

Plasticidade morfológica de *Myrcia splendens* (S.w.) CD. (Myrtaceae) ocorrente em Mata Atlântica e Cerrado

Maick Willian Amorim & João Carlos Ferreira de Melo Júnior

Universidade da Região de Joinville, Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Anatomia e Ecologia Vegetal, Rua Paulo Maschitzki 10, CEP 89219-710, Joinville, SC, Brasil. jcmelo_wood@hotmail.com

Recebido em 19.VIII.2014

Aceito em 07.XI.2016

RESUMO – *Myrcia splendens* (Sw.) DC., espécie arbórea conhecida popularmente por guamirim-da-folha-miúda, possui ampla distribuição geográfica na América Central e em quase todo o Brasil, sendo seu limite sul o estado de Santa Catarina. O presente estudo compara aspectos morfológicos e anatômicos observados da referida espécie em ambientes florestal de Santa Catarina e cerrado de Minas Gerais. De cada um dos 10 indivíduos amostrais, foram coletadas folhas completamente expandidas e madeira de caule para posterior biometria e preparação histológica. Os resultados obtidos mostram que as populações diferem estruturalmente. Os atributos mais plásticos são a massa seca, a área específica foliar e a frequência de vasos. *M. splendens* é caracterizada como espécie de alta plasticidade morfológica, o que pode favorecer a ocupação de novos territórios e justifica sua ampla distribuição. O conjunto de dados produzidos pode também contribuir para a indicação de caracteres de cunho taxonômico.

Palavras-chave: guamirim, morfoanatomia funcional, variação fenotípica

ABSTRACT – *Morphological plasticity of Myrcia splendens* (Sw.) DC. (*Myrtaceae*) occurring in rain forest and savanna. *Myrcia splendens* (Sw.) DC., a tree species popularly known as “guamirim-de-folha-miúda”, has a wide geographic distribution in Central America and in most of Brazil, with its southern limit the state of Santa Catarina. This study compares morphological and anatomical features observed in this species in a forest environment of Santa Catarina and a savanna of Minas Gerais. For each individual sample, fully expanded leaves and wood stems for subsequent histological preparation and biometrics were collected. The results show that populations differ structurally between the two environments. The most plastic attributes are dry mass, specific leaf area and the frequency of vessels. This plant can be characterized as having a high morphological plasticity, which may favor the installation of new territories and justifies its wide distribution. The set of data produced can also contribute to the indication of characters of taxonomic value.

Keywords: guamirim, functional morphoanatomy, phenotypic variation

INTRODUÇÃO

Myrtaceae, uma família de distribuição pantropical, apresenta cerca de 5.600 espécies reunidas em 132 gêneros, nos quais predominam as formas de vida arbustiva e arbórea (Govaerts *et al.* 2014). É tida como uma das principais famílias de angiospermas neotropicais (Gentry 1988) e possui grande representatividade na formação atlântica brasileira (Salimon & Negrelle 2001). No Brasil, é conhecidamente uma das dez famílias com maior riqueza de espécies, com 23 gêneros e 976 espécies, das quais 707 são endêmicas da flora brasileira (Sobral *et al.* 2014).

As espécies neotropicais de *Myrtaceae* têm sua sistemática extremamente dificultada pelo forte paralelismo filogenético entre os gêneros (Souza 2005) e pelas diferentes interpretações dos caracteres morfológicos que variam em função da distribuição geográfica das espécies (Barroso & Peron 1994), o que pode ser estendido às espécies do gênero *Myrcia*, com aproximadamente 350 espécies no Brasil (Stehmann *et al.* 2009).

Dificuldades de delimitação entre os táxons nativos do Brasil têm sido relatadas por diversos autores (McVaugh 1968, Barroso 1984, Kawasaki 1989). Dados morfológicos

e moleculares mostram claramente que, embora a família como um todo seja monofilética, os grupos infra-familiares precisam ser redefinidos, uma vez que certas características classicamente utilizadas em sua delimitação se mostram inconsistentes (Wilson *et al.* 2005), o que torna arbitrário, por vezes, os limites entre determinados gêneros (Landrum & Kawasaki 1997). Barroso *et al.* (1984) sugerem que somente um levantamento cuidadoso das espécies de cada região poderá trazer esclarecimentos adicionais para a delimitação confiável dos diferentes táxons, o que implica ampliar os estudos de cunho morfoanatômico das espécies.

A espécie *Myrcia splendens* (Sw.) DC. tem registro de ocorrência do México até a Argentina (McVaugh 1969, Govaerts 2014). No Brasil, possui ampla distribuição geográfica e apresenta seu limite austral no estado de Santa Catarina (Legrand & Klein 1969). Conhecida popularmente por guamirim-da-folha-miúda (Carvalho 2008), ocorre em solos florestais em altitudes que variam de 0 a 800 m (Sobral 2007). Dentre as espécies de *Myrtaceae* neotropicais, *Myrcia splendens* é a que apresenta o maior número de sinonímias botânicas, o que compreende cerca de 120 nomes (Govaerts 2014). As sinonímias mais conhecidas são: *Myrcia fallax* (Rich.) DC., *Myrcia rostrata* DC. (Backes & Irgang 2004) e *Myrcia pellucida* O. Berg (Legrand & Klein 1969, Lorenzi

1998). É caracterizada como heliófita e higrófila, de 1,5 m até 30 m de altura, com tronco delgado, geralmente reto, de 3,5 cm até 80 cm de diâmetro, periderme levemente rugosa nas árvores adultas, densa ramagem formando copa alongada ou irregular (Sobral 2007, Carvalho 2008, Amorim & Alves 2011, Species Link 2015). Possui folhas abundantes, muito características em virtude de sua cor verde-clara e forma da lâmina foliar que é estreita e bastante longa, de base aguda, com largura máxima das folhas até 1,6 cm. Apresenta-se levemente pubescente nos ramos novos e glabra no restante dos ramos (Legrand & Klein 1969, Lorenzi 1998).

Considerando a ampla distribuição dessa espécie no território brasileiro, acredita-se que a mesma apresente variações estruturais em resposta aos diferentes ambientes que ocupa. Tal capacidade de aclimação, conhecida como plasticidade fenotípica, pode ser definida como a capacidade de um genótipo único modificar a sua expressão fenotípica exibindo uma gama de fenótipos em resposta à variação no ambiente, mediante ajustes morfológicos e/ou fisiológicos (Schlichting 1986, Pigliucci 2001, Schlichting 2002, Wund 2012, Schlichting & Wund 2014).

Desta forma, entende-se que estudos de cunho anatômico e funcional também poderão contribuir com a elucidação de caracteres de importância taxonômica para *Myrtaceae*. O presente estudo verificou a ocorrência de

alterações estruturais em populações de *Myrcia splendens* (Sw.) DC. (*Myrtaceae*) em ambientes de mata atlântica e cerrado em uma perspectiva funcional e ecológica, a fim de discutir a sua capacidade de aclimação, distribuição e plasticidade em fitofisionomias com características ambientais tão distintas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi realizado em duas áreas fitogeográficas distintas do território brasileiro, sendo uma área pertencente ao domínio da Mata Atlântica e outra ao Cerrado.

A primeira área compreende um remanescente florestal de Floresta Atlântica *stricto sensu*, classificado como Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (Veloso *et al.* 1991). Tem como coordenadas geográficas 26° 31' S e 48° 63' W e está localizado no município de São Francisco do Sul – Santa Catarina (Fig. 1). Situado a uma altitude de 9 m, apresenta clima Cfa, segundo classificação de Köppen, com temperatura média anual de 21,2 °C. A precipitação pluviométrica anual é de 1830 mm (Climate-Data 2014). O solo é do tipo Cambissolo, caracterizado por horizonte B pouco incipiente e com alta saturação por bases ($V \geq 50\%$) (EMBRAPA 2013).

A segunda área, localizada no município de Matozinhos, Minas Gerais, sob as coordenadas geográficas 19° 27' S e 43°

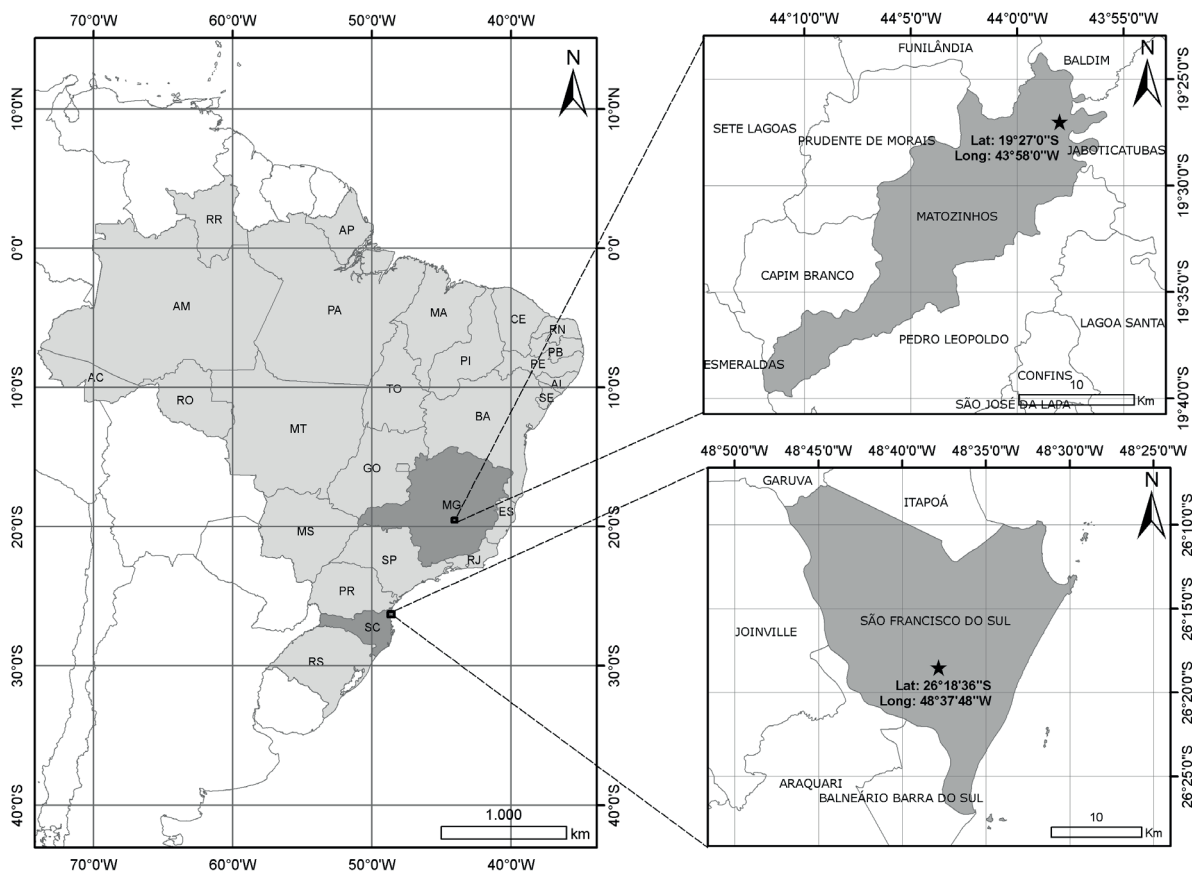


Fig. 1. Localização das áreas de coleta das populações de *Myrcia splendens* em Matozinhos (MG) e São Francisco do Sul (SC).

58' W (Fig. 1), é classificada como área de campo cerrado (Coutinho 1978). Está situada em área planáltica a uma altitude de 762 m, possui clima Aw, segundo classificação de Köppen. A temperatura média anual gira em torno de 21,6 °C. A pluviosidade anual média é de 1321 mm (Climate-Data 2014). O solo tipificado como Latossolo vermelho distrófico é caracterizado como pobre em nutrientes minerais, profundo e com baixa saturação por bases ($V < 50\%$) em até 1 m de profundidade (EMBRAPA 2013).

Coleta e análise do material botânico

Em cada fisionomia, foram selecionados cinco espécimes de *M. splendens*, totalizando um grupo amostral de 10 plantas. Em cada indivíduo, foram coletadas 10 folhas de sol completamente expandidas do 3º e 4º nós, a partir do ápice de cada ramo, compondo $N=50$. As folhas coletadas foram prensadas e secas em estufa para determinação da massa seca (g), área foliar (cm^2), por meio de imagem digitalizada em scanner de mesa acoplado ao software Sigma Scan Pro (versão 5.0, SPSS Inc., Chicago IL, USA), comprimento (cm), largura (cm) e espessura foliar (mm) com auxílio de paquímetro digital, área específica foliar (AEF, $\text{cm}^2/\text{g}^{-1}$) (Witkowski & Lamont 1991) e densidade foliar ($\text{mm}^3/\text{g}^{-1}$).

As amostras de madeira foram coletadas do ramo principal e à altura do peito, não ultrapassando 20% do diâmetro total do caule para não prejudicar a planta. Corpos de prova foram produzidos, amolecidos por cozimento em água glicerizada e seccionados em micrótomo de deslize (Ferreirinha 1958, Kraus & Arduim 1997). As seções histológicas obtidas nos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial foram clarificadas em hipoclorito de sódio, coradas em solução de safranina + azul de astra (1:1), desidratadas em série etanólica crescente e montadas em resina sintética do tipo verniz vitral (Johansen 1940, Sass 1958, Paiva *et al.* 2006).

Elementos celulares dissociados foram preparados segundo o método de Franklin modificado (Kraus & Arduin 1997). Como atributos da madeira foram mensurados o comprimento dos elementos de vaso (μm), a frequência dos vasos (n/mm^2) e o diâmetro tangencial dos vasos (μm) (IAWA, 1989). Com base nesses atributos, foi calculado o índice de vulnerabilidade de Carlquist (IVC), dado pela razão entre o diâmetro tangencial dos vasos e a frequência dos vasos (Carlquist 1975, Castro *et al.* 2009).

Análise estatística

Médias e respectivos desvios-padrão, baseados em $N=50$, foram calculadas para todas as variáveis foliares e do lenho descritas. Seguindo o teste de normalidade, os valores médios das variáveis morfológicas foram comparados por teste t de Student com nível de significância de 5%, em software R Studio (Zar 1999). Variáveis tidas na literatura como relacionadas foram avaliadas por regressão linear (Legendre & Legendre 2012). Para cada variável morfológica e anatômica observada da espécie, foi calculado o índice de plasticidade fenotípica (IPF) onde $\text{IPF} = \text{médica máxima} - \text{médica mínima} / \text{médica máxima}$ (Valladares *et al.* 2000, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam o elevado potencial plástico de *Myrcia splendens* e diferenças significativas entre as populações ocorrentes em Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas e Cerrado para todos os atributos morfológicos foliares e anatômicos do lenho, com exceção do comprimento dos elementos de vaso (Tabs. 1 e 2).

O índice de plasticidade fenotípica (IPF) encontrado para os parâmetros morfoanatômicos avaliados demonstra que *M. splendens* é uma espécie de grande potencial plástico (Valladares *et al.* 2005), sendo as variáveis massa seca e área específica foliar as que apresentaram maiores valores de IPF (Tab. 1). O menor valor de IPF encontrado foi para o comprimento dos vasos (Tab. 1), que, mesmo sendo considerada uma variável plástica, ainda se apresenta como uma condição mais estável em *M. splendens*, uma vez que não houve variação significativa estatisticamente entre as médias das populações (Tab. 2).

A capacidade das plantas de apresentar respostas adaptativas funcionais em relação às condições ambientais através da flexibilidade de fenótipos é conhecida como plasticidade fenotípica (Sultan 2003, Valladares *et al.* 2006).

Espécies com grande potencial para plasticidade apresentam vantagens adaptativas em ambientes instáveis, heterogêneos ou de transição, visto que as mudanças produzidas podem facilitar a exploração de novos nichos, resultando no aumento da tolerância ambiental (Via 1993, Via *et al.* 1995). A plasticidade fenotípica pode ser

Tabela 1. Índice de Plasticidade Fenotípica (IPF) calculado para as variáveis morfoanatômicas das populações de *Myrcia splendens* de floresta ombrófila densa e cerrado.

Variável morfoanatômica	IPF
Massa seca foliar (g)	0,91
Comprimento foliar (mm)	0,73
Largura foliar (mm)	0,74
Espessura foliar (mm)	0,70
Área foliar (cm^2)	0,88
Área específica foliar ($\text{cm}^2/\text{g}^{-1}$)	0,91
Comprimento dos vasos (μm)	0,66
Frequência dos vasos (μm)	0,85
Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	0,77

Tabela 2. Valores médios e respectivos desvios-padrão (entre parênteses) das variáveis morfológicas foliares e anatômicas caulinares de *Myrcia splendens* (Myrtaceae). Valores do teste t de Student (t) e nível de significância (p) da comparação entre as fisionomias (n=50).

Variável	Fisionomia		t	p
	Floresta	Cerrado		
Massa seca foliar (g)	0,15 (0,03)	0,26 (0,03)	18,51	<0,0001
Área foliar (cm ²)	16,87 (2,22)	5,55 (19,50)	24,62	<0,0001
Comprimento foliar (mm)	120,78 (10,70)	58,55 (12,84)	26,32	<0,0001
Largura foliar (mm)	26,39 (2,43)	15,30 (3,74)	17,56	<0,0001
Espessura foliar (mm)	0,27 (0,06)	0,23 (0,05)	3,65	<0,0004
Área específica foliar (cm ² .g ⁻¹)	74,18 (19,14)	21,50 (8,39)	17,83	<0,0001
Densidade foliar (mm ³ .g ⁻¹)	0,24 (0,04)	0,18 (0,07)	3,68	<0,0003
Comprimento dos vasos (µm)	41,99 (14,42)	39,58 (13,11)	1,51	0,13
Frequência dos vasos (n/mm ²)	8,65 (2,46)	11,81 (3,16)	9,64	<0,0001
Diâmetro tangencial dos vasos (µm)	181,21 (25,07)	124,79 (22,73)	20,42	<0,0001
Índice de vulnerabilidade	0,05 (0,01)	0,10 (0,02)	16,56	<0,0001

expressa por meio de ajustes que podem ser fisiológicos, morfológicos e anatômicos (Givinish 1988, Rôças *et al.* 1997, Kelly *et al.* 2009).

Sendo o principal órgão fotossintetizante, a folha apresenta grande plasticidade fenotípica e sua estrutura interna adapta-se às condições externas do ambiente (Valladares & Niinemets 2008, Braga *et al.* 2009, Sanches *et al.* 2009). Alterações na anatomia da folha constituem aspectos decisivos na capacidade de aclimação das espécies expostas a diferentes condições de ambiente (Hanba *et al.* 2002; Schluter *et al.* 2003). Assim, a disponibilidade e a qualidade dos recursos disponíveis podem provocar efeitos substanciais no desenvolvimento, tamanho e espessura desse órgão (Hanba *et al.* 2002, Aranda *et al.* 2004).

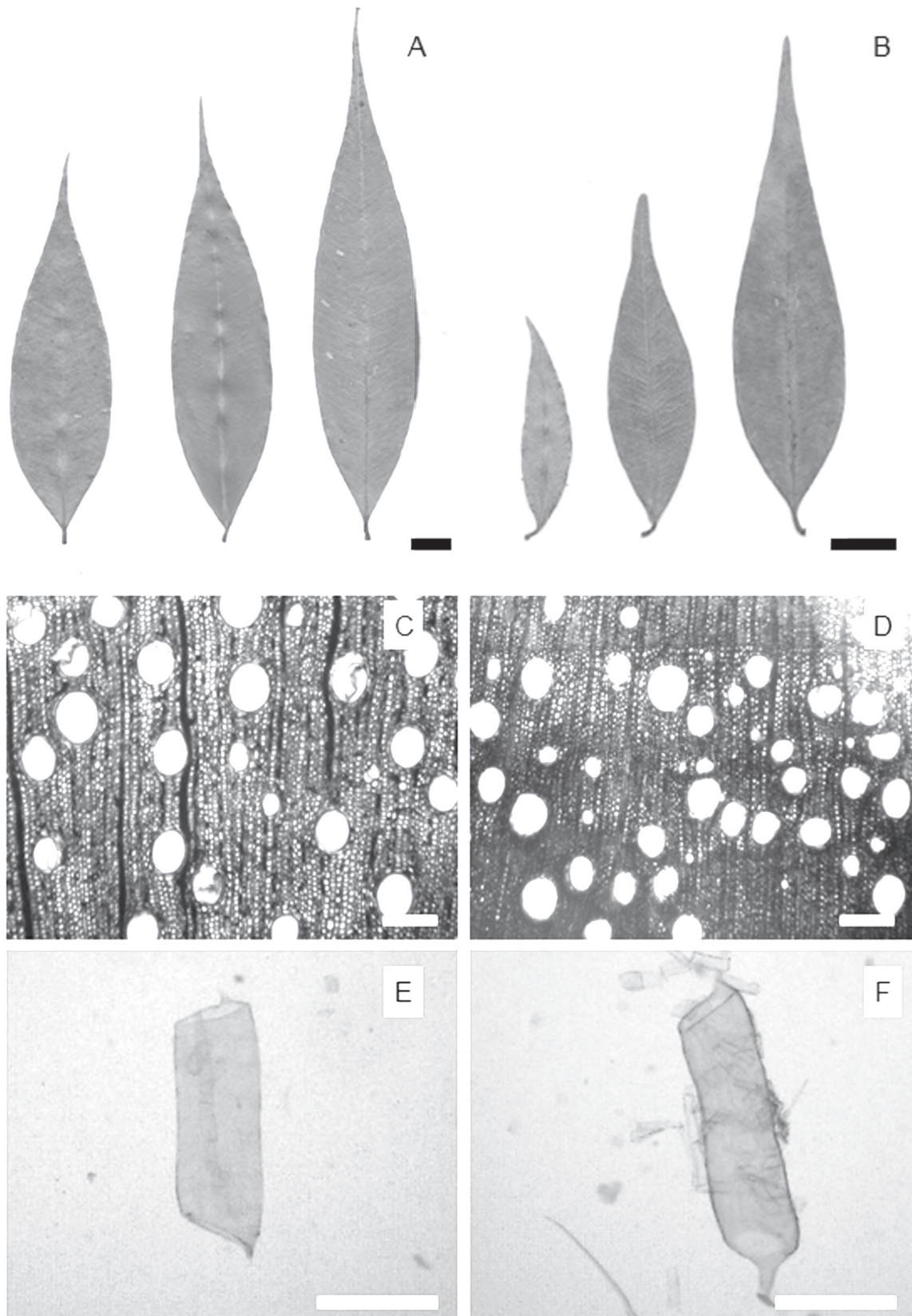
As médias dos valores de massa seca foliar foram maiores no ambiente de cerrado em comparação com as médias no ambiente florestal (Tab. 2). Para Valladares & Niinemets (2008), a variável massa seca foliar está diretamente ligada às respostas das plantas às diferentes condições de luminosidade. As diferenças apresentadas por *Myrcia splendens* sugerem variações estratégicas para uso do recurso luminoso disponível em cada ambiente (Baraloto *et al.* 2010; Grime *et al.* 1997; Hodgson *et al.* 1999), uma vez que no ambiente florestal há o efeito das árvores vizinhas, de maior porte, que lhe impõem certo nível de sombreamento.

A média dos valores apresentados de área foliar no ambiente florestal foi três vezes maior que a observada no ambiente de cerrado (Tab. 2 e Fig. 2). Apesar de menores áreas foliares estarem associadas a um aumento da espessura da lâmina (Fahn & Cutler 1992), a regressão linear mostrou relação positiva, porém fraca entre essas duas variáveis foliares para as populações de *M. splendens* estudadas ($r^2 = 0,2$, $F_{1,98} = 22,97$, $p < 0,001$). Os valores observados nas variáveis comprimento, largura e espessura foliar foram maiores no ambiente florestal, sendo para floresta ombrófila obtido um comprimento médio de 120,78 mm, largura média 26,39 mm e espessura média de 0,27 mm, enquanto para campo cerrado os valores médios foram

58,55 mm de comprimento, 15,30 mm de largura e 0,23 mm de espessura. (Tab. 1). Pianka (1978) ressalta que o tamanho das folhas resulta da interação de outros fatores, além da predominância dos ventos, como a intensidade luminosa incidente (Cutter 2002), a disponibilidade hídrica em níveis mais elevados da copa (Evert 2006) e a herbivoria (Cornelissen & Fernandes 2003).

A área específica foliar também mostrou diferença entre as populações, com valor médio em floresta ombrófila (74,18) três vezes superior ao obtido em campo cerrado (21,5) (Tab. 2). Os valores encontrados para *M. splendens* sugerem que existe uma ligação intrínseca entre fatores nutricionais edáficos e caracteres morfológicos observados, o que corrobora os dados encontrados por Melo Júnior *et al.* (2011) em estudo com *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae) em diferentes condições edáficas de cerrado sul-brasileiro. Os solos apresentam diferenças contrastantes nas fisionomias estudadas e, conseqüentemente, diferenças nas características minerais. Assim, as condições gerais de fertilidade do solo, representadas pela saturação por bases e pela capacidade de troca catiônica (Ronquim 2010), constituem importante aspecto relacionado às estratégias de produtividade das plantas e expressas pela área específica foliar (Niklas & Christianson 2011). O maior valor de área específica foliar exibido pela população de floresta indica maior investimento das plantas em produção fotossintética (Vendramini *et al.* 2002), enquanto o menor valor, exibido pela população de cerrado, é indicativo do maior desenvolvimento de tecidos esclerenquimáticos (Turner 1994).

A grande variação da massa seca, assim como da área específica foliar, sugere estratégias funcionais diferentes para ambientes distintos de desenvolvimento. Proporcionalmente, a associação entre a espessura foliar e o teor de massa seca demonstra um maior investimento da folha em tecidos mecânicos no cerrado, enquanto no ambiente florestal, mais sombreado, a espessura foliar decorre do possível incremento do tecido parenquimático para melhor aproveitamento da luz difusa. Em áreas mais sombreadas, pode ocorrer a maximização do aproveitamento



Figs. 2 A-F. Características foliares e do lenho distintas entre as populações de *Myrcia splendens* **A, C, E.** floresta; **B, D, F.** cerrado. **A, B.** folhas expandidas evidenciando, da esquerda para direita, menor área, área média e maior área foliar encontrada em cada ambiente; **C-F.** Características anatômicas do lenho; **C, D.** variação na frequência e diâmetro tangencial dos vasos; **E, F.** comprimento do elemento de vaso. Barras: **Figs. 2 A, B** = 1 cm; **Figs. 2 C-E** = 200 μm.

da energia luminosa, possivelmente, diminuindo o efeito da sobreposição das folhas de um mesmo ramo (Musil *et al.* 2002). Faleiro (2006), em estudo com cinco espécies em matas de galeria e campo cerrado, aponta que as maiores áreas foliares em plantas de matas de galeria maximizam o aproveitamento da energia luminosa e podem apresentar alta transpiração, mas essa é compensada pela alta disponibilidade hídrica do solo.

A densidade foliar mostrou-se mais expressiva na população de floresta, com valor médio de $0,24 \text{ mm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, e inferior em cerrado, com valor médio de $0,18 \text{ mm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ (Tab. 2). Os maiores valores para a densidade foliar no ambiente florestal são resultantes dos dados gerais das folhas encontrados nas variáveis analisadas neste estudo para *Myrcia splendens*. A densidade foliar pode caracterizar o desempenho ecofisiológico de espécies vegetais em ambientes com diferente disponibilidade de recursos (Xiong *et al.* 2016).

Para os caracteres anatômicos do lenho avaliados, o comprimento dos elementos de vaso foi o único que não apresentou diferença significativa entre os ambientes estudados, sendo $41,99 \mu\text{m}$ na floresta e $39,58 \mu\text{m}$ no cerrado (Tab. 2 e Fig. 2). Os valores observados para essas características corroboram estudos realizados por Marcati *et al.* (2001), que, trabalhando anatomia de lenho com *Copaifera langsdorffi* Desf. (Fabaceae) em ambientes de floresta e cerrado, também não obtiveram variações significativas no comprimento dos vasos.

A frequência dos vasos apresentou diferenças entre as fisionomias, sendo mais numerosos em cerrado (Tab. 2 e Fig. 2). Os diâmetros tangenciais dos vasos mostram valores de $181,21 \mu\text{m}$ em floresta e $124,79 \mu\text{m}$ em cerrado (Tab. 2). Estes valores corroboram os dados encontrados em Inside Wood para o gênero *Myrcia* (Wheeler 2011). Valores como os encontrados em cerrado respaldam o esperado para ambientes mais áridos, onde essas características atuam como adaptações à garantia do fluxo hídrico (Baas *et al.* 1983, Baas & Carlquist 1985). Plantas em ambientes secos e muito ensolarados como os do ambiente de cerrado são propícias à embolia, o que está diretamente relacionado à disponibilidade hídrica (Carlquist 1984, Caquet *et al.* 2009, Lima *et al.* 2009, Choat *et al.* 2011). Desta maneira, os vasos de diâmetros reduzidos observados nos indivíduos de *Myrcia splendens* de cerrado aumentam a eficiência no transporte hídrico uma vez que reduzem a possibilidade de ruptura da coluna d'água (Zimmermann 1983), corroborando o padrão encontrado para outras espécies de cerrado (Marcati *et al.* 2001, Melo Jr. *et al.* 2011).

O índice de vulnerabilidade calculado para as populações de *Myrcia splendens* mostrou diferenças expressivas entre a floresta e o cerrado, com valor inferior em floresta (0,05) e superior em cerrado (0,10) (Tab. 2). Valores elevados do índice de vulnerabilidade indicam maior propensão à embolia e, conseqüentemente, à interrupção do fluxo de água (Carlquist 1977), como o aqui encontrado para as plantas de cerrado. Os resultados obtidos para *M. splendens* mostram que há uma menor propensão à embolia no lenho

dos indivíduos desenvolvidos no ambiente florestal do que aqueles habitando o cerrado, o que acentua o potencial de condutividade hidráulica nos indivíduos florestais.

Fatores como intensidade luminosa, seca, inundação, altitude, latitude, constituição do solo e poluição podem alterar significativamente a estrutura anatômica do xilema secundário (Costa *et al.* 2009). Os atributos do lenho avaliados demonstram que existe uma variação intraespecífica no xilema secundário de *M. splendens* para lidar com as diversas pressões ambientais próprias de cada fisionomia estudada. Tal variação representa uma estratégia para reduzir a vulnerabilidade do sistema hidrocondutor, uma vez que alia a segurança proporcionada por vasos estreitos com a eficiência condutiva (Carlquist 2001).

O conjunto dos dados obtidos neste estudo, caracterizado pela elevada amplitude de respostas plásticas exibidas pelas populações da espécie *M. splendens*, demonstra que as dificuldades relatadas pelos trabalhos taxonômicos envolvendo o gênero *Myrcia* podem estar intimamente associadas à alta plasticidade fenotípica que suas espécies possuem. Dessa forma, implica diretamente na grande distribuição em diferentes ecossistemas brasileiros e, por conseguinte, na produção de variações estruturais que contribuem para a melhor e mais eficiente alocação de recursos disponíveis nos habitats que coloniza. Outrossim, estudos morfoanatômicos de órgãos vegetativos podem auxiliar na elucidação de questões taxonômicas, contribuindo na distinção da flora e possibilitando caracterizações mais assertivas dos biomas estudados.

REFERÊNCIAS

- Amorim, B.S. & Alves, M. 2011. Flora da Usina São José, Igarassu, Pernambuco: Myrtaceae. Rodriguésia 62:499-514.
- Aranda, I., Pardo, F., Gil, L. & Pardos, J.A. 2004. Anatomical basis of the change in leaf mass per area and nitrogen investment with relative irradiance within the canopy of eight temperate tree species. Acta Oecologica 25:187-195.
- Baas, P. & Carlquist, S. 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of Southern California and Israel. IAWA Bulletin New Series 6(4):141-159.
- Baas, P., Werker, E.E. & Fahn, A. 1983. Some ecological trends in vessel characters. IAWA Bulletin New Series 4:141-159.
- Backes, P. & Irgang, B. 2004. Mata Atlântica. As árvores e a paisagem. Paisagem do Sul, Porto Alegre. 396p.
- Baraloto, C., Paine, C.E.T., Patino, S., Bonal, D., Herault, B. & Chave, J. 2010. Functional trait variation and sampling strategies in species rich plant communities. Functional Ecology 24:208-216.
- Barroso, G.M. 1984. Sistemática de angiospermas do Brasil. Editora Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2. 377p.
- Barroso, G.M., Peixoto, A.L., Costa, C.G., Ichaso, C.L. & Lima, H.C. 1984. *Myrtaceae*. Sistemática das Angiospermas do Brasil. Editora Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 377p.
- Barroso, G.M. & Peron, M. 1994. *Myrtaceae*. In Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Nova Friburgo, Rio de Janeiro. Aspectos florísticos das espécies vasculares, v. 1 (P.M.P. Lima & R.R. Guedes-Bruni eds.). Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 259-302.
- Braga, C.S., Barbosa, V.H.B., Gazzola, C.E., Dias, H.C.T. 2009. Relação entre área basal e a precipitação efetiva em um fragmento de Mata Atlântica na Zona da Mata norte mineira. In Seminário de Recursos hídricos da bacia do Paraíba do Sul: recuperação de áreas degradadas, serviços ambientais e sustentabilidade, Taubaté, p. 661-665.

- Caquet, B., Barigah, T., Cochard, H., Montpied, P., Collet, C., Dreyer, E. & Epron, D. 2009. Hydraulic properties of naturally regenerated beech saplings respond to canopy opening. *Tree Physiology* 29:1395-1405.
- Carlquist, S. 1975. Ecological strategies in xylem evolution. University of California Press, Berkeley. 259p.
- _____. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *American Journal of Botany* 64(7):887-896.
- _____. 1984. Vessel grouping in dicotyledon wood: significance and relationship to imperforate tracheary elements. *Aliso* 10:505-525
- _____. 2001. Comparative wood anatomy: systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood. Springer-Verlag, Berlin. 436p.
- Carvalho, P.E.R. 2008. Espécies arbóreas brasileiras. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Informação Tecnológica, Brasília. 593 p.
- Castro, E.M., Pereira, F. J. & Paiva, R. 2009. Histologia Vegetal: Estrutura e Função de Órgãos Vegetativos Universidade Federal de Lavras, Lavras. 234 p.
- Choat, B., Medek, D.E., Stuart, S.A., Pasquet-Kok, J., Egerton, J.J.G., Salari, H., Sack, L. & Ball, M. 2011. Xylem traits mediate a trade-off between resistance to freeze-thaw-induced embolism and photosynthetic capacity in overwintering evergreens. *New Phytologist* 191:996-1005
- Climate-Data. 2014. Clima. Disponível em: <http://pt.climate-data.org>. Acessado em 02.08.2014.
- Cornelissen, T.G. & Fernandes, W. 2003. Insetos herbívoros e plantas de inimigos a parceiros? *Ciência Hoje* 32:24-30.
- Costa, T.C.C., Oliveira, M.A.J., Accioly, L.J.O. & Silva, F.H.B.B. 2009. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental* 13:961-974.
- Coutinho, L. M. 1978. O conceito de Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1:17-23.
- Cutter, E.G. 2002. Anatomia Vegetal. Parte I – Células e tecidos. Ed. Roca, São Paulo. 304p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. EMBRAPA, Brasília., 353 p.
- Evert, R.F. 2006. Esau's plant anatomy: meristems, cells and tissues of plant body: their structure, function and development. John Wiley & Sons, New Jersey. 176p.
- Fahn, A. & Cutler, D. 1992. Xerophytes. Gebruder Borntraeger, Berlin. 176p.
- Faleiro, W. 2006. Morfologia foliar em plantas de cinco fisionomias de cerrado do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, GO. *Unimontes Científica* 8(1):107-116.
- Ferreirinha, M.P. 1958. Elementos de anatomia de madeiras folhosas portuguesas. Memórias da Junta de Investigação do Ultramar, Lisboa. 89 p.
- Gentry, A. 1988. Changes in plant community Diversity and Floristic composition on environmental and geographical gradients. *In Annals of the Missouri Botanical Garden* 35:1-34.
- Givnish, T.J. 1988. Adaptation to sun and shade: a wholeplant perspective. *Australian Journal of Plant Physiology* 15:63-92.
- Govaerts, R., Sobral, M., Ashton, P., Barrie, F., Holst, B.K., Landrum, L.L., Matsumoto, K., Mazine, F.F., Lughadha, E.N., Proença, C., Soares-silva, L.H., Wilson, P.G. & Lucas, E. 2014. World Check-List of *Myrtaceae*. Facilitado pelo Royal Botanic Gardens, Kew. Disponível em: <http://apps.kew.org/wcsp/>. Acessado em 22.07.2014.
- Grime, J.P., Thompson, K., Hunt, R., Hodgson, J.G., Cornelissen, J.H.C. & Rorison, H.I. 1997. Integrated screening validates primary axes of specialization in plants. *Oikos* 79:259-281.
- Hanba, Y.T., Kogami, H. & Terashima, L. 2002. The effects of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. *Plant Cell and Environment* 25(8):1021-1030.
- Hodgson, J.G., Wilson, P.J., Hunt, R., Grime, J.P. & Thompson, K. 1999. Allocating C-S-R plant functional types: a soft approach to a hard problem. *Oikos* 85:282-294.
- IAWA Committee. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin* 10:219-332.
- Johansen, D.A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill, New York. 523 p.
- Kawasaki, M.L. 1989. Flora da Serra do Cipó, MG, Brasil: *Myrtaceae*. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 11:121-170.
- Kelly, J., Jose, S., Nichols, J.D. & Bristow, M. 2009. Growth and physiological response of six Australian rainforest tree species to a light gradient. *Forest Ecology and Management*, 257(1):287-293.
- Kraus, J.E. & Arduin, M. 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Editora da Universidade. Seropédica, Rio de Janeiro. 198p.
- Landrum, L.R. & Kawasaki, M.L. 1997. The genera of *Myrtaceae* in Brazil: an illustrated synoptic treatment and identification keys. *Brittonia* 49(4):508-536.
- Legendre, P. & Legendre, L. 2012. Developments in environmental modelling. *Numerical Ecology* 24:1-990.
- Legrand, C.D. & Klein, R.M. 1969. *Myrcia* DC. (Fasc. Mirt.). *In Flora Ilustrada Catarinense* (R. Reitz, ed.), p 219-330.
- Lima, R.S., Oliveira, P.L. & Rodrigues, L.R. 2009. Anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae-Mimosoideae) ocorrente em dois ambientes. *Revista Brasileira de Botânica* 32:361-374.
- Lorenzi, H. 1998. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Plantarum, Nova Odessa. 352p.
- Marcatti, C.R., Angyalossy-alfonso, V. & Benetati, L. 2001. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae) de floresta e cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 24:311-320.
- McVaugh, R. 1968. The genera of American *Myrtaceae* - an interim report. *Taxon* 17:354-418.
- McVaugh, R. 1969. Flora of the Guayana Highland - Myrtaceae. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 18:55-286.
- Melo Júnior, J.C.F., Ceccantini, G. & Bona, C. 2011. Anatomia ecológica do lenho de *Copaifera langsdorffii* Dsf. (Leguminosae) distribuída em diferentes condições edáficas do cerrado sul-brasileiro. *Iheringia, Série. Botânica* 66(2) 186-200.
- Musil, C.F., Chimphango, S.B.M. & Dakora, F.D. 2002. Effects of Elevated Ultraviolet-B Radiation on Native and Cultivated Plants of Southern Africa. *Annals of Botany* 90:127-137.
- Niklas, K.J. & Christianson, M.L. 2011. Differences in the scaling of area and mass of *Ginkgo biloba* (Ginkgoaceae) leaves and their relevance to the study of specific leaf area. *Botany* 98:1381-1386.
- Paiva, J.G.A., Fank-de-carvalho, S.M., Magalhaes, M.P. & Ribeiro, D. 2006. Verniz vitral incolor 500®: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. *Acta Botânica Brasileira* 20(2):257-264.
- Pianka, E.R. 1978. *Evolutionary Ecology*. Harper and Row Publishers, New York. 397p.
- Pigliucci, M. 2001. *Phenotypic Plasticity: Beyond Nature and Nurture*. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 328p.
- Rôças, G., Barros, C.F. & Scarano, F.R. 1997. Leaf anatomy plasticity of *Alchornea triplinervia* (Euphorbiaceae) under distinct light regimes in a Brazilian montane Atlantic rain forest. *Trees* 11:469-473.
- Ronquim, C.C. 2010. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Embrapa monitoramento por satélite, Campinas. *Boletim de pesquisas e desenvolvimento*. 30p.
- Salimon, C.I. & Negrelle, R.R.B. 2001. Natural Regeneration in a Quaternary Coastal Plain in Southern Brazilian Atlantic Rain Forest. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 44(2):155-163.
- Sanches, L., Valentini, C.M.A., Biudes, M.C. & Nogueira, J.S. 2009. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13(2):183-189.
- Sass, J.E. 1958. *Botanical microtechnique*. The Iowa State University Press, Ames. 228p.
- Schlichting, C.D. 1986. The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annual Review of Ecology & Systematics* 17:667-693.
- _____. 2002. Phenotypic plasticity in plants. *Plant Species Biology* 17:85-88.
- Schlichting, C.D. & Wund M.A. 2014. Phenotypic plasticity and epigenetic marking: an assessment of evidence for genetic accommodation. *Evolution* 68(3):656-672.
- Schlüter, U., Muschak M., Berger D. & Altmann T. 2003. Photosynthetic performance of an *Arabidopsis* mutant with elevated stomatal density (sdd1-1) under different light regimes. *Journal of Experimental Botany* 54:867-874.

- Sobral, M. 2007. A evolução do conhecimento taxonômico das angiospermas no Brasil (1990-2006) e um estudo de caso: a família Myrtaceae no município de Santa Teresa, Espírito Santo. Tese 185p, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Sobral, M., Proença, C., Souza, M., Mazine, F. & Lucas, E. 2014. *Myrtaceae*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB171>>. Acessado em: 29.07.2014
- Souza, M.C. 2005. *Myrtaceae* Juss. da restinga de Marambaia, RJ – Brasil. Dissertação 152 f. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro.
- Species Link. 2015. SpeciesBase. Disponível em: <http://www.splink.org.br>. Acessado em: 01.07.2015.
- Stehmann, J.R., Forzza, R.C., Sobral, M. & Kamino, L.H.Y. 2009. Gimnospermas e Angiospermas. In J. Stheman, R.C. Forzza, A. Salino, M. Sobral, D.P. Costa, & L.H.Y. Kamino Plantas da Floresta Atlântica. Rio de Janeiro. p.27-37.
- Sultan, S.E. 2003. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. *Evolution and Development* 5:25-33.
- Turner, J.M. 1994. Sclerophylly: primarily protective? *Functional Ecology* 8:669-675.
- Valladares, F., Dobarro, I., Sánchez-Gómez, D. & Pearcy, R.W. 2005. Photoinhibition and drought in Mediterranean woody saplings: scaling effects and interactions in sun and shade phenotypes. *Journal of Experimental Botany* 56:483-494.
- Valladares, F., Wright, S.J., Lasso, E., Kitajima, K. & Pearcy, R.W. 2000. Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a panamanian rainforest. *Ecology* (81): 1925-1936.
- Valladares, F., Sanches-Goems, D. & Zavala, M.A. 2006. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. *Journal of Ecology* 94:1103-1116.
- Valladares, F. & Niinemets, U. 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* (39):237-257.
- Veloso, H.P., Rangel filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro. 123p.
- Vendramini, F., Díaz S., Gurvich D. E., Wilson P.J., Thompson, K. & Hodgson, J. G. 2002. Leaf traits as indicators of resource-use strategy in flora with succulent species. *New Phytologist* 154:147-157.
- Via, S. 1993. Adaptive phenotypic plasticity: target or by-product of selection in a variable environment. *The American Naturalist* 142:352-365.
- Via, S., Gomulkiewicz, R., De Jong, G., Scheiner, S.M., Schlichting, C.D. & Van Tienderen, P.H. 1995. Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy. *Trends in Ecology & Evolution* 10:212-217.
- Xiong, D., Wang, D., Liu, X., Peng, S., Huang, J. & Li, Y. 2016. Leaf density explains variation in leaf mass per area in rice between cultivars and nitrogen treatments. *Annals of Botany* 117(6):963-971.
- Wheeler, E.A. 2011. Inside Wood - a web resource for hardwood anatomy. *IAWA Journal* 32(2):199-211.
- Wilson, P.G., O'Brien, M.M., Heslewood, M.M. & Quinn, C.J. 2005. Relationships within *Myrtaceae sensu lato* based on a matk phylogeny. *Plant Systematic and Evolution* 251:3-19
- Witkowski, E.T.F. & Lamont B.B. 1991. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia* 88:486-493.
- Wund, M.A. 2012. Assessing the Impacts of Phenotypic Plasticity on Evolution. *Integrative and Comparative Biology* 52:5-15.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4 ed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 663p.
- Zimmermann, M.H. 1983. *Xylem structure and the ascent of sap*. Springer Verlag, Berlin. 127p.