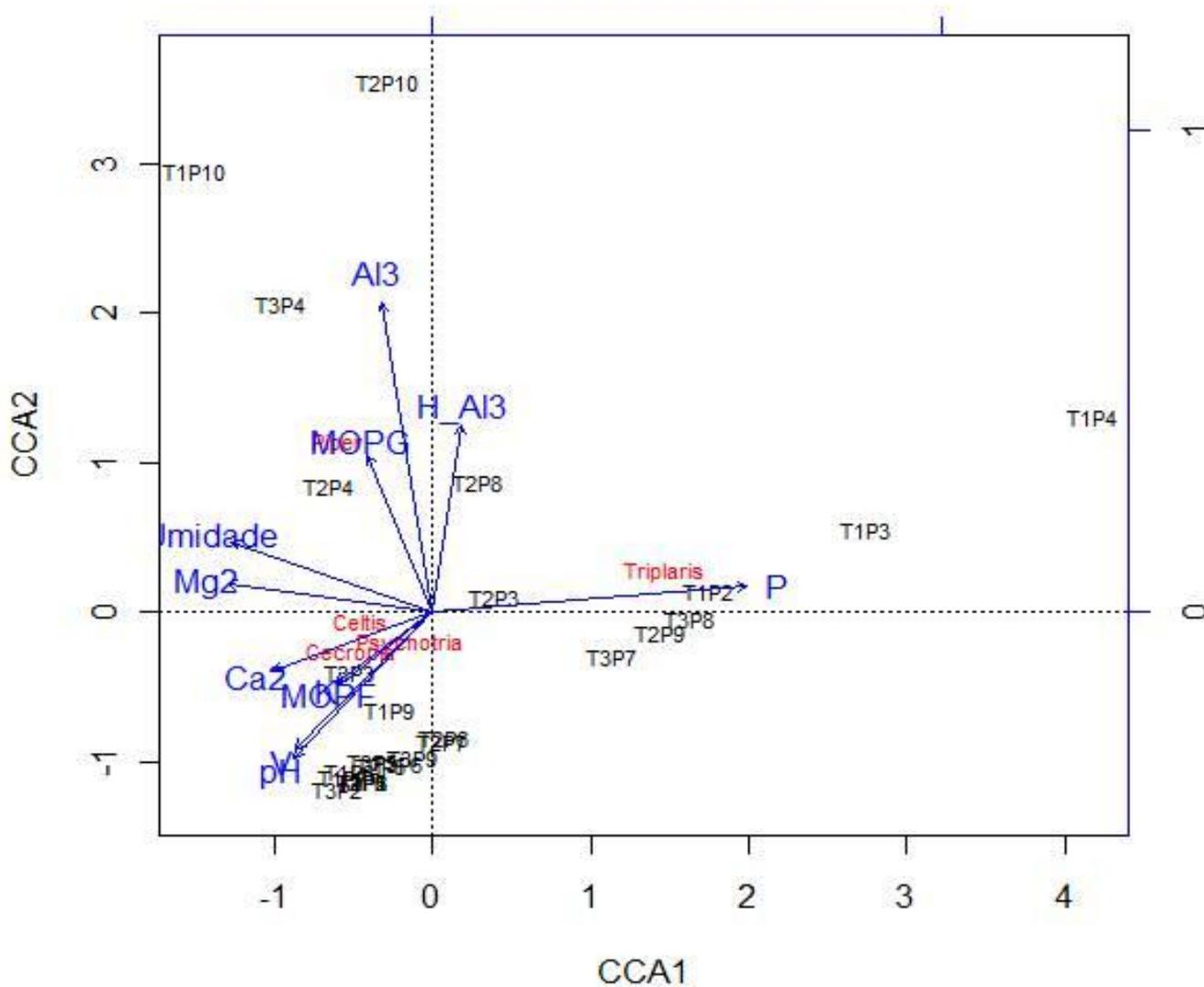


Figura 6. Diagrama de ordenação das espécies, variáveis ambientais e pontos de coleta de solo (p1 a p10) nos transectos (T1, T2 e T3) produzidos pela Análise de Correspondência Canônica no Per 2.

Tabela 8. Escores para os dois eixos da ACC para os pontos de coleta de solo (p1 a p10) dos transectos T1, T2, T3, no per 2.

	Eixo1	Eixo2
T1p1	-0,43421	-1,13043
T1p2	1,743910	0,14341
T1p3	2,737680	0,54995
T1p4	4,175030	1,311410
T1p5	-0,43421	-1,130430
T1p6	-0,43421	-1,130430
T1p7	-0,56409	-1,102930
T1p8	-0,51257	-1,064560
T1p9	-0,26333	-0,65332
T1p10	-1,495110	2,955390
T2p1	-0,43421	-1,130430
T2p2	-0,43421	-1,130430
T2p3	0,40217	0,10467
T2p4	-0,65762	0,84816
T2p5	-0,31833	-1,018300
T2p6	0,07189	-0,83257
T2p7	0,06423	-0,86637
T2p8	0,28349	0,87341
T2p9	1,438050	-0,13328
T2p10	-0,27992	3,553650
T3p1	-0,43421	-1,130430
T3p2	-0,59355	-1,183190
T3p3	-0,52344	-0,39751
T3p4	-0,95687	2,067440
T3p5	-0,37905	-0,99705
T3p6	-0,20765	-1,010400
T3p7	1,144180	-0,29424
T3p8	1,628300	-0,03777
T3p9	-0,12269	-0,96539

Tabela 9. Escores das espécies para os eixos 1 e 2 da ACC.

Escores das espécies	Eixo1	Eixo2
<i>Cecropia</i>	-0,50090	-0,27368
<i>Celtis</i>	-0,45160	-0,05861
<i>Piper</i>	-0,59160	1,14022
<i>Psychotria</i>	-0,14040	-0,20629
<i>Triplaris</i>	1,47100	0,27559

### 3 Morfoanatomia de plântulas de duas espécies do gênero *Psychotria* ocorrentes na planície de inundação do alto rio Paraná.

CRISTINA MOREIRA PISICCHIO<sup>1</sup> e LUIZ ANTONIO DE SOUZA<sup>2</sup>

**ABSTRACT** – (Morphoanatomy of seedlings the two species of genus *Psychotria* occurring in the floodplain of the Paraná river). *Psychotria carthagenensis* Jacq. and *Psychotria capillacea* (Müll. Arg.) Standl. (Rubiaceae) species are native to the Forestry, located in Porto Rico island, Floodplain of the Upper Parana River. The morphological and anatomical study of these seedling species were investigated at work. Seedlings were collected on the natural environment of occurrence of species, fixed in 50% FAA, embedded in hydroxy ethyl methacrylate, sectioned in rotation microtome and stained with toluidine blue 0.05%. The material was also analyzed in MEV. Both species have fanerocotylar and epigeal seedlings. The primary root is diarch and the hypocotyl presents transition root-stem structure. The cotyledons are foliaceous and dorsiventral. Epicotyl has eustele stem structure. Eophylls are opposite, stipulate, petiolate, hypostomatic and dorsiventral. Interpetiolar stipules present 'S standard' colleter. Seedlings of both species are morphologically and anatomically similar, differing only in cotyledon and eophyll shape, and trichome types.

Key words – root, hypocotyls, epicotyl, cotyledon, eophyll, stomata, colleter.

**RESUMO** – (Morfoanatomia de plântulas de duas espécies do gênero *Psychotria*, ocorrentes na planície de inundação do alto rio Paraná). *Psychotria carthagenensis* Jacq. e *Psychotria capillacea* (Müll. Arg.) Standl. (Rubiaceae) são espécies nativas de remanescente florestal, localizado na ilha Porto Rico, planície de inundação do alto rio Paraná. O estudo morfoanatômico das plântulas dessas espécies é objetivo do presente trabalho. As plântulas foram coletadas no ambiente natural de ocorrência das espécies, fixadas em FAA 50%, incluídas em hidróxi-etil-metacrilato, seccionadas em micrótomos de rotação e coradas com azul de toluidina 0,05%. O material também foi analisado em MEV. As plântulas de ambas as espécies são fanerocotiledonares e epigeias. A raiz primária é diarca e o hipocótilo apresenta estrutura de transição raiz-caule. Os cotilédones são foliáceos e dorsiventrais. O epicótilo tem estrutura caulinar eustélica. Os

eofilos são opostos, estipulados, peciolados, hipostomáticos e dorsiventrais. As estípulas interpeciolares apresentam coléteres do tipo ‘S-standard’. As duas espécies são morfológicamente e anatomicamente semelhantes, diferindo apenas no formato do cotilédone e eofilo e tipos de tricomas.

Palavras-chave – raiz, hipocótilo, epicótilo, cotilédone, eofilo, estômato, coléter.

### 3.1 Introdução

O estudo da fase de plântula, que se inicia com a germinação da semente até o desenvolvimento do primeiro eofilo (Souza *et al.* 2009), pode adicionar informações à respeito da fase sucessional que se encontra a comunidade vegetal (Amo 1979); averiguar atributos da dinâmica de populações, como por exemplo, a dispersão e o recrutamento (Lopes 2008); estudar a regeneração natural de um bioma (Labouriau *et al.* 1963); contribuir com informações para fins de identificação dos indivíduos jovens, uma vez que estes podem apresentar características morfológicas externas muito diferentes da planta adulta (Silva *et al.* 1995); ou, ainda, contribuir com informações à respeito do armazenamento, viabilidade e técnicas relativas às sementes (Ferreira *et al.* 1998).

A investigação morfológica de plântulas de diferentes espécies, pertencentes a tipos variados de vegetação, é ampla na literatura, sendo escasso, entretanto, seu estudo anatômico (Souza 2009, Souza *et al.* 2009). Dessa forma, foram selecionadas duas espécies, *Psychotria carthagenensis* Jacq. e *Psychotria capillacea* (Müll. Arg.) Standl., pertencentes à família Rubiaceae, para a descrição morfoanatômica. A seleção dessas espécies se deveu à sua distribuição em ambientes variados e apresentação de grande variação das folhas, no estágio adulto, principalmente em relação ao tamanho, acarretando dificuldades em sua identificação. Por outro lado, essa característica revela a capacidade adaptativa das espécies a habitats diversos (Klein *et al.* 2005, Vitarelli 2008), o que leva ao questionamento se esse comportamento das espécies se mantém na fase de plântula.

Ressalta-se, ainda, que as espécies selecionadas pertencem a um gênero considerado o maior em número de espécies de Rubiaceae e o terceiro maior dentre as angiospermas após Leguminosae e Orchidaceae (Davis *et al.* 2009). Também, sua distribuição pantropical (Taylor 1996), apresenta importante representatividade nas florestas tropicais, uma vez que contribui significativamente com a biomassa dos

subosques, devido suas formas de vida abrangerem herbáceas, arbustos até pequenas árvores (Kinupp & Magnusson 2005) e ainda é considerado como gênero que apresenta altas taxas de endemismo (Davis *et al.* 2009).

As espécies, objetos de estudo, são frequentes na vegetação da ilha Porto Rico, que faz parte da Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná, com 10.031 km<sup>2</sup>, criada em 1997, e têm sido sítio de estudos de levantamentos florísticos, fitossociológicos e ecológicos (Souza & Souza 1998, Campos *et al.* 2000, Pereira 2008).

Como essa área de proteção ambiental pode ser considerada um ecótono, devido à localização de Floresta Estacional Semidecidual no estado do Paraná e o Cerrado no estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, a dinâmica envolvida na distribuição das espécies ao longo deste gradiente de tensão destaca-se quanto aos estudos botânicos. Assim sendo, este trabalho teve por objetivo descrever a morfoanatomia comparativa de plântulas de *Psychotria carthagenensis* e *P. capillacea*, que são encontradas compondo o subosque do remanescente florestal na ilha Porto Rico.

### 3.2 Material e métodos

A área de estudo localiza-se na planície de inundação do alto rio Paraná, sob as coordenadas 53° 15'W, 22° 45'S (figura 5) e altitude de 230 m. O clima é classificado como tropical a subtropical e precipitação anual de 1500 mm. Segundo IBGE (1992) a vegetação local é classificada como Floresta Semidecidual Sazonal Aluvial.

*Psychotria carthagenensis* (figuras 1-2), e *P. capillacea* (figuras 3-4) ocorrem no interior da floresta, mas diferem quanto à forma de vida, apresentando a primeira o hábito que varia desde árvore até ervas, e a segunda de arbustivo ou subarbustivo. As folhas de ambas as espécies também variam quanto ao tamanho, sendo maiores em *P. carthagenensis*, principalmente em indivíduos arbóreo-arbustivos.

As plântulas foram coletadas (n=10), juntamente com o substrato, no remanescente florestal pertencente à ilha (figura 6). Essas plântulas foram levadas para o laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Estadual de Maringá, onde foram descritas morfológicamente de acordo com Rizzini (1977) e Souza *et al.* (2009) e, posteriormente, lavadas e fixadas em FAA 50 (Johansen 1940).

A análise anatômica foi realizada na base, meio e ápice de eofilos, cotilédones, epicótilo, hipocótilo e raiz das plântulas fixadas. Para a confecção de lâminas

permanentes, o material botânico primeiramente foi desidratado em série etílica e posteriormente incluído em hidróxi-etil-metacrilato (Gerrits 1991). O material botânico foi seccionado transversalmente em micrótopo de rotação com espessura entre 10 a 12 µm e corado com azul de toluidina 0,05% em tampão fosfato pH 4,7 (O'Brien *et al.* 1965) e montado em Permount®.

As folhas também foram analisadas em seções paradérmicas em ambas as faces da lâmina foliar, obtidas com lâmina de barbear, coradas com safranina e azul de astra (Gerlach 1969) e montadas com gelatina-glicerina.

As ilustrações anatômicas foram feitas em microscópio Olympus BX 50, com captação de imagem pelo programa pro-Plus, versão 4.0 e as escalas das ilustrações por meio de lâmina micrométrica nas mesmas condições ópticas.

A análise da superfície dos cotilédones e eófilos foi realizada por meio de microscópio eletrônico de varredura (MEV), onde o material foi fixado primeiramente em FAA 50%, desidratado em série alcoólica, seco em secador de ponto crítico Baltec CPD 030, utilizando-se CO<sub>2</sub> (Horridge & Tamm 1969). Após a montagem em suporte metálico, as amostras foram submetidas à metalização com ouro em aparelho Shimadzu IC-50. Essa análise foi feita em microscópio eletrônico de varredura modelo Shimadzu SS 550, com as escalas das micrografias eletrônicas diretamente.

### 3.3 Resultados e discussão

Morfologia das plântulas – Ambas as espécies apresentam raiz axial aclorofilada, ramificada, sendo o desenvolvimento iniciado pela protrusão da raiz primária. O hipocótilo é desenvolvido, arestado e verde na porção apical. O epicótilo tem desenvolvimento inicial reduzido e coloração verde (figura 7).

As plântulas são fanerocotiledonares e epigeias (figuras 8 e 9), semelhantes ao verificado em outras espécies de Rubiaceae, como *Psychotria faxlucens* (Ibarra-Manríquez *et al.* 2001), *P. chiapensis* (Amo 1979), *P. berbeteriana*, *P. maleolens* (Duke 1965), *Genipa americana* (Nascimento & Damião-Filho 1998), *Uncaria guianensis*, *U. tomentosa* (Pollito & Bendezú 2003), *Tocoyena pittieri* (Duke 1969), *Guettarda platypoda* (Lima *et al.* 2010). Por outro lado, outras espécies da família, como *Faramea marginata* (Cavichiolo *et al.* 2009) e *F. occidentalis* (Duke 1969), foram classificadas como epigeias, mas criptocotiledonares.

Os cotilédones são foliáceos, delgados, verdes e com pecíolo curto. Com base nestes caracteres morfológicos dos cotilédones e no tipo de germinação, as plântulas das espécies estudadas podem ser classificadas como fanero-epígeo-foliáceas, conforme terminologia de Miquel (1987), e também utilizada por Garwood (1995), como plântulas do tipo (PEF). A rápida exposição de cotilédones com capacidade fotossintética, em virtude das sementes apresentarem pouca reserva, pode representar boa capacidade em explorar recursos do ambiente, como a luz. Esses caracteres foram considerados importantes para estabelecimento de plântulas no ambiente natural (Wilson *et al.* 1999).

As plântulas de ambas as espécies também se enquadram no tipo Macaranga de Vogel (1980) por apresentarem germinação epigeia e fanerocotiledonar, e cotilédones foliáceos. Entretanto, quanto ao tipo de filotaxia alterna helicoidal, registrado no tipo Macaranga, as plântulas de *P. carthagenensis* e *P. capillacea* divergem por apresentarem filotaxia oposta cruzada.

Os cotilédones das duas espécies diferem quanto ao formato da lâmina foliar ou limbo. Em *P. carthagenensis* é usualmente ovado, podendo apresentar também formatos orbicular e largamente lanceolado (figura 8), de ápice frequentemente agudo. *Psychotria capillacea*, por sua vez, possui limbo orbicular a ovado (figura 9), de ápice arredondado a agudo. Ambas as espécies apresentam semelhanças quanto à base do cotilédone que tem formato arredondado a obtuso, à margem que é íntegra (figuras 8 e 9) e à nervação que é trinervia. Os cotilédones das espécies apresentam estípulas interpeciolares conatas.

Os eofilos de ambas as espécies são opostos, peciolados e limbo de margem íntegra. Com referência ao formato do limbo dos eofilos, em *P. carthagenensis* ele é largamente lanceolado a oblongo, de ápice agudo a obtuso e de base obtusa, e em *P. capillacea* o limbo é estreitamente lanceolado a lanceolado-ovado, de ápice agudo e de base aguda (figuras 8 e 9).

Anatomia das plântulas – Nas duas espécies, a raiz primária apresenta epiderme unisseriada, com células de formato irregular, desprovida aparentemente de cutícula, de estômatos e pelos absorventes (figura 10). No córtex não é possível evidenciar exoderme, provavelmente pelo fato, citado por Esau (1976), de que a suberização exodérmica possa ocorrer mais tardiamente no desenvolvimento da raiz. A endoderme, embora sem estrias de Caspary visíveis, é perfeitamente possível identificá-la como

camada de células de paredes delgadas, localizada ao redor do cilindro central. O parênquima cortical é plurisseriado com aproximadamente oito a nove camadas celulares (figura 10). O cilindro central é formado pelo periciclo e pela disposição alternada de xilema diarco e floema primário (figura 11).

Os córtices de raízes primárias das plântulas de *P. carthagenensis* e de *P. capillacea* são relativamente estreitos quando comparados às plantas juvenis de *P. ipecacuanha*, estudadas por Assis & Giulietti (1999), que apresentaram 25 camadas de células no córtex. Ainda, no córtex das espécies analisadas observam-se células secretoras (figuras 12 e 13), bem como próximas ao cilindro central (figura 14), cuja ocorrência parece ser comum em Rubiaceae (Cronquist 1981).

De acordo com Eames (1961), o padrão diarco de xilema primário, registrado no presente estudo, em *P. carthagenensis* e em *P. capillacea*, e o tipo tetraarco de outras espécies são comuns em raízes primárias de plântulas. Essa distribuição do xilema em dois polos também foi observada em espécies de outras famílias, como *Rollinia sylvatica* (Annonaceae), em raízes laterais de *Joannesia princeps* (Euphorbiaceae) (Souza 2009) e em raízes jovens de *Myrmecodia* (Rubiaceae) (Metcalf & Chalk 1950). É possível que a estrutura diarca de plântulas seja um caráter derivado, quando comparado com a tetraarca (Duke 1969). De acordo ainda com este autor, isso ocorreria devido à associação da tetraquia com plântulas de espécies lenhosas, como as existentes em Fabaceae. Por outro lado, Hill & Fraire (1913) consideram que o número de polos protoxilemáticos da raiz está intimamente ligado ao tamanho da plântula, e isso se justificaria pelo fato de que em plântulas maiores o número de cordões vasculares é maior que em plântulas pequenas.

O hipocótilo de ambas as espécies possui estrutura de transição raiz/caule, estendendo-se da região do colo ou coleto até próximo ao nó cotiledonar (figura 15). Essa região é iniciada ainda na raiz, quando surge uma medula parenquimática com o afastamento gradual dos elementos traqueais metaxilemáticos.

Esse afastamento é acentuado na base do hipocótilo, onde se observam todos os elementos traqueais do xilema primários dispostos sob forma de anel ao redor do parênquima medular (figura 16). Os cordões floemáticos primários mantêm-se indivisos. Essa disposição do xilema e floema primários permanece até próximo do nó cotiledonar, quando são organizados dois feixes, um para cada cotilédone (figura 17). Nesta região também surgem os traços epicotiledonares, dispostos entre os traços

cotiledonares (figuras 16 e 17). Portanto, o traço cotiledonar é unilacunar com um único feixe vascular. Esau (1959) e Souza (2009), em estudos de vascularização de plântulas, consideram o sistema vascular da raiz, hipocótilo e cotilédones como uma unidade, que, de acordo com a primeira autora, esse padrão é delineado desde as primeiras etapas da embriogenia.

A zona de transição raiz/caule de *P. carthagenensis* e de *P. capillacea* é comum em plântulas com hipocótilo epigeu e longo (Souza 2009). Esse autor observou o mesmo tipo de zona de transição em várias espécies de famílias diferentes, como Fabaceae (Leguminosae), Bignoniaceae, Clusiaceae e Annonaceae. A zona de transição das espécies de *Psychotria* estudadas pode ser enquadrada como “Tipo Baixo”, de acordo com a classificação formulada por Compton (1912).

A epiderme do hipocótilo é unisseriada (figuras 17 e 18) e cuticularizada. O córtex é parenquimático e colenquimático (figuras 17 e 18), limitado por uma endoderme com estrias de Caspary (figura 15). Assis & Giulietti (1999) também registraram endoderme com estrias de Caspary em hipocótilo de plantas jovens de *P. ipecacuanha*.

O epicótilo de ambas as espécies apresenta estrutura caulinar com epiderme unisseriada, cuticularizada e tricomatosa (figuras 19 e 20). O córtex é colenquimático e parenquimático, sem evidência de endoderme com estrias de Caspary ou amilífera (figura 21). Os tricomas são tectores de extremidade afilada, curtos em *P. carthagenensis* (figuras 19, 22 e 23) e longos em *P. capillacea* (figura 20 e 24).

Metcalfé & Chalk (1957) registram que os caules jovens de Rubiaceae, em geral, apresentam contorno poligonal com arestas colenquimáticas, endoderme bem definida com estrias de Caspary, e periciclo desprovido de esclerênquima. O epicótilo das espécies analisadas de *Psychotria* não se enquadra no padrão descrito, com exceção do periciclo que também não tem natureza esclerenquimática. É provável que em fase juvenil mais avançada, o epicótilo das plantas estudadas apresente estrutura semelhante à descrição formulada pelos mencionados autores.

Os pecíolos dos cotilédones de ambas as espécies possuem epiderme unisseriada cuticularizada e córtex colenquimático e parenquimático. A vascularização dos pecíolos é feita por um único feixe colateral (figura 25), mas à medida que se inicia a região da base do limbo é possível visualizar nervação trinérvia (figura 26).

Os limbos cotiledonares das duas espécies são dorsiventrais, hipostomáticos (figuras 27, 28 e 29), tricomatosos e com ráfides (figuras 27 e 30). A epiderme é unisseriada com células comuns da face adaxial de maior tamanho que as da superfície abaxial (figuras 28 e 29). Somente na epiderme adaxial de *P. carthagenensis*, observou-se divisão periclinal, podendo indicar que há possibilidade de biestratificação (figura 29). Esta característica foi observada em folhas de indivíduos adultos de ambiente de restinga (Vitarelli 2008).

Os estômatos são paracíticos (figuras 28 e 30), com câmaras subestomáticas amplas (figura 27). No mesofilo heterogêneo ocorre um único estrato, eventualmente dois, de parênquima paliçádico atípico, em que as células apresentam em geral formato de funil (base e ápice do limbo) ou células alongadas e largas (região média do limbo), e dois a quatro estratos de parênquima lacunoso (figuras 27, 28 e 30). O bordo cotiledonar é caracterizado por apresentar colênquima na base ou parênquima clorofiliano homogêneo no restante do limbo, com as células epidérmicas aproximadamente do mesmo tamanho (figura 30).

O limbo dos cotilédones da rubiácea *Faramea marginata* (Cavichiolo *et al.* 2009) difere estruturalmente das espécies de *Psychotria*, por apresentar epiderme com células aproximadamente de mesma dimensão e mesofilo homogêneo. A vascularização do limbo cotiledonar é feita por um único feixe na nervura central e por feixes colaterais de menor calibre imersos no mesofilo. Os tecidos vasculares são envolvidos por endoderme desprovida de estrias de Caspary. Na nervura central das duas espécies ocorre colênquima principalmente na face abaxial (figura 28).

As células epidérmicas dos cotilédones, em vista frontal, apresentam formato poligonal em ambas as espécies (figuras 31 e 32), mostando parede periclinal externa levemente convexa em seção transversal (figura 32). O limbo cotiledonar é anfistomático (figuras 33 e 34) e possui tricoma na superfície abaxial (figura 35). As paredes anticlinais são retas (figuras 31 e 34) em ambas as faces do limbo em *P. carthagenensis*. Este padrão foi descrito para face adaxial de *Mitracarpus lhotzkianus*, Rubiaceae (Arruda & Gomes 1996). No entanto, a face abaxial de *P. capillacea* apresentou paredes anticlinais sinuosas (figura 36), o mesmo observado em *M. frigidus* (Arruda & Gomes 1996); *Peltophorum dubium* e *Senna multijuga* (Moreira-Coneglian & Oliveira 2006); *Celtis iguanaea* (Pilati & Souza 2006); *Arrabidaea mutabilis* (Souza

*et al.* 2007), em uma ou ambas as faces do limbo. A membrana cuticular é lisa (figura 35) e com deposição de cera epicuticular (figuras 35 e 36).

Ambas as espécies apresentam eofilos opostos com estípulas interpeciolares, que se encontram fundidas na base e com ápice livre (figuras 37 e 38), confirmando descrição apresentada para folhas de indivíduos adultos de *Psychotria carthagenensis* elaborada por Vitarelli & Santos (2009). Para *P. capillacea* não foi encontrado estudo morfoanatômico para efeito comparativo entre a fase de plântula e fase juvenil ou adulta.

No ápice (figuras 38) e na face adaxial das estípulas ocorrem coléteres (figuras 39), que se caracterizam por apresentar epiderme uniestratificada, secretora, com células em paliçada (figura 40) e um parênquima central com células alongadas, o que caracteriza o coléter como sendo do tipo ‘S-standard’ formulado por Lersten (1974). Nos coléteres localizados no ápice da estípula (figura 41) observa-se um poro (figura 42), que é similar ao encontrado por Vitarelli & Santos (2009) em estípulas de nomofilos de *P. carthagenensis*. Esse padrão de coléter ‘S-standard’ também foi observado em outras espécies de Rubiaceae, como *P. nuda* (Miguel *et al.* 2009); *Simira glaziovii*, *S. pikia*, *S. rubra* (Klein *et al.* 2004); *Bathysa gymnocarpa*, *B. stipulata* (Miguel *et al.* 2010). Barreiro & Machado (2007), por outro lado, registraram a presença de coléteres dendróides na rubiácea *Alibertia sessilis* na face adaxial das estípulas, brácteas e sépalas.

Em outros táxons também ocorre o tipo ‘S-standard’ de coléter, como em *Forsteronia pubescens*, *F. thyrsoides*, *F. australis*, *F. glabrescens* (Apocynaceae) por Rio *et al.* (2005); *Caryocar brasiliensis* (Caryocaraceae) por Paiva & Machado (2006), *Temnadenia violacea* (Apocynaceae) por Martins *et al.* (2010). Ressalta-se, no entanto, que esses trabalhos com outras famílias referem-se aos coléteres que ocorrem no ápice caulinar de indivíduos adultos, registrando-se poucos estudos com plântulas como o de Appezzato-da-Glória & Estelita (2000), que investigaram *Mandevilla illustris* e *M. velutina*. (Apocynaceae). As autoras observaram nestas espécies a presença de vascularização no coléter, o que não foi encontrado em *P. carthagenensis* e *P. capillacea*.

Fahn (1990) considera coléteres como tricomas glandulares que secretam substâncias pegajosas, que consistem de ápice multicelular e pedúnculo, este nem sempre presente. As substâncias secretadas, registra o autor, são comumente uma

mistura de terpenos e mucilagem que é liberada por ruptura da cutícula. Para *P. carthagenensis* Vitarelli & Santos (2009) registraram a ocorrência de mucilagem. Em plântulas das duas espécies de *Psychotria* não foram realizadas análises histoquímicas, mas é possível inferir que o mesmo composto ocorra pelo menos em plântulas de *P. carthagenensis*. Uphof (1962) registra a ocorrência de coléteres em estípulas de Rubiaceae que podem ter a função de proteção.

Metcalf & Chalk (1950) não fazem referência ao termo coléter para Rubiaceae, denominando essa estrutura como pelo (tricoma) glandular desconhecido em *Iseria coccinea*, que secreta mucilagem ou resina, e que ocorre em folhas adjacentes. Entretanto, a ilustração apresentada pelos autores assemelha-se muito ao coléter tipo ‘S-standard’. Em *Alibertia sessilis* a secreção encontrada foi identificada como resina, que em contato com o ar, torna-se rígida e hidrofóbica em torno do ápice vegetativo, o que impediria a proliferação de bactérias (Barreiro & Machado 2007).

O pecíolo do eofilo, que possui expansões laterais reduzidas, apresenta epiderme unisseriada com células cuboides, córtex colenquimático e parenquimático e um único feixe vascular central (figura 43). No córtex ocorrem idioblastos com ráfides e o colênquima ocorre nas faces adaxial e abaxial, e nas expansões (figuras 43 e 44). Vitarelli (2008) observou aerênquima no pecíolo de nomofilos de plantas de *P. carthagenensis* que ocorrem em ambiente florestal, o que não foi confirmado para os pecíolos dos eofilos. Tricomas foram observados apenas na epiderme abaxial, principalmente na nervura principal (figura 45).

O limbo do eofilo possui epiderme unisseriada e hipostomática (figuras 46 e 47). O mesofilo é dorsiventral com um estrato de parênquima paliçádico atípico, com aspecto de funil, e dois a quatro estratos de parênquima lacunoso (figuras 46 e 47). O bordo foliar consiste de parênquima clorofiliano homogêneo (figura 48). Os eofilos apresentam células com formato poligonal, em ambas as espécies (figura 49). A parede periclinal apresenta-se levemente convexa (figura 50), com limbo anfiestomático (figuras 51 e 52), para as duas espécies de *Psychotria* e com tricoma na superfície abaxial (figura 53). As paredes anticlinais são retas (figuras 49 e 54) em ambas as faces do limbo em *P. carthagenensis*. Os estômatos são paracíticos (figuras 51 e 52) e os tricomas tectores ocorrem com maior frequência na nervura central (figura 53).

É provável que a estrutura dos eofilos de ambas as espécies estudadas seja significativamente diferente dos nomofilos destas espécies, considerando-se a análise de

folhas adultas de *P. carthagenensis* feita por Vitarelli (2008). Os nomofilos desta espécie diferem dos eofilos pelo formato típico do parênquima em paliçada, pelo maior número de camadas de parênquima esponjoso e pela presença de aerênquima e domácias.

Os cotilédones e os eofilos das plântulas das duas espécies de *Psychotria* mostram semelhança estrutural, observação registrada para outras espécies de outras famílias (Gogoz 2008; Cavichiolo *et al.* 2009; Souza 2009). A semelhança entre cotilédones e eofilos reforça o conceito de paracotilédones formulado por Vogel (1980). Para esse autor, os cotilédones fotossintéticos devem ser considerados como homólogos às primeiras folhas da plântula e não aos cotilédones haustoriais ou de reserva.

As plântulas de *P. carthagenensis* e *P. capillacea* não apresentaram diferenças estruturais significativas e ao menos em parte, isso se deve ao mesmo habitat onde se encontram. Ambas são classificadas como PEF e este tipo é representativo em florestas tropicais como Panamá, Gabão, Guadalupe, Malásia e Brasil variando de 30 a 51% do total de tipos morfo-funcionais (Ressel *et al.* 2004). Infere-se que pressões seletivas similares podem estar atuando e talvez selecionando a estrutura das plântulas. Para Garwood (1996), no entanto, é difícil estabelecer qual o papel da morfologia no estabelecimento de plântulas.

Pode-se considerar que a morfologia estabeleça um padrão adaptativo a condições favoráveis e desfavoráveis, sejam estas bióticas ou abióticas. Se por um lado considerarmos tanto a forma como a anatomia, podemos inferir quais as melhores condições para estabelecimento das espécies.

Apesar disso, o conhecimento da estrutura tanto externa como interna, podem oferecer subsídios para outras áreas de pesquisa. Muitas questões ainda permanecem sem respostas, como por exemplo: a) Porque muitas espécies apresentam morfologia diferente de cotilédones e eofilos, muito embora a anatomia seja semelhante? Pode-se inferir como uma estratégia de camuflagem, pois os cotilédones predados podem impossibilitar o estabelecimento do indivíduo, ou ainda como o tipo de forma que acompanha o formato do fruto; b) Porque cotilédones foliáceos são mais representativos em florestas tropicais, que os de reserva ou haustoriais? Seria talvez pela maior incidência de luz solar nas faixas tropicais, o que favoreceria a estrutura fotossintetizante.

Estas e outras questões podem auxiliar na tomada de decisões para recomposição de áreas degradadas, bem como auxiliar na preservação dos remanentes, além de esclarecer como as espécies colonizam naturalmente novos locais.

### Referências bibliográficas

- Amo, R. S. 1979. Clave para plântulas y estados juvenis de espécies primarias de una selva alta perennifolia en Veracruz, México. *Biotica* 42:59-108.
- Appezato-da-Glória, B. & Estelita, M. E. M. 2000. Development, structure and distribution of colleters in *Mandevilla illustris* and *M. Velutina* (Apocynaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 23(2):113-120.
- Arruda, R. C. O. & Gomes, D. M. S. 1996. Anatomia foliar de *Mitracarpus frigidus* (Wild.) K. Schum. var. *salzmannianus* (DC) K. Schum. e *Mitracarpus lhotzkianus* Cham. (Rubiaceae). *Bradea, Boletim do Herbarium Bradeanum* VI(50):431-444.
- Assis, M. C. & Giulietti, A. M. 1999. Diferenciação morfológica e anatômica em populações de "ipecacuanha". *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 22(2):205-216.
- Barreiro, D. P. & Machado, S. R. 2007. Coléteres dendróides em *Alibertia sessilis* (Vell.) K. Schum., uma espécie não-nodulada de Rubiaceae. *Revista Brasileira de Botânica* 30(3):387-399.
- Campos, J. B., Romagnolo, M. B. & Souza, M. C. 2000. Structure, composition and spatial distribution of tree species in a remnant of the semideciduous seasonal alluvial forest of the upper Paraná river floodplain. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 43(2):185-194.
- Cavichiolo, L. E., Boeger, M. R. T. & Marques, M. C. M. 2009. Estrutura dos eófilos e cotilédones de quatro tipos de plântulas da Floresta de Restinga, Paraná. *Iheringia, Série Botânica* 64(2):5-14.
- Compton, R. H. 1912. Investigation of the seedling structure in the Leguminosae. *The Journal of the Linnean Society* 41:1-122.
- Cronquist, A. 1981. Family Rubiaceae A.L. Jussieu 1789 nom. conserv., the madder family. *In* An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York, p.995-1001.
- Davis, A. P., Govaerts, R., Bridson, D. M., Ruhsam, M., Moat, J. & Brummitt, N. A. 2009. A global assessment of distribution, diversity, endemism, and taxonomic effort in the Rubiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 96:68-78.

- Duke, J. A. 1965. Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 52(3):314-350.
- . 1969. On tropical tree seedlings I. Seeds, seedlings, systems, and systematics. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 56(2):125-161.
- Eames, A. J. 1961. *Morphology of the Angiosperms*. MacGraw-Hill book Company, New York, p.518.
- Esau, K. 1976. *Anatomia vegetal*. Ediciones Omega, Barcelona, p.293.
- Fahn, A. 1990. *Plant anatomy*. Academic Press, London.
- Ferreira, R. A., Botelho, S. A., Malavase, M. M. & Davide, A. C. 1998. Caracterização morfológica de fruto, semente, plântula e muda de capitão-do-campo (*Terminalia argentea* Mart & Zucc - Combretaceae). *Revista Brasileira de Sementes* 20(2):441-448.
- Garwood, N. C. 1995. Functional morphology of tropical tree seedlings. *In* The ecology of tropical forest tree seedlings. (M. D Swaine. & J. N. R. Jeffers eds). *Man and the Biosphere Series.*: Unesco & The Parthenon Publishing Group, Paris, p.59-119.
- Gerlach, D. 1969. *Botanische mikrotechnik*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- Gerrits, P. O. 1991. The application of glycol methacrylate in histotechnology: Some fundamental principles. Department of Anatomy and Embriology. State University of Gröningen, Gröningen.
- Gogosz, A. M., Cosmo, N. L. & Souza, L. A. 2010. Morfoanatomia da plântula de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. (Myrtaceae). *Acta Botanica Brasilica*. 24(3):613-623.
- Hill, T. G. & Fraine, E. 1913. A consideration of the facts relating to the structure of seedlings. *Annals of Botany* 27:257-272.
- Horridge, G. A. & Tamm, S. L. 1969. Critical point drying for scanning electron microscopy study of ciliary motion. *Science* 163:817-818.
- Ibarra-Manríquez, G., Ramos, M. M. & Oyama, K. 2001. Seedling functional types in lowland rain forest in Mexico. *American Journal of Botany* 88:1801-1812.
- IBGE. 1992. Fundação Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, p.92.
- Johansen, D. A. 1940. *Plant microtechnique*. McGraw-Hill, New York, p.523.
- Kinupp, V. F. & Magnusson, W. E. 2005. Spatial patterns in the understory shrub genus *Psychotria* in central Amazonia: effects of distance and topograph. *Journal of Tropical Ecology* 21:363-374.

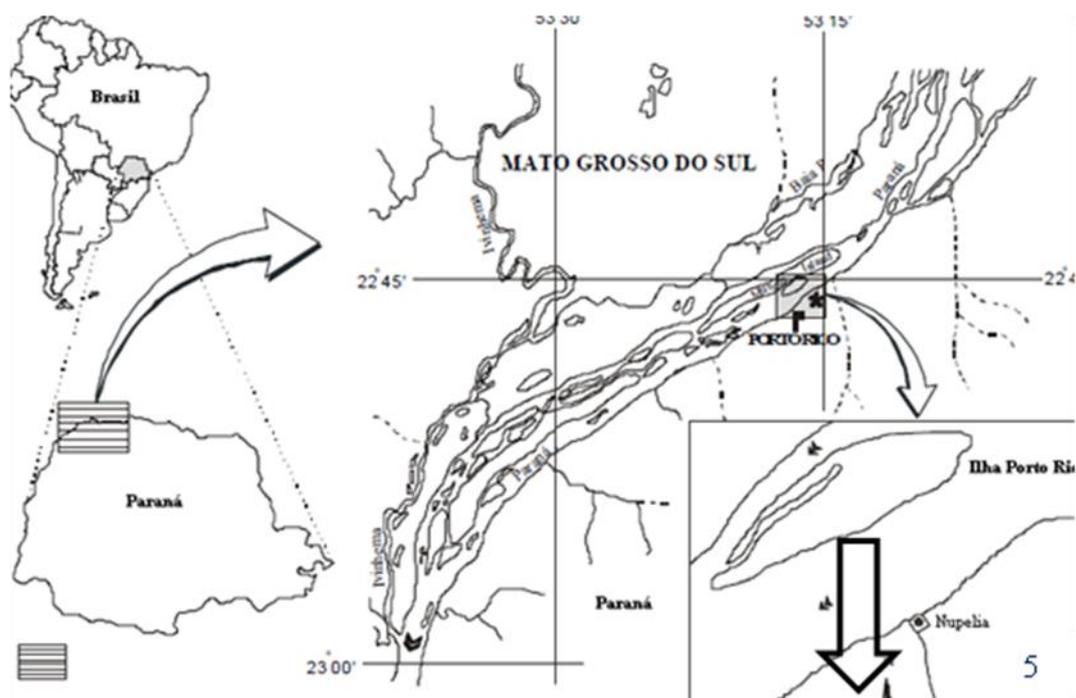
- Klein, D. E., Gomes, V. M., Silva-Neto, S. J. & Cunha, M. 2004. The structure of colleters in several species of *Simira* (Rubiaceae). *Annals of Botany* 94:733-740.
- Klein, R. M., Reis, A. & Iza, O. B. 2005. Observações ecológicas. *In* Rubiaceae. I Parte - As plantas/Monografia - Rubi. (A. Reis. Ed. ) gêneros de H-T. 20. *Gardênia* até 46. *Flora Ilustrada Catarinense*. Tocoyena, Itajaí, p.542-549.
- Laboriau, L., Marques, I. F., Laboriau, M. L. S. & Handro, W. 1963. Nota sobre a germinação de sementes de plantas do cerrado em condições naturais. *Revista Brasileira de Biologia* 23(30):227-237.
- Lersten, N. R. 1974. Morphology and distribution of colleters and crystals in relation to the taxonomy and bacterial leaf nodule symbiosis of *Psychotria* (Rubiaceae). *American Journal of Botany* 61:973-981.
- Lima, L. F., Lima, P. B., Almeida Jr, E. B. & Zickel, C. S. 2010. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Guettarda platypoda* DC. (Rubiaceae). *Biota Neotropica* 10 (1):155-160.
- Lopes, M. A. 2008. O estudo da dispersão de sementes e de seus efeitos na estrutura de populações e comunidades vegetais - avanços recentes e perspectivas futuras. *In* A Primatologia no Brasil. (S.F.Ferrari & J.Rímoli Eds.). Sociedade Brasileira de Primatologia, Biologia Geral e Experimental - UFS, Aracaju, p.94-108.
- Martins, F. M., Kinoshita, L. S. & Castro, M. M. 2010. Coléteres foliares e calicinais de *Temnadenia violacea* (Apocynaceae, Apocynoideae): estrutura e distribuição. *Revista Brasileira de Botânica* 33(3):489-500.
- Metcalf, C. R. & Chalk, L. 1950. Rubiaceae. *In* *Anatomy of the dicotyledons*. p.759-776.
- Miguel, E. C., Klein, D. E., Oliveira, M. A. & da Cunha, M. 2010. Ultrastructure of secretory and senescence phase in colleters of *Bathysa gymnocarpa* and *B. stipulata* (Rubiaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 33(3):425-436.
- Miguel, E. C., Moraes, D. G. & da Cunha, M. 2009. Stipular colleters in *Psychotria nuda* (Cham. & Schltdl.) Wawra (Rubiaceae): micromorphology, anatomy and crystals microanalysis. *Acta Botanica Brasilica*. 23(4):1034-1039.
- Míquel, S. 1987. Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestères du Gabon. *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle* 1:101-121.
- Moreira-Coneglian, I. R. & Oliveira, D. M. T. 2006. Anatomia comparada dos limbos cotiledonares e eofilares de dez espécies de Caesalpinioideae (Fabaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 29(2):193-207.
- Nascimento, W. M. O. & Damião-Filho, C. F. 1998. Caracterização morfológica de sementes e plântulas de jenipapeiro (*Genipa americana* L. - Rubiaceae). *Revista Brasileira de Sementes* 20(1):143-147.

- O'Brien, T. P., Feder, N. & McCully, M. E. 1965. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue. *Protoplasma* 59:368-373.
- Paiva, E. A. S. & Machado, S. R. 2006. Colleters in *Caryocar brasiliensis* (Caryocaraceae), ontogenesis, ultrastructure and secretion. *Brazilian Journal of Biology* 66:301-308.
- Pereira, G. F. 2008. A família Rubiaceae Juss. na vegetação ripária de um trecho do alto rio Paraná, Brasil, com ênfase na tribo Spermaceae. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Pilati, R. & Souza, L. A. 2006. Morfoanatomia da plântula de *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg. (Ulmaceae). *Acta Scientiarum Biological Science* 28(1):1-6.
- Pollito, P. A. Z. & Bendezú, Y. F. 2003. Caracterización morfológica de plântulas de "Uña e Gato" *Uncaria tomentosa* (Willd. ex Roemer & Schultes) D.C. y *U. guianensis* (Aublet) Gmelin del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt. *Ecología Aplicada* 2(1):41-46.
- 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 Brasileira de Botânica* 27(2):311-323.
- Rio, M. C. S., Kinoshita, L. S. & Castro, M. M. 2005. Anatomia foliar como subsídio para a taxonomia de espécies de *Forsteronia* G. Mey. (Apocynaceae) dos cerrados paulistas. *Revista Brasileira de Botânica* 28(4):713-726.
- Rizzini, C. T. 1977. Sistematização terminológica da folha. *Rodriguésia* 29(42):103-125.
- Silva, L. M. M., Matos, V. P., Pereira, D. D. & Lima, A. A. 1995. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Lutzelburgia auriculata* Duck (pau-serrote) e *Pterogyne nitens* Tul (madeira nova do brejo) - Leguminosae. *Revista Brasileira de Sementes* 7:154-159.
- Souza, D. C. & Souza, M. C. 1998. Levantamento florístico das tribos Psychotrieae Psychotrieae, Coussareeae e Morindeae (Rubiaceae) na região de Porto Rico, alto rio Paraná. *Acta Scientiarum Biological Science* 20(2):207-212.
- Souza, L. A., Lopes, W. A. L. & Almeida, O. J. G. 2007. Morfoanatomia da plântula e do tirodendro de *Arrabidaea mutabilis* Bureau & K. Schum. (Bignoniaceae). *Acta Scientiarum Biological Science* 29(2):131-136.
- Souza, L. A., Moscheta, I. S., Mourão, K. S. M., Albiero, A. L. M., Montanher, D. R. & Paoli, A. A. S. 2009. Morfologia da plântula e do tirodendro. *In* Sementes e plântulas: germinação, estrutura e adaptação. (Toda Palavra, Ed.) Ponta Grossa, Pr, p.119-143.
- Taylor, C. M. 1996. Overview of the Psychotrieae (Rubiaceae) in the Neotropics. *Opera Botanica Belgica* 7:261-270.

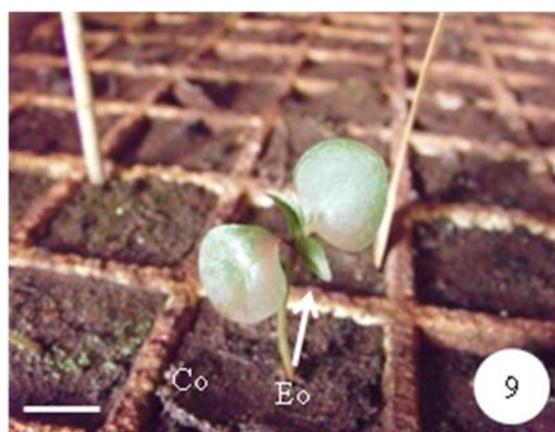
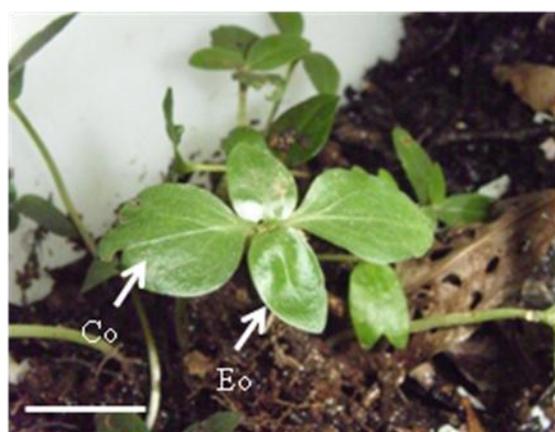
- Uphof, J. C. 1962. Plant Hairs. Gebruder Borntraeger Berlin: Nikjolassee, Berlin. p.292.
- Vitarelli, N. C. 2008. Morfoanatomia foliar da reófito facultativa *Psychotria carthagenensis* Jacq. (Rubiaceae). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Vitarelli, N. C. & Santos, M. 2009. Anatomia de estípulas e coléteres de *Psychotria carthagenensis* Jacq. (Rubiaceae). Acta Botanica Brasilica. 23(4):923-928.
- Vogel, E. F. 1980. Seedlings of dicotyledons. (Wagening, Ed.). Pudoc.
- Wilson P.J., Thompson, K. & Hodgson, J. G. 1999. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. New Phytologist 43:155-162.



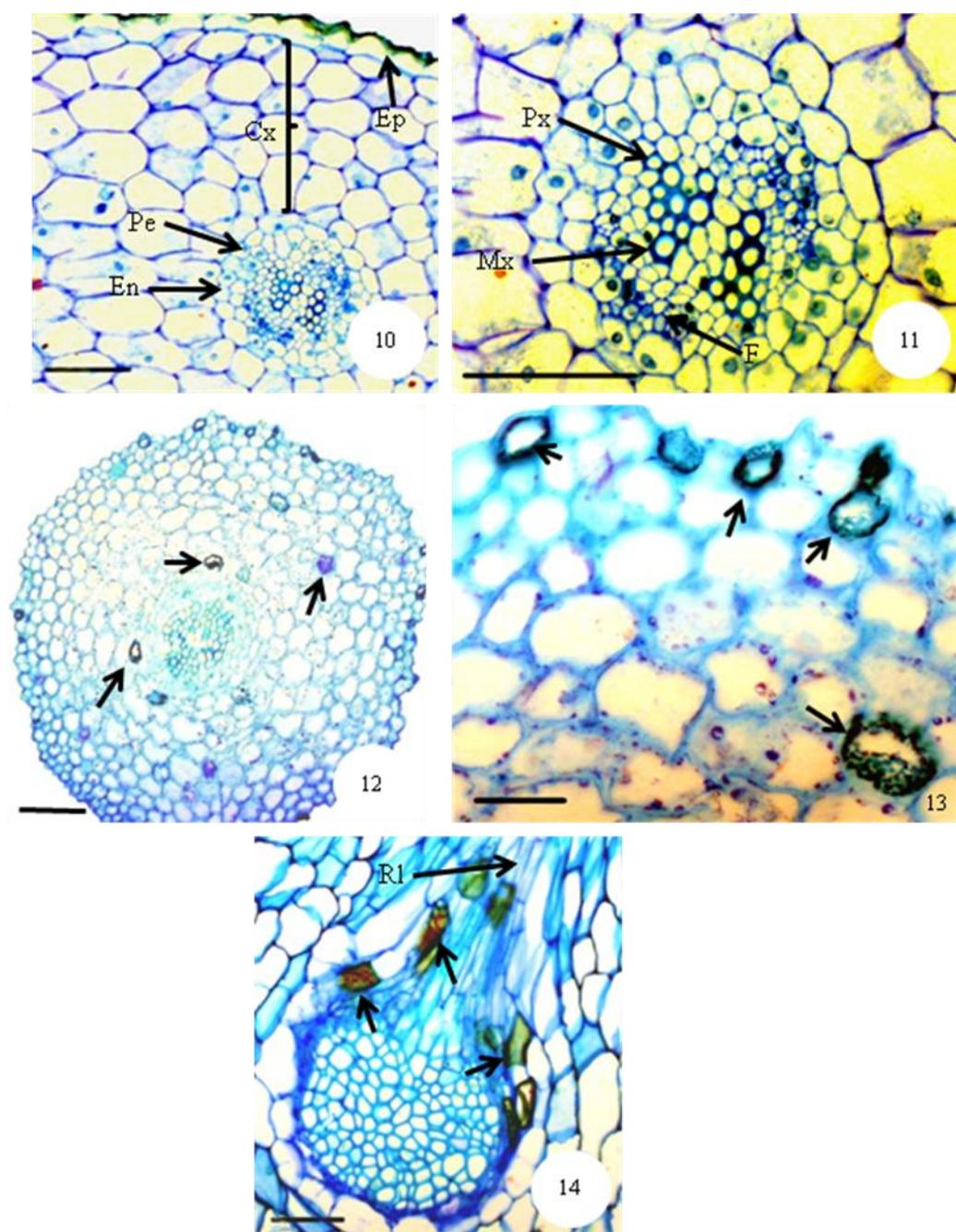
Figuras 1 - 4. Aspecto das plantas na área de estudo. 1. Arbusto de *Psychotria carthagenensis* 2. Detalhe do ramo com fruto 3. Subarbusto de *Psychotria capillacea* 4. Detalhe do ramo com fruto. Barras = 1 m (1), 30 cm (3), 10 cm (2), 5 cm (4).



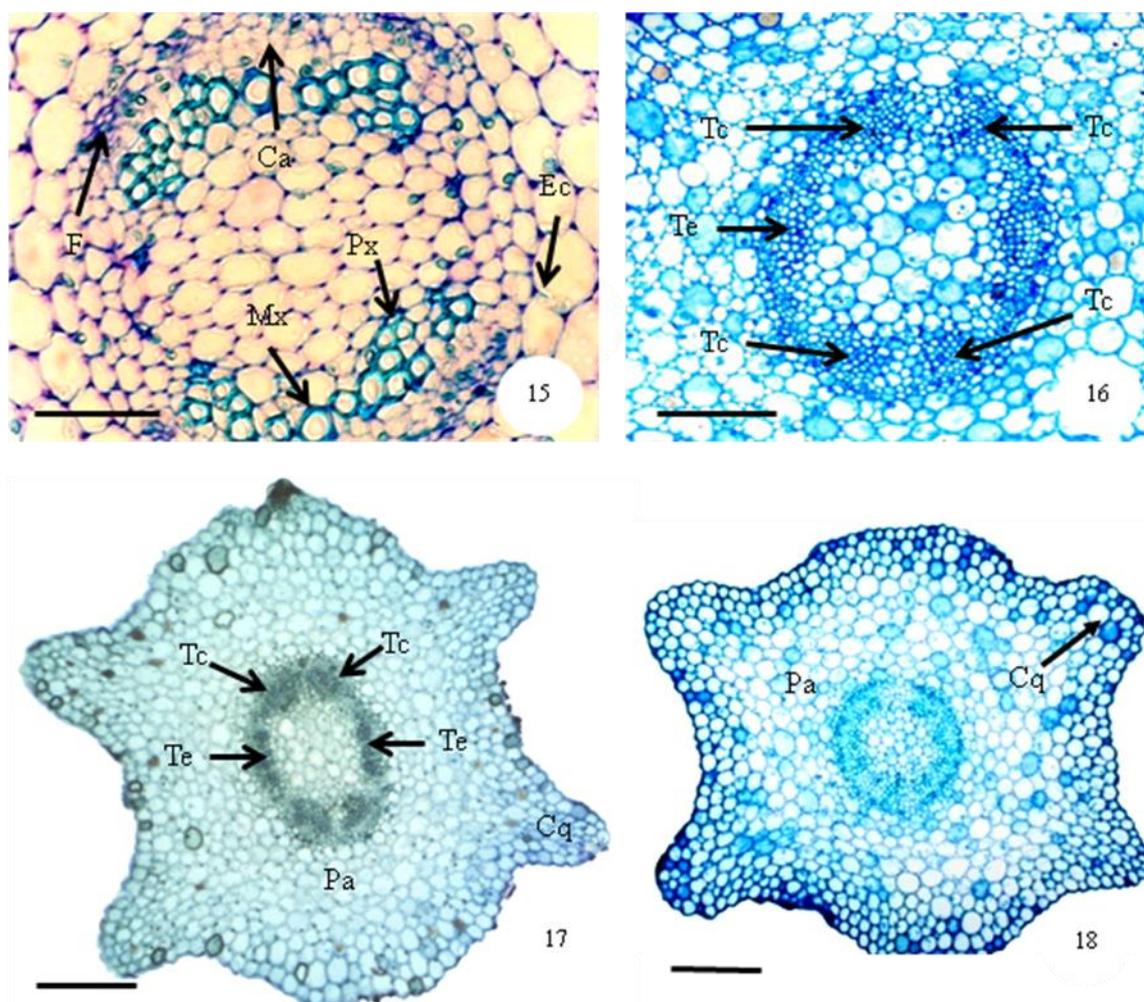
Figuras 5 - 6. Localização da área de estudo entre o Estado do Paraná e Mato Grosso do Sul. 5. Ilha Porto Rico e base de estudos do Nupelia no município de Porto Rico, Paraná. 6. Em detalhe a ilha Porto Rico e o local de coleta das plântulas (\*).



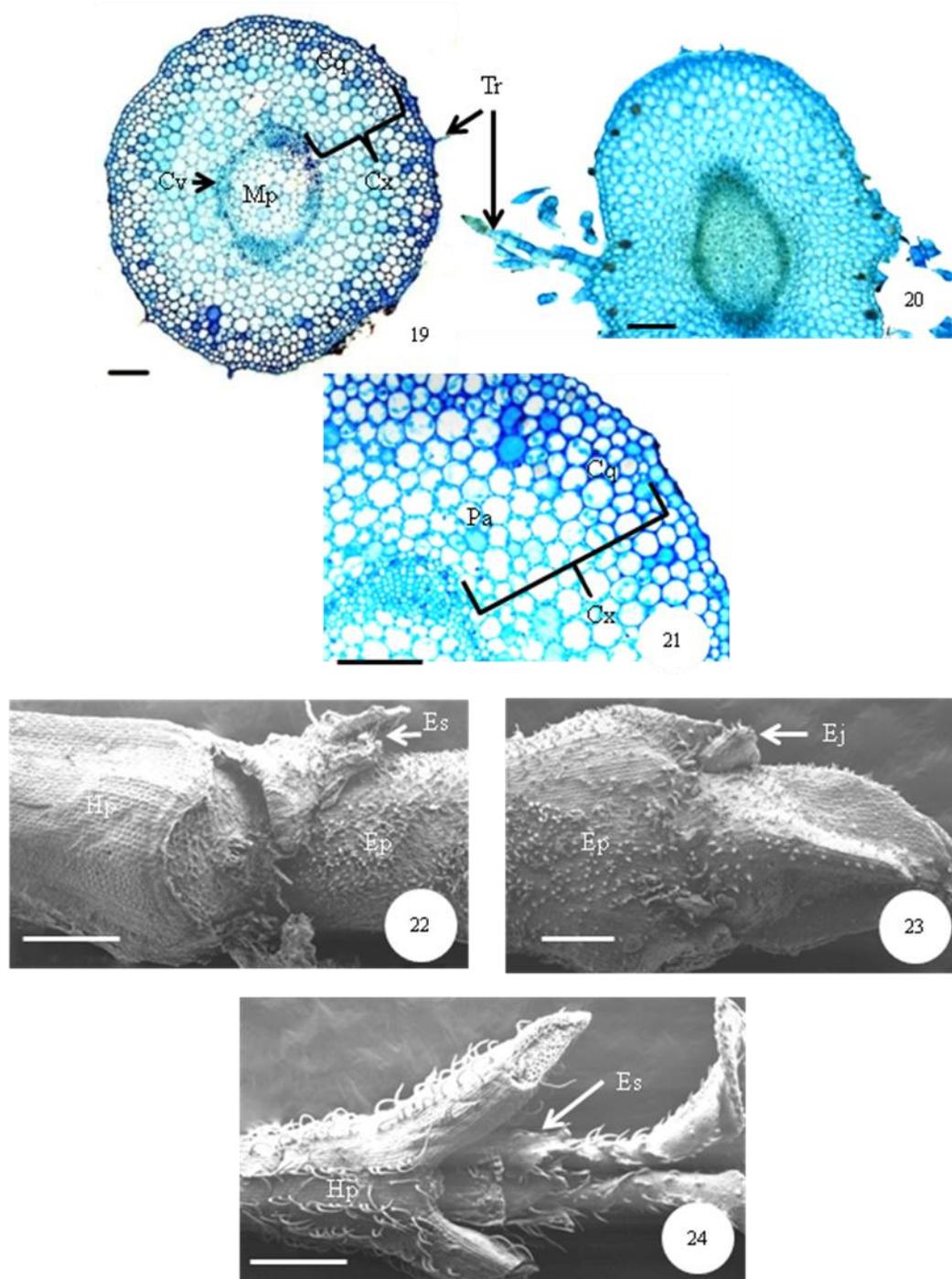
Figuras 7 - 9. Aspecto das plântulas. 7. Desenvolvimento de *Psychotria carthagenensis*. 8. Cotilédones e eofilos de *Psychotria carthagenensis*. 9. Cotilédones e eofilos de *Psychotria capillacea*. Coleto (C), Cotilédone (Co), eofilo (Eo), hipocótilo (Hp), epicótilo (Ep), Semente (S). Barras =1cm.



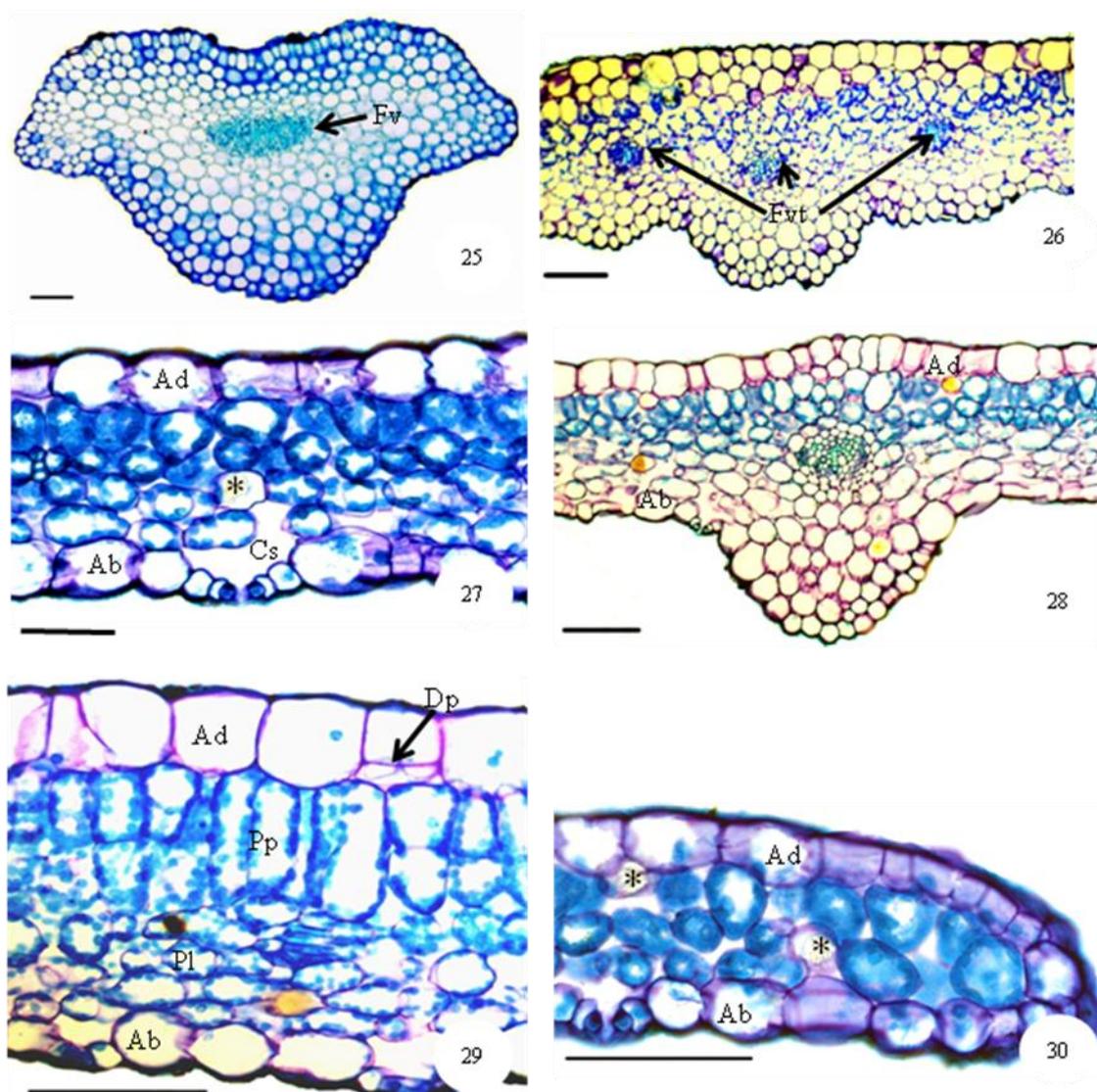
Figuras 10 - 14. Estrutura da raiz em seções transversais de *Psychotria carthagenensis* (10, 11 e 14) e *Psychotria capillacea* (12 e 13). 10. Raiz em crescimento primário. 11. Detalhe da disposição diarca do xilema primário. 12. Células secretoras no córtex. 13. Detalhe da epiderme e córtex mostrando célula secretora. 14. Raiz em crescimento secundário com presença de células secretoras no córtex, próximo ao cilindro central e raiz lateral em desenvolvimento. Célula secretora (setas), Córtex (Cx), Endoderme (En), Epiderme (Ep), Floema (F), Metaxilema (Mx), Periciclo (Pe), Protoxilema (Px), Raiz lateral (Rl). Barras = 50  $\mu$ m (10, 12, 13 e 14), 100  $\mu$ m (11).



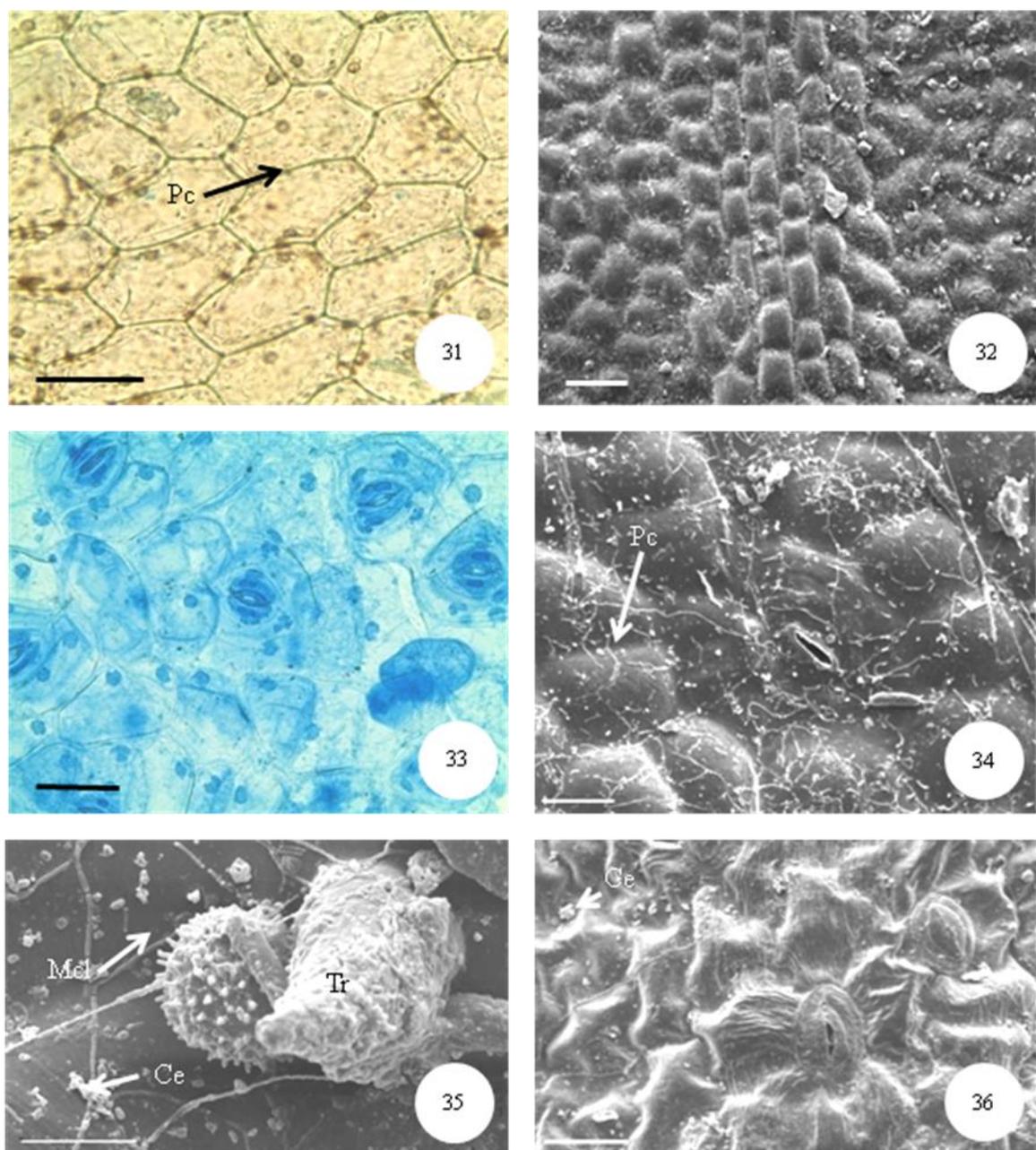
Figuras 15 – 18. Estrutura do hypocótilo em seção transversal de *Psychotria carthagenensis* (15-17) e *Psychotria capillacea* (18). 15. Região do hypocótilo evidenciando o afastamento dos elementos traqueais de metaxilema. 16. Cilindro vascular apresentando os traços cotiledonares e epicotiledonares. 17. Traços cotiledonares que darão origem ao feixe vascular único do cotilédono. 18. Seção mostrando colênquima no córtex. Câmbio (Ca), Colênquima (Cq), Estrias de Caspary (Ec), Floema (F), Metaxilema (Mx), Parênquima (Pa), Protoxilema (Px), Traço cotiledonar (Tc), Traço epicotiledonar (Te). Barras = 50  $\mu$ m (15 e 16), 100  $\mu$ m (17 e 18).



Figuras 19 - 24. Estrutura do epicótilo de *Psychotria carthagenensis* (19, 21, 22, 23) e de *Psychotria capillacea* (20, 24). 19-21. Seções transversais do epicótilo. 22-24. MEV. 19. Epiderme com tricomas curtos, córtex colenquimático/parenquimático e cilindro vascular. 20. Epicótilo evidenciando tricomas longos. 21. Detalhe do córtex com colênquima. 22-24. Microscopia eletrônica de varredura de ápice caulinar. 22. Ápice do hipocótilo. 23. Epicótilo mostrando tricomas e estípula jovem. 24. Ápice do hipocótilo. Córtex (Cx), Cilindro vascular (Cv), Parênquima (Pa), Colênquima (Cq), Epiderme (Ep), Estípula jovem (Ej), Estípula senescente (Es), Medula parenquimática (Mp), Tricoma (Tr). Barras = 100  $\mu$ m (20, 21 e 22), 500  $\mu$ m (23 e 24).



Figuras 25 - 30. Cotilédone em seção transversal de *Psychotria carthagenensis* (26-30) e *Psychotria capillacea* (25). 25. Pecíolo com feixe vascular único. 26. Base do cotilédone com nervação trinérvia. 27. Detalhe do limbo (região basal), presença de câmara subestomática e ráfide (\*). 28. Nervura central e parte do limbo. 29. Detalhe do limbo (região média). Note diferença entre o tamanho das células epidérmicas e presença de divisão periclinal na superfície adaxial. 30. Bordo no ápice do limbo com estômato e ráfides. Câmara subestomática (Cs), Divisão periclinal (Dp), Epiderme abaxial (Ab), Epiderme adaxial (Ad), Estomato (Es), Feixe vascular único (Fv), Feixe vascular trinérvio (Fvt), Parênquima paliádico (Pp), Parênquima lacunoso (Pl). Barras = 50µm (25 e 26), 100 µm (26, 27, 28, 30), 30 µm (29).



Figuras 31 - 36 - Epiderme dos cotilédones de *Psychotria carthagenensis* (31-35) e *Psychotria capillacea* (36). 31, 33. Seções paradérmicas. 32, 34, 35, 36. MEV. 31 e 32. Epiderme da face adaxial, com paredes anticlinais retas. 33 e 34. Epiderme da face abaxial. 35. Epiderme da face abaxial evidenciando o tricoma. 36. Epiderme da face abaxial. Células com paredes de contorno variável. Ceras epicuticulares (Ce), Membrana cuticular lisa (Mcl), Parede anticlinal reta (Pc), Tricoma (Tr). Barras = 80  $\mu\text{m}$  (31), 50  $\mu\text{m}$  (32 e 34), 100  $\mu\text{m}$  (33), 10  $\mu\text{m}$  (35), 20  $\mu\text{m}$  (36).

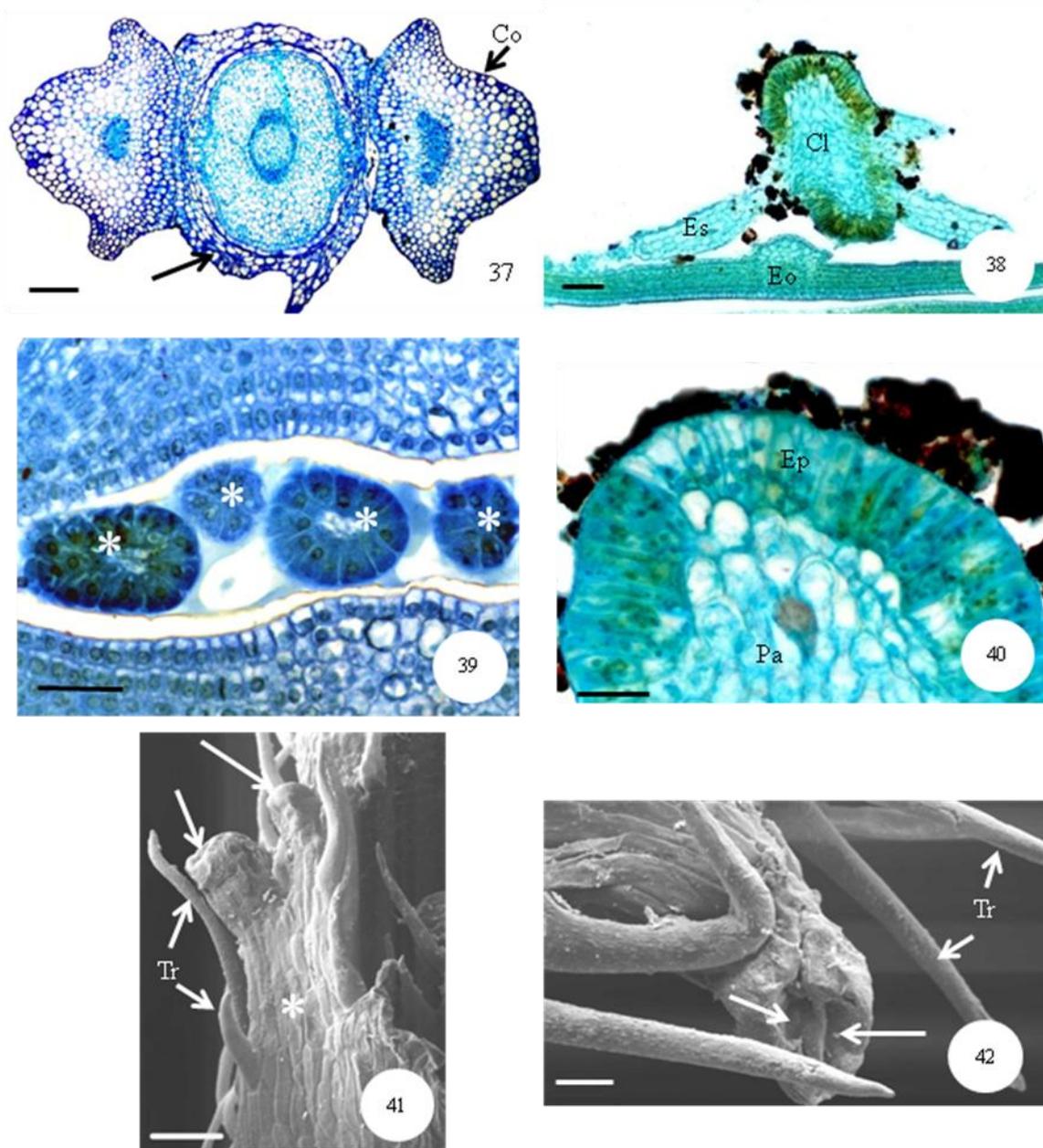


Figura 37 - 42. Seções transversais (37-40) e MEV (41, 42) do ápice de plântulas de *Psychotria carthagenensis* (38-40) e *Psychotria capillacea* (37, 41, 42). 37. Estípulas interpeciolares. A seta indica a união das estípulas na porção basal. 38. Estípula e coléter. 39. Coléteres na base das estípulas (\*). 40. Detalhe do coléter com células epidérmicas em paliçada. 41. Microscopia eletrônica de varredura, evidenciando a estípula (\*) e os coléteres (setas) na extremidade. 42. Detalhe dos poros no ápice do coléter (setas). Coléter (Cl), Cotilédone (Co), Células epidérmicas em paliçada (Ep), Eofilo (Eo), Estípula (Es), Parênquima (Pa), Tricomas (Tr). Barras: = 100µm (38, 39, 40), 50 µm (41), 20µm (42).

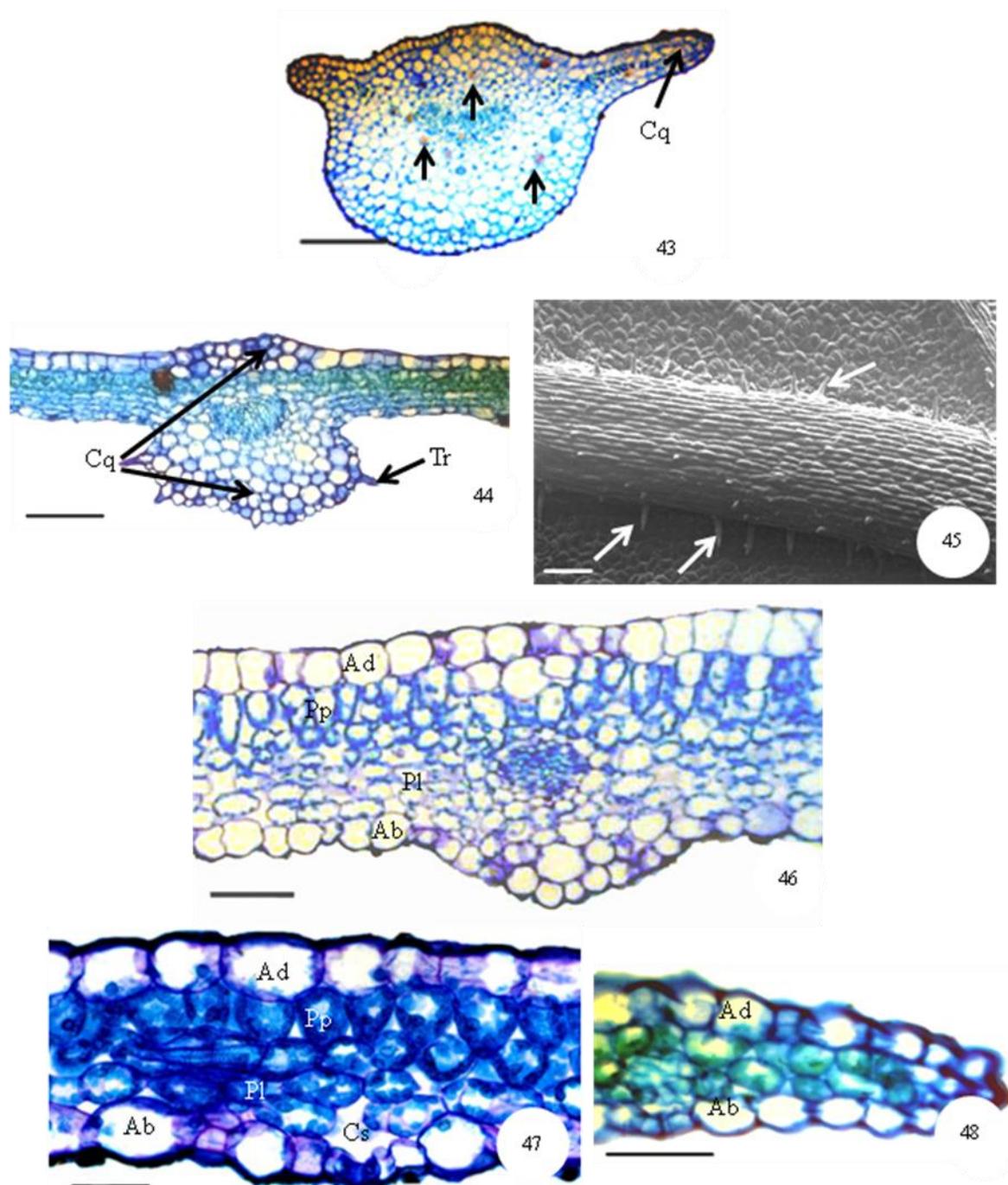
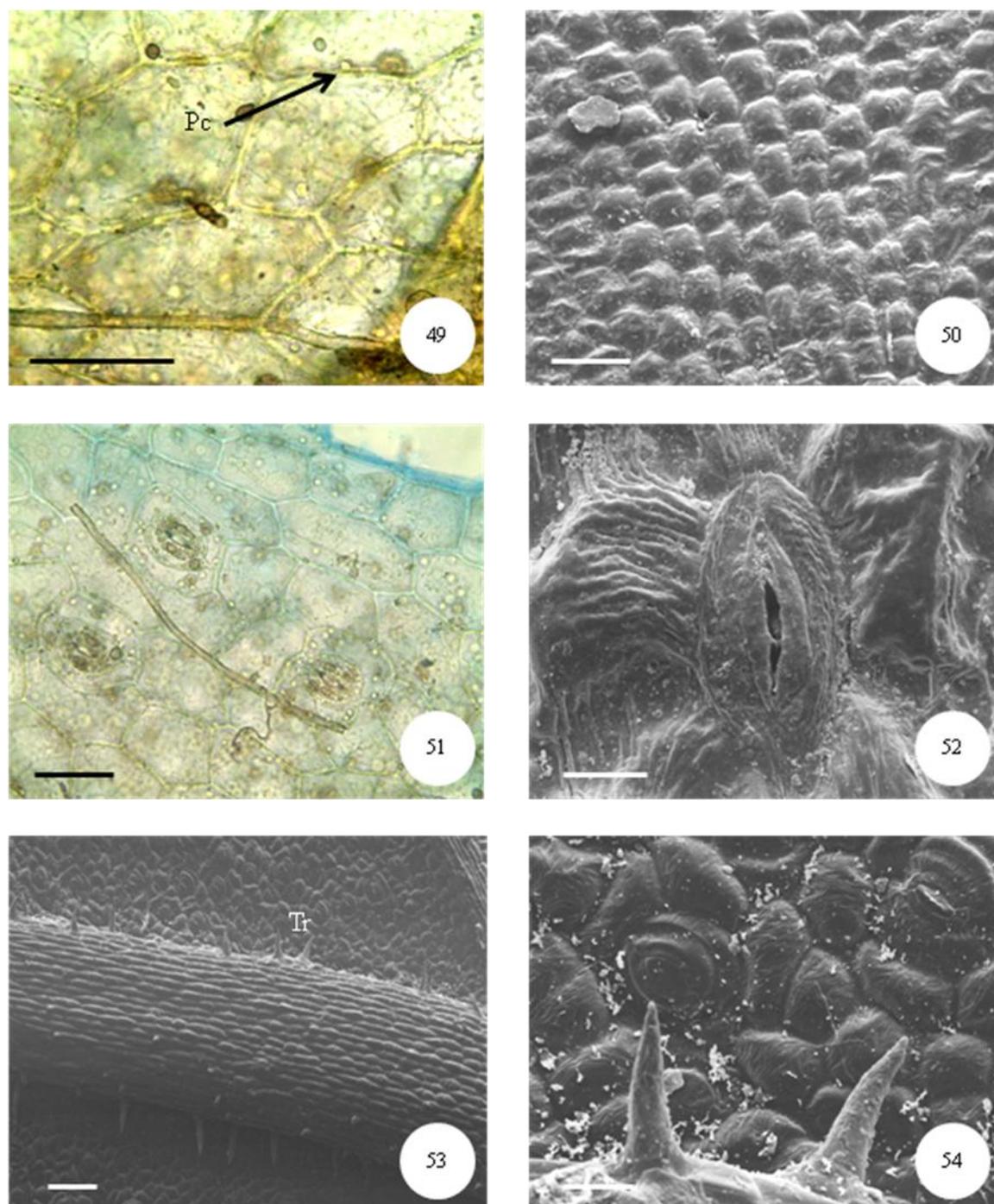


Figura 43 - 48. Eofilos de *Psychotria carthagenensis* (44-48) e pecíolo de *Psychotria capillacea* (43). Seção transversal (43, 44, 46, 47 e 48) e MEV (45). 43. Pecíolo com ráfides (setas). 44. Porção basal do mesofilo com nervura central e tricomas. 45. Nervura central na superfície abaxial com tricomas (setas). 46. Porção mediana do mesofilo. 47. Região apical do limbo. 48. Bordo. Câmara subestomática (Cs), Colênquima (Cq), Epiderme da face adaxial (Ad), Epiderme da face abaxial (Ab), Parênquima paliçádico (Pp), Parênquima lacunoso (Pl). Barras = 100  $\mu\text{m}$  (43, 44, 45 e 46), 50  $\mu\text{m}$  (47 e 48).



Figuras 49 - 54 – Epiderme dos eofilos em cortes paradérmicos (49, 51) e em MEV (50-54) de *Psychotria carthagenensis* (49-54) e *Psychotria capillacea* (52). 49 - 50. Epiderme da face adaxial. 51. Epiderme da face abaxial. 52. Epiderme da face abaxial com estômato. 53. Epiderme da face abaxial com tricomas na nervura central. 54. Detalhe para os tricomas e estômatos na epiderme da face abaxial. Parede anticlinal reta (Pc), Tricomas (Tr). Barras = 80  $\mu\text{m}$  (49), 50  $\mu\text{m}$  (50 e 51), 10  $\mu\text{m}$  (52), 100  $\mu\text{m}$  (53), 20  $\mu\text{m}$  (54).