

# Estrutura foliar de curauá em diferentes intensidades de radiação fotossinteticamente ativa

Elaine Cristina Pacheco de Oliveira<sup>(1)</sup>, Osmar Alves Lameira<sup>(1)</sup>, Fernanda Ilkiu Borges de Sousa<sup>(1)</sup>  
e Rolf Junior Ferreira Silva<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Embrapa Amazônia Oriental, Horto de Plantas Medicinais, Laboratório de Biotecnologia e Laboratório de Botânica, Travessa Dr. Enéas Pinheiro, s/nº, Caixa Postal 48, CEP 66095-100 Belém, PA. E-mail: elainebiol@yahoo.com.br, osmar@cpatu.embrapa.br, ilkiuf@cpatu.embrapa.br  
<sup>(2)</sup>Museu Paraense Emílio Goeldi, Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura, Avenida Perimetral, nº 1901, CEP 66077-530 Belém, PA. E-mail: farmacrof@uol.com.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi caracterizar a anatomia foliar de *Ananas comosus* var. *erectifolius* e comparar as características anatômicas de suas fibras foliares, quando submetidas a dois índices de radiação fotossinteticamente ativa (54 e 100%). Para a análise das estruturas anatômicas, especialmente as fibras, foram utilizadas técnicas de dissociação da epiderme foliar, contagem do número de estômatos por milímetro quadrado, cortes histológicos e microscopia eletrônica de varredura no material botânico fixado. A epiderme estava revestida por cutícula espessa e bem desenvolvida nas folhas nos dois índices de radiação. Nas folhas a 100% de radiação fotossinteticamente ativa, foi observado aumento de espessura nas regiões apical e basal. Foram observadas diferenças no número de camadas e altura do parênquima paliádico e na quantidade de feixes fibrosos relativas aos índices de radiação. A quantidade de feixes fibrosos foi maior na condição de 54% do que em 100% de radiação fotossinteticamente ativa.

Termos para indexação: *Ananas comosus*, anatomia vegetal, Bromeliaceae, fibra vegetal.

## Leaf structure of curaua in different intensities of photosynthetically active radiation

Abstract – The aim of this work was to characterize the leaf anatomy of *Ananas comosus* var. *erectifolius* and to compare the anatomical characteristics of its leaf fibres, when submitted to two levels of photosynthetically active radiation (54 and 100%). For the analysis of the anatomical structures, specially the fibres, the settled botanical material was submitted to techniques of dissociation of the foliar epidermis, microscopic number of stomata per square millimeter, cuts and scanning electron microscopy. The epidermis was coated for thick cuticle and developed well in leaves in the two intensity indexes of radiation. For leaves at 100% PAR a fast increase of thickness was observed in the apical and basal regions. Regarding the radiation levels, differences were observed in the number of layers, the height of palisade parenchyma, and in the amount of fibre beams. The amount of fibre beams was bigger at 54% than at 100% PAR.

Index terms: *Ananas comosus*, plant anatomy, Bromeliaceae, vegetable fibre.

### Introdução

Nos últimos anos, a procura por produtos naturais tem crescido em todo o mundo. A preocupação com o meio ambiente tornou-se obrigatória para a funcionalidade de algumas indústrias. O escopo dos setores industriais é a utilização de recursos naturais renováveis, que representem fonte alternativa de grande potencial econômico.

O uso de matérias-primas naturais vem sendo objeto de diversos estudos e pesquisas, por seu potencial na

substituição de derivados petroquímicos. As fibras vegetais são úteis na indústria automobilística, para o revestimento interno de automóveis, ônibus e caminhões, e na construção civil (Mothé & Araújo, 2004). Ainda, o soro resultante do processamento das folhas pode servir como adubo orgânico.

Entre as espécies da Região Amazônica com potencial para produção de fibras, destaca-se o curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius* (L.B. Smith) Coppens & F. Leal). No Brasil e no exterior, a fibra de curauá é submetida a freqüentes pesquisas, que vêm

apresentando resultados significativos, o que torna essa espécie a mais promissora entre as espécies produzidas na Amazônia brasileira.

O grande aproveitamento do curauá despertou o interesse de produtores nacionais e estrangeiros. No vale do Ribeira, interior paulista, e também em solos japoneses, sul-africanos e da Malásia, as mudas dessa espécie foram plantadas, mas sem sucesso, porque a planta não resiste a baixas temperaturas. O centro de origem do curauá é a Região Amazônica, portanto, essa planta somente se desenvolve em clima quente e úmido (Reis et al., 2004). Pela qualidade da fibra, o cultivo do curauá pode ser uma das alternativas do aproveitamento de plantas da Amazônia. No entanto, é de fundamental importância o desenvolvimento de ações de pesquisa sobre métodos de cultivos, consórcios agroflorestais, aproveitamento dos subprodutos, beneficiamento, bem como estudos referentes à qualidade das fibras.

Em sistemas agroflorestais, as plantas de porte mais baixo podem estar submetidas a condições sombreadas, em que as plantas apresentam respostas que podem variar com a maturidade e com a espécie, e com os impactos causados por fatores como: umidade, temperatura, radiação solar (Santos & Paiva, 2002). Assim, as irradiâncias baixas tendem a aumentar o tamanho do caule por unidade de peso e formar folhas maiores, porém mais finas (Poorter, 1999; Colares & Seeliger, 2006), enquanto as plantas que crescem a plena luz, em geral, apresentam folhas mais espessas e menor área foliar (Hao et al., 2000).

Em folhas de plantas desenvolvidas em diferentes intensidades de radiação, as variações nas características morfológicas e anatômicas têm sido relatadas para muitas espécies, e tais variações estão relacionadas principalmente à quantidade de radiação solar e à disponibilidade hídrica (Mattos et al., 2004).

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a anatomia foliar do curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) e comparar as características anatômicas das fibras foliares das plantas, submetidas a diferentes intensidades de radiação fotossinteticamente ativa.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no campo experimental da Tramontina Belém, S.A., no Município de Aurora do Pará, na mesoregião do nordeste paraense, na

microrregião do Guamá, a 2°10'S e 47°32'W, em agosto de 2006.

Os tratamentos foram constituídos pelo consórcio entre o curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) e plantas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake var. *amazonicum* (Ducke) Barneby (paricá), *Cordia goeldiana* Huber (freijó), *Swietenia macrophylla* King (mogno), e uma parcela com curauá cultivado isoladamente, em delineamento completamente ao acaso, com quatro repetições, no total de 16 parcelas. Cada parcela foi implantada em área de  $18 \times 24 = 432 \text{ m}^2$ , no espaçamento de  $4 \times 3 \text{ m}$ , adotado para as espécies florestais, e de  $0,50 \times 0,80 \text{ m}$  para o curauá. Os tratamentos utilizados foram: curauá solteiro; curauá e paricá simultâneos; plantio de curauá após dois anos do plantio do paricá, freijó e mogno; e plantio de curauá depois de um ano do plantio de paricá e freijó.

As mudas de curauá do tipo roxo foram produzidas no Laboratório de Biotecnologia da Embrapa Amazônia Oriental, e as espécies florestais foram produzidas no próprio campo experimental da Tramontina.

A partir dos sistemas de cultivo estabelecidos no campo, foi feita a leitura da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) ao longo de um dia, com o uso de um par de ceptômetros Sunfleck (Decagon) a aproximadamente 1,50 m do solo. Os valores médios de RFA foram obtidos, e os de percentuais de radiação por ambiente foram calculados em comparação proporcional a pleno sol. Com esses valores, foram estabelecidos os índices médios de luz, recebidos na parte superior do dossel das plantas de curauá, que originaram os tratamentos de intensidade de luz: curauá e paricá, 54%; curauá, paricá e freijó, 63%; curauá, paricá, freijó e mogno, 71% e curauá solteiro, 100% de RFA.

A coleta das folhas de curauá para o estudo anatômico foi realizada em plantas sorteadas no mesmo dia da leitura da RFA. Foram sorteados quatro espécimes por tratamento, dos quais retiraram-se aleatoriamente cinco folhas, que foram fixadas em mistura de formol, ácido acético e álcool a 70%, por 24 horas (Kraus & Arduin, 1997) e em seguida, foram conservadas em álcool etílico a 70%.

As folhas foram seccionadas transversalmente, com auxílio de lâmina de aço inoxidável. As seções da lâmina foliar foram feitas nas regiões apical, mediana e basal. O material foi separado por região/tratamento, no total de 48 amostras.

Para a análise em microscopia eletrônica de varredura, as amostras citadas acima foram desidratadas pela série etanólica crescente de Johansen (1940), processadas em secador de ponto crítico de CO<sub>2</sub>, montadas em suportes metálicos e metalizadas com ouro de aproximadamente 20 nm de espessura por 150 s, em corrente de 25 mA (Silveira, 1989). As eletromicrografias foram obtidas em microscópio eletrônico de varredura modelo 1450 VP, e as escalas micrométricas foram projetadas nas mesmas condições ópticas.

Foi utilizada a epiderme dissociada, para a contagem dos estômatos em trinta campos aleatórios, das margens e centro foliar das regiões apical, mediana e basal, nas duas intensidades de radiação. Posteriormente, para cada um destes campos, foi realizado o teste de médias por meio do programa Microsoft Excel. A contagem estomática foi obtida em objetiva de 10x, com o auxílio de fotomicroscópio Axioskop MC80 Carl Zeiss.

O processamento das amostras e a aplicação das técnicas foram realizados no Laboratório de Botânica, da Embrapa Amazônia Oriental, e no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), do Museu Paraense Emílio Goeldi.

## Resultados e Discussão

Ao se observarem os cortes anatômicos das folhas de curauá, obtidos por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), foi verificado que, nas folhas que receberam as duas intensidades de radiação, a epiderme apresentou-se revestida por cutícula espessa e bem desenvolvida, e nas folhas das plantas cultivadas em 100% de RFA, observou-se um ligeiro aumento de espessura cuticular nas regiões analisadas (apical e basal) (Figura 1). Segundo Santiago et al. (2001), o padrão de espessamento da parede celular epidérmica é determinado pelo grau de exposição ao sol e é considerado uma característica de ambiente ensolarado, o que está em acordo com os resultados deste trabalho.

Em geral, na face abaxial, observou-se a presença de estômatos paracíticos (Figura 2 A). Entretanto, na região mediana das folhas que cresceram em níveis mais altos de radiação, esses apêndices epidérmicos ocorreram em ambas as faces. Várias interpretações têm sido dadas para explicar a presença de estômatos em ambas as superfícies foliares. Leite & Scatena (2001) consideraram que folhas anfiestomáticas e hipoestomáticas são características de plantas que crescem em ambientes mesofíticos o que, segundo Esau (1965), proporciona maior

freqüência estomática na face abaxial. Segundo Barboza et al. (2006), as folhas de *Ananas comosus* (L.) Merr. são hipoestomáticas, independentemente do ambiente do cultivo, o que os autores atribuíram a uma característica inerente ao genótipo.

Na quantificação estomática das folhas de *Ananas comosus* var. *erectifolius*, verificou-se que nas regiões apical, mediana e basal a 100% de RFA ocorreram, em média, 33, 33 e 45 estômatos por mm<sup>2</sup>, respectivamente. Enquanto que a 54% de RFA, para as mesmas regiões observadas, ocorreram, em média, 41, 47 e 47 estômatos por mm<sup>2</sup>, respectivamente. Na condição mais sombreada (54%), o índice estomático foi maior em relação a 100% de RFA. As maiores médias em número de estômatos por milímetro quadrado, nas folhas em condições mais sombreadas, eram esperados, uma vez que vários estudos indicam que a radiação induz alterações estruturais e funcionais nos estômatos. Resultados similares foram observados por Castro et al. (1998), que avaliaram aspectos anatômicos de plantas jovens de *Guarea quidonia* (L.) Sleumer, submetidas a diferentes níveis de radiação. Neste trabalho, foi observado que, em relação às cultivadas nos demais níveis de sombreamento, as mudas cultivadas a pleno sol apresentaram as menores médias em número de estômatos por milímetro quadrado e índice estomático.

O mesofilo das folhas de *Ananas comosus* var. *erectifolius* apresentou parênquima clorofiliano diferenciado em paliçádico e lacunoso (Figura 2 B), onde ocorreram feixes fibrosos (Figura 2 C) e feixes vasculares do tipo colateral (Figura 2 D).

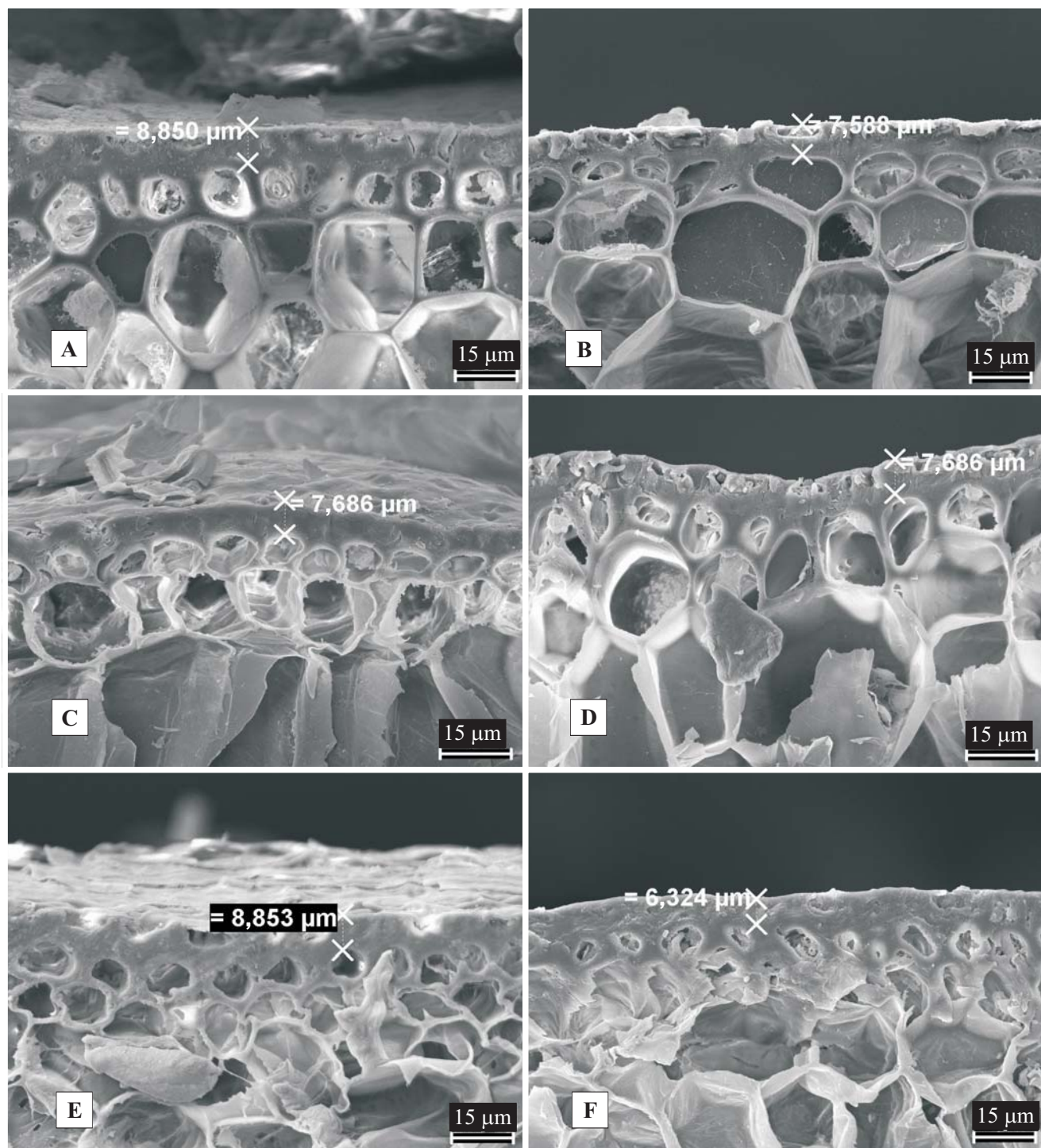
De acordo com Milaneze-Gutierrez et al. (2003), independentemente da diferenciação, o mesofilo pode ser utilizado como um critério a mais na identificação de espécies, e os autores consideram que as variações ambientais alterarão ou não os arranjos celulares do mesofilo. Neste trabalho, o arranjo do mesofilo das folhas de curauá cultivadas a 54% de RFA foi alterado, em relação às plantas que se desenvolveram a pleno sol.

Ao observar a disposição das fibras, verificou-se que elas acompanham o sistema vascular e encontram-se dispersas no mesofilo, em forma de feixes (Figura 3 D, E e F).

Em relação aos índices de radiação, foram observadas diferenças quanto ao número de camadas e altura do parênquima paliçádico, bem como à quantidade de feixes fibrosos no parênquima. Nas regiões apical e mediana,

os feixes fibrosos das folhas que cresceram em 100% de RFA apresentaram-se aparentemente bem reduzidos, em relação a 54% (Figura 3 A, B, C e D).

Porém, em 100% de RFA e na região basal, ocorreram em torno de duas a três camadas paliçádicas. Em 54% de RFA, ocorreram de três a quatro camadas.



**Figura 1.** Eletromicrografias das seções transversais foliares de *Ananas comosus* var. *erectifolius*, que evidenciam o espessamento cuticular. A, região apical a 100% de radiação fatossinteticamente ativa (RFA); B, região apical a 54% de RFA; C, região mediana a 100% de RFA; D, região mediana a 54% de RFA; E, região basal a 100% de RFA; F, região basal a 54% de RFA.

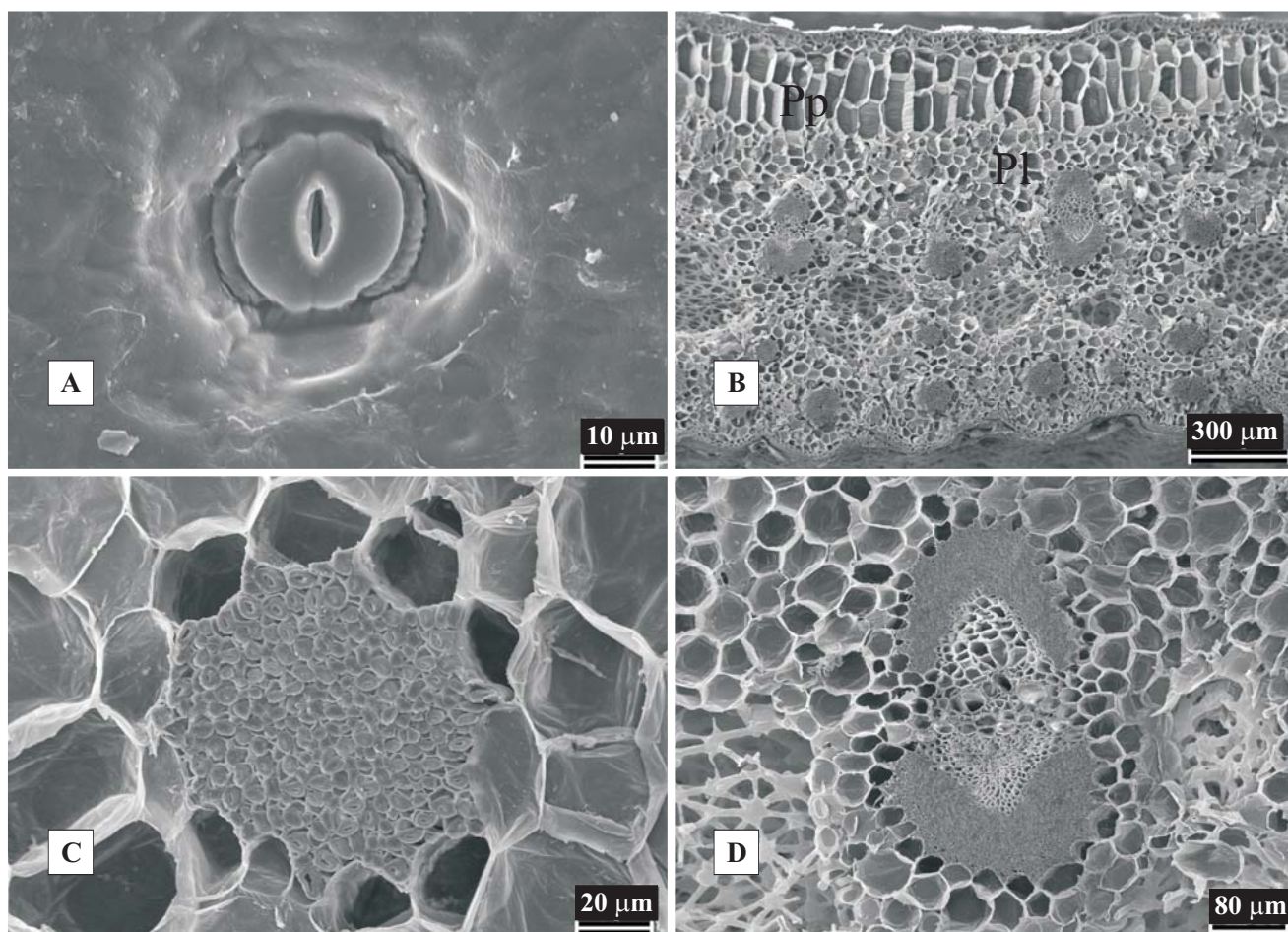
O tamanho do tecido paliçádico na região basal foi menor à intensidade de 100% de RFA (Figura 3 E). Nesta região, observou-se, ainda, que os feixes fibrosos estão em menor quantidade na condição de 100% de RFA, se comparados com o índice mais sombreado (54% de RFA). Esses feixes, embora ligeiramente maiores em 54% de RFA, possuem a mesma quantidade de fibras que a 100%, supostamente em razão do arranjo estrutural mais compacto, o que torna irrelevante esta diferença (Figura 3 E e F).

De acordo com Esau (1965), as folhas desenvolvidas sob a ação da luz solar direta são menores, porém mais espessas e apresentam tecido paliçádico mais diferenciado do que as folhas que se desenvolvem à sombra. No entanto, é possível que o tecido paliçádico das folhas de *Ananas comosus* var. *erectifolius* a pleno sol não tenham seguido esse padrão de

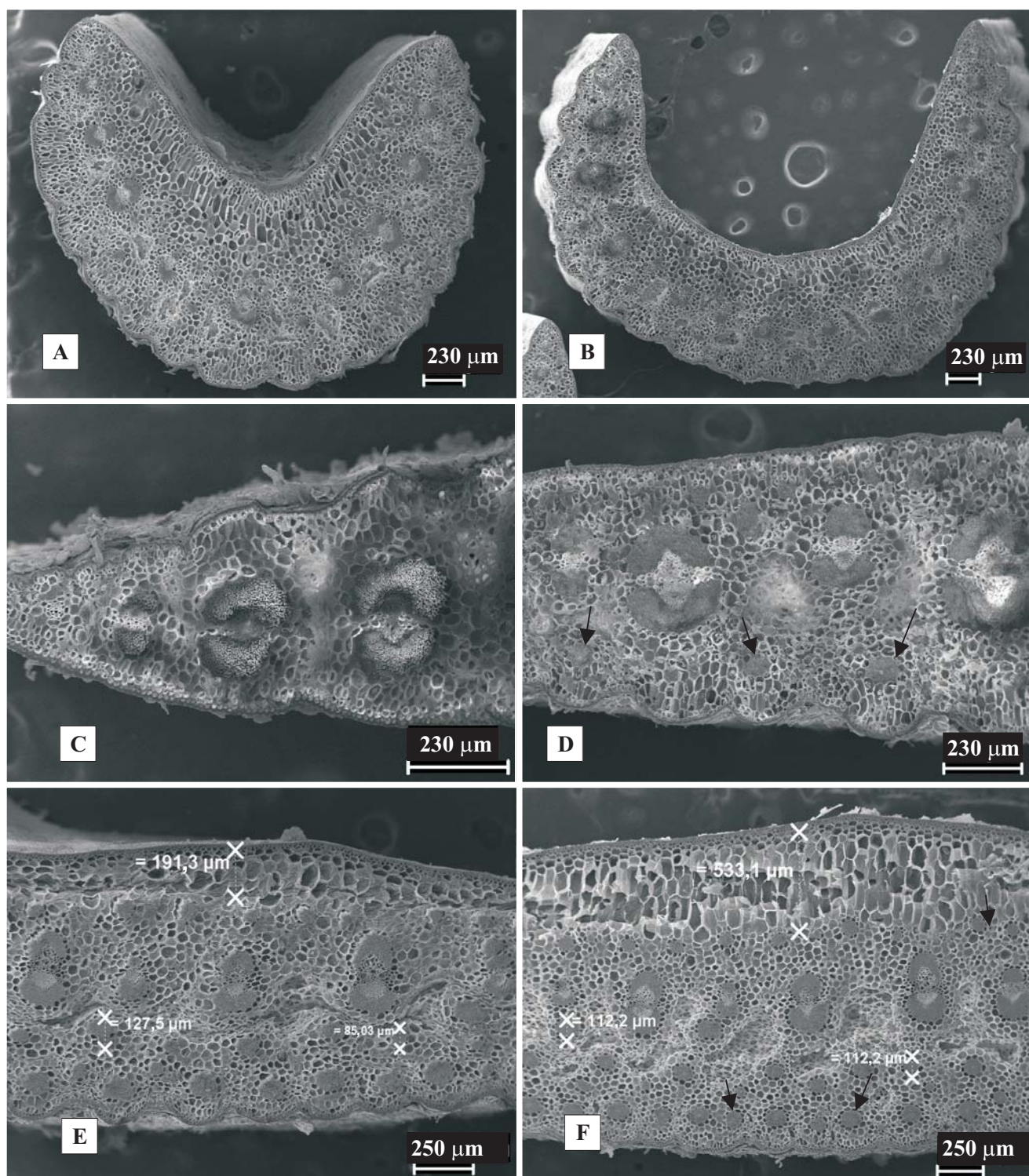
diferenciação. O fato de o espessamento cuticular ter-se apresentado conspícuo a 100% de RFA pode ter ocorrido em consequência da adaptação à perda excessiva de água, nos estratos xeromórficos da planta (Leite & Scatena (2001).

Quando foram observadas as características anatômicas foliares da espécie, principalmente voltadas para as fibras, ficou evidente que na condição mais sombreada (54%), a quantidade de feixes fibrosos foi maior. As demais características anatômicas foram consideradas típicas da família e com alguns resultados correspondentes à literatura.

Em relação ao grau de plasticidade fenotípica apresentado pela espécie, ou mesmo quanto à maior adaptabilidade da planta ao ambiente, são necessárias outras análises na anatomia foliar.



**Figura 2.** Eletromicrografias das folhas de *Ananas comosus* var. *erectifolius*. A, superfície com detalhe do estômato parasítico; B e C, secções transversais; B, visão geral do mesofilo; C, detalhe de feixe fibroso; D, detalhe de feixe vascular colateral; Pp, parênquima paliçádico; Pl, parênquima lacunoso.



**Figura 3.** Eletromicrografias das secções transversais foliares de *Ananas comosus* var. *erectifolius*. A e B, região apical; A, mesofilo a 100% de radiação fatossinteticamente ativa (RFA); B, mesofilo a 54% de RFA; C e D, região mediana; C, mesofilo a 100% de RFA; D, mesofilo a 54% de RFA; E e F, região basal; E, mesofilo a 100% de RFA; F, mesofilo a 54% de RFA. As setas indicam feixes de fibras.

## Conclusões

1. Nas folhas de plantas de curauá, desenvolvidas a 100% de radiação, a espessura cuticular aumenta ligeiramente.

2. O mesofilo é do tipo dorsiventral, com ocorrência de feixes fibrosos e feixes vasculares do tipo colateral.

3. A 54% de radiação fotossinteticamente ativa a quantidade de feixes fibrosos é maior do que a 100%.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa concedida ao primeiro autor; aos pesquisadores Fernanda Ilkiu Borges e Osmar Lameira, da Embrapa Amazônia Oriental, pela contribuição metodológica; ao Professor Marco Antônio Menezes Neto, da Universidade Federal do Pará, pela contribuição científica; às estagiárias Lorena da Silva e Tarcymara Garcia, do Laboratório de Botânica, da Embrapa Amazônia Oriental, pela contribuição nos procedimentos laboratoriais.

## Referências

- BARBOZA, S.B.S.C.; GRACIANO RIBEIRO, D.; TEIXEIRA, J.B.; PORTES, T.A.; SOUZA, L.A.C. Anatomia foliar de plantas micropropagadas de abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.185-194, 2006.
- CASTRO, E.M. de; GAVILANES, M.L.; ALVARENGA, A.A.; GAVILANES, T.O.T. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea* (L.) Sleumar sob diferentes níveis de sombreamento. **Daphne**, v.8, p.31-35.1998.
- COLARES, I.G.; SEELIGER, U. Influência da luz sobre o crescimento e a produção de biomassa de *Ruppia maritima* L. em cultivo experimental. **Acta Botanica Brasilica**, v.20, p.31-36, 2006.
- ESAU, K. **Plant anatomy**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1965. 767p.
- HAO, X.; HALE, B.A.; ORMROD, D.P.; PAPADOPOULOS, A.P. Effects of pre-exposure to ultraviolet-B radiation on responses of tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. New Yorker) to ozone in ambient and elevated carbon dioxide. **Environmental Pollution**, v.110, p.217-224, 2000.
- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: MacGraw-Hill Book Co., 1940. 523p.
- KRAUS, J.E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997. 198p.
- LEITE, K.R.B.; SCATENA, V.L. Anatomia do segmento foliar de espécies de *Syagrus* Mart. (Arecaceae) da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Sitientibus. Série Ciências Biológicas**, v.1, p.3-14, 2001.
- MATTOS, E.A. de; BRAZ, M.I.G.; CAVALIN, P.O.; ROSADO, B.H.P.; GOMES, J.M.; MARTINS, L.S.T.; ARRUDA, R.C.O. Variação espacial e temporal em parâmetros fisiocológicos de plantas. In: ROCHA, C.F.D.; ESTEVES, F.A.; SCARANO, F.R. (Ed.). **Pesquisas de longa duração na restinga de Jurubatiba**: ecologia, história natural e conservação. São Carlos: RiMa, 2004. p.99-116.
- MILANEZE-GUTIERRE, M.A.; MELLO, J.C.P.; DELAPORTE, R.H. Efeitos da intensidade luminosa sobre a morfo-anatomia foliar de *Bouchea fluminensis* (Vell.) Mold. (Verbenaceae) e sua importância no controle de qualidade da droga vegetal. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.13, p.23-33, 2003.
- MOTHE, C.G.; ARAUJO, C.R. de. Thermal and mechanical characterization of polyurethane composites with curaua fibers. **Polímeros**, v.14, p.274-278, 2004.
- POORTER, L. Growth responses of 15 rain forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology**, v.13, p.396-410, 1999.
- REIS, I.N.R. de S.; LAMEIRA, O.A.; CORDEIRO, I.M.C.C. Efeito da adubação orgânica e de NPK no desenvolvimento do curauá (*Ananas erectifolius*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **Anais**. Curitiba: Embrapa Florestas, 2004. p.332-334. (Embrapa Florestas. Documentos, 98).
- SANTIAGO, E.J.A.; PINTO, J.E.B.P.; CASTRO, E.M.; LAMEIRA, O.A.; OLIVEIRA DA CONCEIÇÃO, H.E.; GAVILANES, M.L. Aspectos da anatomia foliar da pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C.DC.) sob diferentes condições de luminosidade. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, p.1035-1042, 2001.
- SANTOS, M.J.C.; PAIVA, S.N. Os sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedades rurais: estudo de caso. **Ciência Florestal**, v.12, p.135-141, 2002.
- SILVEIRA, M.O. O preparo de amostras biológicas para microscopia de varredura. In: SOUZA, W. de (Ed.). **Manual sobre técnicas básicas em microscopia eletrônica de varredura**: técnicas básicas. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Microscopia Eletrônica, 1989. v.1, p.71-82.

Recebido em 12 de setembro de 2007 e aprovado em 21 de janeiro de 2008