



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Indicadores Anatômicos Foliare Como Estratégias de Defesa Contra Elevada Incidência Luminosa

Vanessa Bastos Simões da Costa¹, Gabriela Macêdo Aretakis de Almeida¹, Maria das Graças Santos das Chagas², Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel³

¹Graduanda em Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

²Doutoranda em Geografia, Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE-CFCH.

³Professora da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia/Botânica.

Artigo recebido em 15/08/2011 e aceito em 15/09/2011

RESUMO

Em ambientes sob elevada incidência de radiação solar, como a caatinga e a restinga, os vegetais buscam minimizar os efeitos danosos de condições estressantes, como a elevada intensidade luminosa, através de ajustes morfoanatômicos nas folhas. Este estudo busca compreender os caracteres morfoanatômicos que podem constituir estratégias de defesa ao excesso de luz incidente na superfície foliar de espécies estabelecidas em locais com elevada intensidade luminosa. Foram selecionadas duas áreas, uma com vegetação de caatinga e uma com vegetação de restinga, no Estado de Pernambuco. Em cada bioma, foram selecionadas quatro espécies entre as dominantes, sendo coletadas folhas para confecção de lâminas histológicas semipermanentes seguindo metodologia usual em anatomia vegetal. Na lâmina foliar foram analisadas a área foliar total, a espessura, o comprimento e a largura foliar. Foi obtida a medida da espessura da cutícula, epiderme, definido o grau de sinuosidade das paredes anticlinais, o tipo, a densidade e o índice de estômatos e tricomas. Também foi mensurada a espessura dos parênquimas paliçádico e esponjoso no mesófilo. Espécies de caatinga e restinga apresentam grupos de caracteres morfoanatômicos de adaptação às condições de elevadas incidência luminosa e conseqüente elevada temperatura. Isto permite a permanência dessas plantas em ambientes sob estas condições. A identificação de similaridade de caracteres funcionais em folhas de espécies estabelecidas na caatinga e na restinga sugere o desenvolvimento de caracteres morfoanatômicos em resposta às condições ambientais.

Palavras - chave: Radiação solar, Anatomia foliar, Restinga, Caatinga.

Anatomical Leaves Indicators as Defense Strategies Against High Light Incidence

ABSTRACT

In environments under high solar radiation, such as caatinga and restinga, the plant minimizes the harmful effects of stressful conditions, such as high light intensity, through morphological and anatomical adjustments in the leaves. This study aims to understand the morphological and anatomical features that may constitute defense strategies to excess light incident on the leaf surface species established in sites with high light intensity. We selected two areas, one with caatinga vegetation and restinga in the Pernambuco State. We selected four dominant species in each biome and collected leaves for preparation of histological slides semipermanent following the usual methodology in plant anatomy. In the leaf lamina were analyzed the total leaf area, thickness, length and leaf width. The thickness of the cuticle, epidermis, the degree of sinuosity of anticlinal walls, the type, density and stomatal index and trichomes were defined. The thickness of the palisade and spongy mesophyll were measured. Species of caatinga and restinga show groups of morphological and anatomical features of adaptation to high incidence of light and consequent elevated temperature. This allows the maintenance of these plants in environments under these conditions. The identification of functional similarity of characters in leaves established in the caatinga and restinga suggests the development of morphoanatomical characters in response to environmental conditions.

Keywords: Sunlight radiation, Leaf anatomy, Restinga, Caatinga.

*E-mail para correspondência: vanessabastos_simoes@hotmail.com
(Costa, V. B. S.).

1. Introdução

A elevação da temperatura global vem ocorrendo em consequência de atividades antrópicas que intensificam o efeito estufa e causam o aquecimento global (IPCC-AR4, 2007 citado por Marengo, 2007). Causas naturais, como o aumento dos níveis de radiação solar, também são agentes causadores da intensificação do efeito estufa, e modificam as condições climáticas locais e mundiais (Nobre et al., 2007). Tais mudanças geram alterações nas condições ambientais dos ecossistemas e induzem respostas comportamentais e morfofisiológicas dos organismos que estão estabelecidas nesses locais, permitindo sua sobrevivência (Pillar, 1995).

Nos vegetais, a luz exerce um papel fundamental para a manutenção de suas atividades vitais, atuando na regulação da fotossíntese, afetando o crescimento e desenvolvimento dos mesmos (Engel & Poggiani, 1991). O principal órgão fotossintético dos vegetais é a folha, a qual se destaca por apresentar elevada plasticidade fenotípica em resposta às condições ambientais (Vasconcellos et al., 1998; Kozlowski et al., 1990).

O arranjo morfoanatômico foliar possibilita a interação entre o vegetal e a radiação solar (Valeriano, 2003), permitindo que esta seja absorvida, transmitida e/ou refletida. A transmitância e a reflectância espectral das plantas são influenciadas por diversas variáveis, como qualidade do solo,

condições climáticas (Gates, 1970) e estado nutricional das plantas (Gates et. al., 1965). Além destes, outros fatores também podem interferir na quantidade de luz refletida e transmitida, como a estrutura anatômica, a morfologia, a fisiologia e a bioquímica da folha (AL-Abbas et. al., 1974). As respostas morfoanatômicas e fisiológicas podem indicar estratégias que possibilitam a permanência do vegetal no ambiente (Bóttá-Dukát, 2005; Ricotta, 2005; Petchey & Gaston, 2006).

Em ambientes com condições adversas, como a caatinga e a restinga, onde há elevada incidência de radiação solar, os vegetais minimizam os efeitos danosos destas condições estressantes, através de ajustes estruturais e funcionais (Voltan et al., 1992; Santiago et al., 2001). Entre os ajustes funcionais das folhas encontramos o maior espessamento da lâmina foliar, redução da área da lâmina, espessamento da cutícula (Pyykko, 1966) e presença de tricomas (Pereira, 2003), os quais se mostram como estratégias de sucesso para as plantas que permanecem nesses ambientes (Lee et al., 1988).

Diante do exposto, este estudo busca identificar os caracteres morfoanatômicos que podem constituir estratégias de defesa contra o excesso de luz incidente na superfície foliar de plantas estabelecidas em locais com elevada intensidade luminosa, como a caatinga e a restinga, no Estado de Pernambuco.

2. Material e Métodos

2.1 Local de Estudo

O estudo foi realizado em uma área com vegetação de caatinga, no município de Serra Talhada, localizado na parte setentrional da microrregião do Pajeú, porção norte do Estado de Pernambuco (Mascarenhas et al., 2005), e em um fragmento de restinga, no litoral sul de Pernambuco, Distrito de Nossa Senhora do Ó, Município de Ipojuca, na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Nossa Senhora do Outeiro em Maracáípe, Pernambuco.

2.2 Coleta e Análises

Em cada área de estudo foram coletadas amostras foliares de quatro espécies vegetais entre os táxons dominantes. Foram considerados dominantes aqueles contabilizados com maior número de

indivíduos no local de estudo.

As plantas foram taxonomicamente identificadas com auxílio de chaves de identificação, comparação com material de herbário, seguindo Cronquist (1981) e APG (2003), e consulta a especialistas.

O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos, etiquetado e mantido em caixas de isopor resfriadas com gelo, até sua chegada ao Laboratório de Fitomorfologia Funcional da Universidade Federal Rural de Pernambuco. O material destinado à análise morfológica foi fixado em FAA50 (Johansen, 1940) para posterior análise dos caracteres funcionais (Tabela 1). Foram confeccionadas lâminas histológicas semipermanentes das secções paradérmicas e transversais, na região mediana da lâmina foliar, seguindo metodologia usual em anatomia vegetal (Johansen, 1940; Kraus & Arduin, 1997).

Tabela 1. Lista de caracteres funcionais investigados em folhas de espécies vegetais estabelecidas em um fragmento de caatinga e restinga, em Pernambuco.

Locais da folha	Caracteres funcionais
Lâmina foliar	Área foliar (cm ²)
	Comprimento máximo (cm)
	Largura máxima (cm)
	Espessura total da folha (µm)
Cutícula	Espessura (µm)
Epiderme	Espessura (µm)
	Grau de sinuosidade das paredes anticliniais
	Estômato: tipo, densidade (n.mm ²) e índice (%)
Mesofilo	Tricoma: tipo, densidade (n.mm ²) e índice (%)
	Espessura do parênquima paliçádico e esponjoso (µm)
	Número de camadas do paliçádico e esponjoso
	Presença/ausência de idioblastos

Para a análise do mesofilo, foram obtidas secções transversais de sub-amostras retiradas da porção mediana da lâmina foliar, incluindo a nervura principal. Todas as secções foram realizadas à mão livre, com o auxílio de lâmina de barbear comum, e coradas com safranina e azul de astra.

Para análise da epiderme, fragmentos foliares foram imersos em solução de hipoclorito de sódio a 20, 30 ou 40%, até dissociação. Após neutralização com água acética 1%, os fragmentos epidérmicos foram lavados em água destilada, corados com safranina e azul de metileno e montados em glicerina 50% (Johansen, 1940).

As análises foram realizadas em imagens digitais, obtidas com câmera CCD acoplada ao microscópio óptico. Para as medidas dos caracteres funcionais (Tab. 1) foi utilizado o programa de análise de imagens *Image Tool* (Wilcox et al., 2002).

A análise dos caracteres morfológicos quantitativos da lâmina foliar foi realizada em três replicatas por espécie. Valores médios de área foliar, para espécies com folhas pinadas e bipinadas, foram obtidos a partir da medição da área de cinco folíolos/foliólulos por folha e multiplicado pelo número total de folíolos/foliólulos em cada folha.

A densidade estomática foi calculada dividindo-se o número de estômatos total pela área foliar total; o mesmo foi aplicado para a densidade de tricomas, sendo o número total de tricomas na folha dividido pela área foliar total.

O índice estomático (S_i) foi calculado com a utilização da seguinte fórmula: $S_i (\%) = [S_n/(S_n+Em)] \times 100$, sendo S_n o número de estômatos e Em o número das demais células da epiderme (Cutter, 1986). Esta fórmula foi usada como referência para o cálculo do índice de tricomas T_i , substituindo-se o S_n , referente ao número de estômatos por T_n , o qual se refere ao número de tricomas (Moreira-Coneglian, 2006).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Statistica 6.0 (Statsoft, 2001). A normalidade dos dados foi determinada a partir do teste Kolmogorov-Smirnov. Para a análise das correlações entre os caracteres quantitativos analisados foi empregada a análise de agrupamento pelo método Ward's, com distância euclidiana.

3. Resultados

As espécies selecionadas para o estudo foram *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., *Croton rhamnifolioides* Pax & K. Hoffm., *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz e *Ziziphus joazeiro* Mart. provenientes do fragmento de caatinga, e *Abarema filamentosa* (Benth.) Pittier., *Andira nitida* Mart. ex Benth., *Hancornia speciosa* Gomes e *Hirtella racemosa* Lam. provenientes do fragmento de restinga.

Espécies com folhas pinadas ou bipinadas apresentaram maiores valores médios de área foliar (Tabela 2).

Na lâmina foliar foram obtidas medidas de espessura, área, comprimento e

largura foliar (Tabela 2). Os maiores valores médios de espessura foram encontrados em *H. speciosa* na restinga; nas espécies estabelecidas na caatinga esse parâmetro não mostrou maiores variações (Tabela 2). Os maiores valores de área da lâmina foliar foram encontrados em *A. nitida* e os menores em *H. speciosa* (Tabela 2), ambas

estabelecidas na restinga. O comprimento e a largura das folhas também variaram entre as espécies; *H. racemosa* e *Z. joazeiro* apresentaram os menores valores (Tabela 2). Folhas pinadas foram encontradas em *A. filamentosa* e *A. nitida* na restinga, e bipinadas em *L. ferrea* na caatinga.

Tabela 2. Parâmetros biométricos em folhas de espécies da caatinga e restinga em Pernambuco. *folhas pinadas/bipinadas.

Espécie	Área (cm ²)	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Espessura (µm)
Caatinga				
<i>Bauhinia cheilantha</i>	75,62 ± 6,59	9,95 ± 0,52	9,80 ± 0,50	116,32 ± 3,96
<i>Croton rhamnifolioides</i>	23,41 ± 4,46	8,61 ± 2,39	3,31 ± 0,78	137,14 ± 1,62
<i>Libidibia ferrea</i>	*76,3 ± 13,3	9,79 ± 0,80	9,99 ± 1,65	134,48 ± 1,67
<i>Ziziphus joazeiro</i>	13,40 ± 1,57	5,35 ± 0,66	3,42 ± 0,15	136,93 ± 2,28
Restinga				
<i>Abarema filamentosa</i>	*96,39 ± 11,83	13,77 ± 1,29	12,85 ± 0,83	284,41 ± 1,47
<i>Andira nitida</i>	*141,21 ± 18,81	15,96 ± 0,96	17,09 ± 2,60	188,20 ± 1,60
<i>Hancornia speciosa</i>	8,85 ± 1,02	5,14 ± 0,03	2,31 ± 0,27	333,35 ± 2,88
<i>Hirtella racemosa</i>	17,63 ± 1,60	7,48 ± 0,52	3,10 ± 0,18	192,85 ± 9,36

Na caatinga, folhas com os maiores valores de área foram acompanhados dos maiores valores de comprimento e largura da lâmina, o mesmo ocorrendo com as espécies na restinga (Tabela 2). Os maiores valores médios de espessura da lâmina foram encontrados nas espécies da restinga (Tabela 2). A espécie com menor valor médio de espessura da lâmina, estabelecida na restinga, apresentou maior valor médio de área, quando comparada às demais desse bioma (Tabela 2).

Para Metcalfe & Chalk (1983), o crescimento e a organização da lâmina foliar são caracteres influenciados, principalmente, pela intensidade luminosa. Devido à sua capacidade plástica, as folhas respondem aos efeitos da luz alterando a espessura e a área foliar (Goulet & Bellefleur, 1986). A espessura foliar modifica a trajetória da radiação eletromagnética, sendo a reflectância maior em folhas mais espessas e a transmitância maior em folhas com menor espessura da lâmina

(Ponzoni & Disperati, 1995). A redução da lâmina foliar ou a presença de folhas pinadas e bipinadas estão associadas à redução da temperatura interna, possibilitando uma maior velocidade na troca de calor entre as células do mesofilo e o ar atmosférico (Givnish, 1979).

A cutícula de todas as espécies se mostrou mais espessada na face adaxial, com exceção de *L. ferrea*, uma das espécies da caatinga. Na face abaxial a cutícula delgada foi observada em apenas duas espécies, *L. ferrea* e *B. cheilantha* (Tabela 3).

Tabela 3. Caracteres das células da epiderme foliar em espécies da caatinga e restinga, em Pernambuco.

Espécie	Face	Cutícula (μm)	Epiderme (μm)	Paredes anticlinais
Caatinga				
<i>Bauhinia cheilantha</i>	AD	3,49 \pm 0,06	3,35 \pm 0,39	sinuosas
	AB	2,13 \pm 0,19	10,94 \pm 0,15	sinuosas
<i>Croton rhamnifolioides</i>	AD	4,43 \pm 0,70	12,74 \pm 0,41	sinuosas
	AB	5,39 \pm 0,69	11,67 \pm 0,85	sinuosas
<i>Libidibia ferrea</i>	AD	1,87 \pm 0,11	10,98 \pm 1,84	sinuosas
	AB	2,00 \pm 0,39	4,63 \pm 0,65	sinuosas
<i>Ziziphus joazeiro</i>	AD	4,01 \pm 0,48	10,59 \pm 0,97	retas
	AB	3,31 \pm 0,39	6,33 \pm 0,40	levemente sinuosas
Restinga				
<i>Abarema filamentosa</i>	AD	8,27 \pm 2,57	10,58 \pm 0,44	sinuosas
	AB	6,88 \pm 1,15	5,77 \pm 2,60	levemente sinuosas
<i>Andira nitida</i>	AD	9,28 \pm 1,80	17,91 \pm 0,62	retas
	AB	3,81 \pm 1,35	10,65 \pm 1,00	retas
<i>Hancornia speciosa</i>	AD	5,15 \pm 0,58	14,22 \pm 2,40	sinuosas
	AB	5,30 \pm 1,73	10,77 \pm 0,73	sinuosas
<i>Hirtella racemosa</i>	AD	7,58 \pm 0,60	19,97 \pm 3,34	retas
	AB	6,66 \pm 2,91	14,63 \pm 0,40	retas

A espessura da cutícula influencia na proteção do vegetal, uma vez que a cutícula atua como importante barreira contra a transpiração e a radiação excessiva (Heredia et al., 1998 citados por Monquero et al., 2004). De acordo com Gausman & Allen (1973), grande parte da radiação refletida pelas folhas é consequência da participação da

cutícula, seja pela espessura e/ou composição química.

Em vista frontal foram analisadas a sinuosidade das paredes anticlinais da epiderme foliar (Tabela 3) e a presença/ausência de estômatos e tricomas, nas faces adaxial e abaxial (Tabela 4). A maior parte das espécies apresentou paredes

sinuosas (Figura 1B) em ambas as faces, mas *A. nitida* e *H. racemosa* mostraram paredes retas (Figura 1A). Em *Z. joazeiro*, as paredes se mostraram retas na face adaxial e, a face

abaxial apresentou paredes levemente sinuosas, como também em *A. filamentosa* (Tabela 3).

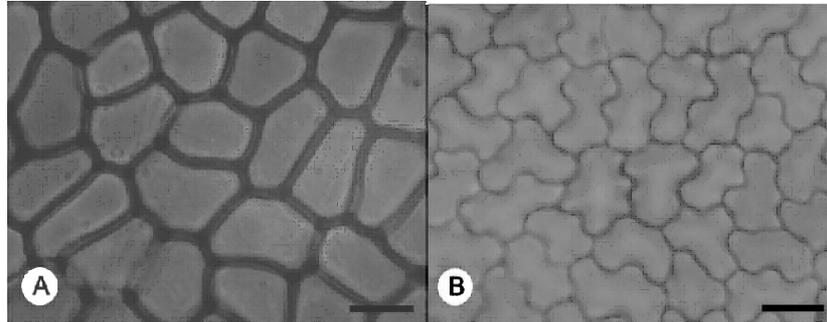


Figura 1. Sinuosidade das paredes anticlinais das células epidérmicas. A. Paredes retas na face adaxial em *Andira nitida*; B. Paredes sinuosas na face adaxial de *Abarema filamentosa*. Barras: 20µm.

A epiderme foliar se mostrou uniestratificada em todas as espécies. O grau de espessamento da epiderme variou entre as faces em todas as espécies. Os maiores valores foram encontrados na face adaxial de *H. racemosa* (Tabela 3). O espessamento da epiderme, traduzido como a altura das células, exerce importante papel na proteção do vegetal, funcionando como filtro contra os raios UV que têm acesso ao parênquima clorofiliano, e reduzindo a perda de água por

evapotranspiração (Karabourniotis et al., 1999). Juntamente com a cutícula, esse tecido atua como mais uma barreira contra a elevada incidência solar, aumentando a reflectância foliar.

Em *H. racemosa* foi encontrada uma camada de células com grandes dimensões, medindo, aproximadamente, 45,25µm de comprimento, indicando ser uma hipoderme, característica para o gênero *Hancornia*, segundo Metcalfe & Chalk (1957) (Figura 2).

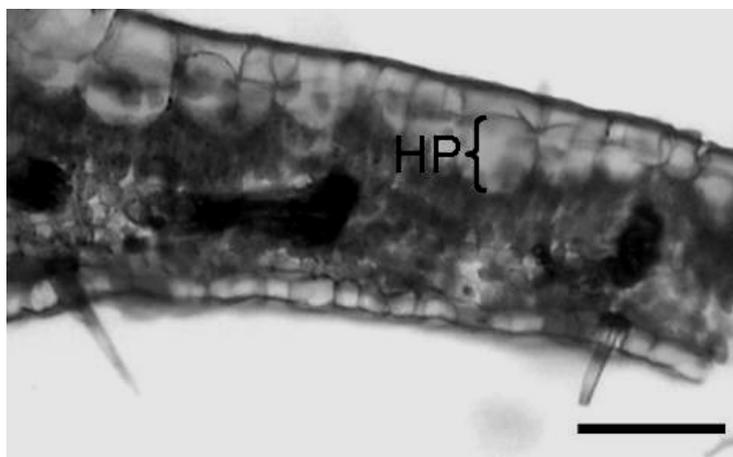


Figura 2. Secção transversal da folha de *Hirtella racemosa*. HP, hipoderme. Barra: 100µm.

Estômatos foram encontrados apenas na face abaxial (Figura 3; Tabela 4) da maioria das espécies, exceto em *B. cheilantha*, na qual foram encontrados em ambas as faces, com número bastante

reduzido na face adaxial (Tabela 4). A presença de estômatos apenas na face abaxial classifica as folhas como hipoestomáticas e, quando presentes nas duas faces, anfiestomáticas.

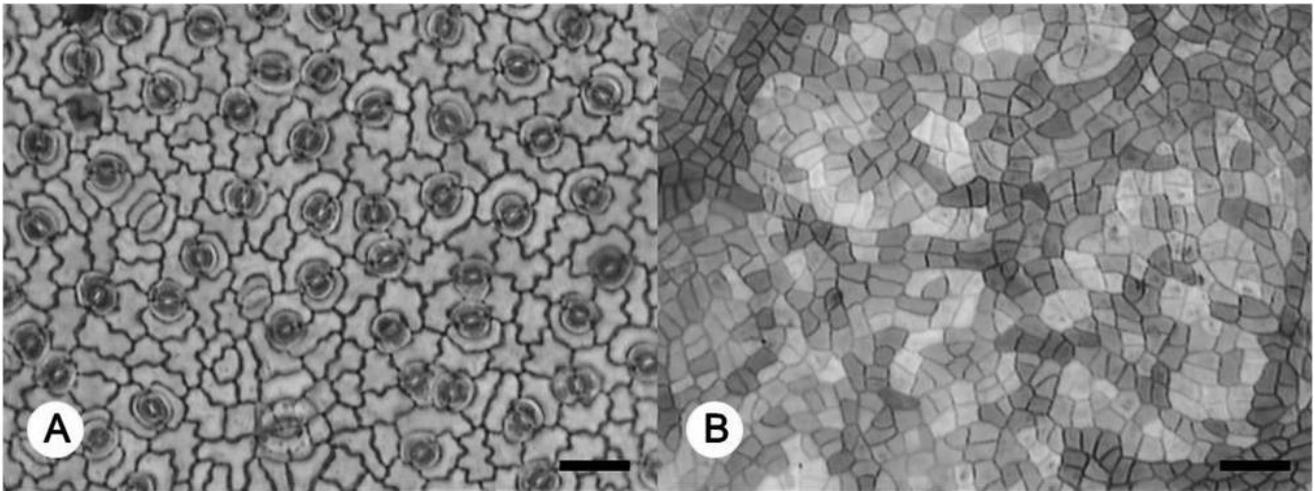


Figura 3. Vista frontal da epiderme foliar. A. Face adaxial mostrando estômatos do tipo paracítico em *Hancornia speciosa*; B. Face adaxial sem estômatos em *Ziziphus joazeiro*. Barras: 50µm.

Estômatos do tipo paracítico (Tabela 4) foram encontrados em todas as espécies, com exceção de *Z. joazeiro*, a qual apresentou estômatos do tipo anomocítico (Tabela 4). Também foram encontrados estômatos do tipo tetracítico em *B. cheilantha*, e anomocítico em *C. rhamnifolioides* (Tabela 4).

Os valores médios de densidade dos estômatos variaram entre as espécies (Tabela 4). O índice estomático foi maior para *Z. joazeiro* (29,59%).

Em ambientes com elevada intensidade luminosa, as plantas tendem a elevar a capacidade transpiratória e uma maior densidade estomática e eficiência no mecanismo de abertura e fechamento dos

ostíolos permite maior eficiência nas trocas gasosas (Lleras, 1977). A densidade estomática é variável entre as diferentes folhas de um mesmo indivíduo pode, dependendo do grau de expansão da lâmina durante seu desenvolvimento, podendo, também, responder às variações das condições ambientais (Fahn & Cutler, 1992; Metcalfe & Chalk, 1979).

Tricomas do tipo tector foram encontrados em ambas as faces epidérmicas em *B. cheilantha* (Figura 4A), *C. rhamnifolioides* (Figura 4C, 4D), *L. ferrea* (Figura 4B), *A. nitida* e *H. racemosa*; nas demais espécies não foram encontrados tricomas (Tabela 4).

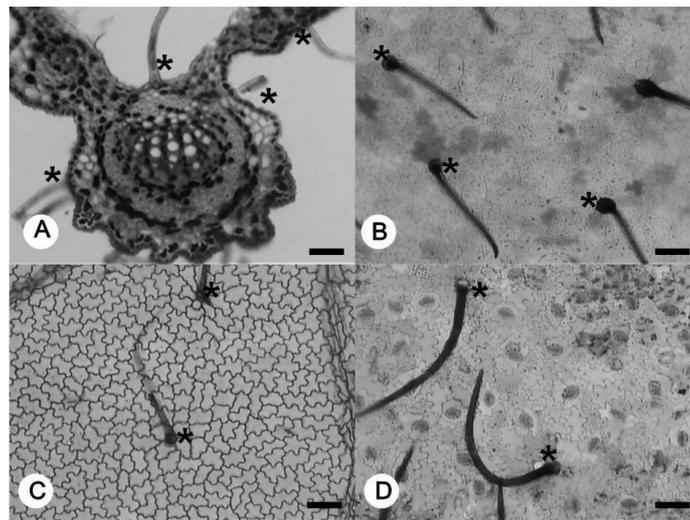


Figura 4. Tricomas em folhas de espécies na caatinga e restinga-Pernambuco. A. Vista transversal da região mediana da nervura principal de *Bauhinia cheilantha*; B. Vista frontal da face abaxial da epiderme de *Libidibia ferrea*; C. Vista frontal da face adaxial da epiderme de *Croton rhamnifolioides*; D. Vista frontal da face abaxial da epiderme de *Croton rhamnifolioides*. *, tricomas tectores. Barras: 20µm.

Tabela 4. Caracteres foliares epidérmicos de espécies estabelecidas na caatinga e restinga, em Pernambuco. AD, adaxial; AB, abaxial; P, paracítico; T, tetracítico; A, anomocítico; -, ausente.

Espécie	Face	Estômatos			Tricomas		
		Tipo	Densidade (n.mm ²)	Índice (%)	Tipo	Densidade (n. mm ²)	Índice (%)
Caatinga							
<i>Bauhinia cheilantha</i>	AD	P,T	11,71	0,63	tector	11,71	0,63
	AB	P,T	304,42	17, 16	tector	35,12	1,95
<i>Croton rhamnifolioides</i>	AD	-	-	-	tector	17,56	0,97
	AB	P,A	187,33	13,73	tector	17,56	1,29
<i>Libidibia ferrea</i>	AD	-	-	-	tector	11,71	0,60
	AB	P	204,90	21,21	tector	17,56	1,81
<i>Ziziphus joazeiro</i>	AD	-	-	-	-	-	-
	AB	A,T	294,00	29,59	-	-	-
Restinga							
<i>Abarema filamentosa</i>	AD	-	-	-	-	-	-
	AB	P	710,31	19,76	-	-	-
<i>Andira nitida</i>	AD	-	-	-	tector	5,85	20,49
	AB	P	593,23	17,92	tector	35,12	0,76
<i>Hancornia speciosa</i>	AD	-	-	-	-	-	-
	AB	P	335,64	18,18	-	-	-
<i>Hirtella racemosa</i>	AD	-	-	-	tector	5,85	0,50
	AB	P	154,23	11,60	tector	15,61	0,72

O maior valor médio de densidade de tricomas foi encontrado na face abaxial de *B. cheilantha* e na face adaxial de *A. nitida* (Tabela 4); o menor valor foi encontrado na face adaxial de *H. racemosa* (Tabela 4). O índice de tricomas foi maior na face abaxial para a maioria das espécies, com exceção de *A. nitida*, com valor médio de 20,49% (Tabela 4).

A presença de tricomas é indicada como uma barreira para a absorção de luz, atuando no aumento da reflectância, indicando uma estratégia de sobrevivência para os vegetais estabelecidos em regiões com elevada intensidade luminosa e altas temperaturas (Gausman & Cardenas, 1968; Karabourniotis

et al., 1999).

Em vista transversal, o mesofilo mostrou-se dorsiventral, apresentando parênquima paliçádico e esponjoso (Figura 5A) na maioria das espécies, exceto *A. nitida*, onde o mesofilo foi identificado como indiferenciado (Figura 5B), com seis camadas e espessura de $188,2 \pm 1,6\mu\text{m}$. No parênquima paliçádico, o número de camadas variou de uma a duas e, no esponjoso, de três a oito camadas (Tabela 5). As espécies de caatinga apresentaram maior espessura do parênquima paliçádico, quando comparado com o esponjoso, e nas espécies da restinga foi observado o oposto (Tabela 5).

Tabela 5. Caracteres foliares quantitativos e qualitativos do mesofilo das espécies analisadas. Número de camadas e espessura dos parênquimas, idioblastos. P, parênquima paliçádico; E, parênquima esponjoso. *, parênquima indiferenciado; -, ausente.

Espécie	Paliçádico		Esponjoso		Idioblastos
	Nº camadas	Espessura (µm)	Nº camadas	Espessura (µm)	
Caatinga					
<i>Bauhinia cheilantha</i>	2	49,64 ± 2,56	3	31,72 v 0,41	drusas
<i>Croton rhamnifolioides</i>	2	40,71 ± 1,92	3	33,59 ± 4,65	-
<i>Libidibia ferrea</i>	2	35,40 ± 0,89	3	34,88 ± 1,55	drusas
<i>Ziziphus joazeiro</i>	2	56,42 ± 3,56	3	47,74 ± 0,90	drusas/monohídricos
Restinga					
<i>Abarema filamentosa</i>	2	83,50 ± 12,68	8	174,14 ± 16,57	-
<i>Andira nitida</i>	*	*	*	*	-
<i>Hancornia speciosa</i>	2	95,45 ± 6,01	6	193,47 ± 12,97	reserva/monohídricos
<i>Hirtella racemosa</i>	1	37,34 ± 3,52	4	60,46 ± 8,62	Drusas

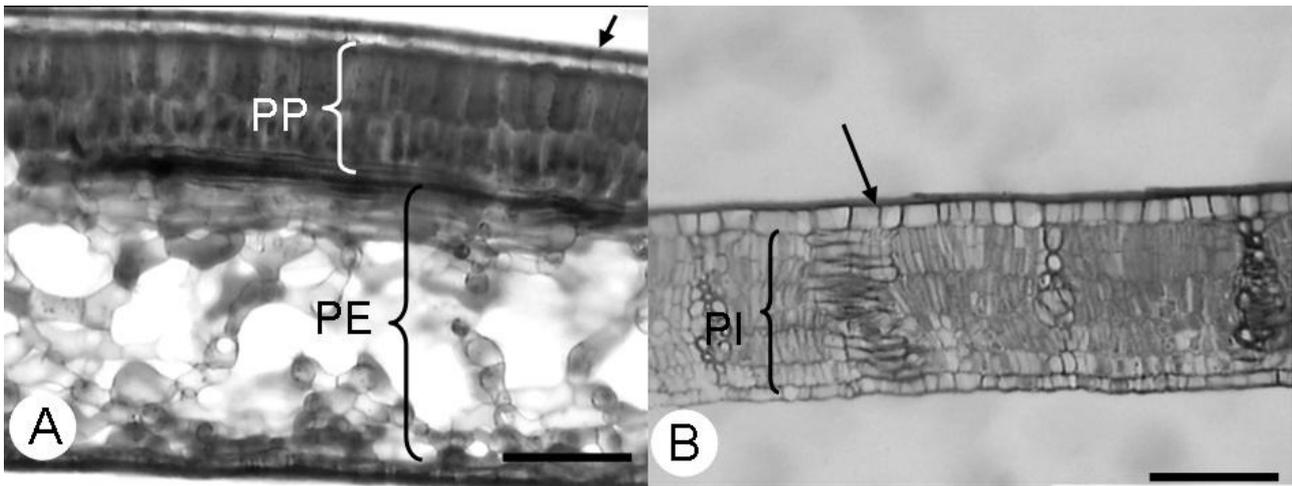


Figura 5. Mesofilo em espécies na caatinga e restinga-Pernambuco. A. *Hancornia speciosa*; B. *Andira nitida*. PP, parênquima paliçádico; PE, parênquima esponjoso; PI, parênquima indiferenciado. →, cutícula. Barras: 100µm.

Foram encontrados espaços intercelulares no parênquima esponjoso das espécies com mesofilo diferenciado em dorsiventral. *H. speciosa* e *C. rhamnifolioides* destacam-se por apresentar numerosos espaços intercelulares (Figura 5A).

Folhas que apresentam um mesofilo compacto, com redução dos espaços intercelulares, apresentaram menores valores de reflectância para certos comprimentos de onda (Gausman et al., 1973). Os espaços intercelulares e as células dispostas em várias direções, que em geral caracterizam o mesofilo esponjoso, aumentam o percurso interno da luz, propiciando uma maior absorção e, conseqüentemente, diminuindo a transmitância (Mestre, 1935 citado por Sinclair et al., 1973). O número de camadas do parênquima pode modificar a reflectância, devido à diferença do índice de refração entre os espaços intercelulares e as paredes das

células (Carrielo et al., 2003). Analisando o comprimento das células do parênquima, o tamanho e a quantidade dos espaços intercelulares, Sims & Gamon (2002) e Carrielo et al. (2003) associaram estas características a um possível aumento da reflectância.

Inseridos no mesofilo foram encontrados idioblastos contendo drusas em *B. cheilantha*, *L. ferrea*, *Z. joazeiro* e *H. racemosa* (Tabela 5). Idioblastos contendo cristais monohídricos foram evidenciados na região próxima à nervura principal em *Z. joazeiro* (Figura 6A) e *H. speciosa* (Figura 6B e 6C); nesta última também foram visualizados idioblastos de reserva. Fahn & Cutler (1992) destacam a importância dos cristais e drusas para o aumento da reflectância, por serem estruturas multifacetadas.

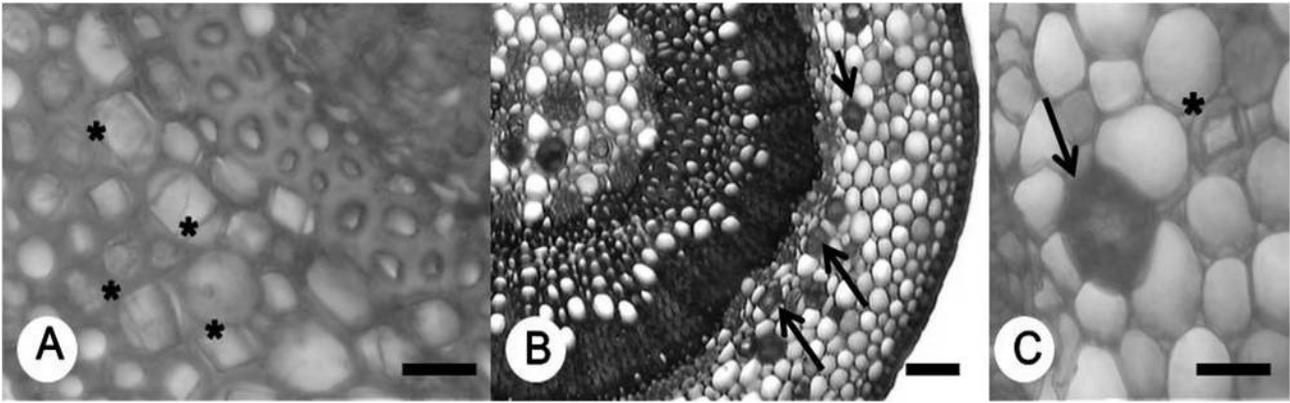


Figura 6. Vista transversal da região mediana próxima à nervura principal da folha. A. *Ziziphus joazeiro*; B e C. *Hancornia speciosa*. *, Idioblastos contendo cristais monohídricos; →, idioblastos de reserva. Barras: A, 20µm; B, 50µm; C, 20µm.

Os dados quantitativos e qualitativos da morfologia e anatomia foliar das espécies foram analisados em dendrograma de similaridade (Figura 7). A análise do dendrograma permite a identificação de

proximidade entre as espécies, neste caso considerando as variáveis morfoanatômicas. Foram identificados quatro grupos de espécies no dendrograma de similaridade.

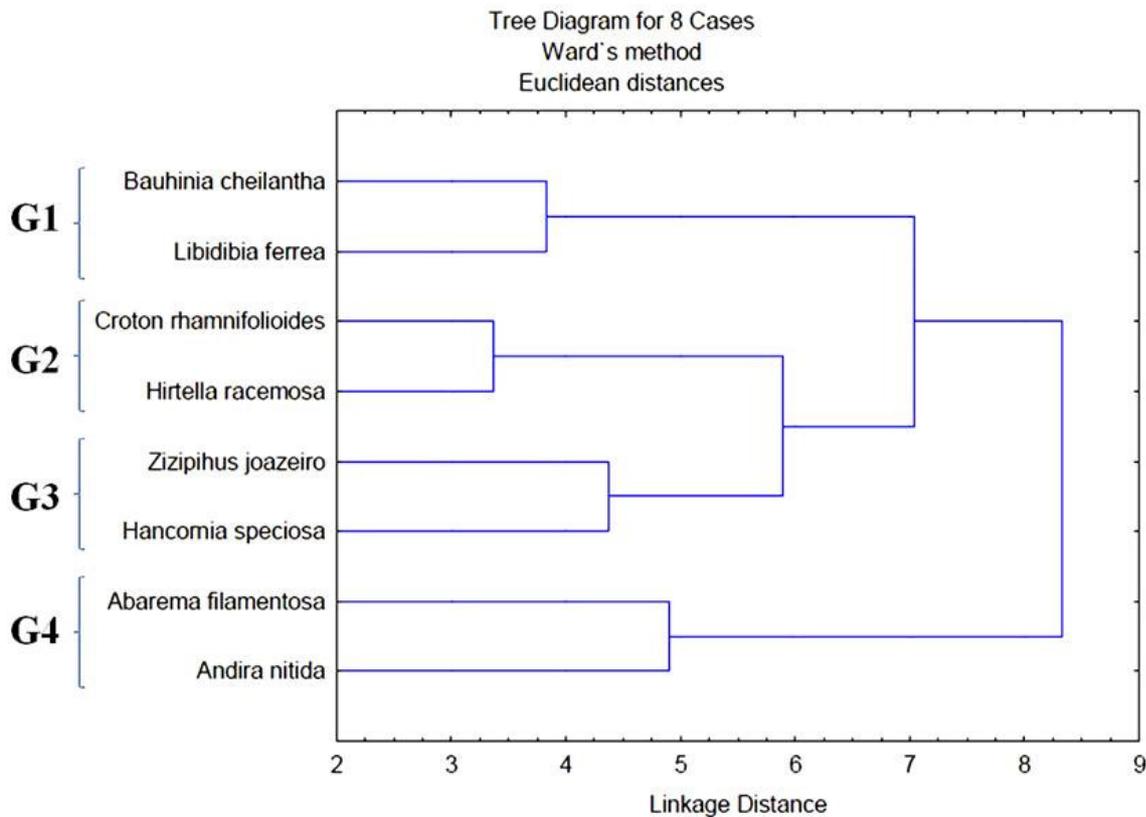


Figura 7. Dendrograma de similaridade dos caracteres morfoanatômicos foliares das espécies estudadas. Grupos de espécies G1, G2, G3 e G4.

No Grupo 1 estão as espécies *B. cheilantha* e *L. ferrea* da caatinga, no Grupo 2 *C. rhamnifolioides* da caatinga e *H. racemosa* da restinga, no Grupo 3 *Z. joazeiro* e *H. speciosa* da restinga, e inseridas no Grupo 4 estão *A. filamentosa* e *A. nitida* da restinga. A distribuição das espécies no dendrograma mesclou as espécies da caatinga e da restinga entre os grupos.

As espécies do Grupo 1, *B. cheilantha* e *L. ferrea*, e do grupo 4, *A. filamentosa* e *A. nitida*, pertencem à família botânica Fabaceae, mas as primeiras estão inseridas em ambiente de caatinga, e as demais são de ambiente de restinga.

Nos Grupos 2, *C. rhamnifolioides* pertence à família Euphorbiaceae e *H. racemosa* à Chrysobalanaceae, e no Grupo 3, *Z. joazeiro* é representante da família Rhamnaceae e *H. speciosa* da família Apocynaceae. Estes dois grupos estão bastante próximos e mostram que, quando não há proximidade sistemática, em nível de família, as espécies se reúnem independentemente do ambiente onde estão inseridas.

4. Conclusão

Espécies de caatinga e restinga apresentam grupos de caracteres morfoanatômicos de adaptação às condições de elevadas incidência luminosa e conseqüente elevada temperatura. Isto permite a permanência dessas plantas em ambientes sob estas condições.

A identificação dos grupos mostra que houve similaridade dos caracteres funcionais analisados entre as espécies dos dois ambientes, a caatinga e a restinga. Isto mostra que as possíveis adaptações foliares nas espécies estudadas respondem à elevada incidência luminosa, presente nos dois ambientes, através de atributos similares.

5. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Ciência e a Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro através de bolsas de estudo e aprovação de projetos.

6. Referências

Arruda, R.C.O. (1994). Anatomia foliar de *Trilepis lhotzkiana* Nees. e *Trilepis ciliatifolia* T. Koyama Cyperaceae. 199 p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Al-Abbas, A.H.; Barr, R.; Hall, J.D.; Crane, F.L.; Baumgardner, M.F. (1974). Spectra of normal and nutrient-deficient maize leaves. *Agron. J.*, v. 66, p. 16-20.

Angiosperm Phylogeny Group (APG).(2003) An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 141, p. 399-436.

- Botta-Dukat, Z. Rao's. (2005). Quadratic entropy as a measure of functional diversity based on multiple traits. *Journal of Vegetation Science*, v 16, p. 533-540.
- Carrielo, F.; Miranda, F.G.; Ponzoni, F.J.; Cardoso, P.A.; Martins, S.P. (2003). Uso da Transmitância na caracterização espectral de folhas verdes, *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Belo Horizonte, INPE, pp. 2451-2457.
- Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. New York, Columbia Univ. Press.
- Cutter, E.G. (1986). *Anatomia vegetal: parte I: células e tecidos*. 2^a ed. São Paulo: Roca.
- Cutter, E.G. (1986). *Anatomia vegetal: parte II: órgãos – experimentos e interpretação*. 1^a ed. São Paulo: Roca.
- Engel, V.L.; Poggiani, F. (1991). Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.3, n.1, p.39-45.
- Fahn, A.; Cutler, D. (1992). *Xerophytes*. Gebruder Borntraeger, Berlin.
- Gates, D.M. (1970). Physical and physiological properties of plants. In *Remote Sensing*. National Academy of Sciences, Washington, D.C. p. 224-252.
- Gates, D.M.; Keegan, H.J.; Schleter, J.C.; Weidner, V.R. (1965). Spectral properties of plants. *Applied Optics*, v. 4, p. 11-20.
- Gausman, H.W.; Allen, W.A. (1973). *Optical Parameters of Leaves of 30 Plant Species*. *Plant Physiol.*, v. 52, p. 57-62.
- Gausman, H.W.; Cardenas, R. (1968). Effect of Pubescence on Reflectance of Light. *Proc. 5th Symp. on Remote Sensing of Environment*. Univ. Mich., Ann Arbor, pp.291-297.
- Goulet, F.; Bellefleur, P. (1986). Leaf morphology plasticity in response to light environment in deciduous tree species and its implication on forest succession. *Can. Journal Forest Research*, v. 16, p. 1192-1195.
- Givnish, T.J. (1979). On the adaptive significance of leaf form. In: Solbrig, O.T.; Raven, P.H.; Jain, S.; Johnson, G.B. (eds.). *Topics in Plant Population Biology*, pp. 375-407. Columbia Univ. Press, New York.
- Johansen, D.A.(1940). *Plant Microtechnique*. McGraw Hill Book Co. Inc., New York.
- Karabourniotis, G.; Bornman, J.F.; Liakoura, V. (1999). Different leaf surface characteristics of three grape cultivars affect leaf optical properties as measured white fibre optics: possible implication in stress tolerance. *Australian Journal of Plant Physiology*, v. 26, p. 47-53.
- Kozłowski, T.T; Kramer, P.J.; Pallardy, S.G. (1990). *Physiological ecology of woody*

plants. Academic Press, New York. p. 272-275.

Kraus, J.E.; Arduin, M. (1997). Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica. RJ: EDUR.

Lee, N.; Wesztein, Y.; Sommer, H.E. (1988). Quantum Flux Density Effects on the anatomy and Surface Morphology of *in vitro*- and *in vivo* developed Sweetgum Leaves. Journal of the American Society for Horticultural Science, 113(1):167-171.

Lleras, E. (1977). Differences in stomatal number per unit area within the same species under different micro-environmental conditions: a working hypothesis. Acta Amazonica, v. 7, n. 4, p. 473-476.

Marengo, J.A.; Valverde, M.C. (2007). Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. Revista Multiciência Campinas. Ed 8 Mudanças Climáticas, pp.5-28.

Mascarenhas, J.C.; Beltrão, B.A.; Souza Júnior, L.C.; Galvão, M.J.T.G.; Pereira, S.N.; Miranda, J.L.F. (2005). Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Serra Talhada, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM.

Metcalf, C.R.; Chalk, L. (1983). Anatomy of Dicotyledons. Clarendon Press, Oxford, v. II, 2nd ed. New York.

Metcalf, C.R.; Chalk, L. (1957). Anatomy of Dicotyledons. Clarendon Press, Oxford, v. I. New York.

Metcalf, C.R.; Chalk, L. (1979). Anatomy of Dicotyledons. Clarendon Press, Oxford, v. I, 2nd ed. New York.

Monquero, P.A.; Christoffoleti, P.J.; Matas, J.A.; Heredia, A. (2004). Caracterização da superfície foliar e das ceras epicuticulares em *Commelina benghalensis*, *Ipomoea grandifolia* e *Amaranthus hybridus*. Planta Daninha, v. 22, n. 2, p. 203-210.

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. v. 29, n. 2, p. 193-207.

Nobre, C.A.; Sampaio, G.; Salazar, L. (2007). Mudanças Climáticas e Amazônia. Cien. Cult., v. 59, n. 3, p. 22-27.

Pereira, Z.V.; Meira, R.M.S.A.; Azevedo, A.A. (2003). Morfoanatomia foliar de *Palicourea longepedunculata* Gardiner (Rubiaceae). Revista Árvore, v. 27, p. 759-767.

Petchey, O.L.; Gaston, K.J. (2006). Functional diversity: back to basics and looking forward. Ecology Letter, v. 9, p. 741-758.

Pillar, V.D. Clima e vegetação. UFRGS, Departamento de Botânica. (1995).

Disponível em: ecoqua.ecologia.ufrgs.br.

Acesso em: 11 agosto 2011.

Ponzoni, F.J.; Disperati, A.A. (1995). Comportamento espectral da vegetação. INPE, (INPE 5619 pud/065).

Pyykko, M. (1966). The leaf anatomy of East Patagonian erophytic plants. *Annales Botanici Fennice*, v. 3, n. 4, p. 453-622.

Ricotta, C. (2005). A note on functional diversity measures. *Basic and Applied Ecology*, n. 6, p. 479-486.

Santiago, E.J.A.; Pinto, J.E.B.P.; Castro, E.M.; Lameira, O.A.; Conceição, H.E.O.; Gavilanes, M.L. (2001). Aspectos da anatomia foliar da pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C. DC.) sob diferentes condições de luminosidade. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 25, n. 5, p. 1035-1042.

Sims, D.A.; Gamon, J.A. (2002). Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment*, v. 81, p. 337-354.

Sinclair, T., R.; Schreiber, M., M.; Hoffer, R., M. M. (1973). Diffuse reflectance hypothesis for the pathway of solar radiation through leaves. *Agronomy Journal*, v.65, n.2, p.276-283.

Statsoft. *Statistica for Windows*. (2001). Disponível em: www.statsoft.com. Acesso em: 09 agosto 2011.

Valeriano, M.M. (2003). Reflectância Espectral de Culturas Agrícolas Anuais (I): Espectrorradiometria. *Espaço & Geografia*, v. 6, n. 1, p. 1-22.

Vasconcelos, A.G; Gomes, D.M.S.G; Esquibel, M.A. (1998). Plasticidade anatômica de um clone de *Physalis angulata* L. (Solanaceae) em função da intensidade luminosa. *Leandra*, v. 13 p. 17-27.

Voltan, R.B.Q.; Fahl, J.I.; Carelli, M.L.C. (1992). Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 4, n. 2, p. 99-105.

Wilcox, D.B.; Dove, D.; McDavid, D.G. (2002). *Image Tool*. University of Texas Health Science Center, Texas.