

ANÁLISE COMPARATIVA DA ANATOMIA DA MADEIRA DE 41 ESPÉCIES DE RUBIACEAE SOB ENFOQUE TAXONÔMICO

TALITA BALDIN¹, ANELISE MARTA SIEGLOCH², JOSÉ NEWTON CARDOSO MARCHIORI³
e LUCIANO DENARDI⁴

Summary: Comparative analysis of wood anatomy in forty one species of Rubiaceae with taxonomic emphasis. Rubiaceae is one of the most complex families from a taxonomic point of view, a fact proven by the numerous changes occurring over the years in their internal organization. Based on a literature review, this study investigates the wood of 41 species and utilizes multivariate analysis to verify group formation and placement of species in the subfamilies Ixoroideae, Rubioideae and Cinchonoideae. It can be seen that the group presents structurally homogeneous due to the large number of shared anatomical characters, a fact that has often been stated by others. The species do not completely group according to their subfamilies. The analysis also suggests the change of *Calycophyllum* genera for Cinchonoideae subfamily while the species *Calycophyllum* remain united in the dendrogram, demonstrating the homogeneity of the genera.

Key words: Cluster analysis, wood anatomy, Cinchonoideae, Ixoroideae, Rubioideae, taxonomy.

Resumo: Rubiaceae é uma das famílias mais complexas do ponto de vista taxonômico, fato comprovado pelas inúmeras alterações ocorrentes ao longo dos anos na sua organização interna. O presente estudo investiga a madeira de 41 espécies, com base na revisão de literatura e verifica através da análise multivariada a formação de grupos e posicionamento das espécies nas subfamílias Ixoroideae, Rubioideae e Cinchonoideae. Pode-se verificar que o grupo apresenta-se estruturalmente homogêneo, devido ao grande número de caracteres anatômicos compartilhados, como já havia sido afirmado por muitos pesquisadores da área. As espécies não se agruparam totalmente de acordo com suas subfamílias. A análise também se mostra favorável a passagem do gênero *Calycophyllum* para a subfamília Cinchonoideae e as espécies de *Calycophyllum* permanecem unidas no dendrograma, evidenciando a homogeneidade do gênero.

Palavras chave: Análise de agrupamento, anatomia da madeira, Cinchonoideae, Ixoroideae, Rubioideae, taxonomia.

INTRODUÇÃO

A família Rubiaceae Juss., é a quarta em número de espécies no mundo, superada apenas por Orchidaceae Juss., Asteraceae Bercht. & J.Presl

e Fabaceae Lindl. (Judd *et al.*, 2009). De grande representatividade entre as Angiospermas, reúne cerca de 650 gêneros e 13.000 espécies (Delprete & Jardim, 2012), localizadas nas regiões mais quentes do globo, principalmente nos trópicos, onde se encontram mais de 75% das mesmas (Chiquieri *et al.*, 2004).

As inúmeras tentativas de reestruturação da família, verificadas ao longo dos anos, comprovam sua alta complexidade do ponto de vista taxonômico. A classificação sistemática define que a família Rubiaceae pertence ao grupo das *Asteridae*, subgrupo das *Euasteridae* I, ordem *Gentianales* (APG III, 2009). Pesquisas filogenéticas recentes, com base em dados moleculares, sugerem a sua segregação em três subfamílias: Rubioideae, Cinchonoideae e

¹ Doutoranda no programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. talita.baldin@hotmail.com

² Doutoranda no programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. anesiegloch@yahoo.com.br

³ Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais na Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. marchiori@pq.cnpq.br

⁴ Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. lucianodenardi@yahoo.com.br

Ixoroideae, e, até o presente momento, 42 tribos foram catalogadas. Tais concepções são igualmente referidas por pesquisadores dedicados à resolução de problemas taxonômicos na família, tais como: Andersson (1995), Bremer *et al.* (1995), Delprete (1996), Lens *et al.* (2000), Jansen *et al.* (2002), Robbrecht & Manen (2006), Bremer & Eriksson (2009) e Delprete & Jardim (2012).

Apesar das numerosas pesquisas correlatas à família Rubiaceae, a interpretação dos relacionamentos entre as diferentes espécies ainda está longe de consenso, evidenciando a necessidade de estudos mais aprofundados. Corroborando o exposto, Bremer (2009) salienta que para uma classificação mais definitiva e o melhor entendimento das circunscrições dos subgrupos, torna-se necessária a análise de um número maior de gêneros, cabendo salientar que, até o presente, mais de 200 ainda não foram abordados em estudos moleculares, morfológicos e anatômicos.

Vale lembrar que a anatomia da madeira tem sido empregada em diversos sistemas de classificação vegetal, tais como os de Takhtajan, como os de Gleason & Cronquist (1968), Takhtajan (1980) e Cronquist (1988), que se valeram de caracteres anatômicos como complemento ao estudo da taxonomia e filogenia das plantas. Em Rubiaceae, investigações dessa natureza demonstraram, claramente, a importância do lenho para a separação das taxa (Lens *et al.*, 2000). No presente estudo foi analisada a anatomia da madeira de 41 espécies de Rubiaceae, com o uso da análise de agrupamento (taxonomia numérica), para verificar a formação de grupos de afinidades anatômicas, enfatizando a opinião da anatomia da madeira nas classificações recentes da família.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo foram compiladas características anatômicas do lenho de 41 espécies de Rubiaceae (10 espécies brasileiras e 31 espécies venezuelanas), das subfamílias Ixoroideae (19 sp.), Rubioideae (9 sp.), e Cinchonoideae (13 sp.), disponíveis em periódicos científicos (Tabela 1), em publicações de Marchiori (1987), Callado & Silva Neto (2003), Pollito & Tomazello (2006), Coelho *et al.* (2012), León (2011), Sieglösch *et al.* (2011) e Baldin & Marchiori (2015, 2015a, b).

Para comparar e reunir tais espécies em grupos

de afinidade anatômicas, realizou-se a análise de agrupamento hierárquica aglomerativa, com base nas características com ocorrência entre as espécies, de valor taxonômico e considerados como típicos de Rubiaceae por Record & Hess (1949), Metcalfe & Chalk (1972), Koek-Noorman (1977) e Jansen *et al.* (2002). Salienta-se que os caracteres ocorrentes em 100% dos exemplares foram excluídos da análise (Tabela 2).

Tal análise foi gerada a partir de uma matriz de distância de dissimilaridade de Jaccard, utilizando-se para a geração dos grupos o método de peso proporcional (Unweighted Pair-Group Method using Arithmetical Averages - UPGMA). Para a validação do dendrograma, calculou-se o coeficiente de correlação cofenético (r). Os dados e análises foram processados no software R (R Development Core Team 2011), pacote *vegan* (Oksanen *et al.*, 2012).

Para verificar quais são as variáveis anatômicas de cunho quantitativo que mais explicam a variância dos dados e importantes para a separação das espécies, foi realizado uma análise multivariada discriminante, por meio do software *The Unscrambler*. Os dados anatômicos quantitativos foram submetidos ao processo de normalização, e, posteriormente, submetidos à análise de componentes principais (ACP), analisando-se as covariâncias e as correlações baseadas nas raízes (ou valores) das variáveis e em seus vetores, considerando as duas primeiras raízes extraídas, por apresentarem os maiores autovalores (Ayres *et al.*, 2000).

Todos os nomes científicos referenciados na pesquisa foram consultados no Ipni, The International Plant Names Index – www.ipni.org (acessado em 17.10.2015) e a classificação Botânica utilizada segue o APG III (2009).

RESULTADOS

Características anatômicas do lenho de 41 espécies de Rubiaceae

As características anatômicas qualitativas e quantitativas do lenho das espécies investigadas são reportadas na Tabela 3.

Análise comparativa

No dendrograma (Fig. 1), o nível de distância com que as espécies se afastam ou se aproximam de 1 pode ser lido diretamente na horizontal, em

T. Baldin *et al.* - Análise comparativa da anatomia da madeira de Rubiaceae

Tabela 1. Espécies de Rubiaceae utilizadas na análise de agrupamento e suas respectivas subfamílias.
Table 1. Rubiaceae species used in the cluster analysis and their subfamilies.

Subfamília	Espécie	Referência Consultada
Ixoroideae	<i>Calycophyllum spruceanum f. brasiliensis</i> K. Schum.	Baldin e Marchiori (2015)
	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) K. Schum.	Baldin e Marchiori (2015)
	<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) DC.	Baldin e Marchiori (2015a)
	<i>Calycophyllum multiflorum</i> Griseb.	Baldin e Marchiori (2015b)
	<i>Warszewiczia coccinea</i> Klotzsch	Léon (2011)
	<i>Posoqueria latifolia</i> Roem. & Schult.	Léon (2011)
	<i>Posoqueria panamensis</i> Walp.	Léon (2011)
	<i>Duroia fusifera</i> Hook. f. ex K. Schum.	Léon (2011)
	<i>Bertiera guianensis</i> Aubl.	Léon (2011)
	<i>Amaioua corymbosa</i> Kunth.	Léon (2011)
	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	Léon (2011)
	<i>Simira rubescens</i> (Benth.) Bremek. ex Steyerem.	Callado e Silva Neto (2003)
	<i>Simira glaziovii</i> (K. Schum.) Steyerem.	Callado e Silva Neto (2003)
	<i>Simira pikia</i> (K. Schum.) Steyerem.	Callado e Silva Neto (2003)
	<i>Simira rubra</i> (Mart.) Steyerem.	Callado e Silva Neto (2003)
	<i>Randia ferox</i> DC.	Marchiori (1987)
	<i>Chimarrhis cymosa</i> Jacq.	Léon (2011)
	<i>Genipa americana</i> L.	Léon (2011)
	<i>Alseis abatioides</i> H. Karst. ex K. Schum.	Léon (2011)
	Rubioideae	<i>Morinda peduncularis</i> Kunth
<i>Psychotria bernardii</i> Steyerem.		Léon (2011)
<i>Psychotria irwinii</i> Steyerem.		Léon (2011)
<i>Psychotria berteriana</i> DC.		Léon (2011)
<i>Psychotria poeppigiana</i> Mull. Arg.		Léon (2011)
<i>Pagamea capitata</i> Benth.		Léon (2011)
<i>Pagamea plicata</i> Benth.		Léon (2011)
<i>Rudgea crassiloba</i> B.L.Rob.		Léon (2011)
<i>Rudgea hostmanniana</i> Benth.	Léon (2011)	
Cinchonoideae	<i>Cephalanthus glabratus</i> K. Schum.	Siegloch <i>et al.</i> (2011)
	<i>Bathysa cuspidata</i> (St.- Hil.) Hook. f.	Coelho (2009)
	<i>Uncaria guianensis</i> F. Gmel.	Pollito e Tomazello (2006)
	<i>Uncaria tomentosa</i> DC.	Pollito e Tomazello (2006)
	<i>Chomelia venezuelensis</i> Steyerem.	Léon (2011)
	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl	Léon (2011)
	<i>Cosmibuena grandiflora</i> Rusby	Léon (2011)
	<i>Guettarda crispiflora</i> Vahl subsp. <i>poasana</i> (Standl.) C.M. Taylor	Léon (2011)
	<i>Guettarda elliptica</i> Sw.	Léon (2011)
	<i>Isertia hypoleuca</i> Benth.	Léon (2011)
	<i>Ladenbergia lambertiana</i> (A.Braun ex Mart.) Klotzsch	Léon (2011)
	<i>Remijia pacimonica</i> Standl.	Léon (2011)
	<i>Remijia densiflora</i> Benth.	Léon (2011)
Total	41 espécies	

dissimilaridade. Quanto maior o índice, menor a proximidade entre as espécies. O valor do coeficiente de correlação cofenético, de 0,73, de acordo com Valentin (2000), indica que o dendrograma é relevante na análise.

Análise de componentes principais (PCA)

A análise de componentes principais da matriz de dados dos caracteres anatômicos quantitativos apontou o primeiro componente como responsável por 61,27%, o segundo como 85,39% e o terceiro como 93,04% de toda a variância dos dados. Com três eixos foi possível explicar a relação entre os caracteres anatômicos quantitativos e as espécies de Rubiaceae investigadas (Fig. 2).

As espécies formaram 4 (G1, G2, G3 e G4) grupos distintos (Fig. 3) onde o peso de cada variável anatômica quantitativa, nos dois fatores de maior autovalor, ou seja, que melhor explicam a variação observada (Tabela 4).

DISCUSSÃO

Os resultados das análises evidenciaram variações significativas dos caracteres quantitativos da madeira, demonstrando sua eficácia na diferenciação das espécies florestais estudadas (Fig. 3). Os fatores que mais contribuíram com variância dos dados explicada na análise de componentes principais foram relativos ao comprimento de fibras, a altura dos raios e o comprimento dos elementos vasculares (Tabela 4).

A variação no comprimento das fibras entre as espécies é caráter esperando em análises anatômicas, posto que, a dimensão do tecido fibroso está altamente correlacionada com a idade da árvore. A estabilização do comprimento das fibras, conforme observado por Bisset & Dadswell (1950) somente irá ocorrer quando as células do câmbio atingirem comprimento máximo, iniciando a formação da madeira caracterizada como adulta.

Quanto à altura dos raios, Metcalfe & Chalk (1972) menciona o caráter como bastante variável em Rubiaceae. A variação na altura de raios pode ser igualmente reportada para as subfamílias Cinchonoideae, Ixoroideae e Rubioideae (Record & Hess, 1949).

As espécies foram agrupadas em quatro grupos principais: (G1), 3 espécies da subfamília

Tabela 2. Caracteres anatômicos de ocorrência nas espécies investigadas.
Table 2. Anatomical characters occurrence in species.

Caracteres Anatômicos	Porcentagem presença (%)
Anéis de crescimento distintos	39
Poros em arranjo radial	29.3
Poros muito pouco numerosos (≤ 5 poros/mm ²)	2.4
Poros pouco numerosos (5-20 poros/mm ²)	17.1
Poros numerosos (20-40 poros/mm ²)	17.1
Poros muito numerosos (40-100 poros/mm ²)	48.8
Poros extremamente numerosos (≥100 poros/mm ²)	14.6
Poros em sua maioria solitários	43.9
Conteúdo nos elementos vasculares	29.3
Pontoações intervasculares diminutas (≤ 4 µm)	53.6
Pontoações intervasculares pequenas (4-7 µm)	46.3
Pontoações intervasculares ornamentadas	39
Elementos vasculares médios 350-800 µm	85.4
Elementos vasculares longos ≥ 800 µm	14.6
Diâmetro dos EV muito pequeno ≤ 50 µm	24.4
Diâmetro dos EV pequeno 50-100 µm	61
Diâmetro dos EV médio 100-200 µm	9.7
Diâmetro EV grande ≥ 200 µm	4.9
Presença de parênquima axial	63.4
Raios heterogêneos	92.7
Raios pouco frequentes (4-12 raios/mm ²)	56.1
Raios frequentes (≥ 12 raios/mm ²)	44
Presença de células envoltantes de raio	17.1
Presença de células perfuradas de raio	53.6
Raios com até 500 µm de altura	17.1
Raios com 500-1000 µm de altura	61
Raios com ≥ 1000 µm de altura	22
Raios com até 50 µm de largura	83
Raios com ≥ 50 µm de largura	17.1
Areia Cristalina nos raios	14.6
Cristais nos raios	19.5
Conteúdo abundante nos raios	12.2
Fibrotraqueóides	58.5
Fibras septadas	48.8
Fibras curtas (900-1600 µm)	70.7
Fibras longas (≥ 1600 µm)	29.2

Tabela 3. Caracteres anatômicos presente (1) ou ausente (0) nas 41 espécies investigadas.

Table 3. Present anatomical characters (1). Absent character (0) in 41 species investigated.

Caracteres Anatômicos	<i>Calycophyllum spruceanum f. brasiliensis</i>	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	<i>Calycophyllum multiflorum</i>	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	<i>Warszewiczia coccinea</i>	<i>Posoqueria latifolia</i>	<i>Posoqueria panamensis</i>	<i>Duroia fusifera</i>	<i>Bertiera guianensis</i>	<i>Amaloua corymbosa</i>	<i>Amaloua guianensis</i>	<i>Simira rubescens</i>	<i>Simira glaziovii</i>	<i>Simira pikia</i>	<i>Simira rubra</i>	<i>Randia ferax</i>	<i>Chimarrhis cymosa</i>	<i>Genipa americana</i>	<i>Alseislatioides</i>	<i>Morinda peduncularis</i>	<i>Psychotria bernardii</i>
Anéis de crescimento distintos	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
Porosidade difusa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Poros em arranjo radial	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Poros muito pouco numerosos (≤ 5 poros/mm ²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Poros pouco numerosos (5-20 poros/mm ²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Poros numerosos (20-40 poros/mm ²)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Poros muito numerosos (40-100 poros/mm ²)	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
Poros extremamente numerosos (≥ 100 poros/mm ²)	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poros em sua maioria solitários	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
Conteúdo nos elementos vasculares	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
Placas de perfuração simples	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pontoações intervasculares diminutas (≤ 4 μ m)	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Pontoações intervasculares pequenas (4-7 μ m)	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Pontoações intervasculares ornamentadas	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Elementos vasculares curtos 350 μ m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elementos vasculares médios 350-800 μ m	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Elementos vasculares longos ≥ 800 μ m	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Diâmetro dos EV muito pequeno ≤ 50 μ m	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
Diâmetro dos EV pequeno 50-100 μ m	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
Diâmetro dos EV médio 100-200 μ m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Diâmetro EV grande ≥ 200 μ m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Presença de parênquima axial	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Raios heterogêneos	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Raios pouco frequentes (4-12 raios/mm ²)	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0
Raios frequentes (≥ 12 raios/mm ²)	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
Presença de células envolventes de raio	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Presença de células perfuradas de raio	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
Raios com até 500 μ m de altura	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Raios com 500-1000 μ m de altura	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
Raios com ≥ 1000 μ m de altura	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raios com até 50 μ m de largura	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
Raios com ≥ 50 μ m de largura	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Areia Cristalina nos raios	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Cristais nos raios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Conteúdo abundante nos raios	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibrotraqueóides	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
Fibras septadas	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
Fibras muito curtas (≤ 900 μ m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibras curtas (900-1600 μ m)	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0
Fibras longas (≥ 1600 μ m)	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1

Caracteres Anatômicos	<i>Psychotria irwinii</i>	<i>Psychotria poeppigiana</i>	<i>Psychotria berteriana</i>	<i>Pagamea capitata</i>	<i>Pagamea plicata</i>	<i>Rudgea crassiloba</i>	<i>Rudgea hostmanniana</i>	<i>Cephalanthus glabratus</i>	<i>Bathysa cuspidata</i>	<i>Uncaria guianensis</i>	<i>Uncaria tomentosa</i>	<i>Chomelia venezuelensis</i>	<i>Cinchona pubescens</i>	<i>Cosmibuena grandiflora</i>	<i>Guettarda crispiflora</i>	<i>Guettarda elliptica</i>	<i>Isertia hypoleuca</i>	<i>Ladenbergia lambertiana</i>	<i>Remijia densiflora</i>	<i>Remijia pacimonica</i>
Anéis de crescimento distintos	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Porosidade difusa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Poros em arranjo radial	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poros muito pouco numerosos (≤ 5 poros/mm²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poros pouco numerosos (5-20 poros/mm²)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
Poros numerosos (20-40 poros/mm²)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
Poros muito numerosos (40-100 poros/mm²)	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
Poros extremamente numerosos (≥100 poros/mm²)	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poros em sua maioria solitários	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Conteúdo nos elementos vasculares	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Placas de perfuração simples	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pontoações intervasculares diminutas (≤ 4 µm)	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Pontoações intervasculares pequenas (4-7 µm)	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
Pontoações intervasculares ornamentadas	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
Elementos vasculares curtos 350 µm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elementos vasculares médios 350-800 µm	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Elementos vasculares longos ≥ 800 µm	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diâmetro dos EV muito pequeno ≤ 50 µm	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diâmetro dos EV pequeno 50-100 µm	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1
Diâmetro dos EV médio 100-200 µm	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Diâmetro EV grande ≥ 200 µm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Presença de parênquima axial	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Raios heterogêneos	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Raios pouco frequentes (4-12 raios/mm²)	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Raios frequentes (≥ 12 raios/mm²)	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Presença de células envolventes de raio	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Presença de células perfuradas de raio	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
Raios com até 500 µm de altura	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Raios com 500-1000 µm de altura	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Raios com ≥ 1000 µm de altura	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raios com até 50 µm de largura	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Raios com ≥ 50 µm de largura	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Areia Cristalina nos raios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Cristais nos raios	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Conteúdo abundante nos raios	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibrotraqueóides	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Fibras septadas	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Fibras muito curtas (≤ 900 µm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibras curtas (900-1600 µm)	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fibras longas (≥ 1600 µm)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Onde: *C. s. f. brasiliensis* (*Calycophyllum spruceanum f. brasiliensis*), *C. candidissimum* (*Calycophyllum candidissimum*), *C. multiflorum* (*Calycophyllum multiflorum*), *C. spruceanum* (*Calycophyllum spruceanum*), *W. coccinea* (*Warszewiczia coccinea*), *P. latifolia* (*Posoqueria latifolia*), *P. panamensis* (*Posoqueria panamensis*), *D. fusifera* (*Duroia fusifera*), *B. guianensis* (*Bertiera guianensis*), *A. corymbosa* (*Amaioua corymbosa*), *A. guianensis* (*Amaioua guianensis*), *S. rubescens* (*Simira rubescens*), *S. glaziovii* (*Simira glaziovii*), *S. pikia* (*Simira pikia*), *S. rubra* (*Simira rubra*), *R. ferox* (*Randia ferox*), *C. cymosa* (*Chimarrhis cymosa*), *G. americana* (*Genipa americana*), *A. abatioides* (*Alseis abatioides*), *M. peduncularis* (*Morinda peduncularis*), *P. bernardii* (*Psychotria bernardii*), *P. irwinii* (*Psychotria irwinii*), *P. berteriana* (*Psychotria berteriana*), *P. poeppigiana* (*Psychotria poeppigiana*), *P. capitata* (*Pagamea capitata*), *P. plicata* (*Pagamea plicata*), *R. crassiloba* (*Rudgea crassiloba*), *R. hostmanniana* (*Rudgea hostmanniana*), *C. glabratus* (*Cephalanthus glabratus*), *B. cuspidata* (*Bathysa cuspidata*), *U. guianensis* (*Uncaria guianensis*), *U. tomentosa* (*Uncaria tomentosa*), *C. venezuelensis* (*Chomelia venezuelensis*), *C. pubescens* (*Cinchona pubescens*), *C. grandiflora* (*Cosmibuena grandiflora*), *G. crispiflora* (*Guettarda crispiflora* Vahl subsp. *poasana*), *G. elliptica* (*Guettarda elliptica*), *I. hypoleuca* (*Isertia hypoleuca*), *L. lambertiana* (*Ladenbergia lambertiana*), *R. pacimonica* (*Remijia pacimonica*), *R. densiflora* (*Remijia densiflora*).

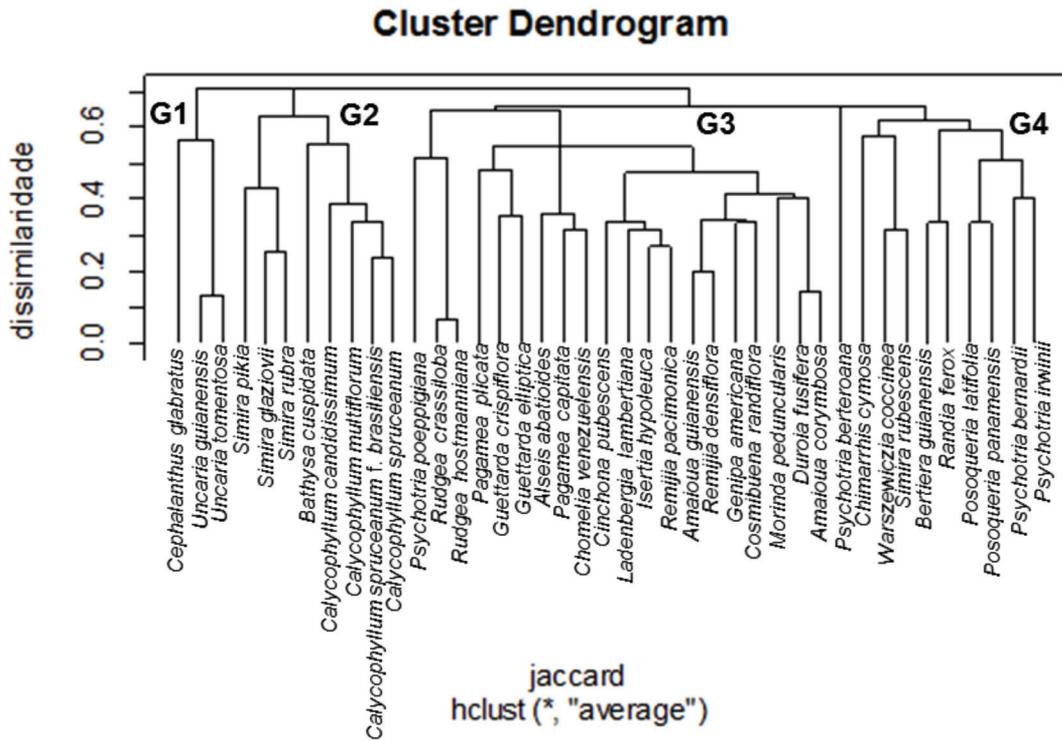


Fig. 1. Dendrograma de agrupamento, com base na distância de Jaccard e método UPGMA. Onde: G1, G2, G3 e G4 representam os grupos formados.

Fig. 1. Clustering dendrogram based on Jaccard distance and UPGMA. At where: G1, G2, G3 e G4 represent the formed groups.

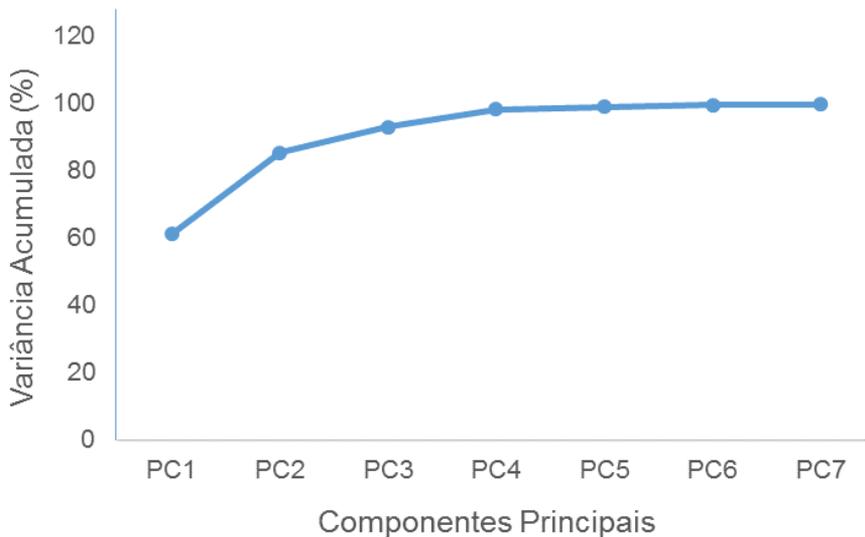


Fig. 2. Análise de componentes principais com base na matriz de caracteres anatômicos quantitativos em função das espécies investigadas.

Fig. 2. Principal component analysis based on the quantitative caracteres matrix for species.

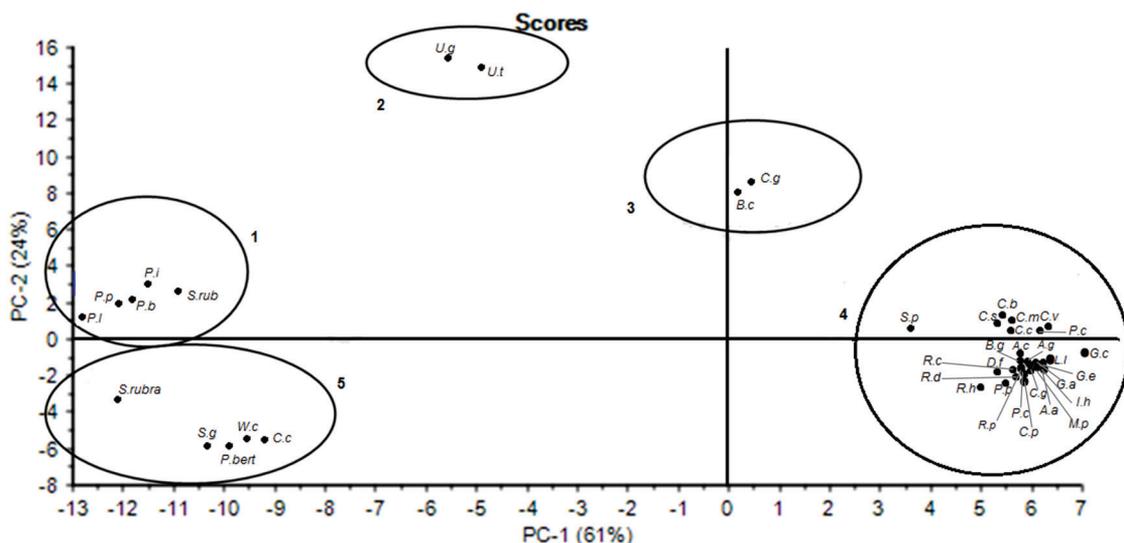


Fig.3. Análise de função discriminante com a indicação dos grupos de espécies constituídos pelas características anatômicas quantitativas. Onde 1: *P.l*: *Posoqueria latifolia*; *P.p*: *Posoqueria panamensis*; *P.b*: *Psychotria Bernardi*; *P.i*: *Psychotria irwinii* e *S.rub*: *Simira rubescens* 2: *U.g*: *Uncaria guaianensis* e *U.t*: *Uncaria tomentosa* 3: *C.g*: *Cephalanthus glabratus* e *B.c*: *Bathysa cuspidata* 4: *C.b*: *Calycophyllum spruceanum f. brasiliensis*; *C.c*: *Calycophyllum candidissimum*; *C.m*: *Calycophyllum multiflorum*; *C.s*: *Calycophyllum spruceanum*; *D.f*: *Duroia fusifera*; *B.g*: *Bertieria guianensis*; *A.c*: *Amaioua corymbosa*; *A.g*: *Amaioua guianensis*; *G.a*: *Genipa americana*; *A.a*: *Alseis abatioides*; *M.p*: *Morinda peduncularis*; *P.p*: *Psychotria poeppigiana*; *P.c*: *Pagamea capitata*; *P.p*: *Pagamea plicata*; *R.c*: *Rudgea crassiloba*; *R.h*: *Rudgea hostmanniana*; *S.p*: *Simira pikia*; *C.v*: *Chomelia venezuelensis*; *C.p*: *Cinchona pubescens*; *C.g*: *Cosmibuena grandiflora*; *G.c*: *Guettarda crispiflora*; *G.e*: *Guettarda elliptica*; *I.h*: *Isertia hypoleuca*; *L.l*: *Ladenbergia lambertiana*; *R.d*: *Remijia densiflora* e *R.p*: *Remijia pacimonica* 5: *S.g*: *Simira glaziovii*; *S.rubra*: *Simira rubra*; *P.b*: *Psychotria berteriana*; *W.c*: *Warszewiczia coccinea* e *C.c*: *Chimarrhis cymosa*.

Fig. 3. Discriminant function analysis with the indication of groups of species constitute by the quantitative characteristics. Where: *P.l*: *Posoqueria latifolia*; *P.p*: *Posoqueria panamensis*; *P.b*: *Psychotria Bernardi*; *P.i*: *Psychotria irwinii* e *S.rub*: *Simira rubescens* 2: *U.g*: *Uncaria guaianensis* e *U.t*: *Uncaria tomentosa* 3: *C.g*: *Cephalanthus glabratus* e *B.c*: *Bathysa cuspidata* 4: *C.b*: *Calycophyllum spruceanum f. brasiliensis*; *C.c*: *Calycophyllum candidissimum*; *C.m*: *Calycophyllum multiflorum*; *C.s*: *Calycophyllum spruceanum*; *D.f*: *Duroia fusifera*; *B.g*: *Bertieria guianensis*; *A.c*: *Amaioua corymbosa*; *A.g*: *Amaioua guianensis*; *G.a*: *Genipa americana*; *A.a*: *Alseis abatioides*; *M.p*: *Morinda peduncularis*; *P.p*: *Psychotria poeppigiana*; *P.c*: *Pagamea capitata*; *P.p*: *Pagamea plicata*; *R.c*: *Rudgea crassiloba*; *R.h*: *Rudgea hostmanniana*; *S.p*: *Simira pikia*; *C.v*: *Chomelia venezuelensis*; *C.p*: *Cinchona pubescens*; *C.g*: *Cosmibuena grandiflora*; *G.c*: *Guettarda crispiflora*; *G.e*: *Guettarda elliptica*; *I.h*: *Isertia hypoleuca*; *L.l*: *Ladenbergia lambertiana*; *R.d*: *Remijia densiflora* e *R.p*: *Remijia pacimonica* 5: *S.g*: *Simira glaziovii*; *S.rubra*: *Simira rubra*; *P.b*: *Psychotria berteriana*; *W.c*: *Warszewiczia coccinea* e *C.c*: *Chimarrhis cymosa*.

Cinchonoideae; (G2), por 8 espécies de Ixoroideae e Cinchonoideae; (G3), o maior grupo, constituído por 20 espécies, pertencentes as três subfamílias e (G4) por 10 representantes de Ixoroideae e Rubioideae (Fig. 1). Os grupos de espécies de afinidade anatômica não seguiram as recentes classificações

da família, não se reuniram, na totalidade, em suas respectivas subfamílias, demonstrando certa homogeneidade das características anatômicas.

No grupo G1, verificou-se a formação do agrupamento entre espécies de Cinchonoideae, onde *Uncaria guianensis* e *Uncaria tomentosa*, estão

Tabela 4. Fatores de peso dos caracteres anatômicos quantitativos na separação dos grupos de espécies pela análise de componentes principais.

Table 4. Loading factors of the quantitative characters in separation of the groups of species by Principal Component Analyses.

Caracteres anatômicos	PC1	PC2
Fibras longas ($\geq 1600 \mu\text{m}$)	0.657	0.400
Fibras curtas (900-1600 μm)	0.679	0.032
Raios com $\geq 1000 \mu\text{m}$ de altura	0.255	0.826
Raios com 500-1000 μm de altura	0.137	0.344
Elementos vasculares médios 350-800 μm	0.112	0.184

ligadas a uma similaridade de aproximadamente 0,55 com *Cephalanthus glabratus*. Embora pertencentes à mesma subfamília, poucos caracteres anatômicos são comuns às três espécies, caso de poros em sua maioria solitários, presença de parênquima axial, e raios altos, muito largos.

O grupo dois (G2) compreende *Simira pikia*, *S. glaziovii* e *S. rubra* (Ixoroideae), pertencentes à tribo Simireae, tribo considerada homogênea no tocante a estrutura anatômica do lenho (Callado & Silva Neto, 2003), o que corrobora a presente análise, como observado na Fig. 1, as espécies são altamente similares (agrupadas, a 0,4 de dissimilaridade). As três espécies do gênero *Simira* estão ligadas com *Bathysa cuspidata* (Cinchonoideae) e com as quatro espécies de *Calycophyllum* pertencente a Ixoroideae (*C. spruceanum* f. *brasiliense*, *C. candidissimum*, *C. multiflorum* e *C. spruceanum*).

Na presente análise, dendrograma (Fig. 1) ocorreu o agrupamento das espécies de *Calycophyllum*, pertencentes a tribo Condamineae, revelando a homogeneidade do gênero dentro da tribo à qual faz parte. Todavia, estudos de Koek-Noorman & Hogeweg (1974), com os gêneros *Bikkia*, *Morierina* e *Portandia*, mencionam a heterogeneidade de Condamineae no que se refere à composição anatômica da madeira.

No agrupamento de *Calycophyllum*, o menor valor de dissimilaridade (cerca de 0,2) é evidenciado

entre *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* e *C. spruceanum*; resultados que confirmam a conveniência da proposição de K. Schum. e Müll. Arg. (Chiquieri *et al.*, 2004), que consideraram o primeiro como variedade do segundo táxon. As características anatômicas que reforçam esse entendimento são: poros com diâmetro tangencial médio (50-100 μm), muito numerosos e em múltiplos radiais; raios heterogêneos, pouco frequentes, predominantemente trisseriados e tetraseriados.

No presente estudo, confirma-se, a homogeneidade das quatro espécies de *Calycophyllum* (Fig. 1), devido as características anatômicas compartilhadas: anéis de crescimento distintos, marcados visualizados por fibras de menor diâmetro radial e paredes mais espessas ao final do lenho tardio; porosidade difusa; poros muito numerosos a extremamente numerosos; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares pequenas e ornamentadas; raios heterogêneos, com até 1000 μm de altura, e 50 μm de largura, com células perfuradas, abundante areia cristalina e conteúdos; e fibras septadas médias, de paredes delgadas a espessas.

As espécies de *Calycophyllum* (*C. spruceanum* f. *brasiliensis*, *C. candidissimum*, *C. multiflorum*, *C. spruceanum*) pertencentes atualmente à subfamília Ixoroideae (Bremer & Jansen, 1991), na presente análise, juntam-se a *Bathysa cuspidata*, espécie da subfamília Cinchonoideae, devido ao compartilhamento de várias características anatômicas: porosidade difusa; poros muito numerosos e em arranjo radial; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares pequenas e ornamentadas; parênquima axial ausente; raios heterogêneos pouco frequentes, com abundante conteúdo em suas células; e fibras septadas médias.

Quanto à delimitação em nível de subfamília, todavia, o gênero *Calycophyllum* não atende aos padrões citados por Koek-Noorman (1977) e Jansen *et al.* (1997, 1999) para Ixoroideae: vasos solitários, ou menos comumente em pequenos múltiplos radiais, fibrotraqueóides, e parênquima axial difuso, difuso-em-agregados e em pequenas linhas marginais. Sobre este ponto, cabe salientar, que o gênero *Calycophyllum*, com base apenas nas características anatômicas, deveria permanecer na antiga subfamília Cinchonoideae, como o proposto inicialmente por Schumann (1891).

O mais abrangente eixo, corresponde ao grupo três (G3), apresenta cinco ramificações notavelmente distintas: A primeira, com representantes essencialmente de Rubioideae, tais como *Psychotria poeppigiana* e *Rudgea* (*R. crassiloba* e *R. hostmanniana*), agrupa suas espécies segundo as respectivas subfamílias, evidenciando o compartilhamento de grande parte dos caracteres anatômicos. As duas espécies do gênero *Rudgea* inclusive, são as mais similares dentro das 41 analisadas, com índice de 0,05.

Na segunda ramificação, *Pagamea plicata* (Rubioideae) distancia-se em cerca de 0,3 de *Guettarda crispiflora* e *G. elliptica* (Cinchonoideae). No segundo ramo, com o mesmo índice de dissimilaridade, agrupam-se *Alseis abatioides* (Ixoroideae) com *Pagamea capitata* (Rubioideae) e *Chomelia venezuelensis* (Cinchonoideae). A terceira ramificação evidente no grupo três, demonstra claramente a organização da subfamília Cinchonoideae, por *Cinchona pubescens*, *Isertia hypoleuca*, *Ladenbergia lambertiana*, *Remijia pacimonica*, com dissimilaridade de 0,3.

Na quarta ramificação a similaridade, respectivamente, entre espécies de Ixoroideae (*Amaioua guianensis* e *Genipa americana*) com Cinchonoideae (*Remijia densiflora* e *Cosmibuena randiflora*). A quinta e última ramificação agrupa *Morinda peduncularis* (Rubioideae) com *Duroia fusifera* e *Amaioua corymbosa*, ambas Ixoroideae.

No agrupamento quatro (G4) *Psychotria berteriana*, pertencente à subfamília Rubioideae, mostra um índice de dissimilaridade de 0,6, relativamente às demais espécies do gênero (*P. bernardii* e *P. irwinii*). A separação de *P. berteriana* pode ser explicada por caracteres anatômicos peculiares de sua madeira, que fogem à tendência geral para a família, tais como: poros pouco numerosos; pontoações intervasculares diminutas; elementos vasculares de diâmetro reduzido; raios muito altos e pouco frequentes, com presença de ráfides em suas células.

Cabe destacar na análise, a separação do gênero *Simira*, organizado em dois grupos distintos: em G2, *Simira glaziovii*, *S. pikia* e *S. rubra*; e em G4, *S. rubescens*. Essa separação decorre de diferenças anatômicas como: anéis de crescimento indistintos; poros em sua maioria solitários; elementos vasculares de tamanho médio, e com conteúdo em *S. rubescens*; poros em arranjo radial, e com

pontoações ornamentadas em *Simira glaziovii*, *S. pikia* e *S. rubra*.

No grupo G3 e G4 verifica-se, ainda, a proximidade de Ixoroideae e Rubioideae, o que justifica as constantes reorganizações na taxonomia das Rubiaceae, principalmente a nível de subfamília, onde inúmeras espécies inicialmente inseridas em Rubioideae (Verdcourt, 1958) passaram às Ixoroideae (Robbrecht, 1988).

Pode-se concluir que os caracteres anatômicos quantitativos que melhor discriminam as espécies referem-se ao comprimento de fibras, altura de raios e comprimento de elemento vascular.

A análise de agrupamento demonstra ser útil na comparação e separação das espécies investigadas. Notavelmente, as 41 espécies de Rubiaceae dividiram-se em quatro grupos principais, e de maneira geral, não formam grupos de acordo com as suas respectivas subfamílias, evidenciando a homogeneidade dos caracteres anatômicos do lenho.

Evidencia-se a proximidade de Ixoroideae e Rubioideae, justificando, pelo menos em parte, as constantes reorganizações na taxonomia das Rubiaceae no tocante às subfamílias.

A anatomia da madeira se inclina, favoravelmente, à permanência do gênero *Calycophyllum* em sua antiga subfamília (Cinchonoideae).

BIBLIOGRAFIA

- AYRES, M. AYRES, M. Jr., AYRES, D. L., SANTOS, A. A. S. dos. 2000. *BioEstat 2.0: Aplicações estatísticas nas áreas de ciências biológicas e médicas*. CNPq, Brasília.
- ANDERSSON, L. & J. H. E. ROVA. 1999. The rps intron and the phylogeny of the Rubioideae (Rubiaceae). *Plant Syst. Evol.* 214: 161-186.
- BALDIN, T. & J. N. C. MARCHIORI. 2015. Anatomia da madeira de *Calycophyllum spruceanum* (benth.) K. SCHUM. e *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* K. SCHUM. *Balduinia* 50: 16-23.
- BALDIN, T. & J. N. C. MARCHIORI. 2015a. Anatomia da madeira de *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC. (Rubiaceae). *Balduinia* 48: 23-28.
- BALDIN, T. & J. N. C. MARCHIORI. 2015b. Descrição anatômica de *Calycophyllum multiflorum* Griseb. (Rubiaceae). *Balduinia* 49: 16-23.
- BISSET, J. J. W. & DADSWELL, H. E. 1950. The variation in cell length within one growth ring of certain angiosperms and gymnosperms. *Austral. Forestry* 15: 17-29.

T. Baldin *et al.* - Análise comparativa da anatomia da madeira de Rubiaceae

- BREMER, B., K. ANDREASEN. & D. OLSSON. 1995. Subfamilial and tribal relationships in the Rubiaceae based on rbcL sequence data. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 82: 383-397.
- BREMER, B. 2009. A review of molecular phylogenetic studies of Rubiaceae. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 96: 4-26.
- BREMER, B. & O. ERIKSSON. 2009. Time tree of Rubiaceae: phylogeny and dating the family, subfamily, and tribes. *Int. J. Plant Sci.* 170: 766-793.
- BREMER, B. & R. K. JANSEN. 1991. Comparative restriction site mapping of chloroplast DNA implies new phylogenetic relationships within Rubiaceae. *Amer. J. Bot.* 78: 198-213.
- CALLADO, C. H. & S. J. SILVA NETO. 2003. Anatomia do lenho de três espécies do gênero *Simira* Aubl. (Rubiaceae) da Floresta Atlântica no estado do Rio de Janeiro. *Rodriguésia* 54: 23-33.
- CHIQUIERI, A., F. R. DI MAIO. & A. L. PEIXOTO. 2004. A distribuição geográfica da família Rubiaceae Juss. na Flora Brasiliensis de Martius. *Rodriguésia* 55: 47-57.
- COELHO, V. P. M., J. P. V. LEITE., L. G. NUNES. & M. C. VENTRELLA. 2012. Anatomy, histochemistry and phytochemical profile of leaf and stem bark of *Bathysa cuspidata* (Rubiaceae). *Austral. J. Bot.* 60: 49.
- CRONQUIST, A. 1988. *The Evolution and Classification of Flowering Plants*. 2nd. ed. The New York Botanical Garden, New York.
- DELPRETE, P.G. 1996. Evaluation of the tribes Chiococceae, Condamineae and Catesbaeae (Rubiaceae) based on morphological characters. *Opera Bot. Belg.* 7: 165-192.
- DELPRETE, P. G. & J. G. JARDIM. 2012. Systematics, taxonomy and floristics of Brazilian Rubiaceae: an overview about the current status and future challenges. *Rodriguésia* 63: 101-128.
- GLEASON, H. A. & A. CRONQUIST. 1968. *The Pteridophyta, Gymnospermae and Monocotyledoneae. The New Britton and Brown Illustrated Flora of the North eastern United States and Adjacent Canada* 1: 1-482. The New York Botanical Garden, New York.
- IAWA COMMITTEE. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull.* 10: 218-359.
- JANSEN, S., E. ROBBRECHT., H. BEECKMAN. & E. SMETS. 2002. A survey of the systematic wood of the Rubiaceae. *IAWA Bull.* 23: 1-67.
- JUDD, W. S., C. S. CAMPBELL. & E. A. KELLOGG. 2009. *Sistemática vegetal: Um enfoque Filogenético*. 3ed. Artmed, Porto Alegre.
- KOEK-NOORMAN, J. 1977. Systematische holzanatomie einiger Rubiaceen. *Ber. Deut. Bot. Ges.* 90: 183-190.
- KOEK-NOORMAN, J. & P. HOGEWEG. 1974. The wood anatomy of Vanguerieae, Cinchoneae, Codamineae, and Rondeletiae (Rubiaceae). *Acta Bot. Neerl.* 23: 627- 653.
- LENS, F., S. JANSEN., E. ROBBRECHT. & E. SMETS. 2000. Wood anatomy of the Vanguerieae (Ixoroidea-Rubiaceae), with special emphasis on some geofrutices. *IAWA Bull.* 21: 443-455.
- LEÓN. H. W. 2011. Anatomía de la madera de 31 especies de Rubiaceae en Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 34: 347-379.
- MÓL, F. F. D. 2010. Rubiaceae em um remanescente de floresta atlântica no Rio Grande do Norte, Brasil. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- MARCHIORI, J. N. C. 1987. Anatomia da madeira de limoeiro-do-mato, *Randia armata* (Sw.) DC. *Ciência Rural* 17: 39-48.
- METCALFE, C. R. & L. CHALK. 1972. *Anatomy of the Dicotyledons*. Clarendon Press, Oxford.
- OKSANEN, J., F. G. BLANCHET., R. KINDT., P. LEGENDRE., R. B. O'HARA., G. L. SIMPSON., M. H. H. STEVENS. & H. WAGNER. 2011. Vegan: community ecology package. Version 2.0-6 (<http://vegan.r-forge.r-project.org/>). Acesso em 08/09/2015.
- POLLITO, P. A. Z. & M. TOMAZELLO. 2006. Anatomia do lenho de *Uncaria guianensis* e *U. tomentosa* (Rubiaceae) do estado do Acre, Brasil. *Acta Amazon.* 36: 169-176.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <http://www.R-project.org>.
- RECORD, S. J. & R. W. HESS. 1949. *Timbers of The New World*. Yale University Press, New Haven.
- ROBBRECHT, E. 1988. Tropical wood Rubiaceae – Characteristic features and progressions. Contributions to a new subfamilial classification. *Opera Bot. Belg.* 1: 1-271.
- ROBBRECHT, E. & J. F. MANEN. 2006. The major evolutionary lineages of the coffee family (Rubiaceae, angiosperm). Combined analysis (nDNA and cpDNA) to infer the position of *Coptosapelta* and *Lucilia*, and supertree construction based on rbcL, rps16, trnL-trnF and atpB-rbcL data. A new classification in two subfamilies, Cinchonoideae and Rubioideae. *Syst. Geogr. Plant* 76: 85-146.
- SCHUMANN, K. 1891. Rubiaceae. In: Engler, A. & Prantl, K. (eds.), *Die natürlichen Pflanzenfamilien* 4: 1-156. Engelmann, Leipzig.
- SIEGLOCH, A. M., J. N. C. MARCHIORI. & S. R. SANTOS. 2011. Anatomia do lenho de *Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K. Schum. (Rubiaceae). *Balduinia* 31: 20-26.

- TAKHTAJAN, A. 1980. Outline of the Classification of Flowering Plants (Magnoliophyta). *Bot. Rev.* 46: 225-359.
- THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. 2009. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linn. Soc.* 161: 105-121.
- THE INTERNATIONAL PLANT NAMES INDEX - IPNI. Published on the Internet (<http://www.ipni.org>). Accessed 17/10/2015.
- VALENTIN, J. L. 2000. *Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. pp. 117. Interciência, Rio de Janeiro.
- VERDCOURT, B. 1958. Remarks on the Classification of the Rubiaceae. *Bull. Jard. Bot. État Bruxelles* 28: 209-290.

Recibido el 21 de abril de 2016, aceptado el 13 de octubre de 2016.