

MORFOANATOMIA DE FOLHAS DE SOL E DE SOMBRA DE *Handroanthus chrysotrichus* (MART. EX DC.) Mattos (BIGNONIACEAE)

MORPHOANATOMY OF SUN AND SHADOW *Handroanthus chrysotrichus* (MART. EX DC.) Mattos (BIGNONIACEAE) LEAVES

Angélica Guerra^{1*}, Luciane da Silva Santos², Louise Garbelotti Gonçalves³, Cristiano Medri⁴

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Laboratório de Botânica.

²Universidade Estadual de Maringá (UEM), Setor de Biologia, Laboratório de Anatomia Vegetal.

³Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Rio Claro, Laboratório de Microbiologia Aplicada.

⁴Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Centro de Ciências Biológicas, Laboratório de Anatomia Vegetal.

Endereço para correspondência: Rua da Candelária, nº 703, casa 1, Vila Ipiranga - CEP: 79080-340 – Campo Grande/MS – Brasil. Tel. (67) 8102-2606.
email: angelicaguerra14@hotmail.com

RESUMO

As folhas podem possuir alta plasticidade morfoanatômica, o que pode proporcionar adaptação e sobrevivência dos indivíduos em níveis distintos de intensidade luminosa. *Handroanthus chrysotrichus* é uma espécie muito utilizada na arborização urbana e em projetos de restauração de áreas degradadas. Este estudo teve por objetivo verificar se folhas de *H. chrysotrichus* apresentam plasticidade morfoanatômica, quando submetidas a diferentes níveis de intensidade luminosa. O estudo comparou a morfoanatomia de indivíduos de ambientes ensolarados e sombreados. Para a análise morfológica foram medidos comprimento, largura, massa seca, área foliar e área foliar específica de folhas de indivíduos de sol e de sombra. Os estudos anatômicos foram realizados por meio de técnicas usuais em anatomia vegetal. Folhas de sombra apresentaram comprimento foliar 27,5% maior. Foliolos de sol apresentaram limbo e cutícula mais espessos, tricomas e estômatos mais abundantes, maior espessura de esclerênquima no pecíolo e maior espessura de epiderme na nervura mediana. A análise dos resultados indicou que folhas de *H. chrysotrichus* apresentam plasticidade morfoanatômica limitada quando submetidas a diferentes condições de luminosidade. Por possuir hábito heliófito, é possível inferir que a ausência de maiores modificações morfoanatômicas que poderiam resultar em um balanço fotossintético mais favorável, quando as folhas se desenvolvem em ambiente sombreado, pode contribuir para a baixa adaptabilidade da espécie neste ambiente.

Palavras-Chave: esclerofilia; Ipê amarelo; luminosidade; plasticidade morfológica.

ABSTRACT

Leaves may have high morphoanatomical plasticity that can provide adaptation and survival of individuals at distinct levels of brightness. *Handroanthus chrysotrichus* is widely used in urban landscaping and in restoration of degraded areas. The objective of this study was to determine whether *H. chrysotrichus* leaves have morphoanatomical plasticity, when exposed to different light intensity levels. The study compared the morphoanatomy of individuals of sunny and shady environments. For morphological analysis, were measured length, width, dry weight, leaf area and specific leaf area of individuals of sun and shadow. Anatomical studies were performed by standard techniques in plant anatomy. Shade leaves showed 27.5% higher leaf length. Sunlight folioles showed thicker limbo and cuticle, more abundant trichomes and stomata, thicker sclerenchyma in the petiole and thicker epidermis in the midrib. Results indicate that leaves of *H. chrysotrichus* exhibit limited morphological and anatomical plasticity, when exposed to different light conditions. By owning heliofit habit, it may be inferred that the absence of major morphoanatomic changes which could result in a more favorable photosynthetic balance under shady conditions, can contribute to the poor adaptability of the species in this environment.

Key Words: sclerophylly; Ipê-amarelo; lightness; morphoanatomical plasticity.

INTRODUÇÃO

As folhas são para a maioria dos vegetais o principal órgão de ocorrência da fotossíntese (1), e apresentam alta plasticidade e capacidade adaptativa a diferentes ambientes (2). A variação na intensidade luminosa é um dos relevantes fatores abióticos que afeta a fisiologia e a morfologia foliar. Estes ajustes estão relacionados, principalmente, a uma maior eficiência nos processos fotossintéticos, ou seja, captura de maior quantidade de CO₂, com o mínimo desperdício de água e energia (1).

As modificações morfoanatômicas que comumente ocorrem nas folhas decorrentes da variação da intensidade luminosa são a base para diferenciar folhas de sol e de sombra, e podem ser encontradas em diferentes indivíduos da mesma espécie, ou dentro do mesmo indivíduo (3).

A esclerofilia é caracterizada pela presença de folhas coriáceas, duras ou resistentes, lignificação precoce, cutinização e suberização extensas com células epidérmicas com cutícula espessa. As folhas de sol apresentam maior tendência à esclerofilia que as plantas de sombra (4).

Estudos comparativos das estruturas foliares têm revelado que a maioria das espécies de plantas apresenta capacidade de desenvolver características morfoanatômicas e fisiológicas distintas em respostas às diferentes intensidades luminosas (5,6). Em estudos com *Schinus terebinthifolius* Raddi, Sabbi (7) destaca a relevância do conhecimento das adaptações anatômicas e fisiológicas de espécies florestais nativas para a escolha adequada das espécies a serem utilizadas em projetos de restauração.

Estudos com *Guapira opposita* (Vell.) Reitz em ambientes em pleno sol e sombreados da Restinga e da Floresta Ombrófila Densa, buscam compreender a base estrutural anatômica que possibilita às

plantas adaptarem-se a locais pouco iluminados, em diferentes ecossistemas, como enriquecer a literatura referente à Floresta Ombrófila Densa e à vegetação de Restinga (8).

Handroanthus chrysotrichus (Mart. ex DC.) Mattos é uma espécie heliófila, decídua, atinge de 4 a 10 metros de altura. Esta espécie apresenta folhas compostas digitadas, com cinco folíolos, pubescentes em ambas as faces, ásperos e coriáceos, medindo de 5-10 cm de comprimento. Ocorre desde o Espírito Santo até Santa Catarina, em florestas ombrófilas e estacionais, principalmente nas formações secundárias (9).

A espécie tem sido bastante utilizada na arborização urbana, em plantio a pleno sol, e em projetos de restauração de áreas degradadas, em consórcio com outras espécies, o que resulta em menor nível de luminosidade no ambiente. Assim, objetivou-se verificar, nestas diferentes situações de utilização da espécie, o efeito de diferentes níveis de luminosidade nas folhas de *H. chrysotrichus*, com o objetivo de verificar a plasticidade morfoanatômica, quando as folhas são submetidas a diferentes níveis de intensidade luminosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com folhas de cinco indivíduos de *H. chrysotrichus*, plantados com incidência de sol (Figura 1A), no passeio público, e cinco indivíduos localizados em área onde houve o plantio de mudas de espécies nativas e exóticas, com o objetivo de produzir um bosque sombreado ornamental (Figura 1B) na Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, PR. As folhas foram coletadas da parte externa superior da copa de indivíduos sadios.



Figura 1. Indivíduos de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) estudados, localizados na Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel*. A - Indivíduo de sol. B – Indivíduo de sombra.

Para a análise morfológica foram utilizadas 25 folhas de cada indivíduo, totalizando 250 folhas, sendo 125 do ambiente ensolarado e 125 do ambiente sombreado. Foram medidos o comprimento e a largura de cada folha, com o auxílio de uma régua milimetrada. O comprimento foi medido da extremidade distal do pecíolo até a extremidade superior do folíolo mediano, e a largura foi medida da extremidade de um folíolo lateral a outro. A área de cada folha foi calculada por meio de um molde em papel sulfite, fazendo regra de três com a massa de um molde com área conhecida. A massa seca foliar foi medida em uma balança de precisão digital, após as folhas serem desidratadas em estufa a 70°C por 72 horas. Com esses dados, calculou-se a AFE – Área Foliar Específica, ou índice de Esclerofilia (10).

$$AFE \text{ (cm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)} = \text{Área foliar (cm}^2\text{)} / \text{Massa de matéria seca (g)}$$

Para os estudos anatômicos, foram utilizados segmentos de pecíolo, nervura mediana e limbo (os dois últimos retirados do folíolo mediano), os quais foram fixados em FAA₇₀ (formaldeído, ácido acético e álcool 70%) (11). Foram montadas lâminas semipermanentes de pecíolo e nervura mediana. Os cortes foram feitos à mão livre com o auxílio de lâminas de barbear. Para o estudo de densidade de estômatos e tricomas, foram cortados segmentos de 0,5 cm² do limbo do folíolo mediano e deixados em Solução de Jeffrey por 12 horas, para dissociação epidérmica, sendo posteriormente lavados em água (12). As seções e as epidermes dissociadas foram coradas com Azul de Astra e Fucsina Básica e as lâminas foram montadas com glicerina 30% e lutadas com esmalte incolor.

Foram confeccionadas lâminas permanentes de limbo, pelo método de Johansen (11). Para isto, o material fixado em FAA₇₀ foi lavado em álcool etílico, desidratado

e clarificado em série alcoólica e xilol, e incluído em parafina. Foram feitos cortes de 10 µm de espessura, em micrótomo rotativo. As seções foram coradas em Azul de Astra e Fucsina Básica e as lâminas foram montadas com Bálsamo do Canadá.

Para as avaliações morfométricas foram utilizadas dez lâminas por indivíduo. As seções foram analisadas em microscópio óptico e as fotomicrografias foram realizadas em microscópio com câmara de captura acoplada. A formatação das imagens, escalas e medidas de diâmetro, área e espessura foram feitas com o software Motic Images Plus 2.0. As médias dos tratamentos de cada experimento foram avaliadas pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5,0%, utilizando o software BIOSTAT (13).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Morfologia

O comprimento foi maior em folhas de sombra, resultado também observado por Voltolini & Santos (18), em *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii*, enquanto a

largura não apresentou diferença significativa entre os dois ambientes.

Folhas dos ambientes ensolarado e sombreado não apresentaram diferença significativa na área foliar e massa seca (Tabela 1), resultado semelhante aos estudos de Boeger *et al.* (14), em *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch. e *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke, em ambientes com três intensidades luminosas distintas. Consequentemente, não houve diferença da área foliar específica (AFE) entre folhas de sol e de sombra. Resultados diferentes foram obtidos por Milaneze-Gutierrez (15), em folhas de *Bouchea fluminensis* (Vell.) Mold., onde as folhas de sol apresentaram-se maior AFE. Em folhas de *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. (4) e *Bauhinia forficata* Link. (16), a AFE foi maior em folhas de sombra. Gomes (17), estudando *Coffea arabica* L., afirmou que a maior espessura do limbo foliar encontrada em folhas de sol nessa espécie causou redução da AFE, o que resulta em maior capacidade fotossintética por unidade de área foliar em comparação com as folhas de sombra.

Tabela 1. Variáveis morfológicas analisadas (média ± Desvio padrão) em folhas de sol e de sombra de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.), coletadas no Campus da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP-CLM), Bandeirantes, PR. A última coluna representa a diferença percentual entre folhas de sol e de sombra.

Variáveis	Folhas de Sol*	Folhas de Sombra*	Varição (%)
Comprimento (cm)	12,15 (±1,25) a	16,76 (±2,09) b	-27,50
Largura (cm)	9,61 (±0,99) a	12,48 (±1,61) a	-22,99
Área (cm ²)	53,00 (±8,16) a	57,49 (±17,04) a	-7,81
Massa seca (g)	0,43 (±0,07) a	0,47 (±0,14) a	-8,51
Área foliar específica: AFE (cm ² . g ⁻¹)	123,25 (±0,11) a	122,31 (±0,05) a	+0,74

* Valores seguidos de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Anatomia

O limbo foliolar das folhas de sol apresentou epiderme bisseriada, enquanto nas folhas de sombra a epiderme é

unisseriada, cobertas por cutícula. O mesofilo dos folíolos de sol apresentou de duas a quatro camadas de parênquima paliçádico, enquanto o de sombra apresentou de duas a três camadas. Para o parênquima lacunoso, os dois ambientes apresentaram de uma a

quatro camadas. Os parênquimas foram divididos por uma camada unisseriada de

endoderme, que se estendeu envolvendo os feixes vasculares (Figura 2).

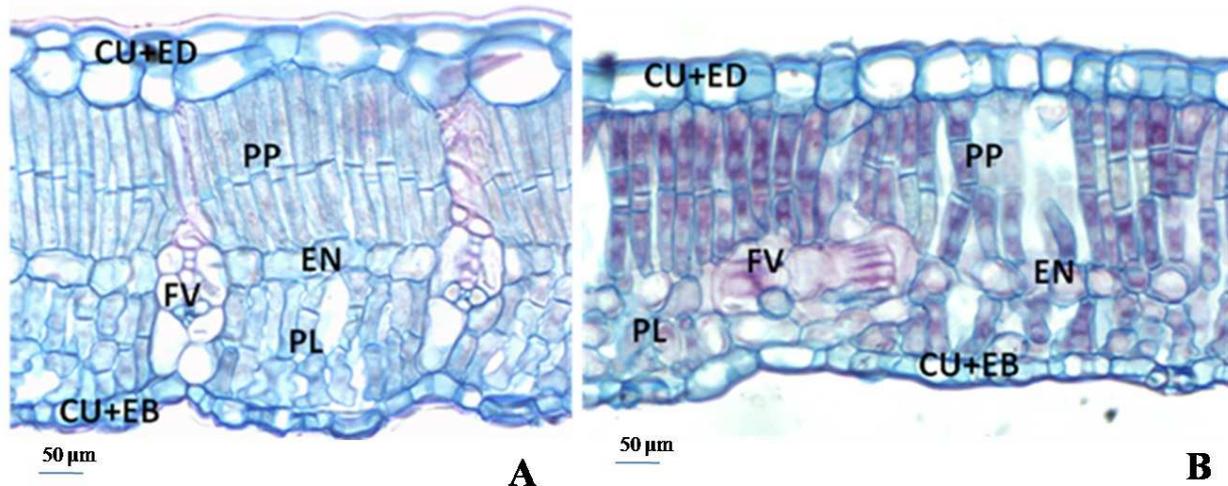


Figura 2. Anatomia foliolar (corte transversal) de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) em microscopia de luz. A – Foliolo de sol, B – Foliolo de sombra. **Legenda:** EN – endoderme, FV – feixe vascular, PL – parênquima lacunoso, PP – parênquima paliçádico, CU+EB - epiderme abaxial e cutícula, CU+ED - epiderme adaxial e cutícula.

Os folíolos de sol apresentaram epiderme adaxial e abaxial, acrescidas das cutículas, respectivamente mais espessos que os folíolos de sombra (Tabela 2), resultado também observado em *Pouteria grandiflora* (A.DC) Baehni (19). O aumento na espessura da epiderme, da parede celular, e da cutícula

da face adaxial, sob condições de alta luminosidade, podem desempenhar um relevante papel na reflexão da luz solar para manutenção dos níveis ótimos de temperatura foliar e, conseqüentemente, para efetivação dos processos fisiológicos (20).

Tabela 2. Variáveis morfoanatômicas analisadas (média ± Desvio padrão) em folíolos de sol e de sombra de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.), coletadas no Campus da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP-CLM), Bandeirantes, PR. A última coluna representa a diferença percentual entre folhas de sol e de sombra.

Variáveis	Folhas de Sol*	Folhas de Sombra*	Varição (%)
Espessura (µm)			
Total	180,48 (±0,01) a	128,84 (0,03) b	+40,08
Parede periclinal e epiderme adaxial	12,34 (1,32) a	9,78 (±0,76) b	+26,17
Parênquima Paliçádico	77,96 (±13,33) a	56,41 (±14,58) b	+38,20
Endoderme	13,29 (±1,12) a	11,50 (±0,74) b	+15,56
Parênquima lacunoso	52,09 (±12,05) a	29,01 (±13,86) b	+79,55
Parede periclinal e epiderme abaxial	27,06 (±4,79) a	19,02 (±4,79) b	+42,27

*Valores seguidos de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os parênquimas paliçádico e lacunoso foram mais espessos em folíolos de sol,

quando comparadas com folíolos de sombra, resultado semelhante ao encontrado em *L. molleoides* (4). No total, os folíolos de sol foram mais espessos (Tabela 2), o que também foi observado em *Ocimum selloi* Benth. (21), *Mikania glomerata* e *Bauhinia forficata* (16).

Quando é feita uma comparação morfoanatômica de folhas que se desenvolveram sob diferentes intensidades luminosas, verifica-se que a espessura e a área foliar tendem a ser inversamente proporcionais. Em uma condição de alta intensidade luminosa, a folha, comumente, apresenta menor superfície de exposição, porém, maior espessura da lâmina, devido ao incremento dos tecidos fotossintéticos e dos espaços intercelulares (22).

A maior espessura do limbo associada à menor área foliar representa a manutenção do volume foliar (23-25), mantendo a capacidade fotossintética da folha (26). As folhas de sombra são, geralmente, mais delgadas, com número reduzido de camadas

paliçádicas e maior proporção de parênquima esponjoso (27). Nesta situação, é comum a presença de células mais alongadas no parênquima paliçádico (28-30).

A epiderme apresentou tricomas tectores e glandulares nas duas faces, tanto em folíolos de sol, como em folíolos de sombra. Nas faces, os folíolos de sol apresentaram mais tricomas tectores e glandulares, quando comparadas aos folíolos dos ambientes sombreados (Tabela 3). A presença de um grande número de tricomas pode estar relacionada à proteção da folha contra a radiação excessiva em ambientes mais iluminados, pela diminuição da absorção de radiação de ondas curtas, evitando o superaquecimento da folha (31). Ainda, em ambientes sombreados, os tricomas podem levar à reflexão da radiação solar para o interior das células do mesófilo, incrementando a captura de luz para a fotossíntese ou, ainda, em ambos os ambientes, podem contribuir para a resistência a insetos nocivos (32,33).

Tabela 3. Variáveis morfoanatômicas analisadas (média \pm Desvio padrão) em folíolos de sol e de sombra de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.), coletadas no Campus da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP-CLM), Bandeirantes, PR. A última coluna representa a diferença percentual entre folhas de sol e de sombra.

Variáveis	Folhas de Sol*	Folhas de Sombra*	Varição (%)
Densidade (μm^2)			
Face adaxial			
Tricomas tectores	4,60 ($\pm 1,57$) a	1,76 ($\pm 0,93$) b	+ 161,36
Tricomas glandulares	8,12 ($\pm 3,03$) a	3,64 ($\pm 0,90$) b	+123,07
Face abaxial			
Tricomas tectores	6,84 ($\pm 2,22$) a	2,96 ($\pm 1,44$) b	+131,08
Tricomas glandulares	20,84 ($\pm 4,50$) a	11,56 ($\pm 6,67$) a	+80,27
Estômatos	215,14 ($\pm 45,31$) a	87,64 ($\pm 33,81$) b	+145,48
Largura dos Estômatos (μm)	14,46 ($\pm 0,78$) a	17,78 ($\pm 3,37$) a	-18,67
Comprimento dos estômatos (μm)	28,41 ($\pm 1,11$) a	38,08 ($\pm 2,85$) b	-25,39

* Valores seguidos de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os folíolos de *H. chrysotrichus* são hipoestomáticas (Figura 3). Segundo Esposito-Polesi (34), a ausência de estômatos na face adaxial, característico de plantas xeromórficas, permite grande economia de água, por reduzir a taxa transpiratória, devido à menor exposição à luz. Folíolos de sol

apresentaram maior densidade de estômatos que os folíolos de sombra (Figura 3, Tabela 3), o que também foi observado em plantas de *L. molleoides* (4), *V. megapotamica* e *M. ilicifolia* (14).

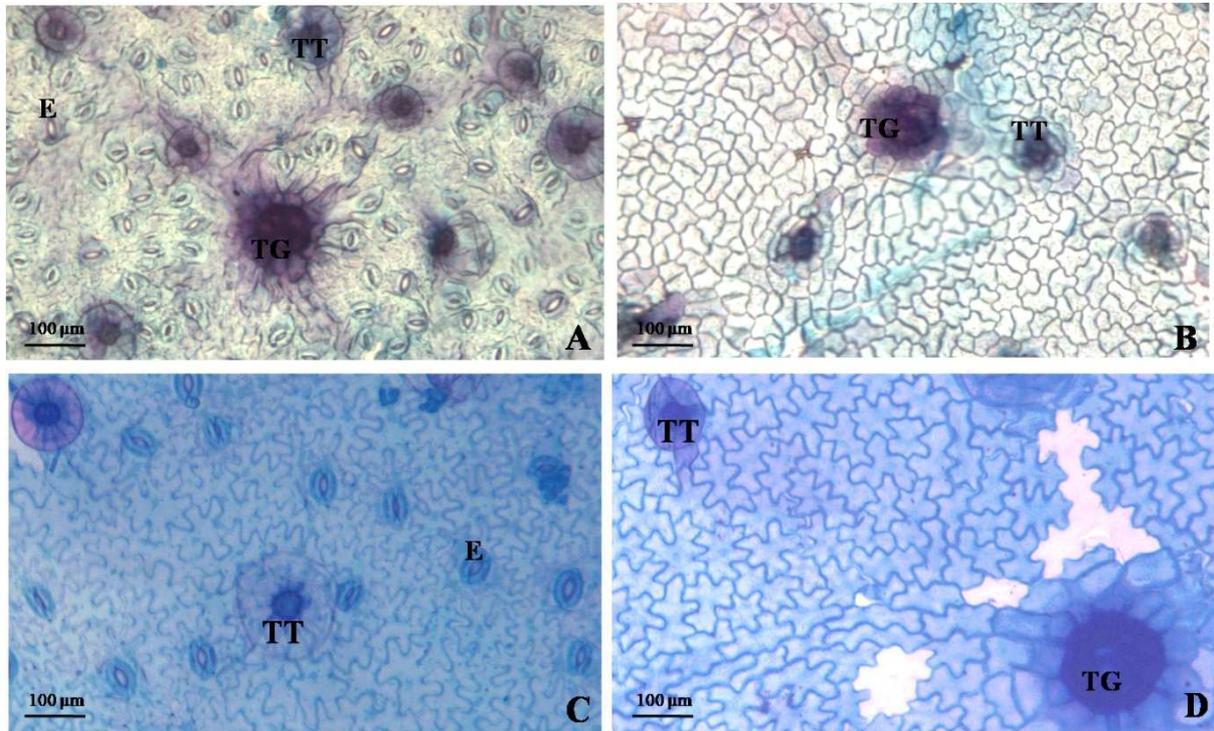


Figura 3. Vista frontal das faces abaxial (A, C) e adaxial (B, D) da epiderme de folíolos de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.), em microscopia de luz. A, B – Folíolo de sol; C, D – Folíolo de sombra; **Legenda:** E – estômatos, TG – tricoma glandular, TT – tricoma tector.

Segundo Taiz & Zeiger (1), o aumento da densidade estomática, em resposta a maior disponibilidade de luz, pode ser considerado uma adaptação que aumenta a captação de CO₂. Este incremento deve acompanhar o aumento da conversão de energia luminosa em energia química pela fotossíntese, que se dá em maior luminosidade. Concomitante ao maior influxo de gás carbônico ocorre maior fluxo de vapor de água, aumentando a transpiração. Como consequência do aumento da transpiração, ocorre um processo de resfriamento da folha, reduzindo a temperatura interna (20).

Nos ambientes menos ensolarados torna-se economicamente vantajoso a construção de uma folha com maior área, maximizando a captura luz. A máxima eficiência fotossintética, em locais sombreados, pode ser obtida por meio da formação de um menor número de estômatos por unidade de área foliar (35,36), que podem

permanecer por mais tempo com seus ostíolos abertos (37), sem o risco de perda excessiva de água por transpiração.

Ainda, os estômatos dos folíolos de sombra apresentaram maior comprimento, mas a largura dos mesmos não variou entre os ambientes (Tabela 3). Em condição de alta radiação solar e temperatura, a perda excessiva de água pode ser minimizada com a redução do tamanho das células guarda e do ostíolo (38).

As células epidérmicas foram menores e menos sinuosas em folíolos de sol, enquanto os folíolos de sombra apresentaram células maiores e geometricamente mais sinuosas. Essas características também foram verificadas por Martinez & Medri (39) em *Persea americana* Mill. Pyykkö (40), estudando espécies arbóreas da floresta tropical venezuelana, observou maior sinuosidade das paredes de células

epidérmicas em folhas presentes em estratos arbóreos inferiores e menos iluminados. Medri & Lleras (41) sugeriram que a menor sinuosidade da parede celular em ambientes mais secos e iluminados pode estar relacionada a características adaptativas contra a perda excessiva de água. De acordo com Santiago *et al.* (35) as paredes das células epidérmicas apresentam-se mais espessas e retas nas folhas a pleno sol e sinuosas nas folhas de sub-bosque, mostrando que as condições de ambiente como radiação solar influenciam o crescimento e o desenvolvimento dos tecidos vegetais.

Não houve diferença significativa no diâmetro e área total do pecíolo das folhas de sol e de sombra (Tabela 4), assim como em *L.*

molleoides (4). Nos estudos realizados por Larcher (42) com *Odontonema strictum* (Nees) O. Kuntze, o pecíolo das folhas de sombra apresentou diâmetro 40% maior que nas folhas de sol e, em folhas de *Mikania glomerata* Spreng., estudadas por Espindola-Jr *et al.* (16), as folhas de sombra também apresentaram pecíolo com diâmetro maior, quando comparado com as folhas de sol. Entre as principais funções do pecíolo estão a sustentação e a orientação da folha (43). Assim, sua organização anatômica e disposição de tecidos têm interação direta com o volume foliar que sustenta. Desta forma, como as folhas de *H. chrysotrichus* não apresentaram diferenças na área foliar entre os ambientes, o pecíolo também não apresentou variação no diâmetro.

Tabela 4. Variáveis morfoanatômicas analisadas (média \pm Desvio padrão) em pecíolos de folhas de sol e de sombra de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.), coletadas no Campus da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP-CLM), Bandeirantes, PR. A última coluna representa a diferença percentual entre folhas de sol e de sombra.

Variáveis	Folhas de Sol*	Folhas de Sombra*	Varição (%)
Quantidade de elementos de vaso	161,00 ($\pm 27,47$) a	169,00 ($\pm 70,08$) a	-4,73
Diâmetro total (μm)	1.322,49 ($\pm 104,03$) a	1.494,66 ($\pm 144,10$) a	-11,51
Espessura (μm)			
Parênquima medular	339,76 ($\pm 27,09$) a	493,63 ($\pm 151,27$) a	-31,17
Xilema	181,42 ($\pm 43,79$) a	185,64 ($\pm 27,40$) a	-2,27
Floema	45,56 ($\pm 13,43$) a	52,42 ($\pm 18,02$) a	-13,08
Esclerênquima	49,06 ($\pm 10,70$) a	33,17 ($\pm 9,04$) b	+47,90
Parênquima e colênquima	115,72 ($\pm 17,97$) a	130,77 ($\pm 20,57$) a	-11,50
Epiderme	14,89 ($\pm 4,39$) a	10,70 ($\pm 1,76$) a	+39,15

* Valores seguidos de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As seções transversais do pecíolo apresentaram epiderme unisseriada, coberta por cutícula com tricomas glandulares e tectores. Estes últimos foram encontrados em toda a superfície do pecíolo. O córtex foi formado por 2 a 3 camadas de colênquima, seguido de 5 a 7 camadas de parênquima. Os pecíolos de folhas de sol apresentaram uma camada de esclerênquima seguida de floema,

bainha esclerenquimática, floema, xilema e parênquima medular (Figura 4A). Nos pecíolos de folhas de sombra, esta camada de bainha esclerenquimática estava ausente ou apresentou poucas células em alguns indivíduos. Por isso, foi verificada maior espessura de esclerênquima nos pecíolos das folhas de sol. Folhas ricas em tecidos mecânicos são encontradas em plantas ou

órgãos de ambientes bem iluminados (4,44,45). A área de xilema não apresentou variação significativa de um ambiente para

outro (Tabela 4), resultado observado também por Dias *et al.* (4) em *L. molleoides*.

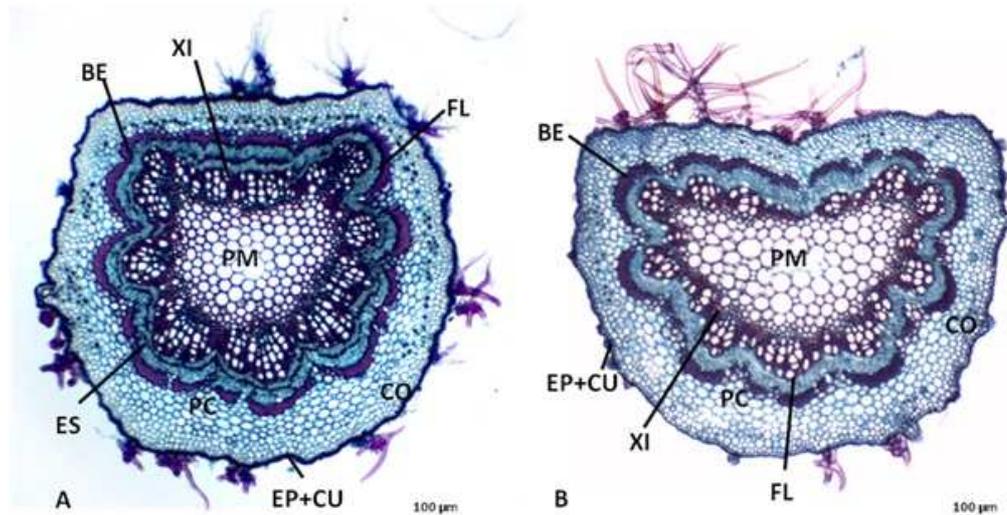


Figura 4. Anatomia do pecíolo de folhas de sol (A) e de sombra (B) de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.), coletadas no campus da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP-CLM), Bandeirantes, PR., em microscopia de luz (corte transversal). **Legenda:** BE – bainha esclerenquimática, CO – Colênquima, EP+ CU – epiderme e cutícula, ES – esclerênquima, FL – floema, PC – parênquima cortical, PM – parênquima medular, XI – xilema.

Assim como em *Guapira opposita* (Vell.), Reitz (8), as seções transversais da nervura mediana de folíolos de *H. chrysotrichus* apresentaram semelhanças

histológicas entre os dois ambientes. Não houve diferença significativa no diâmetro da nervura mediana entre folíolos de sol e de sombra (Tabela 5).

Tabela 5. Variáveis morfoanatômicas analisadas (média \pm Desvio padrão) em nervuras medianas de folíolos de sol e de sombra de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.), coletadas no Campus da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP-CLM), Bandeirantes, PR. A última coluna representa a diferença percentual entre folhas de sol e de sombra.

Variáveis	Folhas de Sol*	Folhas de Sombra*	Varição (%)
Diâmetro (μm)	882,10 ($\pm 95,00$) a	987,76 ($\pm 116,33$) a	-10,69
Espessura (μm)			
Parênquima medular	93,95 ($\pm 4,40$) b	230,20 ($\pm 93,01$) a	-59,18
Xilema	121,10 ($\pm 32,83$) a	110,02 ($\pm 18,12$) a	+10,08
Floema	42,52 ($\pm 6,45$) a	39,19 ($\pm 4,49$) a	+8,49
Esclerênquima	44,53 ($\pm 4,52$) a	44,74 ($\pm 5,28$) a	-0,46
Parênquima e Colênquima	126,87 ($\pm 17,68$) a	123,67 ($\pm 18,38$) a	+2,58
Epiderme e Parede periclinal externa	19,31 ($\pm 3,70$) a	11,56 ($\pm 1,03$) b	+67,04

* Valores seguidos de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Porém, cortes transversais da nervura mediana apresentaram epiderme unisseriada, recoberta com cutícula, com tricomas glandulares e tectores, córtex formado por parênquima e colênquima, e esclerênquima periciclo esclerenquimático descontínuo

(Figura 5). A espessura da epiderme foi maior em nervuras de folíolos de sol. O floema foi observado em feixes vasculares envolvendo o xilema, e na parte superior, onde é envolto por xilema e esclerênquima (Figura 5).

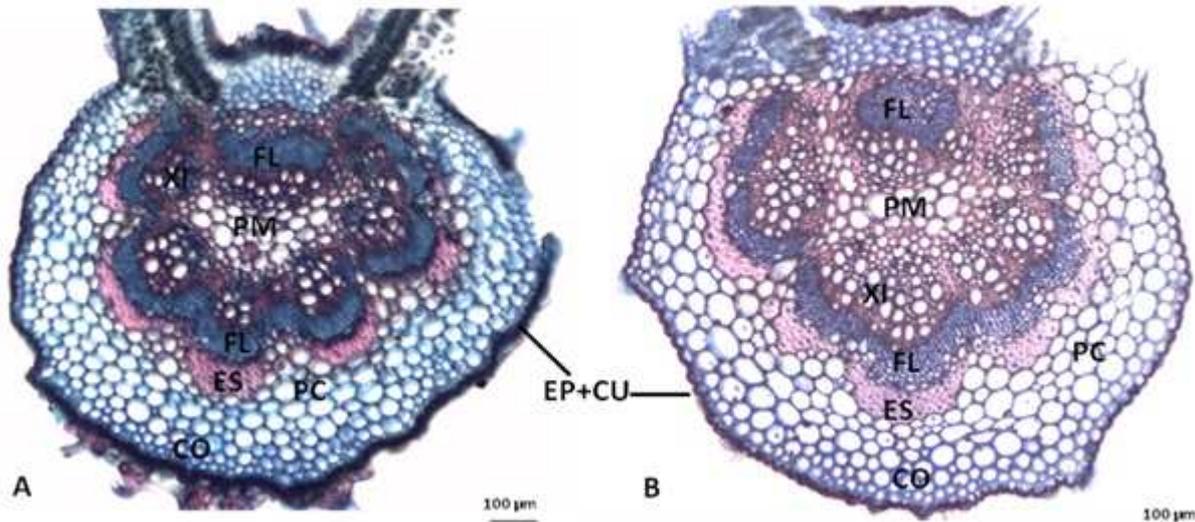


Figura 5. Anatomia da nervura mediana de folíolos de sol (A) e de sombra (B) de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.), coletadas no campus da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, PR., em microscopia de luz (corte transversal). **Legenda:** CO – Colênquima, ES – esclerênquima, EP+CU – epiderme e cutícula, FL – floema, PC – parênquima cortical, PM – parênquima medular, XI – xilema.

CONCLUSÃO

Conclui-se que *H. chrysotrichus* apresentou plasticidade morfoanatômica limitada, quando submetida a ambientes iluminados e sombreados. Esta espécie possui hábito heliófito, o que significa que possui baixa capacidade de desenvolvimento em ambiente sombreado e alta capacidade de desenvolvimento em ambiente ensolarado. Deste modo, é possível inferir que a ausência de maiores modificações morfoanatômicas que poderiam resultar em um balanço fotossintético mais favorável, quando as folhas se desenvolvem em ambiente

sombreado, pode contribuir para a baixa adaptabilidade da espécie neste ambiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Araucária pelo apoio financeiro concedido através de bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

- (1) TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 5. ed. New York: Sinauer Associates. 690 p. 2010.
- (2) MENDES, I. C. & PAVIANI, T. I. Morfoanatomia comparada de folhas do par vicariante *Plathymenia foliolosa* Benth E *Plathymenia variegata* Benth. (Leguminosae – Mimosoideae) **Revista Brasileira de Botânica**, v. 20, p. 185-195, 1997.
- (3) RAVEN, P. H; EVERT, R. F. & EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- (4) DIAS, J.; PIMENTA, J. A.; MEDRI, M. E.; BOEGER, M. R. T. & FREITAS, C. T. Physiological aspects of sun and shade leaves of *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.(Anacardiaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, p. 91-99, 2007.
- (5) VOGELMANN T. C. & MARTIN G. The functional significance of palisade tissue: Penetration of directional vs diffuse light. **Plant, Cell and Environment**, v. 16, p. 65–72, 1993.
- (6) STRAUSS-DEBENEDETTI, S. & BERLYN, G. P. Leaf anatomical responses to light in leafy tropical Moaraceae of different successional status. **American Journal of Botany**, v. 81, p. 1572-1591, 1994.
- (7) SABBI, L. B. C.; ÂNGELO, A. C. & BOEGER, M. R. Influência da luminosidade nos aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) implantadas em duas áreas com diferentes graus de sucessão, nas margens do Reservatório Iraí, Paraná, Brasil. **Iheringia**, v. 65, p. 171-181, 2010.
- (8) SANTOS, M.; FERMINO-JR, P. C. P.; VAILATI, M. G. & PAULILO, M. T. S. Aspectos estruturais de folhas de indivíduos de *Guapira opposita* (vell) Reitz (Nyctaginaceae) ocorrentes em Restinga e na floresta Ombrófila densa. **Revista de Botânica**, v. 39, p. 59-78, 2010.
- (9) LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, Plantarum, 2008.
- (10) WITKOWSKI, E. T. F. & LAMONT, B. B. Leaf Specific mass confounds leaf density and thickness. **Oecologia**, v. 88, p. 486-493, 1991.
- (11) JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. New York: Graw Hill Book Company, 1940.
- (12) JENSEN, W. A. **Botanical Histochemistry** (Principles and Practice). San Francisco: W.H. Freeman & Company, 408 p., 1962.
- (13) AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L. & SANTOS, A. A. S. **BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 364p. 2005.
- (14) BOEGER, M. R. T.; ESPÍNDOLA-JÚNIOR A.; MACCARI-JÚNIOR, A.; REISSMANN, C. B.; ALVES, A. C. A. & RICKLI, F. L. Variação estrutural foliar de espécies medicinais em consórcio com erva-mate, sob diferentes intensidades luminosas. **Floresta**, v. 39, p. 215-225, 2009.
- (15) MILANEZE-GUTIERRE, M. A.; MELLO, J. C.; DELAPORT, R. H. Efeitos da intensidade luminosa sobre a morfoanatomia 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.
- (16) ESPINDOLA-JR, A.; BOEGER, M. R. T.; MACCARI-JR, A.; REISSMANN, C. B. & RICKLI, F. L. Variação na estrutura foliar de *Mikania glomerata* Spreng. (Asteraceae) sob diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, p. 749-758, 2009.
- (17) GOMES, I. A. C. Alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv. "Oieras" sob influência do sombreamento por *Acacia mangium* Willd. **Ciência Rural**, v. 8, p. 109-115, 2008.
- (18) VOLTOLINI, C. H. & SANTOS, M. Variações na morfoanatomia foliar de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae) sob distintas

condições ambientais. **Acta Botânica Brasilica**, v. 25, p. 2-10, 2011.

(19) PALAZZO, F. M. A. & MONTEIRO, M. H. D. A. Morfologia de bapeba *Pouteria grandiflora* (A.DC) Baehni, Sapotaceae). **Iniciação Científica CESUMAR**, v. 10, p. 121-130, 2010.

(20) DICKISON, W. C. **Integrative Plant Anatomy**. New York: Academic Press, 2000.

(21) COSTA, L. C. B. Aspectos da anatomia foliar de *Ocimum selloi* Benth. (Lamiaceae) em diferentes condições de qualidade de luz. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 6-8, 2007.

(22) BOEGER, M. R. T. & POULSON, M. Efeitos da radiação ultravioleta-B sobre a morfologia foliar de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Brassicaceae). **Acta Botânica Brasilica**, v. 20, p. 329-338, 2006.

(23) ACKERLY, D. D. DUDLEY, S. A.; SULTAN, S. E.; SCHMITT, J.; COLEMAN, J. S.; LINDER, C. R.; SANDQUIST, D. R.; GEBER, M. A.; EVANS, A. S.; DAWSON, T. E. & LECHOWICZ, M. J. The evolution of plant ecophysiological traits: recent advances and future directions. **BioScience**, v. 50, p. 979-995, 2000.

(24) EVANS, J.R. Leaf anatomy enables more equal access to light and CO₂ between chloroplasts. **New Phytologist**, v. 143, p. 93-104, 1999.

(25) SMITH, W. K.; VOGELMANN, T. C.; DELUCIA, E. H.; BELL, D. T. & SHEPHERD, K. A. Leaf form and photosynthesis: Do leaf structure and orientation interact to regulate internal light and carbon dioxide? Washington: **Bioscience**, v. 47, p. 785-793, 1997.

(26) CHAZDON, R. L. & KAUFMANN, S. Plasticity of leaf anatomy in relation to photosynthetic light acclimation. **Functional Ecology**, v. 7, p. 385-394, 1993.

(27) GREGORIOU, K.; PONTIKIS, K. & VEMMOS, S. Effects of reduced irradiance on leaf morphology, photosynthetic capacity,

and fruit yield in olive (*Olea europaea* L.). **Photosynthetica**, v. 45, p. 172-181, 2007.

(28) ROÇAS, G.; BARROS, C. F. & SCARANÓ, F. R. Leaf anatomy plasticity of *Alchornea triplinervia* (Euphorbiaceae) under distinct light regimes in a Brazilian montane Atlantic rain forest. **Trees**, v. 11, p. 469-473, 1997.

(29) CASTRO, E. M.; GAVILANES, M. L.; ALVARENGA, A. A., CASTRO, D. M. & GAVILANES, T. O. T. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea*(L.) Slumer, sob diferentes níveis de sombreamento. **Daphne**, v. 8, p. 31-35, 1998.

(30) CAO, K. F. Leaf anatomy and chlorophyll content of 12 woody species in contrasting light conditions in a Bornean heath forest. **Canadian Journal of Botany**, v. 78, p. 1245-1253, 2000.

(31) GUTSCHICK, V. P. Biotic and abiotic consequences of differences in leaf structure, **New Phytologist**, v. 143, p. 318, 1999.

(32) PRESS, M. C. The functional significance of leaf structure: a search for generalizations. **New Phytologists**, v. 143, p. 213-219, 1999.

(33) SILVA, L. M.; ALQUINI, Y; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 183-194, 2005.

(34) ESPOSITO-POLESI, N. P.; RODRIGUES, R. R.; ALMEIDA, M. Anatomia ecológica da folha de *Eugenia glazioviana* Kiaersk (Myrtaceae). **Revista Árvore**, v. 35, p. 255-263, 2011.

(35) SANTIAGO, E. J. A.; PINTO, J. E. B. P.; CASTRO, E. M.; LAMEIRA, O. A.; CONCEIÇÃO, H. E. O. & 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.

(36) KAKANI, V. G.; REDDY, K. R.; ZHAO, D. & MOHAMMED, A. R. Effects of ultraviolet-radiation on cotton (*Gossypium*

hirsutum L.) morphology and anatomy. **Annals of Botany**, v. 91, p. 817-826, 2003.

(37) MARQUES, A. R.; GARCIA, Q. S. & FERNANDES, G. W. Effects of sun and shade on leaf structure and sclerophylly of *Sebastiania myrtilloides* (Euphorbiaceae) from Serra do Cipó, Minas Gerais, Brazil. **Boletim Botânico da Universidade de São Paulo**, v. 18, p. 21-27, 1999.

(38) ABRANS, M. C.; KLOEPEL, B.D.; KUBISKE, M.E. Ecophysiological and morphological responses to shade and drought in two contrasting ecotypes of *Prunus serotina*. **Tree Physiology**, v. 10, p. 343-355, 1992.

(39) MARTINEZ, M.; MEDRI, M. E. Alguns aspectos da anatomia-ecológica de *Persea americana* Mill (abacateiro) e interpretações fisiológicas, **Semina**, v. 6, p. 140-146, 1985.

(40) PYYKÖ, M. Morphology and anatomy of leaves from some woody plants in a humid tropical forest of Venezuelan Guayana. **Acta Botanica Fennica**, v. 112, p. 1-18, 1979.

(41) MEDRI, M. E.; LLERAS, E. 1980. Aspectos da anatomia ecológica de folhas de *Hevea brasiliensis* Müell. Arg. **Acta Amazônica** v. 10, p. 463-493, 1980.

(42) LARCHER, L.; BOEGER, M. R. T. Arquitetura foliar de *Odontonema strictum* (Nees) O. Kuntze (Acanthaceae) em duas

condições de luminosidade. **Hoehnea**, v. 36, p. 321- 327, 2009.

(43) NIINEMETS, U.; FLECK, S. Petiole mechanics, leaf inclination, morphology, and investment in support in relation to light availability in the canopy of *Liriodendron tulipifera*. **Oecologia**, v.132, p. 21-33, 2002.

(44) MORAIS, H.; MARUR, J. C., CARAMORI, P. H. & RIBEIRO, A. M. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiros sombreados com guandu e cultivados a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1131-1137, 2004.

(45) BOEGER, M. R. T.; BOEGER, M. R. T.; GLUZEZAK, R. M.; PIL, M. W.; GOLDENBERG, R. & MEDRI, M. E. Variabilidade morfológica foliar de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 38, p. 443-452, 2008.

Enviado: 23/09/2013
Aceito: 07/07/2014
Publicado: 31/03/2015