

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 05/03/2019.



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



SISTEMÁTICA DE *Aspidosperma* Mart. & Zucc.
(APOCYNACEAE) COM ÊNFASE NA SEÇÃO TÍPICA

Ana Carolina Devides Castello

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Doutora no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Área de concentração Morfologia e Diversidade Vegetal.

BOTUCATU – SP

2018



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"Júlio de Mesquita Filho"

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

SISTEMÁTICA DE *Aspidosperma* Mart. & Zucc.
(APOCYNACEAE) COM ÊNFASE NA SEÇÃO TÍPICA

Ana Carolina Devides Castello

Orientadora: Ingrid Koch

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Doutora no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Área de concentração Morfologia e Diversidade Vegetal.

BOTUCATU – SP

2018

Castello, Ana Carolina Devides.

Sistemática de *Aspidosperma* mart. & zucc. (Apocynaceae)
com ênfase na seção típica / Ana Carolina Devides Castello.
- Botucatu, 2018

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio
de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu
Orientador: Ingrid Koch
Capes: 20300000

1. Taxonomia vegetal. 2. Apocinaceas. 3. *Aspidosperma*. 4.
Botânica. 5. Anatomia vegetal.

Palavras-chave: aspidospermeae; delimitação de espécies;
taxonomia.

“São as nossas escolhas que revelam o que realmente somos,
muito mais do que as nossas qualidades.” (Alvo Dumbledore)

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – *campus* Botucatu pela concessão da bolsa de doutorado.

À Ingrid Koch, por ser minha orientadora e amiga, por ter me ajudado a descobrir a paixão pela pesquisa e pela taxonomia. Por esses 10 anos de convivência, repletos de carinho, atenção, oportunidades e desafios que me ajudaram a me tornar uma pesquisadora e pessoa melhor.

À minha mãe Ana Maria, por ser meu exemplo de mulher batalhadora, por compartilhar comigo o entusiasmo pelos estudos, e por ter me ensinado a importância do esforço e da gratidão. Ao meu pai Antonio João, por acreditar e contribuir com meu objetivo de ingressar na universidade e pós-graduação. Ao meu segundo pai Hugo, pelo carinho e contribuição na minha formação. À minha irmã Ana Gabriela, que mesmo mais nova, sempre foi meu grande exemplo, e me inspirou a me tornar uma pessoa melhor.

À Ana Flávia Versiane por ter tornado esse último ano de doutorado mais feliz, e por ter me auxiliado na finalização do texto da tese.

Ao André Olmos Simões por ter contribuído com a etapa de laboratório de molecular e também ter feito parte da banca de qualificação.

Ao Aspidogruppo, Andreza Stephanie de Souza Pereira, Ana Laura Scudeler e Patrícia Aparecida Messias, por compartilhar o entusiasmo com as *Aspidosperma*, e pelos valiosos comentários e sugestões no texto. E em especial à Andreza por ser minha companheira de laboratório e ideias, e principalmente, por compartilhar seu conhecimento sobre o gênero.

Ao José Oswaldo Guimarães, Zebi, pelo carinho, amizade, conselhos e por estar presentes nos momentos importantes da minha vida.

À minha república Fazendinha, pelas alegrias compartilhadas. Em especial à Thiara Vichiato Breda e à Anna Abrahão pelo carinho, conversas inspiradoras e momentos incríveis vividos nesses três anos em Barão Geraldo.

Ao Gustavo Hiroaki Shimizu pelo carinho, por compartilhar seu conhecimento sobre taxonomia e nomenclatura, pelas sugestões valiosas no capítulo 2, e por aceitar ser membro da banca.

À Samantha Koehler e a Maria Fernanda Aguiar Calió pelo apoio ao longo desses três anos, pelas sugestões na qualificação e por terem aceitado ser membros da banca.

À Suzana Maria dos Santos Costa e Elisa Cândido por todo auxílio no laboratório e por compartilhar o conhecimento sobre biologia molecular.

À Natali Gomes Bordon por auxiliar nas atividades do laboratório de molecular e por compartilhar as viagens de campo para Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Distrito Federal, Ceará e Piauí em busca das *Aspidosperma* e *Tabernaemontana*.

À Sueli Gomes que me recebeu carinhosamente em Brasília, compartilhou seu conhecimento sobre as *Aspidosperma* do DF, auxiliou durante as coletas e deslocamentos, e proporcionou momentos de lazer na minha primeira visita à capital do país.

Ao Thiago Roberto Soares Vieira, gerente, e a todos os funcionários da RPPN Serra das Almas pela hospitalidade e auxílio durante as coletas.

Ao Antonio Sergio Farias Castro e ao Leonardo Jales Leitão pelo auxílio durante as coletas no Ceará, por compartilhar o conhecimento sobre a flora do estado e contribuir com amostras, fotos e informações de campo sobre as *Aspidosperma* do estado.

Ao Instituto EkkoBrasil, em especial ao Oldemar Carvalho Junior, pela hospedagem durante as coletas realizadas em Florianópolis. Ao Prof. Daniel B. Falkenberg pelo auxílio na localização das *Aspidosperma* em Florianópolis.

Ao Instituto de Biologia e ao Departamento de Biologia Vegetal, da Universidade Estadual de Campinas, que permitiram a utilização de sua infraestrutura nos últimos três anos de doutorado. Especialmente aos professores e alunos do Laboratório de Taxonomia Vegetal por terem me acolhido e compartilhado espaço, materiais de laboratório e conhecimento durante esse período.

Enfim, a todas as pessoas que cruzaram meu caminho, das quais muitas não lembro o nome, mas que foram generosas e tornaram essa caminhada mais fácil, afinal: “Quem caminha sozinho pode até chegar mais rápido, mas aquele que vai acompanhado, com certeza vai mais longe” (Clarice Lispector).

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO | 24 |
| ABSTRACT | 25 |
| INTRODUÇÃO GERAL | 26 |
| Delimitação de espécies | 26 |
| Apocynaceae | 27 |
| <i>Aspidosperma</i> | 29 |
| Objetivos 30 | |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 30 |
| | |
| CAPÍTULO 1 – NOVAS CIRCUNSCRIÇÕES EM <i>ASPIDOSPERMA</i> MART. & ZUCC. (APOCYNACEAE) BASEADAS EM DADOS MORFOMÉTRICOS E FILOGENÉTICOS | |
| RESUMO | 35 |
| INTRODUÇÃO | 36 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 38 |
| Crítérios morfológicos | 38 |
| <i>Seleção de espécimes e caracteres</i> | 38 |
| <i>Construção das Matrizes</i> | 39 |
| <i>Análise de Componentes Principais (PCA)</i> | 39 |
| Crítérios moleculares | 39 |
| <i>Amostragem dos táxons</i> | 39 |
| <i>Extração e Marcadores</i> | 40 |
| <i>Amplificação, edição e alinhamento</i> | 40 |
| <i>Análises filogenéticas</i> | 41 |
| Crítérios geográficos | 42 |
| RESULTADOS | 42 |
| Delimitação das espécies baseada nas análises morfométricas | 42 |
| <i>Grupo macrocarpon</i> | 42 |
| <i>Grupo parvifolium</i> | 47 |
| <i>Grupo tomentosum</i> | 53 |
| Análises filogenéticas | 56 |
| Comparação entre as análises morfométricas e filogenéticas | 60 |
| DISCUSSÃO | 61 |

| | |
|---|------------------------------|
| CONCLUSÃO | 70 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 71 |
| MATERIAL SUPLEMENTAR | 75 |
| CAPÍTULO 2 – NOMENCLATURAL AND TAXONOMIC NOVELTIES IN <i>ASPIDOSPERMA</i> (APOCYNACEAE) | |
| Summary | 96 |
| Introduction | 97 |
| Material & Methods | 97 |
| The authorship of the genus | 97 |
| Nomenclatural and Taxonomic Novelty | 98 |
| Species excluded from <i>Aspidosperma</i> | 115 |
| Acknowledgements | 115 |
| References | 115 |
| CAPÍTULO 3 – TWO NEW SPECIES OF <i>ASPIDOSPERMA</i> (APOCYNACEAE) FROM NORTHEAST BRAZIL AND A MONOGRAPH OF THE SPECIES FROM CEARÁ STATE | |
| Abstract | 120 |
| MATERIALS AND METHODS..... | 122 |
| Taxonomic treatment | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Conservation status | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| TAXONOMIC TREATMENT | 123 |
| Key to <i>Aspidosperma</i> Species from Ceará | 123 |
| ACKNOWLEDGMENTS..... | 139 |
| AUTHOR CONTRIBUTIONS..... | 139 |
| LITERATURE CITED..... | 140 |
| CAPÍTULO 4 – SINOPSE DA SEÇÃO TÍPICA DE <i>ASPIDOSPERMA</i> SUBG. <i>ASPIDOSPERMA</i> (APOCYNACEAE - ASPIDOSPERMEAE) | |
| Resumo | 153 |
| Abstract | 153 |
| Introdução | 154 |
| Histórico da seção <i>Aspidosperma</i> | 154 |
| Material e Métodos | 157 |
| Resultados | 157 |
| Chave para as seções de <i>Aspidosperma</i> subg. <i>Aspidosperma</i> | 158 |

| | |
|---|-----|
| Características das seções que compõem o gênero <i>Aspidosperma</i> subg. <i>Aspidosperma</i> | 158 |
| Tratamento taxonômico da seção típica de <i>Aspidosperma</i> subg. <i>Aspidosperma</i> | 160 |
| Chave de identificação para as espécies da seção típica de <i>Aspidosperma</i> subg. <i>Aspidosperma</i> | 168 |
| Discussão | 237 |
| Referências bibliográficas | 239 |
| Material suplementar | 242 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 244 |
| APÊNDICES | 245 |

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1. Árvore de consenso estrito dos marcadores moleculares combinados (*rbcL*, *rpl16*, *rps16*, *trnK* e *matK*) modificada de Simões et al. 2007 (suporte dos ramos: valores de *bootstrap* indicados acima dos ramos). OUT: Outgroup; ASP: Aspidospermeae; ALS: Alstonieae; VIN: Vinceae; WIL: Willughbeieae; TAB: Tabernaemontaneae; DI: Diplorhynchus; MEL: Melodineae; AMS: Amsonia; ALY: Alyxieae; HUN: Hunterieae; PLU: Plumerieae; CAR: Carisseae; APSA: APO – Apocynoideae, PER – Periplocoideae, SEC – Secamonoideae, and ASC - Asclepiadoideae 28

CAPÍTULO 1 – NOVAS CIRCUNSCRIÇÕES EM *ASPIDOSPERMA* MART. & ZUCC. (APOCYNACEAE) BASEADAS EM DADOS MORFOMÉTRICOS E FILOGENÉTICOS

Figura 1. Análise de componentes principais do grupo *macrocarpon*. **A.** Eixos 1 e 2 da PCA com caracteres vegetativos+flor. **B.** Caracteres quantitativos que mais contribuíram para a formação dos grupos na PCA com caracteres vegetativos+flor. **C.** Eixos 1 e 2 da PCA com caracteres vegetativos+fruto. **D.** Caracteres quantitativos que mais contribuíram para a formação dos grupos na PCA com caracteres vegetativos+fruto. (CF: Comprimento folha; LF: Largura folha; CPE: Comprimento do pecíolo; NNER: Número de Nervuras; DNER: Distância entre as nervuras; CINF: Comprimento da inflorescência; CTUB: Comprimento do tubo da corola; LTUB: Largura do tubo da corola; RCLTUB: Razão entre comprimento/largura tubo da corola; CEST: Comprimento do estilete; RESTCA: Razão entre o comprimento do estilete e do cálice; CCABEST: Comprimento da cabeça do estilete; CANTL: Altura em que os filetes estão livres; CFOL: Comprimento do folículo; LFOL: largura do folículo; CESTI: Comprimento do estipe do folículo; Razão entre o comprimento do estipe e do folículo; CMUC: Comprimento do mucro) 44

Figura 2. Análise de componentes principais do grupo *parvifolium*. **A.** Eixos 1 e 2 da PCA com caracteres vegetativos+flor. **B.** Caracteres quantitativos que mais contribuíram para a formação dos grupos na PCA com caracteres vegetativos+flor. **C.** Eixos 1 e 2 da PCA com caracteres vegetativos+fruto. **D.** Caracteres quantitativos que mais contribuíram para a formação dos grupos na PCA com caracteres vegetativos+fruto. (CF: Comprimento folha; LF: Largura folha; RCLF: Razão entre o comprimento e a largura da folha; NNER: número de nervuras da folha; DNER: Distância entre as nervuras da folha; CPE: Comprimento do pecíolo; CEST: Comprimento do estilete; CANTL: Altura em que os filetes estão livres; CTUB: Comprimento

do tubo da corola; CLOB: Comprimento dos lobos da corola; COV: Comprimento do ovário; LOV: Largura do ovário; CESTI: Comprimento do estipe do folículo; CMUC: comprimento do mucro do folículo; RESTIFOL: Razão entre o comprimento do estipe e do folículo)..... 48

Figura 3. Análise de componentes principais do grupo *tomentosum*. **A.** Eixos 1 e 2 da PCA com caracteres vegetativos+flor. **B.** Caracteres quantitativos que mais contribuíram para a formação dos grupos na PCA com caracteres vegetativos+flor. **C.** Eixos 1 e 2 da PCA com caracteres vegetativos+fruto. **D.** Caracteres quantitativos que mais contribuíram para a formação dos grupos na PCA com caracteres vegetativos+fruto. (CF: Comprimento da folha; LF: Largura da folha; CPE: Comprimento do pecíolo; NNER: Número de nervuras; DNER: Distância entre as nervuras da folha; CCA: Comprimento do cálice; CLOB: Comprimento dos lobos da corola; RTUBLOB: Razão entre o comprimento do lobo e do tubo da corola; CEST: Comprimento do estilete; CCAEST: Razão entre o comprimento dos lobos do cálice e do estilete; RCLOV: Razão entre o comprimento e largura do ovário; CFOL: Comprimento do folículo (sem estipe); RFOL: Razão entre o comprimento e largura do folículo; CESTI: Comprimento do estipe do folículo; RESTIFOL: Razão entre o comprimento do estipe e do folículo; CMUC: Comprimento do mucro do folículo)..... 54

Figura 4. Análises filogenéticas realizadas com ITS. **A.** Árvore de consenso de maioria da análise de Inferência Bayesiana e **B.** Árvore de consenso de maioria da análise de Parcimônia (**A-B.** PP/BS: valores de probabilidades posteriores e *bootstrap*, respectivamente; somente PP $\geq 95\%$ e BS $\geq 71\%$ são apresentados; círculos: grupo *macrocarpon*, quadrados: grupo *parvifolium*; triângulos: grupo *tomentosum*)..... 58

Figura 5. Análises filogenéticas realizadas com *rpl32-trnL*. **A.** Árvore de maior verossimilhança e **B.** Árvore de consenso de maioria da análise de Parcimônia (**A-B.** PP/BS: valores de probabilidades posteriores e *bootstrap*, respectivamente; somente PP $\geq 95\%$ e BS $\geq 71\%$ são apresentados; círculos: grupo *macrocarpon*, quadrados: grupo *parvifolium*; triângulos: grupo *tomentosum*). 59

Figura 6. Características das espécies do grupo *macrocarpon*. **A-E.** *Aspidosperma macrocarpon* Mart. & Zucc. **A.** Face adaxial da folha, **B.** Face abaxial da folha, **C.** Flor, **D.** Cálice e gineceu, e **E.** Parte interna do tubo da corola. **F-J.** *Aspidosperma duckei* Huber ex Ducke. **F.** Parte interna do tubo da corola, **G.** Flor, **H.** Cálice e gineceu, **I.** Face adaxial da folha,

e **J.** Face abaxial da folha. **K-N.** *Aspidosperma verbascifolium* Müll.Arg. **K.** Face adaxial e abaxial da folha, **L.** Flor, **M.** Cálice e gineceu, e **N.** Parte interna da corola 64

Figura 7. Características das espécies do grupo *parvifolium*. **A-G.** *Aspidosperma australe* Müll.Arg. **A.** Face adaxial da folha, **B.** Face abaxial da folha, **C.** Flor, **D.** Lobos da corola, **E.** Cálice e gineceu, **F.** Parte interna do tubo da corola, **G.** Folículo. **H-N.** *Aspidosperma olivaceum* Müll.Arg. **H.** Folículo, **I.** Flor, **J.** Lobos da corola, **K.** Cálice e gineceu, **L.** Parte interna da corola, **M.** Face adaxial da folha, e **N.** Face abaxial da folha. **O-T.** *Aspidosperma parvifolium* A.DC. **O.** Face adaxial da folha, **P.** Face abaxial da folha, **Q.** Flor, **R.** Cálice e gineceu, **S.** Parte interna da corola, e **T.** Folículo 65

Figura 8. Características das espécies do grupo *parvifolium*. **A-F.** *Aspidosperma pyricollum* Müll.Arg. **A.** Face adaxial da folha, **B.** Face abaxial da folha, **C.** Flor, **D.** Cálice e gineceu, **E.** Parte interna do tubo da corola, e **F.** Folículo. **G-M.** *Aspidosperma tambopatense* A.H.Gentry **G.** Face adaxial da folha, **H.** Face abaxial da folha, **I.** Flor, **J.** Lobos da corola, **K.** Cálice e gineceu, **L.** Parte interna do tubo da corola, e **M.** Folículo. **N-U.** *Aspidosperma ulei* Markgr. **N.** Face adaxial da folha, **O.** Face abaxial da folha, **P.** Flor, **Q-R.** Cálice e gineceu, **S.** Parte interna da corola, e **T.** Folículo 66

Figura 9. Características das espécies do grupo *parvifolium*. **A-F.** *Aspidosperma vargasii* A.DC. **A.** Face adaxial da folha, **B.** Face abaxial da folha, **C.** Flor, **D-E.** Cálice e gineceu, **F.** Parte interna do tubo da corola, e **G.** Folículo. **G-M.** *Aspidosperma williamii* Duarte. **H.** Face adaxial da folha, **I.** Face abaxial da folha, **J.** Flor, **K.** Lobos da corola, **L.** Cálice e gineceu, **M.** Parte interna do tubo da corola, e **N.** Folículo 67

Figura 10. Características das espécies do grupo *tomentosum*. **A-F.** *Aspidosperma camporum* Müll.Arg. **A.** Face adaxial da folha, **B.** Face abaxial da folha, **C.** Flor, **D.** Cálice e gineceu, **E.** Parte interna do tubo da corola, e **F.** Folículo. **G-M.** *Aspidosperma subincanum* Mart. **G.** Face adaxial da folha, **H.** Face abaxial da folha, **I.** Flor, **J.** Lobos da corola, **K.** Cálice e gineceu, **L.** Parte interna do tubo da corola, e **M.** Folículo. **N-T.** *Aspidosperma tomentosum* Mart. & Zucc. **N.** Face adaxial da folha, **O.** Face abaxial da folha, **P.** Flor, **Q.** Cálice, **R.** Gineceu, **S.** Parte interna do tubo da corola, e **T.** Folículo 68

Figura 11. Ocorrência das espécies do grupo *macrocarpon* – Mapa da (A) América do Sul e (B) Brasil, com indicação dos Biomas segundo o IBGE (2016), com registros de ocorrência

para *Aspidosperma duckei* Huber ex Ducke, *A. macrocarpon* Mart. & Zucc. e *A. verbascifolium* Müll.Arg. 69

Figura 12. Ocorrência das espécies do grupo *parvifolium* – Mapa da (A) América do Sul e (B) Brasil, com indicação dos Biomas segundo o IBGE (2016), com registros de ocorrência para *Aspidosperma australe* Müll.Arg., *A. olivaceum* Müll.Arg., *A. parvifolium* A.DC., *A. pyricollum* Müll.Arg., *A. tambopatense* A.H.Gentry, *A. ulei* Markgr., *A. williamii* Duarte e *A. vargasii* A.DC. 69

Figura 13. Ocorrência das espécies do grupo *tomentosum* – Mapa da (A) América do Sul e (B) Brasil, com indicação dos Biomas segundo o IBGE (2016), com registros de ocorrência para *Aspidosperma camporum* Müll.Arg., *A. subincanum* Mart. e *Aspidosperma tomentosum* Mart. & Zucc. 70

Figura S1. Árvore de consenso de maioria de Inferência Bayesiana da tribo *Aspidospermeae* Miers para o marcador nuclear ITS, com valores de probabilidade posterior indicados acima dos ramos. Em vermelho são indicados os gêneros irmãos de *Aspidosperma* e as seções irmãs da seção típica de *Aspidosperma* 74

Figura S2. Análises filogenéticas do ITS – Árvore de consenso de maioria de Inferência Bayesiana com valores de probabilidades posteriores (círculos: grupo *macrocarpon*, quadrados: grupo *parvifolium*; triângulos: grupo *tomentosum*). 76

Figura S3. Análises filogenéticas do ITS – Árvore de maior verossimilhança com valores de *bootstrap* (círculos: grupo *macrocarpon*, quadrados: grupo *parvifolium*; triângulos: grupo *tomentosum*). 77

Figura S4. Análises filogenéticas do ITS – Árvore de consenso de maioria de Parcimônia com valores de *bootstrap* (círculos: grupo *macrocarpon*, quadrados: grupo *parvifolium*; triângulos: grupo *tomentosum*) 78

Figura S5. Análises filogenéticas do *rpl32-trnL* – Árvore de consenso de maioria de Inferência Bayesiana com valores de probabilidades posteriores (círculos: grupo *macrocarpon*, quadrados: grupo *parvifolium*; triângulos: grupo *tomentosum*) 79

Figura S6. Análises filogenéticas do *rpl32-trnL* – Árvore de maior verossimilhança com valores de *bootstrap* (círculos: grupo *macrocarpon*, quadrados: grupo *parvifolium*; triângulos: grupo *tomentosum*) 80

Figura S7. Análises filogenéticas do *rpl32-trnL* – Árvore de consenso de maioria de Parcimônia com valores de *bootstrap* (círculos: grupo *macrocarpon*, quadrados: grupo *parvifolium*; triângulos: grupo *tomentosum*) 81

CAPÍTULO 3 – TWO NEW SPECIES OF *ASPIDOSPERMA* (APOCYNACEAE) FROM NORTHEAST REGION OF BRAZIL AND A MONOGRAPH OF THE SPECIES FROM CEARÁ STATE

FIG. 1. *Aspidosperma* species from Ceará state (Brazil). A-C. *Aspidosperma brasiliense* A.S.S.Pereira & A.C.D.Castello; D, F-G. *Aspidosperma multiflorum* A.DC.; E. *Aspidosperma cuspa* (Kunth) S.F.Blake [Photos: A-B: T.P Pires; E: A.L. Scudeler; D, F-G: A.C.D. Castello] 143

FIG. 2. *Aspidosperma* species from Ceará state (Brazil). A-C. *Aspidosperma pyriformium* Mart. & Zucc.; D-E. *Aspidosperma oliganthum* Woodson, F, H-I. *Aspidosperma subincanum* Mart.; G. *Aspidosperma limae* Woodson [Photos: A-C, F and I: A.C.D. Castello; H: E.Y. Kataoka; D-E: J.A. Oliveira; G: M.R. Oliveira 157 (EAC)] 144

FIG. 3. Characteristics of *Aspidosperma castroanum* A.C.D.Castello. A. Branches; B. Leaves abaxial surface; C-D. Inflorescence [Photos: A.S.F. Castro] 145

FIG. 4. Characteristics of *Aspidosperma castroanum* A.C.D.Castello. A. Reproductive branches; B. Leaf adaxial surface; C. Leaf abaxial surface; D. Flower; E. Calyx; F. Style-head; G. Corolla externally; H. Corolla internally; I. Follicle [Photos: A-C: E. Silveira s.n. (EAC34803); D: A.S.F. Castro 820 (EAC)] 146

FIG. 5. Characteristics of *Aspidosperma confertiflorum* A.C.D.Castello. A. Trunk; B. Branch with congested leaves; C-D. Inflorescence; E. Follicles [Photos: L.J. Leitão] 147

FIG. 6. Characteristics of *Aspidosperma confertiflorum* A.C.D.Castello. A. Reproductive branch; B. Leaf abaxial surface; C. Leaf adaxial surface; D. Flower; E. Calyx; F. Style-head; G. Corolla externally; H. Corolla internally [Photos: A-C. M.A. Figueiredo s.n. (EAC4363); D-H. J. Eugenio 977 (RB)] 148

FIG. 7. Occurrence of *Aspidosperma* aff. *limae* Woodson, *A. brasiliense* A.S.S.Pereira & A.C.D.Castello, *A. cuspa* (Kunth) S.F.Blake, and *A. oliganthum* Woodson in Ceará state (Brazil) 149

FIG. 8. Occurrence of *Aspidosperma subincanum* Mart., *A. pyriformium* Mart. & Zucc. and *A. multiflorum* A.DC. in Ceará state (Brazil) 150

FIG. 9. Occurrence of the new species of *Aspidosperma*, *A. castroanum* A.C.D.Castello and *A. confertiflorum* A.C.D.Castello in Ceará state (Brazil)..... 151

CAPÍTULO 4 – SINOPSE DA SEÇÃO TÍPICA DE *ASPIDOSPERMA* SUBG. *ASPIDOSPERMA* (APOCYNACEAE - ASPIDOSPERMEAE)

Figura 1 – Hábito e tronco de *Aspidosperma*: (A) e (B) *Aspidosperma subincanum* Mart., (C) e (D) *A. australe* Müll.Arg., (E) e (F) *A. tomentosum* Mart. & Zucc., e (G) e (H) *A. verbascifolium* Müll.Arg. [Fotos – A.C.D. Castello]..... 161

Figura 2 – Ramo de *Aspidosperma multiflorum* A.DC., com detalhe dos catáfilos deltoides e das cicatrizes deixadas após a queda dos catáfilos [Foto – A.C.D. Castello] 162

Figura 3 – Detalhe dos pecíolos e ramos e catáfilos em *Aspidosperma*: (A) *Aspidosperma tomentosum* Mart. & Zucc., (B) *A. australe* Müll.Arg., (C) *A. multiflorum* A.DC., e (D) *A. verbascifolium* Müll.Arg. [Fotos – A.C.D. Castello]..... 163

Figura 4 – Inflorescência em *Aspidosperma*: (A) cimeiras corimbiformes em *Aspidosperma subincanum* Mart. e (F) fasciculadas em *Aspidosperma oliganthum* Woodson [Fotos – A: E.Y. Kataoka, B: J.O. Oliveira]..... 164

Figura 5 – Variação nas flores de *Aspidosperma*: (A) *Aspidosperma australe* Müll.Arg., (B) *A. olivaceum* Müll.Arg., (C) *A. pyricollum* Müll.Arg., (D) *A. parvifolium* A.DC., (E) *A. riedelii* Müll.Arg., (F) *A. tomentosum* Mart. & Zucc., (G) *A. macrocarpon* Mart. & Zucc. e (H) *A. pyriformium* Mart. & Zucc., detalhando as espécies com lobos menores que o tubo e as que possuem lobos maiores que o tubo da corola [Espécimes utilizados – A: A.O. Simões *et al.* 875 (UEC), B: A.C.D. Castello 246 (UEC), C: R.M. Britez 1274 (UEC), D-E: E.Y. Kataoka *et al.*

190 (UEC), F: S.S. Silva *et al.* 343 (UEC), G: R.C. Mendonça *et al.* 1616 (UEC) e H: B.A.S. Pereira & D. Alvarenga 3607 (UEC)]...... 165

Figura 6 – Folículos de *Aspidosperma* Mart. & Zucc. indicando a costa, o mucro e o estipe, e os folículos abertos opostos devido a ressupinação [Foto – A.C.D. Castello]..... 166

Figura 7 – Características dos folículos de (A) *Aspidosperma australe* Müll.Arg., (B) *A. pyriforme* Mart. & Zucc., (C) *A. multiflorum* A.DC., (D) *A. verbascifolium* Müll.Arg., (E) *A. tomentosum* Mart. & Zucc. (F) *A. riedelii* Müll.Arg. e (G) *A. subincanum* Mart. [Fotos – A-D: A.C.D. Castello, E: A.L. Scudeler; F-G: E.Y. Kataoka]..... 167

Figura 8 – Variação no formato e coloração das sementes das espécies da seção típica de *Aspidosperma*: (A) *Aspidosperma verbascifolium* Müll.Arg., (B) *A. pyriforme* Mart. & Zucc., (C) *A. multiflorum* A.DC., (D) *A. subincanum* Mart., (E) *A. tomentosum* Mart. & Zucc., e (F) *A. vargasii* A.DC. [Espécimes utilizados – A: A.L. Scudeler & A.S.S. Pereira 201 (UEC), B: A.C.D. Castello & N.G. Bordon 186 (UEC), C: A.C.D. Castello & N.G. Bordon 215 (UEC), D: A.C.D. Castello & N.G. Bordon 161 (UEC), E: A.C.D. Castello & N.G. Bordon 140 (UEC), F: M.J. Jansen-Jacobs *et al.* 1725 (F)]. 168

Figura 9 – Características de *Aspidosperma australe* Müll.Arg., (A) Hábito, (B) Tronco, (C) Ramo reprodutivo, (D) Flor, destacando os lobos corola, o cálice e gineceu, e a parte interna do tubo da corola, (E) Folículos [Fotos –A-C e E: A.C.D Castello & N.G. Bordon 147 (UEC), D: A.O. Simões *et al.* 875 (UEC)]...... 174

Figura 10 – Características de *Aspidosperma camporum* Müll.Arg., (A) Ramo e face abaxial das folhas, (B) Ramo e face adaxial das folhas, (C) Inflorescência e (D) Flores, com detalhe do cálice e gineceu, parte interna do tubo, e folículo [Fotos – A-C: D.M. Alves, D: T.D. Gai 381 (RB) e (E) H.P. Velloso 91 (RB)]...... 176

Figura 11 – Mapa indicando a (A) América do Sul e o (B) a distribuição de *Aspidosperma australe* Müll.Arg., que ocorre na Argentina, Brasil e Paraguai e de *A. camporum* Müll.Arg., que ocorre somente no Brasil. 177

Figura 12 – Características de *Aspidosperma castroanum* A.C.D. Castello, (A) Ramos reprodutivos, (B) Inflorescência, (C) Flores, com detalhe do cálice e gineceu, parte interna do

tubo, e (D) Folículo [Fotos – A-B: A.S.F. Castro, C: E. Silveira s.n. (EAC); D: A.S.F. Castro 820 (EAC)]. 178

Figura 13 – Características de *Aspidosperma confertiflorum* A.C.D. Castello, (A) Ramos, (B) Inflorescência, (C) Flores, com detalhe do cálice e gineceu, cabeça do estilete, parte interna do tubo, e (D) Folículo [Fotos – A-B e D: L.J. Leitão, C: J. Eugenio 977 (RB)]. 180

Figura 14 – Mapa indicando a (A) América do Sul e o (B) a distribuição de *Aspidosperma castroanum* A.C.D. Castello, que ocorre somente no Ceará e Piauí e de *A. confertiflorum* A.C.D. Castello, endêmica do Ceará. 181

Figura 15 – Características de *Aspidosperma duckei* Huber ex Ducke, (A) Ramos, (B) Folículo e (C) Flor, com detalhe do cálice, gineceu e parte interna do tubo [Fotos – A e C: A. Ducke s.n. (RB), B: A.A. Santos 3641 (RB)]. 183

Figura 16 – Características de *Aspidosperma formosanum* Duarte, (A) Ramo, (B) Flor, com detalhe do cálice, gineceu e parte interna do tubo, (C) Tronco e (D) Folículos [Fotos – A-B: A.P. Duarte 7016 (RB), C-D: P. Rodrigues]. 185

Figura 17 – Características de *Aspidosperma gomezianum* A.DC., (A) Ramos e folículos e (B) Flor, com detalhe do cálice, gineceu e parte interna do tubo [Fotos – A: L.J.T. Cardoso 117 (RB), B: R. Marquete *et al.* 1171 (RB)]. 187

Figura 18 – Mapa indicando a (A) América do Sul e (B) a distribuição de *Aspidosperma duckei* Huber ex Ducke, que ocorre no Brasil, Bolívia e Peru, de *A. formosanum* Duarte, endêmica de Goiás e de *A. gomezianum* A.DC., que ocorre somente no Espírito Santo e Rio de Janeiro. 188

Figura 19 – Características de *Aspidosperma macrocarpon* Mart. & Zucc., (A) Hábito, (B) Flores, com detalhe do cálice e gineceu, parte interna do tubo; (C) Ramos, (D) Tronco e (E) Folículo [Fotos – A, C-D: A.C.D. Castello, B: R.C. Mendonça *et al.* 1616 (UEC)]. 190

Figura 20 – Características de *Aspidosperma multiflorum* A.DC., (A) Hábito, (B) Folículo, (C) Ramos, (D) Flor, com detalhe dos lobos da corola, do cálice e gineceu, e parte interna do tubo; e (E) Tronco [Fotos – A-C, E: A.C.D. Castello, D: A.M. Miranda *et al.* 5310 (UEC)]. 192

- Figura 21** – Mapa indicando a (A) América do Sul e (B) a distribuição de *Aspidosperma macrocarpon* Mart. & Zucc., que ocorre somente no Brasil e de *A. multiflorum* A.DC., que ocorre no Brasil e Bolívia. 192
- Figura 22** – Características de *Aspidosperma nigricans* Handro, (A) Ramos reprodutivos, (B) Flor, com detalhe dos lobos da corola, do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, e (C) Folículo [Fotos – A-B: J.M. Vasconcellos 243 (RB), C: L. Nusbaumer LN 3885 (NY)]..... 194
- Figura 23** – Características de *Aspidosperma occidentale* Malme, (A) Ramo, (B) Flor, com detalhe dos lobos da corola, do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, e (C) Folículo [Fotos – A: G.A. Damasceno Jr. & W.F. Melo 328 (CGMS), B: J.V.M. Oliveira *et al.* 1, e C: D.J. Machete 23 (CGMS)]..... 196
- Figura 24** – Características de *Aspidosperma oliganthum* Woodson, (A) Hábito, (B) e (C) Ramos, (D) Flor, com detalhe dos lobos da corola em vista dorsal e frontal, do cálice e gineceu, parte interna do tubo, e (E) folículo [Fotos – A-C: J.A. Oliveira, D: J.A. Oliveira 629 (UEC), E: A.P. Araújo 155 (RB)]..... 198
- Figura 25** – Mapa indicando a (A) América do Sul e (B) a distribuição de *Aspidosperma occidentale* Malme, que é endêmica do Mato Grosso do Sul, de *Aspidosperma oliganthum* Woodson, que ocorre na Bahia e Ceará, e de *A. nigricans* Handro, que é restrita à região Nordeste do Brasil.. 199
- Figura 26** – Características de *Aspidosperma olivaceum* Müll.Arg., (A) Inflorescência, (B) Tronco, (D) Flor, com detalhe dos lobos da corola, do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, (C) Folículo e (E) Ramo [Fotos – A: G.H. Shimizu, B e E: A.C.D. Castello, C: B.G. da Silva, D: A.C.D. Castello 246 (UEC)]..... 201
- Figura 27** – Características de *Aspidosperma parvifolium* A.DC., (A) Ramo, (B) Flor com detalhes dos lobos da corola, do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, (C) Folículo [Fotos – A: G.M. Nunes 51 (RB), B: D. Sucre 4709 (SPF), C: J.G. Kuhlmann s.n. (RB)]. 203

| | |
|---|-----|
| Figura 28 – Mapa indicando a (A) América do Sul e (B) a distribuição de <i>Aspidosperma olivaceum</i> Müll.Arg., que ocorre no Sudeste e Sul, e de <i>A. parvifolium</i> A.DC., que ocorre apenas no Sudeste. | 204 |
| Figura 29 – Características de <i>Aspidosperma pyricollum</i> Müll.Arg., (A) Hábito, (B) Ramo, (C) Flor, com detalhe do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, (D) e (E) Folículo e (F) Tronco [Fotos – A-B e D-F: A.C.D. Castello, C: R.M. Brites 1274 (UEC)]..... | 205 |
| Figura 30 – Características de <i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart. & Zucc., (A) e (B) Hábito, (C) Flor, com detalhe dos lobos da corola, do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, (D) Inflorescência, (E) Tronco, e (F) Folículo [Fotos – A-B, D-F: A.C.D. Castello, C: B.A.S. Pereira & D. Alvarenga 3607 (UEC)]. | 207 |
| Figura 31 – Mapa indicando a (A) América do Sul e (B) a distribuição de <i>Aspidosperma pyricollum</i> Müll.Arg., que ocorre somente no Brasil, e de <i>A. pyriforme</i> Mart. & Zucc., que ocorre no Brasil, Bolívia e Paraguai. | 208 |
| Figura 32 – Características de <i>Aspidosperma quirandy</i> Hassl., (A) Ramo, (B) Flor, com detalhe do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, (C) Folículo [Fotos – A: N.R. Bueno <i>et al.</i> 31 (COR), B-C: R. Quevedo <i>et al.</i> 1091 (UEC)]. | 210 |
| Figura 33 – Características de <i>Aspidosperma refractum</i> Mart. & Zucc., (A) Ramo, (B) Flor, com detalhe dos lobos da corola, do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, (C) Folículos. [Fotos – A: S.A. Mori <i>et al.</i> s.n. (NY), e B-C: P.C. Porto s.n. (RB)]. | 212 |
| Figura 34 – Características de <i>Aspidosperma riedelii</i> Müll.Arg., (A) Tronco, (B) e (C) Ramos, (D) Folículo, e (E) Flor, com detalhe do cálice e gineceu, e parte interna do tubo [Fotos – A-D: E.Y. Kataoka, E: E.Y. Kataoka <i>et al.</i> 190 (UEC)]. | 214 |
| Figura 35 – Mapa indicando a (A) América do Sul e (B) a distribuição de <i>Aspidosperma quirandy</i> Hassl., que ocorre no Brasil e Bolívia, de <i>A. refractum</i> Mart. & Zucc., que ocorre na Bahia e em Minas Gerais e <i>A. riedelii</i> Müll.Arg., que ocorre no Brasil e Paraguai..... | 215 |

- Figura 36** – Características de *Aspidosperma rizzoanum* Scudeler & A.C.D. Castello, (A) Ramos, (B) Flor, com detalhe do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, e (C) Folículo [Fotos – A e C: E.Y. Kataoka, B: J.R.R. Pinto & E. Lenza 345 (UB)]. 217
- Figura 37** – Características de *Aspidosperma subincanum* Mart., (A) Hábito, (B) Flor, com detalhe dos lobos da corola, do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, (C) Inflorescência, (D) Tronco, e (E) Folículos [Fotos – A, C-E: E.Y. Kataoka, B: E.Y. Kataoka 185 (UEC)]. 219
- Figura 38** – Mapa indicando a (A) América do Sul e (B) a distribuição de *Aspidosperma rizzoanum* Scudeler & A.C.D. Castello, que ocorre somente em Goiás e Tocantins, e de *A. subincanum* Mart., amplamente distribuída no Brasil. 219
- Figura 39** – Características de *Aspidosperma tambopatense* A.H.Gentry, (A) Ramo, (B) Flor, com detalhe dos lobos da corola, do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, e (C) Folículo [Fotos – A: C.A. Cid 3079 (NY), B: J. Bosco 112 (UEC), C: B. A. Krukoff 5470 (NY)]. 222
- Figura 40** – Características de *Aspidosperma thomasii* Marc.-Ferr., (A) Ramo reprodutivo, e (B) Flor, com detalhe dos lobos da corola, do cálice e gineceu, e parte interna do tubo [Fotos – A: W.W. Thomas *et al.* 7131, B: WW Thomas 10344 (SPF)]. 224
- Figura 41** – Mapa indicando a (A) América do Sul e (B) a distribuição de *Aspidosperma tambopatense* A.H.Gentry, que ocorre somente no Acre no Brasil, além de Bolívia e Peru e de *A. thomasii* Marc.-Ferr., que é endêmica da Bahia. 225
- Figura 42** – Características de *Aspidosperma tomentosum* Mart., (A) Hábito, (B) Flor, com detalhe do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, (C) Tronco, (D) e (E) Ramos reprodutivos [Fotos – A, C-E: A.C.D. Castello, B: S.S. Silva *et al.* 343 (UEC)]. 227
- Figura 43** – Características de *Aspidosperma ulei* Markgr., (A) Ramos reprodutivos, (B) Flor, com detalhe do cálice e gineceu, e parte interna do tubo [Fotos – A: L. Coradin & M.R. Cordeiro 914 (NY), B: J.M. Pires *et al.* 16800 (UEC)]. 229
- Figura 44** – Características de *Aspidosperma vargasii* A.DC., (A) Ramos reprodutivos, e (B) Flor, com detalhe dos lobos da corola, do cálice e gineceu, e parte interna do tubo [Fotos – A: T. Plowman 7655 (F), e B: M.J. Jansen-Jacobs 1725 (INPA)]. 231

Figura 45 – Mapa indicando a (A) América do Sul e (B) a distribuição de *Aspidosperma tomentosum* Mart. & Zucc., que ocorre no Centro-Oeste, Sudeste, Bahia e Tocantins, de *A. ulei* Markgr., que ocorre no Brasil e na Guiana, e de *A. vargasii* A.DC., que ocorre na Guiana e Venezuela. 232

Figura 46 – Características de *Aspidosperma verbascifolium* Müll.Arg., (A) Hábito, (B) Flor, com detalhe dos lobos da corola, do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, (C) Folículo, e (D) Tronco [Fotos – A, C-D: A.C.D. Castello, B: D. Alvarenga & F.C.A Oliveira 424 (UEC)]. 234

Figura 47 – Características de *Aspidosperma williamii* Duarte, (A) Ramo reprodutivos, (B) Flor, com detalhe dos lobos da corola, do cálice e gineceu, e parte interna do tubo, e (C) Folículo [Fotos – A: A.A. Oliveira *et al.* 258 (NY), B: A.A. Oliveira *et al.* 111 (ESA), C: M.A. Freitas *et al.* 806 (NY)]. 236

Figura 48 – Mapa indicando a (A) América do Sul e (B) a distribuição de *Aspidosperma verbascifolium* Müll.Arg., que ocorre no Centro-Oeste e Sudeste, e de *A. williamii* Duarte, que ocorre somente no Acre e Amazonas..... 237

Figura S1. Histórico das divisões infragenéricas propostas para as espécies que atualmente compõem a seção típica de *Aspidosperma* (Marcondes-Ferreira & Kinoshita, 1996) (espécies em negrito: reconhecidas para a seção *Aspidosperma*; espécies em cinza: sinônimos (baseado em Marcondes-Ferreira, 1988); espécies reconsideradas (comparação entre Marcondes-Ferreira (1988) e Marcondes-Ferreira & Kinoshita (1996); inflo.: inflorescência; ind. esbr.: indumento esbranquiçado; ind. ver.: indumento esverdeado). 243

CAPÍTULO 1 – NOVAS CIRCUNSCRIÇÕES EM *ASPIDOSPERMA* MART. & ZUCC. (APOCYNACEAE) BASEADAS EM DADOS MORFOMÉTRICOS E FILOGENÉTICOS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Listas das espécies consideradas para as análises em cada um dos grupos estudados | 38 |
| Tabela 2. Listas dos marcadores moleculares e <i>primers</i> utilizados neste estudo | 40 |
| Tabela 3. Grupo <i>macrocarpon</i> : caracteres quantitativos mais representativos para a formação dos grupos da PCA considerando caracteres vegetativos+flor. (Todas as características foram estatisticamente significativas ($p<0.05$); valores médio e desvio padrão; medidas em centímetros) | 45 |
| Tabela 4. Grupo <i>macrocarponn</i> : caracteres quantitativos mais representativos para a formação dos grupos da PCA considerando caracteres vegetativos+fruto. (Todas as características foram estatisticamente significativas ($p<0.05$); valores médio e desvio padrão; medidas em centímetros) | 45 |
| Tabela 5. Grupo <i>macrocarpon</i> : caracteres qualitativos mais representativos para a formação dos grupos das PCA considerando caracteres vegetativos+flor e vegetativos+fruto (Todas as características foram estatisticamente significativas, $p<0.05$) | 46 |
| Tabela 6. Grupo <i>parvifolium</i> : caracteres quantitativos mais representativos para a formação dos grupos da PCA considerando caracteres vegetativos+flor. (Todas as características foram estatisticamente significativas ($p<0.05$); valores médios e desvio padrão; medidas em centímetros; <i>Aspidosperma ulei</i> , <i>A. vargasii</i> e <i>A. williami</i> possuem apenas um indivíduo) ... | 49 |
| Tabela 7. Grupo <i>parvifolium</i> : caracteres quantitativos mais representativos para a formação dos grupos da PCA considerando caracteres vegetativos+fruto. (Todas as características foram estatisticamente significativas ($p<0.05$); valores médios e desvio padrão; medidas em centímetros; <i>Aspidosperma tambopatense</i> possui folículo sem mucro) | 50 |

| | |
|---|----|
| Tabela 8. Grupo <i>parvifolium</i> : caracteres qualitativos mais representativos para a formação dos grupos das PCA considerando caracteres vegetativos+flor e vegetativos+fruto (Todas as características foram estatisticamente significativas, $p<0.05$) | 51 |
| Tabela 9. Grupo <i>tomentosum</i> : caracteres quantitativos mais representativos para a formação dos grupos da PCA considerando caracteres vegetativos+flor. (Todas as características foram estatisticamente significativas ($p<0.05$); valores médio e desvio padrão; medidas em centímetros) | 55 |
| Tabela 10. Grupo <i>tomentosum</i> : caracteres quantitativos mais representativos para a formação dos grupos da PCA considerando caracteres vegetativos+fruto. (Todas as características foram estatisticamente significativas ($p<0.05$); valores médio e desvio padrão; medidas em centímetros) | 55 |
| Tabela 11. Grupo <i>tomentosum</i> : caracteres qualitativos mais representativos para a formação dos grupos das PCA considerando caracteres vegetativos+flor e vegetativos+fruto (Todas as características foram estatisticamente significativas, $p<0.05$) | 56 |
| Tabela 12. Valores das matrizes e estatísticas das análises de parcimônia (IC: Índice de consistência; IR: Índice de retenção) | 56 |
| Tabela S1. Material examinado para o estudo morfométrico dos grupos <i>macrocarpon</i> , <i>parvifolium</i> e <i>tomentosum</i> | 82 |
| Tabela S2. Caracteres morfológicos selecionados a partir dos estudos de De Candolle (1844), Woodson (1951), Duarte (1970), Marcondes-Ferreira (1988) e Potgieter (1999) | 89 |
| Tabela S3. Grupo <i>macrocarpon</i> : autovalor, porcentagem de variância e fatores dos 10 caracteres quantitativos que mais contribuíram ($p<0.05$) para a formação dos grupos na PCA utilizando caracteres vegetativos+flor | 91 |
| Tabela S4. Grupo <i>macrocarpon</i> : autovalor, porcentagem de variância e fatores dos 10 caracteres quantitativos que mais contribuíram ($p<0.05$) para a formação dos grupos na PCA utilizando caracteres vegetativos+fruto | 91 |

Tabela S5. Grupo *parvifolium*: autovalor, porcentagem de variância e fatores dos 10 caracteres quantitativos que mais contribuíram ($p < 0.05$) para a formação dos grupos na PCA utilizando caracteres vegetativos+flor..... 92

Tabela S6. Grupo *parvifolium*: autovalor, porcentagem de variância e fatores dos 10 caracteres quantitativos que mais contribuíram ($p < 0.05$) para a formação dos grupos na PCA utilizando caracteres vegetativos+fruto..... 92

Tabela S7. Grupo *tomentosum*: autovalor, porcentagem de variância e fatores dos 10 caracteres quantitativos que mais contribuíram ($p < 0.05$) para a formação dos grupos na PCA utilizando caracteres vegetativos+flor..... 93

Tabela S8. Grupo *tomentosum*: autovalor, porcentagem de variância e fatores dos 10 caracteres quantitativos que mais contribuíram ($p < 0.05$) para a formação dos grupos na PCA utilizando caracteres vegetativos+fruto..... 93

Tabela S9. Espécies e informações de vouchers das sequências geradas para os marcadores rpl32-trnL e ITS..... 94

CAPÍTULO 4 – SINOPSE DA SEÇÃO TÍPICA DE *ASPIDOSPERMA* SUBG. *ASPIDOSPERMA* (APOCYNACEAE - ASPIDOSPERMEAE)

Tabela 1 – Alterações na circunscrição das espécies que compõem a seção típica de *Aspidosperma* subg. *Aspidosperma* (Marcondes-Ferreira & Kinoshita 1996), comparando os trabalhos realizados por Woodson (1951), Marcondes-Ferreira (1988), Marcondes-Ferreira & Kinoshita (1996) e Marcondes-Ferreira (1999)..... 156

Tabela 2. Comparação da circunscrição da seção *Aspidosperma sensu* Marcondes-Ferreira & Kinoshita (1996) e o presente estudo e informações sobre a ocorrência das espécies (mudanças estão indicadas em negrito)..... 238

RESUMO

Apocynaceae Juss. tem distribuição cosmopolita, está entre as maiores famílias de Angiospermas, e inclui atualmente as subfamílias Periplocoideae, Secamonoideae e Asclepiadoideae e os grados rauvolfioide e apocynoide. O grado rauvolfioide é composto por 79 gêneros distribuídos em 11 tribos, das quais apenas Alyxieae, Tabernaemontaneae, Willughbeieae e Vinceae possuem estudos filogenéticos. *Aspidospermeae* é grupo irmão das demais tribos de rauvolfioide e inclui seis gêneros, sendo *Aspidosperma* Mart. & Zucc. o mais diverso. *Aspidosperma* é composto atualmente por 51 espécies, divididas em dois subgêneros e nove seções, das quais a seção *Aspidosperma* é a que possui o maior número de espécies. Apesar de o gênero ter sido tratado em diversos estudos, a delimitação de suas espécies ainda não é totalmente resolvida, pois há grupos taxonomicamente complexos com sobreposição de características morfológicas entre suas espécies e sinonimizicações não efetivamente publicadas, além de nomes publicados após a última revisão que não foram avaliados quanto ao posicionamento nas seções. Neste estudo as circunscrições das espécies de *Aspidosperma* foram avaliadas para elucidar parte dos problemas taxonômicos e nomenclaturais do gênero. Além disso, foram utilizados caracteres morfológicos, moleculares e ecológicos, em abordagem integrativa, para propor uma circunscrição bem suportada das espécies que compõem a seção típica. No capítulo 1, tratei de três complexos de espécies (grupo *macrocarpon*, *parvifolium* e *tomentosum*), com histórico taxonômico repleto de decisões conflitantes, que necessitavam de uma avaliação com métodos objetivos e atuais para dar suporte a uma nova proposta. Essa abordagem permitiu o reconhecimento das espécies e o restabelecimento de cinco espécies que eram consideradas sinônimos. No capítulo 2, reavaliei as espécies do gênero, propondo o restabelecimento de cinco espécies, a sinonimização de 18 espécies e a exclusão de *Aspidosperma nanum* Markgr. No capítulo 3, são descrevi duas novas espécies para o nordeste do Brasil e forneci um tratamento do gênero para o estado do Ceará, onde as duas espécies são encontradas. No capítulo 4, sintetizei os resultados obtidos nos capítulos anteriores, aumentando de 17 para 28 as espécies reconhecidas na seção típica de *Aspidosperma*. Esse capítulo inclui, uma sinopse com chaves de identificação para as seções e para as espécies da seção típica, descrições, comentários taxonômicos, pranchas, e informações sobre distribuição e ambiente de ocorrência. Esses resultados forneceram uma circunscrição mais clara de alguns grupos taxonomicamente complexos do gênero, incluindo ferramentas para a identificação das mesmas, além de indicarem que o gênero é ainda mais representativo do que os estudos anteriores indicavam, principalmente na flora brasileira.

ABSTRACT

Apocynaceae Juss. presents a cosmopolitan distribution, is among the largest families of Angiosperms, and currently includes the subfamilies Periplocoideae, Secamonoideae and Asclepiadoideae and the rauvolfiod and apocynoid grades. The rauvolfiod grade comprises 79 genera distributed in 11 tribes, of which only Alyxieae, Tabernaemontaneae, Willughbeieae and Vinceae have phylogenetic studies. Aspidospermeae is the sister group of the other rauvolfiod tribes and includes six genera, of which *Aspidosperma* Mart. & Zucc. is the most diverse. *Aspidosperma* is currently composed of 51 species, divided into two subgenera and nine sections, of which the typical section *Aspidosperma* possesses the largest number of species. Although the genus has been treated in several studies, the delimitation of its species has not yet been fully resolved, because there are still taxonomically complex groups, with overlapping of morphological characteristics, synonymizations that have not been effectively published, besides names published after the last revision that were not evaluated about the position in the sections. In this study the circumscriptions of the *Aspidosperma* species were evaluated to elucidate some of the taxonomic and nomenclatureal problems existing in the genus. In addition, morphological, molecular and ecological characters were used in an integrative approach to propose a well-supported circumscription of the species included in the typical section. In Chapter 1, I assessed three species complexes (group *macrocarpon*, *parvifolium* and *tomentosum*), with a taxonomic history filled with conflicting decisions, which required an evaluation with objective and updated methods to support a new proposal. This approach allowed the recognition of the species and the re-establishment of five species that were considered synonym4s. In Chapter 2, I reevaluated the species of the genus, proposing the reestablishment of five species, the synonymization of 18 species and the exclusion of *Aspidosperma nanum* Markgr. In chapter 3, we described two new species of the northeast region of Brazil and provided a treatment of the genus for the Ceará state, where the two species are found. In chapter 4, I synthesized the results obtained in the previous chapters, increasing from 17 to 28 the species recognized in the typical section of *Aspidosperma*. In this chapter, we provided a synopsis, including keys for sections and species of the typical section, descriptions, taxonomic comments, illustrations, and information about distribution and environment of occurrence. These results provided a clearer circumscription of some groups taxonomically complex of the genus, including tools to their identification, and also indicating that the genus is even more representative than the previous studies indicated, especially in Brazilian flora.

Delimitação de espécies

Espécie é a unidade básica da biologia, uma vez que embasa estudos ecológicos, evolutivos e biogeográficos (Sites & Marshall 2003; Duminil & Di Michele 2009) e, conseqüentemente, para o entendimento dos processos relacionados à origem e manutenção da biodiversidade (Coyne & Orr 2004). Definir espécies, entretanto, sempre foi uma tarefa desafiadora, devido às diversas propriedades dos organismos (e.g. hibridização e organismos assexuais), que leva aos diferentes conceitos envolvidos na determinação de seus limites (De Queiroz 2007). De Queiroz (2007) propôs um conceito de espécie unificador, em que espécies são consideradas segmentos de linhagens de metapopulações evoluindo separadamente. Os limites entre esses segmentos são determinados por propriedades que podem ser acessadas via múltiplos critérios operacionais, que fornecem evidências da separação dessas linhagens (De Queiroz 2007). Os estudos baseados em morfologia, dados moleculares e ecológicos têm sido amplamente utilizados para determinar a circunscrição de espécies (e.g. Andrés-Sánchez et al. 2009; Leaché et al. 2009; Cadena e Cuervo 2010; Abdelaziz et al. 2011; Souza et al. 2014; Simo-Droissart et al. 2016; Guarçoni et al. 2017).

Os estudos taxonômicos tradicionalmente propõem a delimitação de táxons por meio de discontinuidades de caracteres morfológicos (André et al. 2015). Esses estudos são essenciais pois resgatam todo o histórico de classificação das espécies, além de fornecerem listas de nomes e sinônimos com nomenclatura correta (Borsch et al. 2015), dados sobre a variação morfológica e ocorrência das espécies. A descrição de padrões de variação das características morfológicas é essencial, pois esta normalmente associada à distribuição das espécies. Muitas vezes, porém ocorre a sobreposição dessas características, dificultando o estabelecimento de limite entre as espécies (Bünger et al. 2015). Análises morfométricas podem auxiliar o entendimento dessa variação entre os táxons e ao longo de suas distribuições (Bünger et al. 2015; Guarçoni et al. 2017). Associadas a revisões taxonômicas, estas análises fornecem uma abordagem objetiva para verificar os limites entre as espécies, e determinar circunscrições mais precisas (Souza et al. 2014; Bünger et al. 2015; Simo-Droissart et al. 2016).

A utilização de marcadores moleculares é, por sua vez, uma ferramenta extremamente informativa para a inferência de linhagens evolutivas, além de possibilitar a obtenção de uma quantidade de caracteres muito superiores quando comparada aos morfológicos (Zou & Zhang 2016). Além disso, a abordagem filogenética permite a identificação de linhagens monofiléticas, e das relações de parentesco entre as espécies (André et al. 2015).

Leaché et al. (2009) apontam a importância da divergência ecológica na separação das linhagens, uma vez que a distribuição das plantas está diretamente relacionada com fatores

ambientais, levando mesmo espécies próximas a possuírem preferências ecológicas específicas (Poudel et al. 2012). Portanto, a caracterização das necessidades ambientais das espécies e a identificação dos padrões de distribuição das mesmas constitui uma fonte adicional de informação para a delimitação das espécies (Wiens & Graham 2005).

Nesse sentido, a utilização conjunta de dados fornece a possibilidade de testar as hipóteses obtidas com essas fontes de dados, facilitando a determinação de limites entre espécies (Page et al. 2005; Wahlberg et al. 2005; González Gutiérrez et al. 2013). Além disso, têm se mostrado eficiente na delimitação de grupos taxonomicamente problemáticos (Leaché et al. 2009; Padial et al. 2010).

Apocynaceae

Apocynaceae Juss. é uma família cosmopolita que ocorre principalmente nas regiões tropical e subtropical do Hemisfério Sul (Simões et al. 2016). É composta por mais de 5.000 espécies e está entre as maiores famílias de Angiospermas (Rapini 2012). É facilmente reconhecida pela presença de látex, corola gamopétala, gineceu bicarpelar, carpelos total ou parcialmente sincárpico, unidos na cabeça do estilete (Rapini 2012). Apocynaceae é conhecida por seu uso ornamental (*e.g. Allamanda L., Asclepias L., Catharanthus G.Don, Mandevilla Lindl., Nerium L., Plumeria L., Thevetia L., Vinca L.*), químico e farmacológico (*e.g. Rauvolfia L. e Aspidosperma Mart. & Zucc.*) e madeireiro (*e.g. Aspidosperma*) (Rapini 2012; Simões et al. 2016)

A família inclui as subfamílias Periplocoideae, Secamonoideae e Asclepiadoideae e dois grados, rauvolfoide e apocynoide (Endress et al. 2014; Simões et al. 2016) (Figura 1). No Brasil Apocynaceae é representada pela subfamília Asclepiadoideae e pelos grados rauvolfoide e apocynoide, com mais de 750 espécies, das quais cerca de 400 são endêmicas (Flora do Brasil 2020). Atualmente ocupa a 11ª posição entre as famílias mais representativas da flora do Brasil (BFG 2015).

O grado rauvolfoide é reconhecido pela ausência de ginostégio, prefloração sinistrorsa, sementes sem coma e presença de alcaloides indólicos (Simões et al. 2016). O grupo é composto por 79 gêneros divididos em 11 tribos, das quais Alyxieae G.Don (Endress et al. 2007), Tabernaemontaneae G.Don (Simões et al. 2010), Willughbeieae A.DC. (Morokawa 2015) e Vinceae Duby (Simões et al. 2016) possuem estudos filogenéticos. Aspidospermeae Miers é grupo irmão do restante da família (Simões et al. 2007). Essa tribo é composta por seis gêneros (*Aspidosperma Mart. & Zucc., Geissospermum Allemão, Haplophyton A.DC., Microplumeria Baill., Strepeliopsis Benth. e Vallesia Ruiz & Pav.*), sendo *Aspidosperma* o gênero mais

representativo. É proximamente relacionado aos gêneros *Geissospermum* e *Haplophyton* (Simões et al. 2007) e um dos gêneros mais representativos do grado rauvolfioide no Brasil.

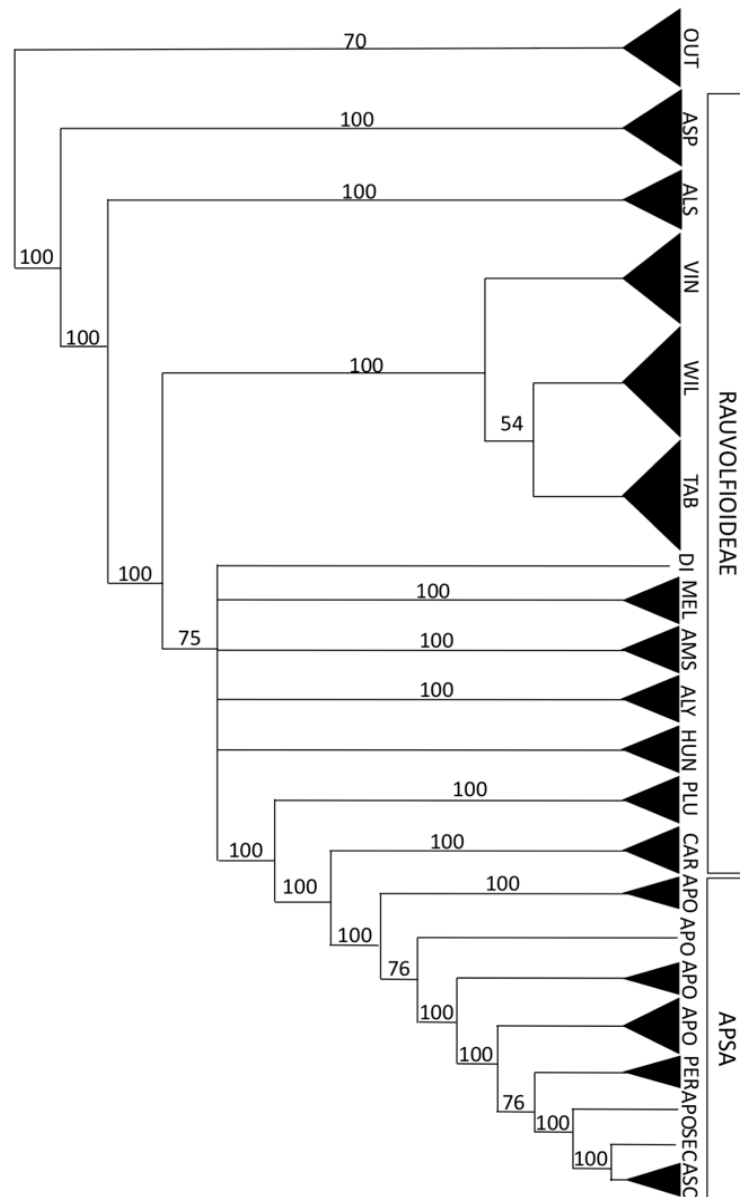


Figura 1. Árvore de consenso estrito dos marcadores moleculares combinados (*rbcL*, *rpl16*, *rps16*, *trnK* e *matK*) modificada de Simões et al. 2007 (suporte dos ramos: valores de *bootstrap* indicados acima dos ramos). OUT: Outgroup; ASP: Aspidospermeae; ALS: Alstonieae; VIN: Vinceae; WIL: Willughbeieae; TAB: Tabernaemontaneae; DI: Diplorhynchus; MEL: Melodineae; AMS: Amsonia; ALY: Alyxieae; HUN: Hunterieae; PLU: Plumerieae; CAR: Carisseae; APSA: APO – Apocynoideae, PER – Periplocoideae, SEC – Secamonoideae, and ASC - Asclepiadoideae.

Aspidosperma

Aspidosperma é composto atualmente por 51 espécies, das quais 47 ocorrem no Brasil (Flora do Brasil 2020; Pereira et al. 2016; Morales & Zamora 2017; Pereira et al. 2017; Scudeler et al. 2018). O gênero distribuiu-se por toda a América tropical, desde o México até a Argentina, ocorrendo em ambientes diversos, predominantemente florestais (Woodson 1951; Marcondes-Ferreira 1988), com maior número de espécies endêmicas (17 spp.) no Brasil (Flora do Brasil 2020). O gênero foi descrito por Martius & Zuccarini (1824) e tratado em diversos estudos (Candolle 1844; Müller-Argovensis 1860; Schumann 1895; Pichon 1947; Woodson 1951; Marcondes-Ferreira 1988; Marcondes-Ferreira & Kinoshita 1996; Potgieter 1999). Porém, a delimitação de parte de suas espécies ainda é difícil, com grupos taxonomicamente complexos devido à sobreposição de características morfológicas, sinonimizadas não efetivamente publicadas, além de nomes publicados após a última revisão de *Aspidosperma* (Woodson 1951) que não foram avaliados quanto ao posicionamento nas seções.

O gênero é atualmente dividido em *Aspidosperma* subg. *Aspidosperma* e *A.* subg. *Coutinia* (Vell.) Marc.-Ferr. (Marcondes-Ferreira & Kinoshita 1996). *Aspidosperma* subg. *Aspidosperma* é composto por nove seções [*Aspidosperma* (18 spp.), *Nobilia* (11 spp.), *Polyneura* (Woodson) Marc.-Ferr. (cinco spp.), *Excelsa* Marc.-Ferr. (quatro spp.), *Pungentia* (Pichon) Marc.-Ferr. (duas spp.), *Inundata* Marc.-Ferr. (uma sp.), *Ramiflora* (Woodson) Marc.-Ferr. (uma sp.), *Rigida* (Woodson) Marc.-Ferr. (uma sp.), *Schultesia* Marc.-Ferr. (uma sp.)], e *Aspidosperma* subg. *Coutinia* possui somente duas espécies, *Aspidosperma illustre* (Vell.) Kuhl. & Pirajá e *A. megalocarpon* Müll.Arg. (Marcondes-Ferreira & Kinoshita 1996).

As espécies de *Aspidosperma* são amplamente distribuídas no Brasil, em ambientes ecologicamente distintos, principalmente nos florestais, com algumas espécies apresentando padrões de distribuição disjuntos, associados às matas secas e inselbergs (Marcondes-Ferreira 1988; Luana Mamede & Leandro Cardoso, inf. pess.). Essa distribuição extensa está relacionada a uma ampla variação morfológica encontrada (Marcondes-Ferreira 1988). Além disso, há muitos morfotipos descritos na literatura como detentores de características intermediárias (Woodson 1951; Marcondes-Ferreira 1988), o que, segundo Woodson (1951), seriam indícios da ocorrência de hibridização. Essas características têm gerado abordagens distintas para a taxonomia do gênero, o que dificulta a delimitação das espécies, e tem gerado inconsistências entre o número de espécies reconhecidas (Woodson 1951; Marcondes-Ferreira 1988; Marcondes-Ferreira & Kinoshita 1996; Potgieter 1999). Esses problemas estão concentrados principalmente nas duas seções mais diversas do gênero (*Aspidosperma* e *Nobilia*), com discordâncias na circunscrição de espécies que estão entre as mais conhecidas do gênero (e.g. *Aspidosperma parvifolium* A.DC., *A. tomentosum* Mart. & Zucc. e *A. spruceanum*

Benth. ex Müll.Arg.) (Woodson 1951; Marcondes-Ferreira 1988; Marcondes-Ferreira & Kinoshita 1996).

Estudos em andamento com o gênero, utilizando marcadores moleculares de cloroplasto (*trnS-trnG* e *rpl16*) e nuclear (*ITS*), indicam a necessidade de reavaliar a circunscrição de algumas das seções propostas por Marcondes-Ferreira & Kinoshita (1996). Especificamente para a seção típica, todas as espécies originalmente incluídas na seção formam um clado, assim nesse trabalho consideramos a seção *Aspidosperma* como proposta por Marcondes-Ferreira & Kinoshita (1996).

Objetivos

Reavaliar a circunscrição das espécies de *Aspidosperma*, elucidando alguns dos problemas taxonômicos e nomenclaturais existentes no gênero. Além disso, com enfoque na seção típica, fornecer uma classificação bem suportada, utilizando caracteres morfológicos, moleculares e ecológicos. Especificamente:

- (1) Determinar quantas espécies devem ser reconhecidas na seção típica de *Aspidosperma*;
- (2) Determinar características vegetativas e reprodutivas diagnósticas para as espécies que compõem a seção típica;
- (3) Fornecer uma ferramenta útil para o reconhecimento das espécies que compõem a seção típica, incluindo imagens, chaves de identificação, mapas e comentários taxonômicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelaziz, M., Lorite J., Muñoz-Pajares A.J., Herrador, M.B., Perfectti, F., Gómez, J.M. 2011. Using complementary techniques to distinguish cryptic species: A new *Erysimum* (Brassicaceae) species from North Africa. *American Journal of Botany* 98:1049–1060.
- André, T., Specht, C., Salzman, S., Palma-Silva, C., Wendt, T. 2015. Evolution of species diversity in the genus *Chamaecostus* (Costaceae): molecular phylogenetics and morphometric approaches. *Phytotaxa* 204:265–276.
- Andrés-Sánchez, S., Rico, E., Herrero, A., Santos-Vicente, M., Martínez-Ortega, M.M. 2009. Combining traditional morphometrics and molecular markers in cryptic taxa: Towards an updated integrative taxonomic treatment for Veronica subgenus *Pentasepalae* (Plantaginaceae sensu APG II) in the western Mediterranean. *Botanical Journal of Linnean Society* 159:68–87.

- BFG. 2015. Growing knowledge: An overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguesia* 66:1085–1113.
- Borsch, T., Hernández-Ledesma, P., Berendsohn, W.G., Flores-Olvera, H., Ochoterena, H., Zuloaga, F.O., von Mering, S., Kilian, N. 2015. An integrative and dynamic approach for monographing species-rich plant groups - Building the global synthesis of the angiosperm order Caryophyllales. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics* 17:284–300.
- Bünger, M.O., Einsele, P., Figueiredo, M.L.N., Stehmann, J.R. 2015. Resolving Species Delimitations in the *Eugenia involucreta* Group (*Eugenia* sect. *Phyllocalyx* - Myrtaceae) with Morphometric Analysis. *Systematic Botany* 40: 995–1002.
- Cadena, C.D., Cuervo, A.M. 2010. Molecules, ecology, morphology, and songs in concert: how many species is *Arremon torquatus* (Aves: Emberizidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 99: 152–176.
- Candolle, A.L.P.P. 1844. Apocynaceae. In: de Candolle, A.P., de Candolle, A.L.P.P. (eds) *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*. Treuttel & Würtz, Paris, pp 317–489.
- Coyne, J.A., Orr, H.A. 2004. *Speciation*, ed. 1. Sinauer Associates, Sunderland (Massachusetts). 546 p.
- Darriba, D., Taboada, G.L., Doallo, R., Posada, D. 2012. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nature Methods* 9(8): 772.
- De Queiroz, K. 2007. Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology* 56:879–886.
- Duminil, J., Di Michele, M. 2009. Plant species delimitation: A comparison of morphological and molecular markers. *Plant Biosystems* 143(3): 528–542.
- Endress, M.E., Raymond, W.J.M. van der Ham, Nilsson, S., Civeyre, L., Chase, M.W., Sennblad, B., Potgieter, K., Joseph, J., Powell, M., Lorence, D., Zimmerman, Y.M., Albert, V.A. 2007. A phylogenetic analysis of Alyxieae (Apocynaceae) based on rbcL, matK, trnL intron, trnL-F spacer sequences, and morphological characters. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 94: 1–35.
- Endress, M.E., Liede-Schumann, S., Meve U. 2014. An updated classification for Apocynaceae. *Phytotaxa* 159: 175–194.
- Flora do Brasil 2020. [continuumante atualizado]. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>. Acessado em: 29 Jan. 2018.
- Gardner, Z.E., Lueck, L., Erhardt, E.B., Craker, L.E. 2012. A morphometric analysis of *Actaea racemosa* L. (Ranunculaceae). *Journal of Medicinally Active Plants* 1:47–59.

- González Gutiérrez, P.A., Köhler, E., Borsch, T. 2013. New species of *Buxus* (Buxaceae) from northeastern Cuba based on morphological and molecular characters, including some comments on molecular diagnosis. *Willdenowia* 43:125–137.
- Guarçoni, E.A.E., Azevedo, A.A., Costa, A.F. 2017 The reestablishment of *Dyckia oligantha* and *D. nana* (Bromeliaceae, Pitcairnioideae), belonging to the *D. macedoi* complex. *Phytotaxa* 306:49–65.
- Leaché, A.D., Koo, M.S., Spencer, C.L., Papenfuss, T.J., Fisher, R.N., McGuire, J.A. 2009. Quantifying ecological, morphological, and genetic variation to delimit species in the coast horned lizard species complex (*Phrynosoma*). *PNAS* 106:12418–12423.
- Marcondes-Ferreira, W., Kinoshita, L.S. 1996. Uma nova divisão infragenérica para *Aspidosperma* Mart. (Apocynaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 19:203–214.
- Marcondes-Ferreira, W. 1988. *Aspidosperma* Mart., nom. cons. (Apocynaceae): estudos taxonômicos. 431f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1988.
- Martius, C.F.P., Zuccarini, J.G. 1824. Ankündigung der fortsetzung eines werkes über brasilianische pflanzen. *Flora* 7:129–142.
- Miller, M.A., Pfeiffer, W., Schwartz, T. 2010. Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees. Disponível em: <http://www.phylo.org/sub_sections/portal/sc2010_paper.pdf>. Acessado em: 29 Jan. 2018.
- Morales, J.F., Zamora, N.A. 2017. A Synopsis of *Aspidosperma* (Apocynaceae) in Mexico and Central America with taxonomic clarification of *Aspidosperma cruetum* and a new cryptic species. *Phytoneuron* 68:1–13.
- Morokawa, R. 2015. *Biogeography of ViWiTa clade and phylogeny of Willughbeieae (Apocynaceae, Rauvolfioideae)*. 124f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Müller-Argoviensis, J. 1860. Apocynaceae. In: Martius, C.F.P. (Ed.). *Flora Brasiliensis*, vol.6, pt.1. Munique/Lípsia: R. Oldenbourg. 340p.
- Padial, J.M., Miralles, A., De La Riva, I., Vences, M. 2010. The integrative future of taxonomy. *Frontiers in Zoology* 7(16): 1-14.
- Page, T.J., Choy, S.C., Hughes, J.M. 2005. The taxonomic feedback loop: symbiosis of morphology and molecules. *Biology Letters* 1:139–42.
- Pereira, A.S. de S., Simões, A.O., Santos, J.U.M. 2016. Taxonomy of *Aspidosperma* Mart. (Apocynaceae, Rauvolfioideae) in the State of Pará, Northern Brazil. *Biota Neotropica* 16: 1–23.

- Pichon, M. 1947. Classification des Apocynacées: VII, genre *Aspidosperma*. *Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle* 19(4): 362- 369.
- Potgieter, K. 1999. *Phylogenetic study of Apocynaceae Juss. and Aspidosperma Mart. & Zucc.* 530f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Graduate College, University of Illinois, Urbana-Champaign.
- Poudel, R.A., Möller, M., Gao, L.M., Ahrends, A., Baral, S.R., Lie, J., Thomas, P., Li, D.Z. 2012. Using Morphological, Molecular and Climatic Data to Delimitate Yews along the Hindu Kush-Himalaya and Adjacent Regions. *PLOS One* 7(10): e46873.
- Rapini, A. 2012. Taxonomy “under construction”: Advances in the systematics of Apocynaceae, with emphasis on the Brazilian Asclepiadoideae. *Rodriguesia* 63:75–88.
- Schumann, K. 1895. Apocynaceae. In: Engler, A.; Prantl, K. (Eds.). *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*, vol.4, pt.2. Lipsia: W. Engelmann. 310p.
- Simo-Droissart, M., Sonké, B, Droissart, V., Micheneau, C., Lowry II, P.P., Hardy, O.J., Plunkett, G.M., Stévar, T. 2016. Morphometrics and molecular phylogenetics of *Angraecum* section *Dolabrifolia* (Orchidaceae, Angraecinae). *Plant Systematics and Evolution* 302: 1027-1045.
- Simões, A.O., Endress, M.E., Conti, E. 2010. Systematics and character evolution of *Tabernaemontaneae* (Apocynaceae, Rauvolfioideae) based on molecular and morphological evidence. *Taxon* 59: 772-790.
- Simões, A.O., Livshultz, T., Conti, E., Endress, M.E. 2007. Phylogeny and systematics of the *Rauvolfioideae* (Apocynaceae) based on molecular and morphological evidence. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 94(2): 268- 297.
- Simões, A.O., Kinoshita, L.S., Koch, I., Silva, M.J., Endress, M.E. 2016. Systematics and character evolution of *Vinceae* (Apocynaceae). *Taxon* 65(1): 99-122.
- Sites, J.W., Marshall, J.C. 2004. Operational criteria for delimiting species. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 199-227.
- Souza, I.M., Funch, L.S.L, de Queiroz. L.P. 2014 Morphological analyses suggest a new taxonomic circumscription for *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae). *PhytoKeys* 118:101–18.
- Wahlberg, N., Braby, M.F., Brower, A.V.Z., Jong, R., Lee, M.M., Nylin, S., Pierce, N.E., Sperling, F.A.H, Vila, R., Warren, A.D., Zakharov, E. 2005. Synergistic effects of combining morphological and molecular data in resolving the phylogeny of butterflies and skippers. *Proceedings of the Royal Society B* 272:1577–1586.
- Wiens, J.J., Graham, C.H. 2005. Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 36: 516–539.

- Woodson, R.E. 1951. Studies in the Apocynaceae VIII: an interim revision of the genus *Aspidosperma* Mart. & Zucc. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 38(1): 119-204.
- Zou, Z., Zhang, J. 2016. Morphological and molecular convergences in mammalian phylogenetics. *Nature Communications* 7:12758.

Referências bibliográficas

- De Candolle A (1844) Apocynaceae. In: De Candolle, A.P. Prodomus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis. Parisiis, Fortin, Masson et sociorum. 8: 317-489.
- Duarte AP (1970) Contribuição para uma Revisão do Gênero *Aspidosperma*. Anais da Academia Brasileira de Ciências 42 (suplemento): 289-327.
- Duarte AP (1973) Duas Novas Espécies da Flora dos Estados do Espírito Santo e Goiás. Archivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro 19: 218-222.
- Duarte AP (1978) Dando continuidade aos nossos estudos de revisão do gênero *Aspidosperma*, apresentaremos mais três espécies da série VI Nitida, que ocorrem na flora extra-amazônica. Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro 23: 135-143.
- Duarte AP (1980) Série Nobiles Woodson (Apocynaceae). Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro 24: 5-11.
- Endress ME, Liede-Schumann S & Meve U (2014) An updated classification for Apocynaceae. Phytotaxa 159: 175-194.
- Flora do Brasil 2020 [em construção] Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em 05 dezembro 2016.
- Gentry AH (1984) New species and combinations in Apocynaceae from Peru and adjacent Amazonia. Annals of the Missouri Botanical Garden 71(4): 1075–1081.
- Gomes SM & Cavalcanti TB (2001) Morfologia floral de *Aspidosperma* Mart & Zucc. (Apocynaceae). Acta Botanica Brasilica 15:73-88.
- Gomes SM (2006) Ontogênese da flor com ênfase no estudo da apocarpia em Apocynaceae Juss. como subsídio à taxonomia do grupo. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 267p.
- Handro O (1962) Notas sobre algumas espécies de *Aspidosperma* Mart. & Zucc. Arquivos do Jardim Botânico do Estado de São Paulo 3(5): 279-83.
- JBRJ - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Jabot - Banco de Dados da Flora Brasileira. Disponível em: <<http://jabot.jbrj.gov.br/>>. Acesso em 29 janeiro 2018.
- Machete DJ, Alves FM & Farinaccio MA (2016) *Aspidosperma* (Apocynaceae) no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Rodriguésia 67(4): 1011-1024.
- Malme GOA (1927) Die Apozynaceen der zweiten Regnellschen. Arkiv för Botanik 21A(6): 10.
- Marcondes-Ferreira W (1988) *Aspidosperma* Mart., nom. cons. (Apocynaceae): estudos taxonômicos. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 431p.
- Marcondes-Ferreira W (1991) New taxa in the genus *Aspidosperma* Mart. conserved name, Apocynaceae. Revista Brasileira de Botânica 14(2): 127-132.

- Marcondes-Ferreira W & Kinoshita LS (1996) Uma nova divisão infragenérica para *Aspidosperma* Mart. (Apocynaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 19: 203-214.
- Marcondes-Ferreira W (1999) A new species of *Aspidosperma* Mart. (Apocynaceae) from Bahia, Brazil. *Brittonia* 51(1): 74-76.
- Markgraf F (1924) Neue Apocynaceen na Südamerika. *Notizblatt des Botanischen Gartens und Museums zu Berlin-Dahlem* 9: 78.
- Markgraf F (1940) Neue Apocynaceen na Südamerika VIII. *Notizblatt des Botanischen Gartens und Museums zu Berlin-Dahlem* 15(1): 133.
- Martius CPF & Zuccarini JG (1824) Ankündigung der Fortsetzung sine Werkes über brasilianische Pflanzen. *Flora (Jena)* 7: 129-142.
- Martius CPF (1837) *Herbarium Florae Brasiliensis*. *Flora (Jena)* 20(2): 162-163.
- Morales JF & Zamora NA (2017) A synopsis of *Aspidosperma* (Apocynaceae) in Mexico and Central America with a taxonomic clarification of *Aspidosperma cruentum* and a new cryptic species. *Phytoneuron* 68: 1–13.
- Müller-argovensis J (1860) Apocynaceae. In: Martius CPP (Ed.). *Flora brasiliensis enumeratio Plantarum in Brasilia hactenus delectarum ques suis aliorumque botanicorum studiis descriptas et methodo naturai digestas partim icone illustratas*. Lipsiae: Frid. Fleisher. 6(1): 1-195.
- Pereira M de M, Jácome RLRP, Alcântara AF de C, Alves RB & Raslan DS (2007) Alcalóides indólicos isolados de espécies do gênero *Aspidosperma* (Apocynaceae). *Química Nova* 30(4): 970-983.
- Pereira AS de S, Simões AO & Santos JUM (2016) Taxonomy of *Aspidosperma* Mart. (Apocynaceae, Rauvolfioideae) in the State of Pará, Northern Brazil. *Biota Neotropica* (Online. Edição em Inglês) 16: e20150080.
- Pereira AS de S, Castello ACD, Scudeler AL, Simões AO & Koch I (2017) *Aspidosperma brasiliense* (Apocynaceae), a new and widely distributed species. *Phytotaxa* 326(4): 235-244.
- Pichon M (1947) Classification des Apocynacées: IV. Genre “Alstonia” et genres voisins. *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle* 2(19): 294-301.
- Potgieter K (1999) Phylogenetic study of Apocynaceae Juss. and *Aspidosperma* Mart. & Zucc. Tese de Doutorado. Universidade de Illionis, Urbana, 556p.
- Radford AE, Dickison WC, Massey JR & Bell CR (1974) *Vascular Plant Systematics*. Harper & Row Publishers, New York. 891pp.
- Schumann K (1895) Apocynaceae. In: Engler, A. & Prantl, K. *Die natürlichen Pflanzenfamilien*. Leipzig, Wilhelm Engelmann. Vol.4, n.2. Pp. 109-189.

- Scudeler AL, Castello ACD, Pereira AS de S & Koch I (2018) A new species of *Aspidosperma* (Apocynaceae) from the Brazilian Cerrado. *Phytotaxa* 333(1): 117-123.
- Simões AO, Livshultz T, Conti E & Endress, ME (2007) Phylogeny and systematics of the Rauvolfioideae (Apocynaceae) based on molecular and morphological evidence. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 94: 268–297.
- SpeciesLink*. Sistema de informação distribuído para coleções biológicas: a integração do *SpeciesAnalyst* e do SinBiota (FAPESP). 2017. CRIA – Centro de Referência em Informação Ambiental. Disponível em: <<http://splink.cria.org.br/>>. Acesso em 01 fevereiro 2017.
- Thiers B [atualizado continuamente] Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Disponível em: <<http://sweetgum.nybg.org/ih/>>. Acesso em 05 dezembro 2016.
- Woodson RE (1951) Studies in the Apocynaceae VIII A Interim Revision of Genus *Aspidosperma* Mart. & Zucc. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 38(2): 119-206.