

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Dione Dambrós Raddatz

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA E ANATOMIA DA MADEIRA DE
ESPÉCIES REÓFITAS PARA UTILIZAÇÃO EM RECUPERAÇÃO DE
MATAS CILIARES**

Santa Maria, RS
2019

Dione Dambrós Raddatz

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA E ANATOMIA DA MADEIRA DE
ESPÉCIES REÓFITAS PARA UTILIZAÇÃO EM RECUPERAÇÃO DE
MATAS CILIARES**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Jaques Sutili

Santa Maria, RS
2019

Raddatz, Dione
Propagação vegetativa e anatomia da madeira de
espécies reófitas para utilização em recuperação de matas
ciliares / Dione Raddatz.- 2019.
81 p.; 30 cm

Orientador: Fabrício Jaques Sutili
Coorientador: José Newton Cardoso Marchiori
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2019

1. Recuperação de Áreas Degradadas 2. Engenharia
Natural 3. Flexibilidade do caule 4. Estaquia I. Jaques
Sutili, Fabrício II. Cardoso Marchiori, José Newton
III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

© 2019

Todos os direitos autorais reservados a Dione Dambrós Raddatz. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

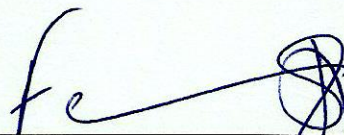
E-mail: dionedambros@hotmail.com

Dione Dambrós Raddatz

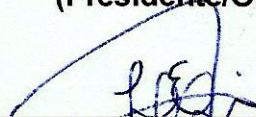
**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA E ANATOMIA DA MADEIRA DE ESPÉCIES
REÓFITAS PARA UTILIZAÇÃO EM RECUPERAÇÃO DE MATAS CILIARES**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal**.


Aprovado em 13 de fevereiro de 2019:



**Prof. Dr. Fabrício Jaques Sutili (UFSM)
(Presidente/Orientador)**



Prof.ª Dr.ª Liliانا Essi (UFSM)



Prof. Dr. Leonardo Razz Debie (UNIPAMPA)

Santa Maria, RS
2019

*À minha família: noiva e companheira Rossana, meus pais Hélio e Cleusa, irmã
Danielle e sobrinha e afilhada Lívia dedico esse trabalho.*

AGRADECIMENTOS

À minha noiva e companheira Rossana, pelo amor, incentivos, carinho, estando ao meu lado em momentos difíceis e também de alegrias, superando conjuntamente os obstáculos e pela ajuda incondicional ao trabalho.

Aos meus pais Hélio e Cleusa, responsáveis por toda minha formação como pessoa, agradeço pelo amor, carinho e confiança depositada em minhas escolhas.

À minha irmã Danielle, sobrinha e afiliada Livia e cunhado Victor, pela amizade, carinho, compreensão e incentivos.

Ao meu sogro Niwton, sogra Vera, cunhado Guilherme e concunhada Scheila, pela amizade, carinho e estímulos.

Ao Professor Dr. Fabrício Jaques Sutili, pela orientação, conselhos, ideias, ensinamentos e suporte durante a pesquisa.

Ao Professor Dr. José Newton Cardoso Marchiori pela coorientação, trabalhos desenvolvidos e amizade.

À CAPES, pela bolsa de estudos, tornando viável a elaboração da pesquisa e a UFSM, pelos anos de acolhida e por todas as oportunidades apresentadas.

Ao Professor Marcos Sobral pelas sugestões, identificações e confirmações das espécies utilizadas e a Fundação Zoobotânica do RS, em especial ao Sr. Ari Nilson pelas ideias, dicas de locais de coleta, identificações e cedência de material vegetal.

Aos professores Dr. Leonardo Paz Deble e Dr^a Liliana Essi por terem aceitado participar da banca e pelas preciosas sugestões denotadas.

Aos amigos do LaQuim, do LabEN e demais mundo afora pelo apoio, incentivos e amizade.

Aos professores do curso de Engenharia Florestal, em especial ao Professor Bressan, Professora Cristiane, Professor Farias e Professor Frederico pelo companheirismo, ensinamentos transmitidos, amizade e dedicação.

Às equipes dos Herbários SMDB e HDCF pelos momentos de acolhida durante as pesquisas realizadas.

Muito obrigado!

RESUMO

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA E ANATOMIA DA MADEIRA DE ESPÉCIES REÓFITAS PARA UTILIZAÇÃO EM RECUPERAÇÃO DE MATAS CILIARES

AUTOR: Dione Dambrós Raddatz
ORIENTADOR: Fabrício Jaques Sutili

Os recursos naturais, em especial as formações florestais vem sendo destruídas através da ocupação desordenada e sem planejamento do território brasileiro, a eliminação dessas formações ocasiona diversos problemas ao meio ambiente, colaborando principalmente com a extinção de espécies da flora e fauna, mudanças climáticas, erosão dos solos e assoreamento dos cursos d'água. O conjunto vegetacional que habita rios e córregos é denominado de mata ciliar, e possui diversas espécies arbóreas e arbustivas, muitas delas conhecidas popularmente como "sarandis". Esses locais, uma vez degradados, requerem diferentes formas de recuperação, e para tal deve-se conhecer previamente a área da bacia hidrográfica, o regime pluviométrico, bem como a área onde serão implantadas as práticas de recuperação e os métodos para introdução de espécies. Deste modo, são necessárias diferentes ferramentas capazes de recuperá-los, pois onde ocorre cheias periódicas a propagação vegetativa por meio de estaquia simples é a mais indicada. O presente estudo tem por objetivo investigar a propagação vegetativa por estaquia e a flexibilidade dos caules das espécies *Aspidosperma riedelii* Müll. Arg., *Callisthene inundata* O.L.Bueno, A.D.Nilson & R.G.Magalh., *Calyptanthes concinna* DC., *Colliguaja brasiliensis* Klotzsch ex Baill., *Erythroxylum substriatum* O.E.Schulz, *Indigofera suffruticosa* Mill., *Lafoensia nummularifolia* A. St.-Hil., *Lafoensia pacari* A. St.-Hil., *Ludwigia sericea* (Cambess.) Hara e *Maytenus sp.* para utilização em recuperação de áreas degradadas no âmbito fluvial. O experimento de propagação vegetativa via estaquia foi realizado em casa de vegetação, as estacas das dez espécies possuíam 15 cm de comprimento, e foram plantadas em vasos de 1,7 L utilizando como substrato areia média peneirada. O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC) com 30 estacas para cada espécie. Aos 45, 90 e 180 dias, foi avaliada a taxa de sobrevivência e, da parte aérea: o número médio, comprimento médio e a massa seca dos brotos por estaca. Para o sistema radicular: o número médio, o comprimento médio, a massa seca média das raízes primárias por estaca, o número de raízes e soma do comprimento das raízes por metro de estaca enterrada, e para uma melhor compreensão do sistema radicular realizou-se, aos 180 dias, a distribuição absoluta das raízes. Já os estudos anatômicos foram realizados para espécies ainda não descritas anatomicamente, a partir de amostras coletadas ao diâmetro à altura do peito, das plantas onde foram originadas as estacas, com intuito de descrever preliminarmente a composição do lenho, enfatizando caracteres que conferem flexibilidade aos caules e ramos. As descrições microscópicas seguiram as recomendações do IAWA Committee. Nos resultados, da propagação vegetativa as espécies apresentaram taxa de sobrevivência média variando de 51% a 96%, todas as dez apresentaram sistema aéreo, entretanto apenas as espécies *C. concinna*, *C. brasiliensis*, *I. suffruticosa*, *L. pacari* e *L. sericea* apresentaram sistema radicular. Na análise anatômica dos lenhos identificou-se que *A. riedelii*, *L. nummularifolia* e *L. pacari* possuem caracteres que conferem flexibilidade ao caule e ramos, entretanto não descarta-se as espécies *E. substriatum* e *Maytenus sp.*, pois além de serem encontradas em ambiente reófilo possuem vasos muito estreitos e de paredes finas, uma vez que estes caracteres são encontrados constantemente em espécies reófitas.

Palavras-chave: Recuperação de Áreas Degradadas. Engenharia Natural. Flexibilidade do caule. Estaquia.

ABSTRACT

VEGETATIVE PROPAGATION AND WOOD ANATOMY OF REOPHYTE SPECIES FOR USE IN RECOVERY OF RIPARIAN FOREST

AUTHOR: Dione Dambrós Raddatz
ADVISER: Fabrício Jaques Sutili

Natural resources, especially the forest formations have been destroyed through the disordered occupation and without planning of the Brazilian territory, the removal of these formations causes several problems to the environment, mainly collaborating with the extinction of species of flora and fauna, climatic changes, soil erosion and silting of watercourses. The vegetation set that inhabits rivers and streams are called riparian forest, and has several tree species and shrub species, many of them popularly known as "sarandis". These sites, once degraded, require different forms of recovery, and for that, you must know in advance the area of the watershed, the pluviometric regime, as well as the area where they will be deployed recovery practices and methods for introduction of species. In this way, different tools are needed to recover them, because where periodic flooding occurs the vegetative propagation by means of cuttings is the most indicated. The present study aims to investigate the vegetative propagation by cuttings and the flexibility of stems of species *Aspidosperma riedelii* Müll. Arg., *Callisthene inundata* O.L.Bueno, A.D.Nilson & R.G.Magalh., *Calyptanthes concinna* DC., *Colliguaja brasiliensis* Klotzsch ex Baill., *Erythroxylum substriatum* O.E.Schulz, *Indigofera suffruticosa* Mill., *Lafoensia nummularifolia* A. St.-Hil., *Lafoensia pacari* A. St.-Hil., *Ludwigia sericea* (Cambess.) Hara e *Maytenus sp.* for use in the recovery of degraded areas in the river. The experiment of vegetative propagation by cuttings was carried out in a greenhouse, the cuttings of the ten species had 15 cm long and were planted in 1.7 L pots using medium sieved sand as the substrate. The completely randomized design was chosen with 30 cuttings for each species. At 45, 90 and 180 days, survival rate was evaluated and of the aerial part: the mean number, mean length and dry mass of shoots per cutting. For the root system: the mean number, mean length and dry mass of tap roots per cutting, the number of roots, and sum of root length per meter of buried cutting, and for a better understanding of the root system was held, at 180 days, the absolute distribution of roots. The anatomical studies were carried out for species not yet described anatomically, from samples collected at the diameter at breast height, of the plants where the cuttings were originated, in order to describe preliminarily the composition of the wood, emphasizing characters that confer flexibility on the stems and branches. Microscopic descriptions followed the recommendations of the IAWA Committee. In the results, the vegetative propagation species showed a mean survival rate ranging from 51% to 96%, all ten had an aerial system, however only the species *C. concinna*, *C. brasiliensis*, *I. suffruticosa*, *L. pacari* and *L. sericea* presented root system. In the anatomical analysis of the wood, it was identified that *A. riedelii*, *L. nummularifolia* and *L. pacari* have technical features that confer flexibility on the stem and branches, however, it does not discard the species *E. substriatum* and *Maytenus sp.*, because in addition to being found in a rheophile environment they have very narrow vessels and thin-walled, since these technical features are constantly found in reophyte species.

Keywords: Recovery of Degraded Areas. Soil Bioengineering. Stem flexibility. Cutting.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – <i>Aspidosperma riedelii</i> . AB – Aspecto geral da planta; B – Caule em detalhe; C – Detalhe das folhas; D – Detalhe dos frutos. | 26 |
| Figura 2: <i>Callisthene inundata</i> . A – Aspecto geral; B – Detalhe dos frutos; C – Detalhe das folhas. | 28 |
| Figura 3: <i>Calyptanthus concinna</i> A - Aspecto geral; B/C – Detalhe das folhas e botões florais. | 29 |
| Figura 4 – <i>Colliguaja brasiliensis</i> . A – Aspecto da planta; B – Detalhe da flor. | 30 |
| Figura 5 – <i>Erythroxylum substriatum</i> . A – Aspecto da planta; B – Detalhe da flor e folha. | 31 |
| Figura 6 – <i>Indigofera suffruticosa</i> . A – Aspecto da planta; B – Detalhe do fruto; C – Detalhe da flor. | 33 |
| Figura 7 – <i>Lafoensia nummularifolia</i> . A – Aspecto das folhas; B – Detalhe do fruto; C – Detalhe da flor. | 35 |
| Figura 8 – <i>Lafoensia pacari</i> . A – Aspecto geral da planta; B – Detalhe do fruto; C – Detalhe da flor. | 36 |
| Figura 9 – <i>Ludwigia sericea</i> . A – Aspecto geral da planta; B/C – Detalhe da flor..... | 37 |
| Figura 10 – <i>Maytenus sp.</i> A – Aspecto geral da planta; B/C – Detalhe das folhas.... | 38 |
| Figura 11 – Taxa de sobrevivência das espécies estudadas obtidos nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após plantio e a média entre os três períodos..... | 45 |
| Figura 12 – Número médio de brotos por estaca das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos. . | 47 |
| Figura 13 – Soma do comprimento de brotos por estaca das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos..... | 48 |
| Figura 14 – Massa seca dos brotos das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos. | 49 |
| Figura 15 – Número médio de raízes primárias por estaca das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos..... | 51 |
| Figura 16 – Número de raízes primárias por metro de estaca enterrada das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos. | 52 |
| Figura 17 – Comprimento médio de raízes primárias (cm) por estaca das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos..... | 53 |
| Figura 18 – Comprimento das raízes por metro de estaca nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos. . | 54 |
| Figura 19 – Massa seca das raízes das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos. | 55 |

| | |
|--|----|
| Figura 20 – Distribuição de frequência absoluta do comprimento de raízes (cm) de <i>Colliguaja brasiliensis</i> obtidas aos 180 dias após o plantio. | 56 |
| Figura 21– Distribuição de frequência absoluta do comprimento de raízes (cm) de <i>Ludwigia sericea</i> obtidas aos 180 dias após o plantio. | 57 |
| Figura 22– Distribuição de frequência absoluta do comprimento de raízes (cm) de <i>Indigofera suffruticosa</i> obtidas aos 180 dias após o plantio..... | 58 |
| Figura 23 – Aspecto geral das estacas das espécies <i>Colliguaja brasiliensis</i> (Escala: 0 a 10 cm): A – 45 dias. B – 90 dias. C – 180 dias e, <i>Indigofera suffruticosa</i> (Escala: 0 a 10 cm): D – 45 dias. E – 90 dias. F – 180 dias após o plantio. | 59 |
| Figura 24 – Aspecto geral das estacas da espécie <i>Ludwigia sericea</i> (Escala: 0 a 10 cm): A – 45 dias. B – 90 dias. C –180 dias e, <i>Lafoensia pacari</i> (Escala: 0 a 10 cm): D – 45 dias. E – 90 dias. F – 180 após o plantio..... | 60 |
| Figura 25 – Aspecto geral das estacas das espécies (Escala: 0 a 10 cm): A – <i>Aspidosperma riedelii</i> . B – <i>Calyptanthes concinna</i> . C – <i>Maytenus sp.</i> D – <i>Callisthene inundata</i> . E – <i>Lafoensia nummularifolia</i> . F – <i>Erythroxylum substriatum</i> | 61 |
| Figura 26 – Aspectos anatômicos do lenho de <i>Aspidosperma riedelii</i> | 63 |
| Figura 27 – Aspectos anatômicos do lenho de <i>Erythroxylum substriatum</i> | 65 |
| Figura 28 – Aspectos anatômicos do lenho de <i>Lafoensia nummularifolia</i> | 67 |
| Figura 29 – Aspectos anatômicos do lenho de <i>Lafoensia pacari</i> | 69 |
| Figura 30 – Aspectos anatômicos do lenho de <i>Maytenus sp.</i> | 71 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Números das exsicatas das espécies coletadas e tombadas nos herbários da Universidade Federal de Santa Maria..... | 39 |
| Tabela 2 – Percentual médio dos diferentes tecidos das espécies anatomicamente estudadas. | 73 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 | OBJETIVOS | 16 |
| 1.1.1 | Geral | 16 |
| 1.1.2 | Específicos | 16 |
| 1.2 | ESTRUTURA DA PESQUISA | 16 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA | 18 |
| 2.1 | SARANDI | 18 |
| 2.2 | RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADAS..... | 19 |
| 2.2.1 | Engenharia Natural | 19 |
| 2.2.1.1 | <i>Considerações gerais</i> | 19 |
| 2.2.1.2 | <i>Plantas na Engenharia Natural</i> | 20 |
| 2.2.1.3 | <i>Seleção de espécies</i> | 21 |
| 2.3 | PROPAGAÇÃO VEGETATIVA..... | 22 |
| 2.3.1 | Considerações gerais | 22 |
| 2.3.2 | Método de estaquia | 23 |
| 2.4 | ANATOMIA DA MADEIRA | 23 |
| 2.4.1 | Considerações gerais | 23 |
| 2.4.2 | Síndrome de reofilia | 24 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 25 |
| 3.1 | DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES | 25 |
| 3.1.1 | <i>Aspidosperma riedelii</i> Müll. Arg..... | 25 |
| 3.1.2 | <i>Callisthene inundata</i> O.L.Bueno, A.D.Nilson & R.G.Magalh. | 27 |
| 3.1.3 | <i>Calyptranthes concinna</i> DC..... | 28 |
| 3.1.4 | <i>Colliguaja brasiliensis</i> Klotzsch ex Baill. | 29 |
| 3.1.5 | <i>Erythroxylum substriatum</i> O.E.Schulz | 30 |
| 3.1.6 | <i>Indigofera suffruticosa</i> Mill..... | 32 |
| 3.1.7 | <i>Lafoensia nummularifolia</i> A. St. - Hil. | 33 |
| 3.1.8 | <i>Lafoensia pacari</i> Cham. & Schtdl..... | 35 |
| 3.1.9 | <i>Ludwigia sericea</i> (Cambess.) Hara | 36 |
| 3.1.10 | <i>Maytenus sp.</i> | 38 |
| 3.2 | DEPÓSITOS DE MATERIAL VEGETAL | 39 |
| 3.3 | LOCAIS DE COLETA | 39 |
| 3.4 | ESTUDO 1 – PROPAÇÃO VEGETATIVA..... | 40 |
| 3.4.1 | Instalação e condução | 40 |

| | | |
|--------------|---|----|
| 3.4.2 | Variáveis analisadas | 40 |
| 3.4.3 | Análise estatística | 41 |
| 3.5 | ESTUDO 2 – ANATOMIA DA MADEIRA | 42 |
| 3.5.1 | Microtécnica | 42 |
| 3.5.2 | Descrição do lenho | 43 |
| 3.5.3 | Fotomicrografias e características quantitativas | 43 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 44 |
| 4.1 | PROPAGAÇÃO VEGETATIVA VIA ESTAQUIA | 44 |
| 4.1.1 | Taxa de sobrevivência | 44 |
| 4.1.2 | Sistema aéreo | 45 |
| 4.1.2.1 | <i>Número de brotos</i> | 46 |
| 4.1.2.2 | <i>Comprimento dos brotos</i> | 47 |
| 4.1.2.3 | <i>Massa seca</i> | 48 |
| 4.1.3 | Sistema radicular | 50 |
| 4.1.3.1 | <i>Número de raízes por estaca</i> | 50 |
| 4.1.3.2 | <i>Número de raízes por metro de estaca</i> | 51 |
| 4.1.3.3 | <i>Comprimento das raízes</i> | 52 |
| 4.1.3.4 | <i>Comprimento das raízes por metro de estaca</i> | 54 |
| 4.1.3.5 | <i>Massa seca das raízes</i> | 55 |
| 4.1.3.6 | <i>Distribuição absoluta das raízes</i> | 56 |
| 4.2 | ANATOMIA DA MADEIRA | 61 |
| 4.2.1 | Descrição anatômica | 62 |
| 4.2.1.1 | <i>Aspidosperma riedelii</i> | 62 |
| 4.2.1.2 | <i>Erythroxylum substriatum</i> | 64 |
| 4.2.1.3 | <i>Lafoensia nummularifolia</i> | 66 |
| 4.2.1.4 | <i>Lafoensia pacari</i> | 68 |
| 4.2.1.5 | <i>Maytenus sp.</i> | 70 |
| 4.2.2 | Análise das estruturas anatômicas | 72 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 74 |
| 6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 75 |

1 INTRODUÇÃO

O processo de ocupação do território brasileiro foi realizado de forma desordenada e sem planejamento, tendo como consequência a destruição de parte dos recursos naturais, em especial as formações florestais. As culturas agrícolas, ao longo do tempo, ganharam espaço em locais outrora habitados pela vegetação nativa e atualmente, devido às dimensões continentais do país, ainda se estimula de maneira desordenada sua expansão (MARTINS, 2014).

Martins (2014) ressalta que a eliminação dos sistemas florestais resulta em um conjunto de problemas ambientais, colaborando principalmente com a extinção de espécies da flora e fauna, mudanças climáticas regionais, erosão dos solos e assoreamento dos cursos d'água.

Os cursos d'água possuem uma composição de espécies arbóreas e arbustivas que é denominada mata ciliar e, exerce influência direta ao ambiente ribeirinho (KARSSIES; PROSSER, 1999).

As espécies que habitam as margens ou até mesmo o próprio leito dos cursos d'água, em sua grande maioria são conhecidas popularmente como "sarandis", e são geralmente bem ramificadas possuindo porte médio, com 3 a 5 metros de altura, com alta flexibilidade em seus troncos e ramos. Van Steenis (1932) designou-as em um termo chamado de reófitas, onde as mesmas estão sujeitas à periodicidade das inundações e extravasamentos do fluxo habitual do rio, mas, porém não ocorrem além do nível de alagamento.

Deste modo, destaca-se, que se trata de um termo atribuído às espécies, não referenciando os tipos vegetacionais, e é dividido em duas classes: a primeira é constituída por ervas que habitam regularmente corredeiras e cascatas, fixadas sobre rochas, e a segunda abrangendo demais ervas e arbustos perenes ou anuais, que ocorrem em locais onde há correntezas rápidas e violentas devido às cheias (VAN STEENIS, 1932).

As zonas ripárias, uma vez degradadas, requerem diferentes formas de recuperação, e para tal deve-se conhecer previamente a área da bacia hidrográfica e o regime pluviométrico, bem como a área onde serão implantadas as práticas de recuperação e os métodos para introdução de espécies nativas no local (MARTINS, 2014).

Para lugares onde ocorrem cheias periódicas são indicadas técnicas de recobrimento rápido, como a propagação vegetativa por meio de estaquia simples, denotando-se importantes vantagens quando comparada com a utilização da propagação por sementes.

Florineth e Molon (2004) determinam que para um bom recobrimento do solo por parte das raízes deve-se haver uma composição variada de espécies vegetais, sendo necessário, portanto, procurar manter uma alternância de diferentes espécies com diferentes sistemas radiculares, de forma que o solo seja permeado de maneira homogênea.

Para a flora sul brasileira são indicadas algumas espécies com ótimos resultados para utilização via estaquia como: *Phyllanthus sellowianus*, *Sebastiania schottiana*, *Salix humboldtiana* (SUTILI, 2007), *Sesbania virgata*, *Ludwigia elegans*, *Cephalanthus glabratus* (KETTENHUBER, 2017), entre outras. No entanto, apesar de diversos trabalhos, ainda carecem dados para que haja um conjunto amplo de espécies reófitas nativas aptas à utilização por meio vegetativo.

Desta forma, este trabalho visa investigar e apresentar dados relacionados à capacidade de propagação vegetativa através do método de estaquia das espécies *Aspidosperma riedelii* Müll. Arg., *Callisthene inundata* O.L.Bueno, A.D.Nilson & R.G.Magalh., *Calypttranthes concinna* DC., *Colliguaja brasiliensis* Klotzsch ex Baill., *Erythroxylum substriatum* O.E.Schulz, *Indigofera suffruticosa* Mill., *Lafoensia nummularifolia* A. St.-Hil., *Lafoensia pacari* A. St.-Hil., *Ludwigia sericea* (Cambess.) Hara e *Maytenus* sp..

Para a complementação dos dados foram estudadas as características anatômicas, relacionadas à flexibilidade do caule e ramos, dos seguintes táxons: *Aspidosperma riedelii*, *Erythroxylum substriatum*, *Lafoensia nummularifolia*, *Lafoensia pacari* e *Maytenus* sp..

Com os dados obtidos são geradas novas informações para o correto aproveitamento das espécies estudadas na recuperação de matas ciliares e áreas degradadas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Este trabalho tem como objetivo geral testar a propagação vegetativa através do método de estaquia e, descrever caracteres anatômicos que confirmam flexibilidade do caule e ramos de espécies reófitas nativas para utilização em recuperação de áreas degradadas no âmbito fluvial.

1.1.2 Específicos

- Averiguar a taxa de sobrevivência de espécies reófitas por meio da propagação vegetativa via estaquia;
- Descrever o número, comprimento e massa seca da parte aérea e sistema radicular aos 45, 90 e 180 dias;
- Descrever, analisar e ilustrar através de fotomicrografias a anatomia da madeira das espécies ainda não descritas, visando caracteres que confirmam flexibilidade ao caule e ramos.

1.2 ESTRUTURA DA PESQUISA

A dissertação apresenta inicialmente a introdução geral e definição dos objetivos do trabalho, logo após apresenta-se uma breve revisão de literatura sobre o grupo de espécies avaliadas, recuperação de áreas degradadas, Engenharia Natural, propagação vegetativa e anatomia da madeira.

No material e métodos são descritas as dez espécies avaliadas, bem como a instalação, condução, variáveis analisadas e estatística utilizada para o experimento de propagação vegetativa.

Para anatomia da madeira, descreve-se a forma de preparo das lâminas, características anatômicas e a forma de confecção das imagens que ilustram a estrutura do lenho.

Logo em seguida, são apresentados e discutidos os resultados obtidos para propagação vegetativa: taxa de sobrevivência, variáveis da parte aérea (número,

comprimento e massa seca) e variáveis do sistema radicular (número de raízes por estaca, número de raízes por metro de estaca, comprimento das raízes, comprimento das raízes por metro de estaca e a distribuição absoluta das raízes).

Após são apresentados e abordados os resultados obtidos com relação à flexibilidade dos caules e ramos (síndrome de reofilia). Por fim são realizadas as considerações finais seguida das referências bibliográficas utilizadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SARANDI

O termo “sarandi” é utilizado para denominar comumente inúmeras espécies arbustivas que circundam os rios, no geral são bem ramificadas e possuem porte médio, variando entre 3 a 5 metros de altura. Van Steenis (1932) apresenta essas espécies dentro de um grupo chamado reófitas, que estão confinadas aos leitos e margens de rios e, são submetidas às condições torrenciais de alto fluxo d’água (até mesmo cascatas), ocorrendo também em fluxos lentos, estando sujeitas às periódicas inundações e extravasamentos do fluxo habitual do rio, mas não além do nível de alagamento.

Van Steenis (1932) divide, ainda, o grupo em duas classes, sendo a primeira integrada por ervas que regularmente ocorrem em corredeiras e cascatas, fixadas sobre rochas e, a segunda classe que abrange as demais ervas e arbustos perenes ou anuais, que são adaptadas às correntezas rápidas e violentas devido às cheias, porém, vegetam acima do fluxo habitual do rio.

De forma geral, complementando as observações de Van Steenis, Rolim et al. (2016) reconhecem pelo menos três categorias de espécies reofíticas, sendo a primeira chamada de exclusivas, ou seja, são aquelas espécies que somente possuem registros de ocorrência em ambientes reofíticos e que necessariamente estão associadas a cursos d’água, seja em lajeados ou outro substrato rochoso, e no tocante a forma de vida incluem desde ervas até árvores.

A segunda denominada de frequentes ou preferenciais, que são aquelas que possuem registros de ocorrência predominantemente associados a cursos d’água, podendo ter ocorrências esporádicas em outros ambientes e a terceira denominada de ocasionais, que são aquelas espécies que têm registros de ocorrência em ambiente reofítico, mas estão por ocasião, pois são bem estabelecidas e conhecidas em outros ambientes florestais (ROLIM et al. 2016). O grupo das espécies reófitas além de ser importante para a estabilização e proteção de taludes fluviais, proporciona abrigo e alimentação para a ictiofauna (SOUSA, 2015).

Com o desenvolvimento da Engenharia Natural no território brasileiro, estas espécies passaram a ganhar destaque, servindo de material construtivo vivo para diferentes técnicas para fins de estabilização hidráulica (SOUSA; SUTILI, 2017).

No Sul do Brasil, as espécies reófitas distribuem-se em cerca de 21 famílias, salientando-se Euphorbiaceae, Fabaceae e Myrtaceae (ARIOLI et al., 2008).

2.2 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADAS

A recuperação de áreas degradadas é habitualmente confundida com o simples plantio de mudas (BRANCALION et al., 2015). Entretanto, para Engel e Parrota (2008) o processo de restauração de um ecossistema consiste principalmente no manejo da área degradada visando auxiliar na sua regeneração, com objetivo de recuperar os serviços ecossistêmicos, a diversidade e sua dinâmica.

Para tal, são utilizados projetos de recuperação, uma vez que estes são diretamente atrelados a planos futuros de uso e conservação do solo (ANDRADE, 2014). De acordo com Martins (2014), a restauração e recuperação de áreas degradadas são imprescindíveis também para minimizar a diminuição de espécies vegetais nativas importantes, evitando concomitantemente a erosão dos solos.

Deste modo, a Engenharia Natural torna-se uma ferramenta adequada para recuperação de áreas degradadas, principalmente em ambientes reófilos.

2.2.1 Engenharia Natural

2.2.1.1 Considerações gerais

A Engenharia Natural é considerada um subdomínio da Engenharia tradicional, com propósitos técnicos, ecológicos, criativos, construtivos e econômicos, utilizando principalmente materiais construtivos vivos, ou seja, sementes, associações vegetais, plantas ou partes de plantas. A Engenharia Natural pode ser utilizada como substituta as técnicas clássicas da engenharia, mas principalmente como complemento a elas (SCHIECHTL, 1980).

Suas ações visam principalmente limitar a erosão causada por distintos agentes meteorológicos, a estabilização de encostas e superfícies degradadas por fatores naturais (instabilidade hidrogeológica) ou antrópicos (pedreiras, aterros

sanitários, etc.) (MENEGAZZI; PALMERI, 2013). A Engenharia Natural é considerada uma importante ferramenta para recuperação de áreas degradadas, pois, além de proporcionar soluções técnicas, demonstra vantagens econômicas, ecológicas e estéticas (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2005).

Sousa (2015) destaca que as áreas de aplicação da Engenharia Natural podem ser divididas em três grupos principais, que são: controle da erosão superficial, estabilização geotécnica e estabilização hidráulica. A autora ressalta que as técnicas de Engenharia Natural preconizam o uso da vegetação para reconstituir unidades ecossistemáticas e sustentáveis através de processos naturais, proporcionando melhorias nas características geopedológicas, hidrológicas, hidráulicas, florísticas, faunísticas e também paisagísticas do local.

2.2.1.2 Plantas na Engenharia Natural

O material vegetal empregado nas técnicas de Engenharia Natural é normalmente variado, abrangendo diferentes espécies de distintas famílias botânicas. Do ponto de vista técnico esse fator é conveniente, pois a combinação das espécies com características heterogêneas aumenta as chances de sucesso das intervenções (SOUSA, 2015).

Kettenhuber (2017) ressalta a importância de utilização de espécies autóctones, pois trazem diversos benefícios e conseqüentemente a redução de custos relacionados à obtenção e transporte do material vegetal, e da mesma maneira aumentam as chances de sucesso das intervenções de Engenharia Natural, uma vez que estas já estão adaptadas ao clima e solo da região, reduzindo custos de implantação e melhorando as chances de sucesso na sobrevivência e adaptação das plantas.

Para Lewis (2000), a vegetação torna-se um importante componente estrutural em locais onde há aplicação das técnicas de Engenharia Natural. Gray e Sotir (1996) reiteram que materiais vegetais não se diferem de outros materiais de engenharia, uma vez que necessitam ser selecionados conforme os propósitos da intervenção.

Entretanto, Begemann e Schiechl (1994 apud DURLO et al. 2010) ponderam que as intervenções não alcançam total efetividade logo após a implantação, pois deve-se observar a sobrevivência e o desenvolvimento aéreo e radicial das plantas,

podendo ser necessárias intervenções de reposição de plantas ou tratamentos silviculturais ao longo de um período, cuja duração irá depender de alguns fatores.

Por fim, Durlo e Sutili (2014) propõem que, na medida do possível, as plantas escolhidas, além de cumprir funções técnicas, proporcionar rendimento econômico via produção de madeira, frutos ou outros subprodutos, deverão promover a diversidade da fauna e da flora que se instalará posteriormente.

2.2.1.3 Seleção de espécies

As características principais que norteiam as escolhas das espécies para utilização em técnicas de Engenharia Natural são o desenvolvimento de um sistema radicular profundo e denso, tal como a capacidade de reprodução via propagação vegetativa (MENEGAZZI; PALMERI, 2013).

Maffra (2014) reitera que essa forma de plantio é escolhida devido à maior rapidez de crescimento, proporcionando em alguns casos proteção imediata, destacando-se também motivos como a facilidade de obtenção do material e de aplicação em diferentes técnicas. Para Durlo e Sutili (2014) as plantas também devem ter capacidade de recobrimento rápido e, conseqüentemente favorecer o crescimento de outras espécies.

Em estudos relacionados à anatomia da madeira, Denardi (2007) cita caracteres anatômicos que conferem flexibilidade ao caule e ramos, uma vez que plantas que apresentam essas características, em especial quando submetidas às ações da correnteza, possibilitam proteção aos taludes através da inclinação da parte aérea.

No geral, a vegetação a ser utilizada necessita preencher alguns requisitos, que dependem particularmente do uso, levando em consideração aspectos ecológicos, reprodutivos, fitossociológicos e de aptidão biotécnica (SCHIECHTL, 1973; DURLO, 2000).

Em síntese, deve-se avaliar uma gama de características desde a parte aérea, sistema radicular até aspectos anatômicos e do ambiente onde as espécies mais ocorrem.

2.3 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

2.3.1 Considerações gerais

A propagação vegetativa é a forma de reprodução, que consiste em multiplicar de modo assexuado partes de plantas (células, tecidos, órgãos etc.), dando origem a indivíduos, na maioria das vezes idênticos a planta matriz. Esta técnica é utilizada em larga escala a nível mundial, visando principalmente vantagens econômicas, resistência a pragas e doenças e adaptação a sítios específicos, possibilitando também um rápido aumento no número de plantas a partir de uma matriz (HARTMANN et al., 2002).

Dentro da propagação vegetativa existem as mais variadas técnicas, dentre elas a estaquia, a enxertia, a apomixia, a alporquia, entre outras. Esses métodos de reprodução são importantes, pois propagam plantas uniformes, selecionadas conforme a demanda e também pelas características que se deseja (CID; TEIXEIRA, 2010). O enraizamento de estacas é um método que induz a formação de raízes adventícias nos segmentos retirados da planta matriz, e quando submetidos a condições favoráveis, originam uma nova planta (FACHINELLO et al., 2005). Entretanto, cabe ressaltar que a capacidade de enraizamento pode ser afetada por fatores endógenos e exógenos (FACHINELLO et al., 1994; CORREA; FETT-NETO, 2004).

Nos fatores endógenos inserem-se principalmente a condição fisiológica e idade da planta matriz, o tipo de estaca e época do ano em que se pretende coletar, o potencial genético de enraizamento, a sanidade da planta, o balanço hormonal e a oxidação de compostos fenólicos. Já nos exógenos estão inclusos a temperatura, a luz, a umidade, as características do substrato, o manuseio e o acondicionamento (FACHINELLO et al., 2005).

Outros fatores como genótipo, estresse hídrico, substâncias de reserva como carboidratos, nutrição mineral, também apresentam efeitos em relação ao enraizamento (ASSIS; TEIXEIRA, 1998). Cabe destacar, que os estudos destes aspectos podem auxiliar na caracterização de uma espécie, como sendo de fácil ou de difícil enraizamento (FACHINELLO et al., 1994).

2.3.2 Método de estaquia

A utilização do método de propagação por estaquia para recobrimento de solos em áreas degradadas é um dos mais antigos (SCHIECHTL, 1973) e ainda constitui um dos mais importantes métodos para a multiplicação de plantas lenhosas (ASSIS; TEIXEIRA, 1998).

A capacidade de propagação vegetativa através desse método é uma característica existente em algumas espécies arbustivas e arbóreas, principalmente rústicas e com elevada capacidade de adaptação. A utilização de estacas assegura, de modo geral, uma cobertura rápida e eficaz do solo (DE ANTONIS; MOLINARI, 2007). Assim, além da seleção das espécies adequadas, a escolha do método ideal torna-se indispensável (FACHINELLO et al., 1994).

De acordo com Vargas (2007), enquanto a reprodução por sementes pode encontrar dificuldades práticas como, por exemplo, baixos índices de germinação ou indisponibilidade de sementes tanto em quantidade quanto em qualidade, o método de estaquia facilita a multiplicação de genótipos desejados e assim obter bons resultados de maneira mais rápida.

Na Engenharia Natural a propagação por estaquia é a mais indicada, devido esses critérios, conjuntamente com a facilidade de obtenção do material vegetal, aliando aspectos econômicos, os quais são atenuados se comparados à utilização de mudas por exemplo. Por fim, Monteiro (2009) alerta que, sementes e mudas são facilmente arrastadas pela ação da correnteza.

2.4 ANATOMIA DA MADEIRA

2.4.1 Considerações gerais

A anatomia da madeira é um ramo da ciência que estuda a estrutura e organização de diversos tipos de células que compõem o lenho, bem como suas funções e organizações (BURGER; RICHTER, 1991). Os padrões anatômicos apresentados em diferentes madeiras são resultantes da combinação de diversos fatores como: genética, hábito da planta, precipitação, temperatura, fotoperíodo, solo, altitude, entre outros (KLAASSEN, 1999).

A influência desses fatores na diversidade anatômica do lenho há muito já foi abalizada, encaixando-se na linha de pesquisa da anatomia ecológica (DICKISON, 2000). A descrição da estrutura celular também proporciona o conhecimento sobre o comportamento mecânico, do mesmo modo que diversas outras características diretamente relacionadas ao uso (MARCHIORI, 1980).

2.4.2 Síndrome de reofilia

A estrutura do lenho pode sofrer alterações devido a variações genéticas e ambientais, principalmente relacionadas às dimensões e frequência dos elementos celulares, como o diâmetro e frequência dos vasos, o comprimento dos elementos de vaso, a espessura da parede, o diâmetro e o comprimento de fibras, largura e frequência dos raios (DENARDI; MARCHIORI, 2005; BARROS et al., 2006; MARCATI et al., 2008).

Em caráter ecológico, o estudo anatômico do lenho proporciona a compreensão das adaptações das plantas ao ambiente em que vivem (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000).

Em seus estudos, Denardi (2007) realizou análises anatômicas em madeiras de espécies reófitas objetivando compreender o comportamento dos fustes com relação à flexibilidade e a resistência, quando estas são submetidas à força da correnteza. O autor constatou que a presença de fibras gelatinosas em demasiado é seguramente um dos principais fatores anatômico relacionado à flexibilidade, e para Kettenhuber (2017) está inserido nas características morfo-mecânicas, onde é intensamente desejada no que diz respeito ao uso de espécies para a estabilização hidráulica, visto que troncos e ramos flexíveis proporcionam barreiras físicas e protegem principalmente o solo da ação da correnteza.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES

3.1.1 *Aspidosperma riedelii* Müll. Arg.

Aspidosperma riedelii pertence à família Apocynaceae, a qual integra o grupo das dez maiores famílias das angiospermas (RAPINI, 2012), com cerca de 370 gêneros e 5000 espécies, tendo uma distribuição cosmopolita (ENDRESS, 2004; MATOZINHOS; KONNO, 2011; NAZAR et al., 2013).

No Brasil são registrados cerca de 70 gêneros e 750 espécies de Apocynaceae, espalhadas em diferentes domínios morfoclimáticos (SOUZA; LORENZI, 2012). Dentre os gêneros ocorrentes no Brasil, Pereira et al. (2016) ressalta o gênero *Aspidosperma* Mart. como um dos mais importantes, pois encontra-se presente em diversas formações florestais, tendo, ainda, relevante importância medicinal e econômica.

Aspidosperma riedelii é encontrada na forma de arbusto ou arvoreta (Figura 1A, B), com altura máxima de 5 metros, e a sua distribuição geográfica, até o momento, restringe-se as regiões: Nordeste (Bahia, Ceará, Paraíba e Piauí), Sudeste (Rio de Janeiro e São Paulo), Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) e Centro Oeste (Goiás) (NILSON; SOBRAL, 1994).

Possui folhas congestas nos ápices dos ramos, de textura cartácea, com pecíolo medindo de 0,2 a 0,3 mm (Figura 1 C), com limbo espatulado a obovado, ápice arredondado e base aguda a cuneada, decorrente ao pecíolo, face adaxial glabra ou com raros pelos na nervura central, face abaxial glabra ou com pelos curtos, esparsos (WANDERLEY et al., 2005).

Wanderley et al. (2005) descrevem a inflorescência como subapical, fasciculada, séssil, com pedicelo medindo de 2 a 5 mm e cálice com cerca de 3 mm, com lacínias geralmente iguais, agudas a oblongas com leve estreitamento na parte mediana ou levemente espatuladas, glabras, com esparsos pelos seríceos a curto-seríceos.

A corola possui cor brancacenta, glabra ou com pelos seríceos esparsos, tendo tubo de 2,5 a 3 mm, inflado na região dos estames, angulosa, lobos com cerca de 3 mm, ovados a estreitamente lanceolados, acuminados, reflexos, estames

inseridos no quarto superior do tubo, ovário com a parte superior piloso a glabro, fóliculo com dimensões de 3 cm x 1,5 cm, piriforme, estipitado, mucronado, costa um pouco excêntrica, com lenticelas, e as sementes (Figura 1D) com dimensões de 1,5 cm x 1 cm, ovadas, ala quase concêntrica (WANDERLEY et al., 2005).

Figura 1 – *Aspidosperma riedelii*. A – Aspecto geral da planta; B – Caule em detalhe; C – Detalhe das folhas; D – Detalhe dos frutos.



Fonte: Dione Dambrós Raddatz.

3.1.2 *Callisthene inundata* O.L.Bueno, A.D.Nilson & R.G.Magalh.

Inserida na família Vochysiaceae, que possui 8 gêneros e cerca de 250 espécies a nível mundial, dos quais 6 gêneros estão representados no Brasil: *Callisthene*, *Erisma*, *Qualea*, *Ruizterania*, *Salvertia* e *Vochysia* (VIANNA, 2006; SOUZA; LORENZI, 2008; SOUZA; LORENZI, 2012), e conjuntamente somam 160 espécies (SOUZA; LORENZI, 2012).

No território brasileiro o gênero *Callisthene* Mart. inclui 12 espécies, distribuídas, principalmente, em cerrados, cerradões e campos do Planalto Central, nos estados de Goiás e Minas Gerais (BUENO et al., 2000).

Callisthene inundata, é uma árvore de 7 a 10 m de altura, com tronco retorcido, engrossado na base até cerca de 70 cm do solo (Figura 2A), ramificado, ramos flexíveis, inermes, de crescimento limitado de cor verde-acinzentados, flácidos e lisos (BUENO et al. 2000).

Folhas simples, opostas e elíptico-lanceoladas com de 4 – 6 cm x 0,6 – 1,5 cm, apresentam ápice acuminado, glanduloso mucronado, base arredondada e pecíolo de 1 mm de comprimento (Figura 2B, C). As flores, axilares, solitárias e zigomorfas, são pequenas (10 mm), amarelo cremes, enquanto os frutos são capsulares (BUENO et al. 2000; SOBRAL et al. 2006).

A distribuição geográfica de *C. inundata*, restringe-se, até o momento, ao estado do Rio Grande do Sul, sendo a única espécie nativa dessa família no estado (SOBRAL et al., 2006). Habita solos rasos e inundáveis da zona ripária na bacia hidrográfica Taquari-Antas (BUENO et al., 2000).

Figura 2: *Callisthene inundata*. A – Aspecto geral; B – Detalhe dos frutos; C – Detalhe das folhas.



Fonte: A/C Dione Dambrós Raddatz; B - Rossana Cortelini da Rosa (Arquivo pessoal).

3.1.3 *Calyptranthes concinna* DC.

Pertence à família Myrtaceae, que a nível mundial abrange cerca de 130 gêneros e 4000 espécies, dos quais 22 gêneros e aproximadamente 1000 espécies ocorrem no território brasileiro (SOUZA; LORENZI, 2012). O gênero *Calyptranthes* possui 7 espécies nativas no estado do Rio Grande do Sul (MATTOS, 1983).

Calyptranthes concinna possui distribuição geográfica do sul de Minas Gerais até o Uruguai (LOMBARDO, 1964; LEGRAND; KLEIN, 1971), crescendo principalmente em matas ciliares e capões, preferindo solos aluviais, úmidos e compactados, sendo uma espécie heliófila e seletiva higrófila (LEGRAND; KLEIN, 1971).

Arbusto ou arvoreta de 2 a 5 m de altura (Figura 3A), com tronco geralmente tortuoso e casca acinzentada, copa irregular, com ramificação dicotômica e regular e intensa, pouco densa em virtude da rala folhagem. Folhas elípticas a oval-oblonga

(Figura 3B, C), com 3,5 – 7 cm x 1,5 – 2,5 cm, verde-escuras, com base acuminada, e fruto globoso. A espécie é conhecida popularmente pelos nomes de guamirim-facho, guamirim ou camboim-ferro (LEGRAND; KLEIN, 1971).

Figura 3: *Calyptranthes concinna* A - Aspecto geral; B/C – Detalhe das folhas e botões florais.



Fonte: Dione Dambrós Raddatz.

3.1.4 *Colliguaja brasiliensis* Klotzsch ex Baill.

Euphorbiaceae é a família que *C. brasiliensis* integra, conta com cerca de 300 gêneros e 6000 espécies a nível mundial e, na flora brasileira engloba cerca de 60 gêneros e 900 espécies (SOUZA; LORENZI, 2012).

Smith et al. (1988) descrevem *C. brasiliensis* como uma espécie extremamente rara, heliófita até luz difusa, higrófito até xerófito, suportando variações extremas de umidade e seca, habita margens rochosas ou lodosas dos rios e riachos, dando preferência a corredeiras de terrenos rochosos. Os autores citam a distribuição geográfica da espécie, aos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Arbusto ou arvoreta, glabra, de até 5 m de altura (Figura 4A), pertence ao grupo de espécies reófitas, dispõe de caule e ramos flexíveis, adaptados às correntezas das cheias (SMITH et al., 1988). Folhas alternas ou opostas, membranáceas, pecíolos de 2 – 6 mm de comprimento, sem glândulas, limbo linear-lanceoladas, de 5 – 10 cm x 0,6 – 1 cm, ápice e base agudos, margens miudamente serradas (SMITH et al., 1988; MARCHIORI, 2000).

As flores reúnem-se em espigas de 5 a 8 cm de comprimento, sublaxas, em número de 12 a 18 em cada bráctea (Figura 4B). Fruto capsular globoso medindo 8 a 12 mm, provido de carpelos obtuso-carenado (MARCHIORI, 2000).

Figura 4 – *Colliguaja brasiliensis*. A – Aspecto da planta; B – Detalhe da flor.



Fonte: Dione Dambrós Raddatz.

3.1.5 *Erythroxylum substriatum* O.E.Schulz

A família Erythroxylaceae, a qual *E. substriatum* faz parte, compreende quatro gêneros, com destaque para *Erythroxylum*, que reúne por volta de 250 espécies, distribuídas principalmente em regiões tropicais e subtropicais (AMARAL Jr., 1980).

Gênero de interesse farmacológico, seu uso remonta ao século XIX, com o início dos estudos sobre *Erythroxylum coca*, espécie utilizada secularmente na região andina da América do Sul (ZUANAZZI et al., 2001). No Brasil encontram-se 123 espécies nativas, com mais da metade das ocorrências situadas na Mata Atlântica (COSTA-LIMA; ALVES, 2015).

Erythroxylum substriatum é endêmica do estado do Rio Grande do Sul e habita o Bioma Mata Atlântica, e integra o grupo de plantas reófitas (RADDATZ et al. 2018b), estando atualmente, inserida na “Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção”, do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2008).

Arbusto ou arvoreta de até três metros de altura (Figura 5A) denota folhas elípticas, oblongas ou ovado oblongas (3 – 5 cm x 1,9 – 2,2 cm) de ápice obtuso, emarginado ou mucronulado, base largo-aguda ou obtusa (Figura 5B) com 22 a 36 nervuras no limbo, visíveis em ambas as faces (SOBRAL, 1987).

Possui estípulas de 2,4 a 3,2 mm de comprimento que apresentam estrias longitudinais. As flores, com pedicelos de 3,5 a 7,0 mm (Figura 5B), têm cálice de 1,7 mm de comprimento e pétalas de 3,2 mm de comprimento por 1,5 mm de largura (SOBRAL, 1987).

Figura 5 – *Erythroxylum substriatum*. A – Aspecto da planta; B – Detalhe da flor e folha.



Fonte: Rossana Cortelini da Rosa (Arquivo pessoal).

3.1.6 *Indigofera suffruticosa* Mill.

Pertencente à Fabaceae, umas das principais famílias em questões econômicas e também de tamanho, possui distribuição pantopolista, com aproximadamente 650 gêneros e em torno de 19000 espécies. No Brasil são catalogados cerca de 200 gêneros e 2700 espécies, tornando-a a maior família em números de espécies (SOUZA; LORENZI, 2012).

Indigofera é um gênero com cerca de 250 espécies, subtropicais e tropicais, geralmente heliófilas, habitam estepes e savanas, em especial no continente Africano (BURKART, 1952).

No Estado do Rio Grande do Sul, consoantes a coletas, além de *I. suffruticosa* ocorrem mais três espécies: *Indigofera asperifolia*, *Indigofera campestres* e *Indigofera sabulicola* (FLORA DO BRASIL, 2018).

Indigofera suffruticosa possui como nomes populares anil, anileira, erva-de-anil, habita beira de estradas, campos arbustivos, locais alterados e degradados, com ocorrência geográfica confirmada em todos os estados brasileiros (MARCHIORI, 1986).

Arbusto perene, ereto, de 1,5 a 2,5 metros de altura, caule demasiado ramificado (Figura 6A) de cor castanho-claro (MARCHIORI, 1986). Folhas compostas, parcialmente caducas, de 5 a 10 cm de comprimento, possuem de 7 a 15 folíolos, opostos, exceto o terminal. As estipulas são opostas, variando de 2 a 4 mm de comprimento (EISINGER, 1987).

As flores (Figura 6C) possuem de 5 a 7 mm de comprimento de cor rosa ou lilás (EISINGER, 1987), seus frutos são arqueados (Figura 6B), dispostos abundantemente em racemos axilares retos (MARCHIORI, 1986).

Figura 6 – *Indigofera suffruticosa*. A – Aspecto da planta; B – Detalhe do fruto; C – Detalhe da flor.



Fonte: Dione Dambrós Raddatz.

3.1.7 *Lafoensia nummularifolia* A. St. - Hil.

A família Lythraceae, a qual *L. nummularifolia* está inclusa, compreende cerca de 30 gêneros e 600 espécies, distribuídas principalmente nas regiões tropicais do mundo e menos comumente em regiões temperadas. Em território brasileiro, dispõe de dez gêneros e cerca de 200 espécies, destacando-se em formações abertas, como cerrados e campos rupestres (SOUZA; LORENZI, 2012).

Dentre as espécies mais conhecidas destacam-se duas exóticas, o resedá (*Lagerstroemia indica* L.) e a romã (*Punica granatum* L.), a última tradicionalmente inserida em Punicaceae, foi recentemente transferida a Lythraceae com base em estudos filogenéticos. Na flora brasileira predominam espécies herbáceas dos

gêneros *Ammannia*, *Cuphea*, *Lythrum* e *Heimia* que inclui espécies arbustivas e *Lafoensia* que reúne plantas lenhosas e de porte arbóreo (LOURTEIG, 1969).

Na flora nativa salienta-se, por seu valor econômico, *Lafoensia glyptocarpa* Koehne, a popular “merindiba” da Floresta Atlântica do Rio de Janeiro e Espírito Santo (CARVALHO, 1994). Restrito ao continente americano e composto por aproximadamente 12 espécies, o gênero *Lafoensia* distribui-se do sul do México ao sul do Brasil (RECORD; HESS, 1943).

Arbusto de até 2 m de altura e com ramos tetrágonos, *L. nummulariifolia* apresenta folhas ovadas ou suborbiculares (10 – 22 x 7 – 15 mm), sésseis ou subsésseis e curtamente acuminadas (Figura 7A). As flores, com pétalas de 18 – 25 mm e bordos ondulados (Figura 7C), apresentam 16 estames por flor, com filetes de 20 – 40 mm, e ovário globoso aplanado, com estilete de 35 – 40 mm e estigma pouco conspicuo (LOURTEIG, 1969).

Conhecida popularmente como dedaleira-branca ou sarandi-dedaleiro a espécie é abundante nos campos cerrados dos municípios de Jaguariaíva e Arapoti, no estado do Paraná, tendo sido registrada em Santa Catarina apenas em solos rochosos às margens do rio Uruguai, na altura do Estreito, próximo à cidade rio-grandense de Marcelino Ramos, bem como perto de Itapiranga (LOURTEIG, 1969).

No Rio Grande do Sul, a espécie foi coletada em apenas dois locais: no vale do rio das Antas e no Parque Estadual do Turvo, sempre em margens fluviais (RADDATZ et al. 2018c).

Figura 7 – *Lafoensia nummularifolia*. A – Aspecto das folhas; B – Detalhe do fruto; C – Detalhe da flor.



Fonte: A/B – Rossana Cortelini da Rosa (Arquivo pessoal); C – Dione Dambrós Raddatz.

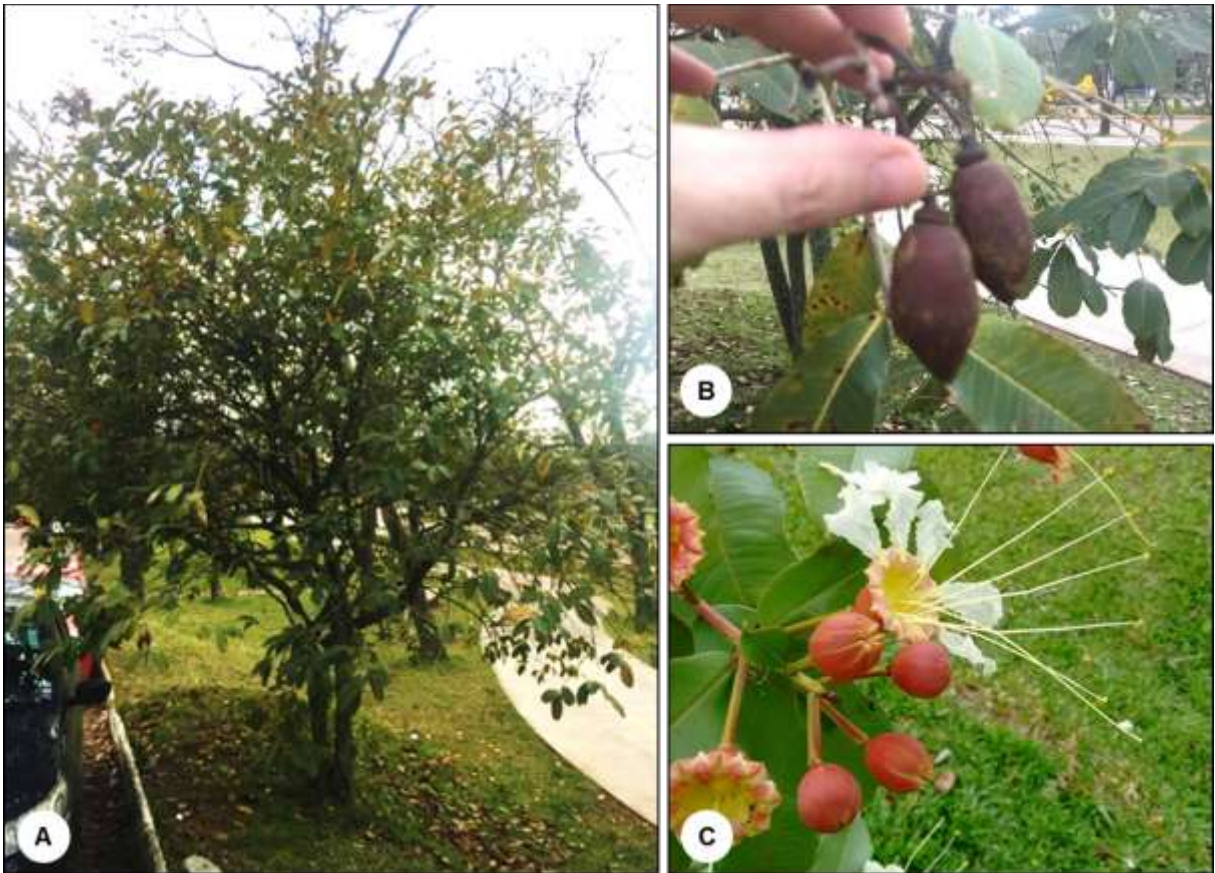
3.1.8 *Lafoensia pacari* Cham. & Schltl.

Árvore perenifólia até semicaducifólia, com 5 a 15 m de altura, *L. pacari*, o popular dedaleiro, distribui-se do centro-sul de Mato Grosso, Tocantins e oeste e sudeste da Bahia e, sul do Brasil (CARVALHO, 1994). Para o estado do Rio Grande do Sul, Sobral et al. (2013) registram a ocorrência na Encosta Superior do Nordeste e, com base em Cavalcanti e Graham (2002), ponderam que o nome válido para a mesma seria *Lafoensia vandelliana* Cham. e Schltl. Para esse estudo, devido ao nome *L. pacari* ser amplamente usado, adota-se o mesmo.

De maior porte do que *L. nummulariifolia* (Figura 8A), apresenta troncos de até 60 cm de DAP, botões vermelhos e volumosos, flores branco-amareladas ou cremes (Figura 8B) e frutos capsulares semi-lenhosos de 4 a 8 cm de comprimento por 2,3 a 4,5 cm de diâmetro (Figura 8B).

A madeira, pesada (0,72 a 0,83 g/cm³) e de cor amarelo-palha, tem cerne e albarno indistintos, por vezes com manchas róseas uniformes, textura fina, grã direita e grande durabilidade em contato com o solo (CARVALHO, 1994).

Figura 8 – *Lafoensia pacari*. A – Aspecto geral da planta em cultivo; B – Detalhe do fruto; C – Detalhe da flor.



Fonte: Dione Dambrós Raddatz.

3.1.9 *Ludwigia sericea* (Cambess.) Hara

A família Onagraceae possui distribuição cosmopolita, com cerca de 20 gêneros e aproximadamente 650 espécies, distribuídas principalmente nas regiões subtropicais e temperadas (SALOMON; DIETRICH, 1984; SOUZA; LORENZI, 2012). No Brasil ocorrem 4 gêneros e em torno de 60 espécies (SOUZA; LORENZI, 2012).

Ludwigia L. é um gênero com espécies distribuídas em todo território brasileiro, preferencialmente em locais alagáveis (WAGNER; HOCH; RAVEN, 2007; SOUZA; LORENZI, 2012).

Para o estado do Rio Grande do Sul, além de *L. sericea* são descritas mais onze espécies: *L. caparosa*, *L. decurrens*, *L. elegans*, *L. grandiflora*, *Ludwigia L. hexapetala*, *L. leptocarpa*, *L. longifolia*, *L. major*, *L. multinervia*, *L. peploides* e *L. peruviana* (IRGANG; GASTAL, 1996).

Ludwigia sericea é descrita como subarbusto de 58 a 200 cm de altura, eretos, bastante ramificado, caule não alado, com pilosidade densa e serícea (Figura 9A). Suas folhas possuem de 1 a 7,5 cm de comprimento e 0,2 a 1,2 cm de largura, com 3 a 6 pares de nervuras secundárias, variando de estreito-elípticas a lanceoladas, sésseis a curto-pecioladas, densamente pilosas (BERTUZZI et al., 2011).

As flores, tetrâmeras, com sépalas entre 0,7 a 1 cm de comprimento, verdes, demasiado pilosas na face adaxial, possuem pétalas de 2 a 2,3 cm de comprimento, de cor amarela clara (Figura 9B, C), enquanto o fruto apresenta entre 0,5 a 1,3 cm de comprimento, densamente piloso (BERTUZZI et al., 2011).

De acordo com Ramamoorthy e Zardini (1987) a distribuição geográfica de *L. sericea* abrange a Argentina, Brasil e Paraguai. Sendo que no território brasileiro distribui-se pelos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Rio de Janeiro (BERTUZZI et al., 2011).

Figura 9 – *Ludwigia sericea*. A – Aspecto geral da planta; B/C – Detalhe da flor.



Fonte: Dione Dambrós Raddatz.

3.1.10 *Maytenus* sp.

O gênero *Maytenus* pertence à família Celastraceae, que abrange por volta de 98 gêneros e 1221 espécies, distribuídas, sobretudo, em regiões tropicais e subtropicais do globo terrestre. No território brasileiro, Celastraceae contém 17 gêneros e cerca de 100 espécies (JUDD et al., 2009; SOUZA; LORENZI, 2012).

Um dos mais significativos da família, o gênero *Maytenus* compreende aproximadamente 225 espécies distribuídas em regiões temperadas e quentes, principalmente na região neotropical (DYER, 1975). Sobral et al. (2013) citam para o estado do Rio Grande do Sul sete espécies nativas: *M. aquifolia*, *M. boaria*, *M. cassineformis*, *M. dasyclada*, *M. evonymoides*, *M. ilicifolia* e *M. muelleri* todas conhecidas pelos nomes comuns de cancorosa ou espinheira-santa.

Maytenus sp. (Figura 10A, B e C), compreende uma nova espécie relacionada à *Maytenus ilicifolia* da qual difere pela margem inteira das folhas e, flores com pétalas e partes reprodutivas maiores.

Figura 10 – *Maytenus* sp. A – Aspecto geral da planta; B/C – Detalhe das folhas.



Fonte: Dione Dambrós Raddatz.

3.2 DEPÓSITOS DE MATERIAL VEGETAL

As espécies coletadas para o estudo foram devidamente identificadas e anexadas aos acervos dos Herbários SMDB (Santa Maria Departamento de Biologia) e HDCF (Herbário Departamento de Ciências Florestais) com os respectivos números de tombamento (Tabela 1).

Tabela 1 – Números das exsicatas das espécies coletadas e tombadas nos herbários da Universidade Federal de Santa Maria.

| Espécie | Número (<i>voucher</i>) |
|---------------------------------|--------------------------------|
| <i>Aspidosperma riedelii</i> | HDCF 7.522 |
| <i>Callisthene inundata</i> | SMDB 17.859 |
| <i>Calypttranthes concinna</i> | SMDB 17.860 |
| <i>Colliguaja brasiliensis</i> | HDCF 7.536 |
| <i>Erythroxylum substriatum</i> | SMDB 17.525 |
| <i>Indigofera suffruticosa</i> | SMDB 18.077 |
| <i>Lafoensia nummularifolia</i> | HDCF 7.526 |
| <i>Lafoensia pacari</i> | HDCF 7.527 |
| <i>Ludwigia sericea</i> | SMDB 18.078 |
| <i>Maytenus sp.</i> | S/tombamento |

3.3 LOCAIS DE COLETA

Os materiais vegetais utilizados para os testes foram coletados em diferentes locais do Estado do Rio Grande do Sul, abrangendo uma ampla distribuição geográfica, compreendendo os municípios de Uruguaiana, Santa Maria, Bento Gonçalves, Veranópolis, Nova Roma do Sul, Farroupilha e Porto Alegre.

Esse material foi coletado, sempre que possível, de diferentes indivíduos bem como de distintos locais. Após a coleta foi seccionado e armazenado em sacos plásticos, identificados e lacrados.

3.4 ESTUDO 1 - PROPAÇÃO VEGETATIVA

3.4.1 Instalação e condução

O estudo foi executado entre os meses de julho de 2017 a janeiro de 2018, em casa de vegetação, no Laboratório de Engenharia Natural da Universidade Federal de Santa Maria, com condições de temperatura, umidade e irrigação controladas, a fim de lograr resultados uniformes.

A temperatura variou de 20 a 30°C e a irrigação foi realizada através de gotejamento com horários programados, ocorrendo em três ocasiões ao dia (09:00h, 13:00h e 17:00h), na proporção de 10 ml por acionamento. As estacas foram selecionadas e avaliadas seguindo os critérios descritos no “Protocolo para investigação de capacidade de propagação vegetativa em plantas para utilização em Engenharia Natural” (SUTILI et al., 2013).

As dimensões das estacas, utilizadas para o plantio, foram de 15 cm de comprimento e, diâmetro variando entre 0,5 e 2 cm, verificando-se a sanidade das mesmas. Para o plantio das estacas, utilizou-se a proporção de 2/3 do seu tamanho enterradas em substrato areia média peneirada em recipientes de 1,7 litros.

O uso de areia corrobora com as especificações de Schiechtl (1973) e Monteiro (2009), uma vez que, em experimentos que tenham por objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo os substratos mais pobres em nutrientes ajudam a estimular o desenvolvimento do sistema radicular.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 10 estacas por espécie em cada período (45, 90 e 180 dias), somando 30 estacas para cada espécie.

3.4.2 Variáveis analisadas

O experimento foi avaliado aos 45, 90 e 180 dias e, inicialmente calculou-se a taxa de sobrevivência, obtida através do número de estacas vivas, ou seja, estacas com brotos e/ou raízes, multiplicado por 100 e dividido pelo número total de estacas plantadas.

Logo após, foram medidos e registrados, das plantas vivas, os dados de:

- Brotos: número e comprimento dos brotos primários;
- Raízes: número e comprimento das raízes primárias;
- Massa seca dos brotos e raízes: ambos foram destacados da estaca e, colocados individualmente em sacos de papel para *hot dog* e acondicionados em estufa, com temperatura variando entre 65°C a 75°C até atingirem peso constante.

Então, provido dos dados mencionados acima foram calculadas, seguindo o protocolo descrito por Sutili et al. (2013), as seguintes variáveis:

- Número médio de brotos por planta: calculado através da divisão do número total de brotos pelo número de estacas vivas;
- Comprimento de brotos por planta: resultado da soma do comprimento total brotos primários divididos pelo número de estacas vivas;
- Número médio de raízes por planta: auferido pela divisão do número total de raízes pelo número de plantas vivas.
- Número de raízes por metro de estaca enterrada: obtido pelo número total de raízes dividido pelo somatório do comprimento enterrado de todas as estacas vivas;
- Comprimento das raízes por metro de estaca enterrada: obtida através do somatório do comprimento das raízes primárias dividido pelo somatório do comprimento cravado das estacas vivas.

As análises do comprimento e massa seca foram obtidos com a utilização de um paquímetro, régua graduada (em centímetros) e balança analítica respectivamente.

3.4.3 Análise estatística

Para análise estatística foram utilizados os softwares R Studio (R Development Core Team), InfoStat (versão estudante) e Microsoft Excel (2013). Os dados da parte aérea e sistema radicular foram analisados entre as espécies, somente aos 180 dias, porém, cabe ressaltar que ao final deste trabalho, o foco principal é apresentar novas opções de espécies para utilização em técnicas de

Engenharia Natural que preconizam a propagação vegetativa. As estacas foram consideradas unidades experimentais individuais.

Para verificação da normalidade dos dados aplicou-se os testes de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov e para homogeneidade de variâncias o teste de Bartlett. Uma vez realizados os testes de normalidade e homogeneidade, constatou-se que em nível de 5% de significância, os resíduos não foram considerados normais nem homogêneos, deste modo, realizou-se o teste Kruskal-Wallis e Dunn ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), para as médias, aos 180 dias, dos parâmetros da parte aérea: número, comprimento e massa seca e do sistema radicular: número, comprimento e massa seca.

3.5 ESTUDO 2 - ANATOMIA DA MADEIRA

3.5.1 Microtécnica

As amostras de madeira para estudo anatômico das espécies ainda não descritas (*A. riedelii*, *E. substriatum*, *L. nummularifolia*, *L. pacari* e *Maytenus sp.*) foram coletadas do material lenhoso, onde extraiu-se três corpos-de-prova (3x3x3 cm), orientados para a obtenção de cortes anatômicos nos planos transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial, além de um fragmento destinado à maceração.

Os corpos-de-prova foram fervidos em água, por cerca de 60 horas e, na sequência, seccionados em micrótomo de deslize (modelo Leica), no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

A confecção das lâminas de cortes anatômicos seguiu a metodologia descrita por Burger e Richter (1991), usando-se coloração com Safrablau, desidratação em série alcoólica crescente e montagem permanente, com Entellan.

No preparo de lâminas de macerado, finos palitos de madeira foram obtidos por lascamento e fervidos em tubo de ensaio, com água, por duas horas. Na maceração propriamente dita, seguiu-se o método de Jeffrey (FREUND, 1970). Usou-se coloração da pasta de fibras com Safranina e, na montagem das lâminas, a mesma resina anteriormente citada.

3.5.2 Descrição do lenho

A descrição do lenho seguiu as recomendações do IAWA Committee (WHEELER; BAAS; GASSON, 1989). A percentagem ocupada pelos distintos tecidos constituintes da madeira foi definida em plano transversal e com o uso de um contador de laboratório, mediante 600 determinações ao acaso (MARCHIORI, 1980).

A frequência de poros foi obtida a partir de um quadrado de área conhecida, superposto a fotomicrografias em diferentes pontos de secções transversais. Os demais caracteres anatômicos foram medidos em microscópio binocular Carl Zeiss, provido de escala graduada.

3.5.3 Fotomicrografias e características quantitativas

As imagens que ilustram o texto foram tomadas em fotomicroscópio Leica, modelo DM 2000, munido com câmera digital Leica (modelo DFC 295), no Laboratório de Botânica Estrutural do Departamento de Biologia da UFSM.

Na citação das características quantitativas, os números entre parênteses correspondem aos valores mínimos e máximos observados, o valor que acompanha a média é o desvio padrão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA VIA ESTAQUIA

4.1.1 Taxa de sobrevivência

Para índices satisfatórios, adotou-se o valor de referência taxa de sobrevivência $\geq 70\%$ descritos pelos autores Schiechl (1973) e Sauli; Cornellini; Preti (2003). Entre os parâmetros utilizados para seleção de espécies destinadas ao emprego em técnicas de Engenharia Natural o mesmo é considerado importante, entretanto, não o mais influente.

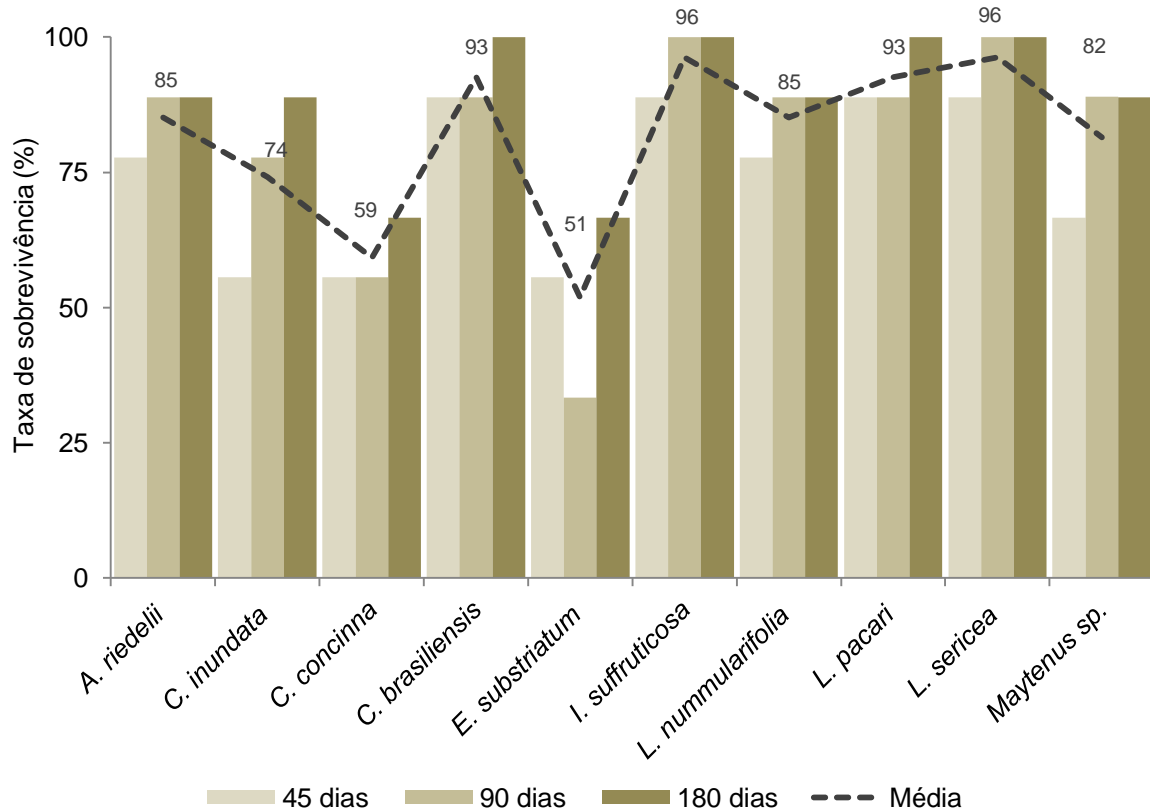
Os destaques foram *Indigofera suffruticosa* e *Ludwigia sericea*, que lograram valores médios superiores a 95%, considerando os três períodos testados, e quando comparados com valores obtidos por Kettenhuber (2017), para as espécies *Ludwigia elegans* (100% aos 90 dias no período inverno/primavera), e *Sesbania virgata* (91,7% aos 90 dias no período outono/inverno), ficam muito próximos, ainda que *S. virgata* não seja do gênero *Indigofera*, pertence à família Fabaceae e, possui características similares as de *I. suffruticosa*.

Logo em seguida têm-se *Colliguaja brasiliensis* e *Lafoensia pacari*, com índices médios superiores a 90%, e quando comparados com estudos de angulação realizados no período primavera/verão por Monteiro (2009) corroboram com a média das espécies *Phyllanthus sellowianus* (97,7% aos 90 dias) e *Salix humboldtiana* (84,3% aos 90 dias).

Exceto *Calyptanthes. concinna* e *Erythroxylum. substriatum* todas as demais espécies testadas obtiveram valores médios de sobrevivência maiores ou iguais ao valor de referência, considerando a emissão de brotos e/ou raízes (Figura 11). Cabe destacar que *Maytenus sp.* obteve, aos 45 dias, valor inferior ao de referência, entretanto, nos dois últimos períodos (90 e 180 dias) a taxa média de sobrevivência foi superior a 80%.

Esse fato pode ser comparado com resultados verificados por Lima et al. (2008) com a espécie *Maytenus ilicifolia*, o táxon mais próximo, que apresenta valores superiores a 90%, com o mesmo substrato (areia média) aos 90 dias, demonstrando que a espécie necessita de um período mais longo para emissão de brotos e/ou raízes.

Figura 11 – Taxa de sobrevivência das espécies estudadas obtidos nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após plantio e a média entre os três períodos.



Entretanto, em seus estudos, Sutili (2007) destaca que somente taxa de sobrevivência não esclarece suficientemente se uma espécie poderá ou não ser apta à utilização em técnicas de Engenharia Natural e ressalta fatores importantes como: emissão total de brotos e raízes, bem como a soma do comprimento de ambas relacionando-as com a soma do respectivo comprimento das estacas.

Deste modo, os valores correspondentes ao número, ao diâmetro, ao comprimento e massa seca dos brotos e raízes, obtidos, nos diferentes períodos são apresentados nos itens a seguir.

4.1.2 Sistema aéreo

As variáveis da parte aérea (número, comprimento e massa seca de brotos) foram avaliadas apenas das estacas vivas.

4.1.2.1 Número de brotos

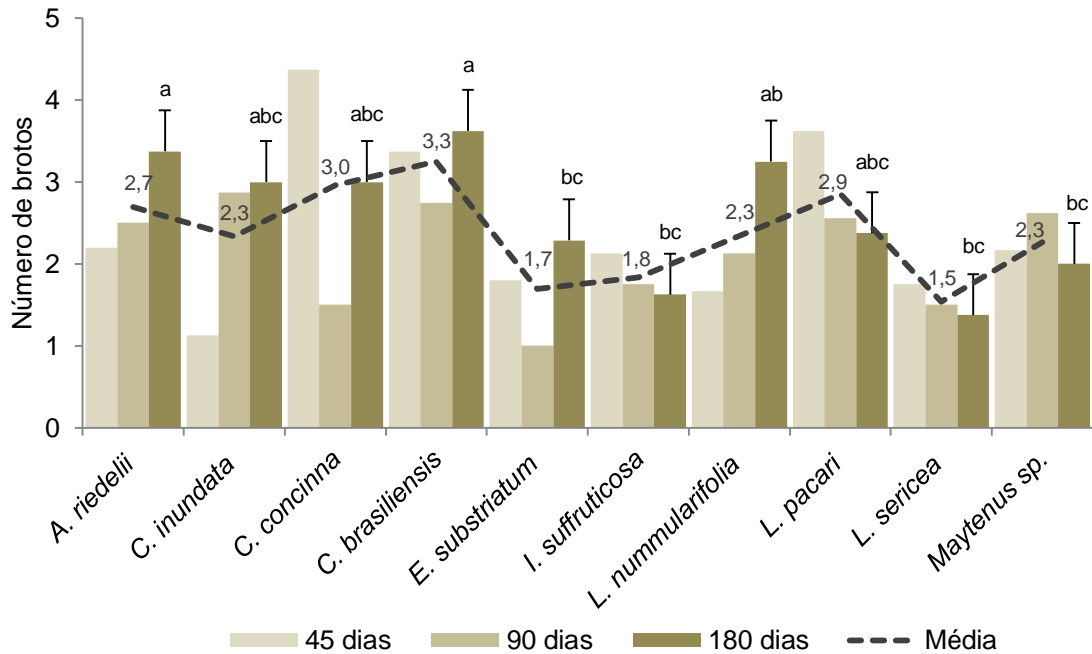
Através da Figura 12 pode-se observar que, aos 45 dias após o plantio, o destaque foi *Calyptanthes concinna* com média de 4 brotos por estaca, seguido de *Lafoensia pacari* com média de 4 brotos por estaca. Já em relação à média dos valores obtidos nos três períodos de avaliação, a espécie *Colliguaja brasiliensis* superou *C. concinna*.

No geral o número de brotos, aos 180 dias, apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre a maioria das espécies (Figura 12), entretanto, cabe destacar que o número variou entre 1 e 4. Esses resultados concordam com valores observados por diferentes autores, como: Kettenhuber (2017), que ao estudar a influência de diferentes estações do ano para as espécies *Allamanda cathartica*, *Cephalanthus glabratus*, *Escallonia bifida*, *Ludwigia elegans*, *Sambucus australis*, *Sesbania virgata* e *Terminalia australis* encontrou valores entre 0 e 3 brotos por planta.

Para Wandekoken (2015) em testes sobre a influência do diâmetro na propagação por estaquia simples das espécies *Senna alata*, *Cestrum laevigatum* e *Chromolaena odorata*, constatou valores próximos, variando entre 1 e 3 brotos por estaca. Já em estudos sobre a influência de ângulos de plantio na propagação vegetativa, Monteiro (2009) encontrou valores entre 2 e 3 brotos por estaca para *P. sellowianus*. Os resultados também concordam com valores retratados por Sutili (2004), que aos 150 dias após o plantio encontrou médias em torno de 3 brotos por estaca para esta mesma espécie.

Pode ser verificada também a diminuição do número de brotos, em períodos subsequentes, nas espécies *Calyptanthes concinna*, *Lafoensia pacari* e *Ludwigia sericea*, no entanto, Vargas (2007) testando a propagação vegetativa de *Phyllanthus sellowianus*, encontrou resultados decrescentes, de cerca de 4 para 2,5 no segundo e terceiro mês após plantio, respectivamente. Esse fato, segundo Monteiro (2009), pode ser explicado eventualmente, correlacionando-o com o substrato utilizado (areia), pois o mesmo não oferece nenhuma fonte nutricional para as estacas, servindo apenas como suporte e armazenamento de água.

Figura 12 – Número médio de brotos por estaca das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos.



As barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis e Dunn em nível de 5% de probabilidade.

4.1.2.2 Comprimento dos brotos

Na Figura 13, são apresentados os resultados referentes ao comprimento de brotos por estaca, das 10 espécies, para os três períodos de avaliação e a média entre eles. Conforme os dados verificou-se que os destaques foram, aos 45 dias a espécie *Calyptanthes concinna* e, aos 90 e 180 dias a espécie *Indigofera suffruticosa*.

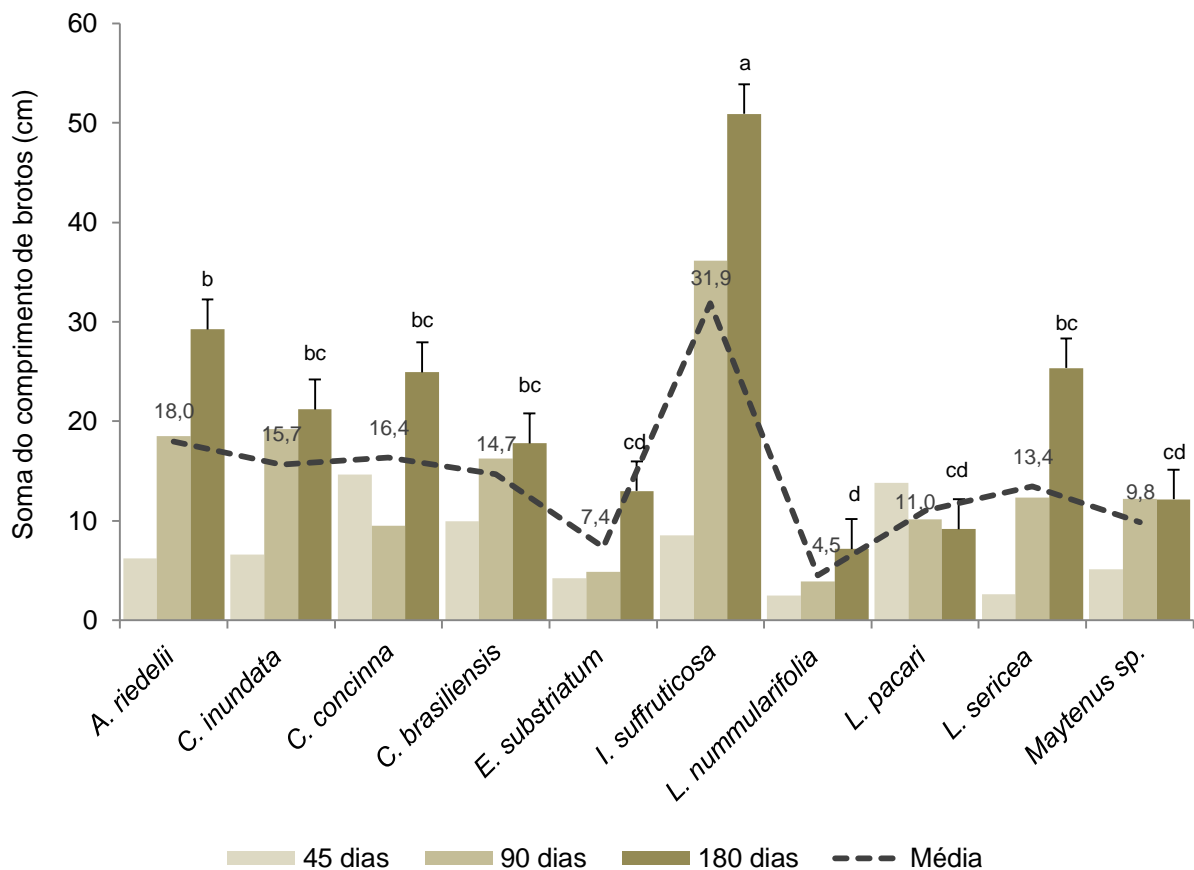
Cabe destacar, que a relação entre comprimento e número de brotos é de suma importância, ou seja, em linhas gerais a utilização de espécies com maior número, bem como maior comprimento resulta em um elevado volume da parte aérea, fornecendo assim uma camada protetora do solo mais eficaz (SUTILI, 2004; MONTEIRO, 2009).

De modo geral, analisando as Figuras 12 e 13 em paralelo, é possível constatar que *Indigofera suffruticosa* e *Ludwigia sericea* obtiveram menor número de brotos que algumas espécies, porém com maiores comprimentos, diferentemente

acontece com as espécies *Calyptanthes concinna* e *Colliguaja brasiliensis*, que apresentaram maior número de brotos, contudo, a soma do comprimento foi baixa.

Quando comparadas a soma do comprimento de brotos, aos 180 dias, verifica-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre a maioria das espécies (Figura 13), destacando-se *Indigofera suffruticosa* com 50,9 cm, seguida de *Aspidosperma riedelii* (29,3 cm), *Ludwigia sericea* (25,4 cm), *Calyptanthes concinna* (24,9 cm) e *Callisthene inundata* (21,2 cm). O restante das espécies ficou abaixo de 20 cm.

Figura 13 – Soma do comprimento de brotos por estaca das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos.



As barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis e Dunn em nível de 5% de probabilidade.

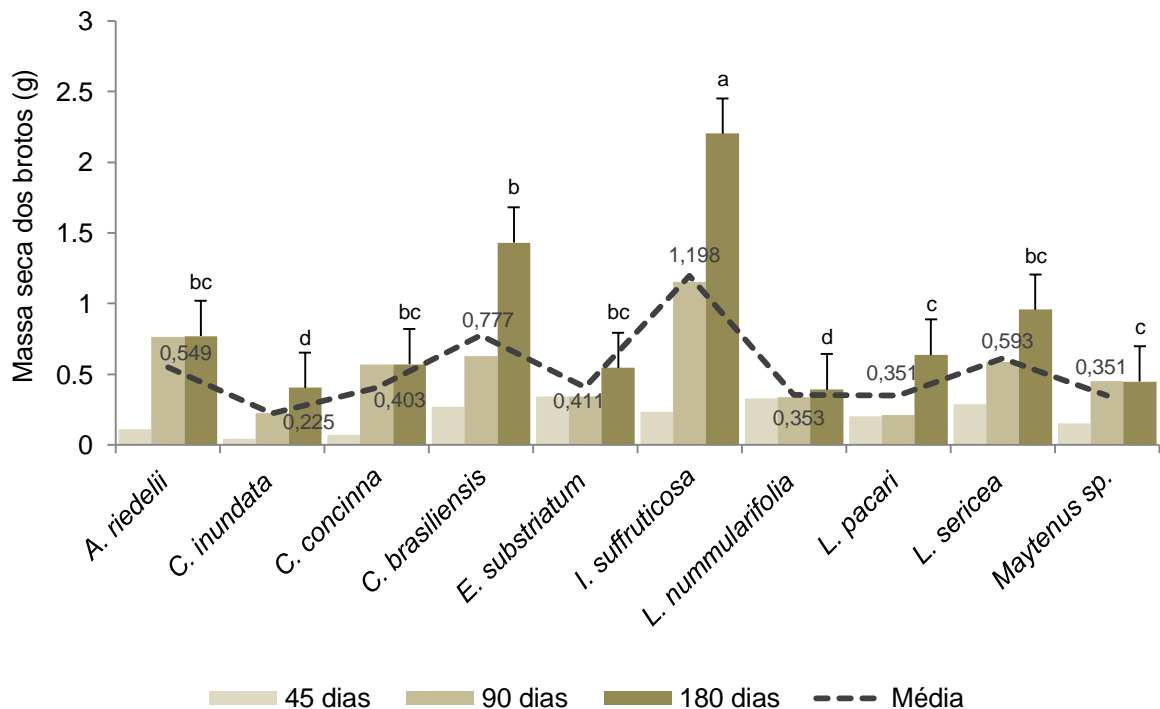
4.1.2.3 Massa seca

A massa seca dos brotos apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre as espécies, aos 180 dias, sendo que *Indigofera suffruticosa* obteve maior volume de

massa seca (2,203 g), seguida de *Colliguaja brasiliensis* (1,432 g). Os resultados menos expressivos ficaram a cargo de *Callisthene inundata*, *Lafoensia nummularifolia*, e *Maytenus sp.* (Figura 14).

A massa seca dos brotos teve variação média de 0, 2 a 1,2 g ficando próximos de valores encontrados por Kettenhuber (2017), 0,163 a 2,054 g aos 90 dias no período inverno/primavera para as espécies *Allamanda cathartica*, *Cephalanthus glabratus*, *Escallonia bifida*, *Ludwigia elegans*, *Sambucus australis*, *Sesbania virgata* e *Terminalia australis*.

Figura 14 – Massa seca dos brotos das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos.



As barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis e Dunn em nível de 5% de probabilidade.

Em análise geral dos parâmetros da parte aérea, considerando o número, comprimento e massa seca dos brotos, pode-se concluir que as espécies que desenvolveram maior volume da parte aérea foram *Colliguaja brasiliensis*, *Indigofera suffruticosa*, *Lafoensia pacari* e *Ludwigia sericea*.

Entretanto, de acordo com Sutili (2004), embora importante, somente informações da parte aérea não são suficientes para indicá-las, e designa às

características do sistema radicular como os principais atributos para a correta utilização das plantas em técnicas de Engenharia Natural. Deste modo, a seguir são discutidos os dados sobre o sistema radicular das espécies.

4.1.3 Sistema radicular

Da mesma forma que da parte aérea, as variáveis do sistema radicular (número, comprimento e massa seca das raízes) foram avaliadas apenas das estacas vivas.

4.1.3.1 Número de raízes por estaca

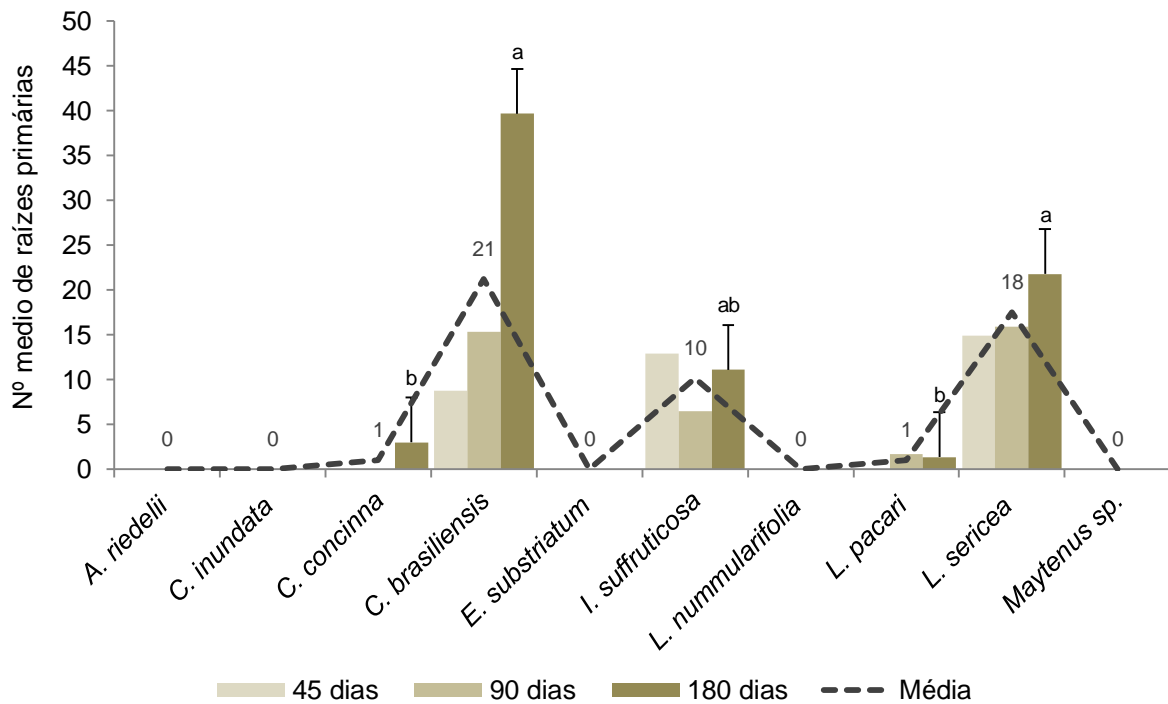
De maneira inversa aos dados observados no sistema aéreo, o sistema radicular ficou, na sua grande maioria, abaixo e apenas 50% das espécies apresentaram raízes em ao menos uma das três avaliações realizadas, uma vez que somente 30% apresentaram sistema radicular em todos os períodos e, com valores considerados bons.

Na Figura 15, verifica-se que apenas as espécies *Colliguaja brasiliensis*, *Ludwigia sericea* e *Indigofera suffruticosa* apresentaram raízes nos três períodos (45, 90 e 180 dias após o plantio). Já as espécies *Lafoensia pacari* e *Calyptanthes concinna* apresentaram apenas em um ou dois períodos com número de raízes muito inferior, e o restante das espécies não formaram raízes.

As raízes, comparadas aos 180 dias, apresentaram diferença significativa (Figura 15), os destaques foram *Colliguaja brasiliensis* e *Ludwigia sericea*, seguidas de *Indigofera suffruticosa*, já as espécies *Calyptanthes concinna* e *Lafoensia pacari* apresentaram médias bastante inferiores.

Os resultados corroboram com valores obtidos por Kettenhuber (2017), aos 90 dias após o plantio, no período inverno/primavera para as espécies *Allamanda cathartica*, *Cephalanthus glabratus*, *Escallonia bifida*, *Ludwigia elegans*, *Sambucus australis*, *Sesbania virgata* e *Terminalia australis*, em testes semelhantes, onde encontrou valores entre 3 e 28 raízes por estaca, podem ser considerados próximos.

Figura 15 – Número médio de raízes primárias por estaca das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos.



As barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis e Dunn em nível de 5% de probabilidade.

4.1.3.2 Número de raízes por metro de estaca

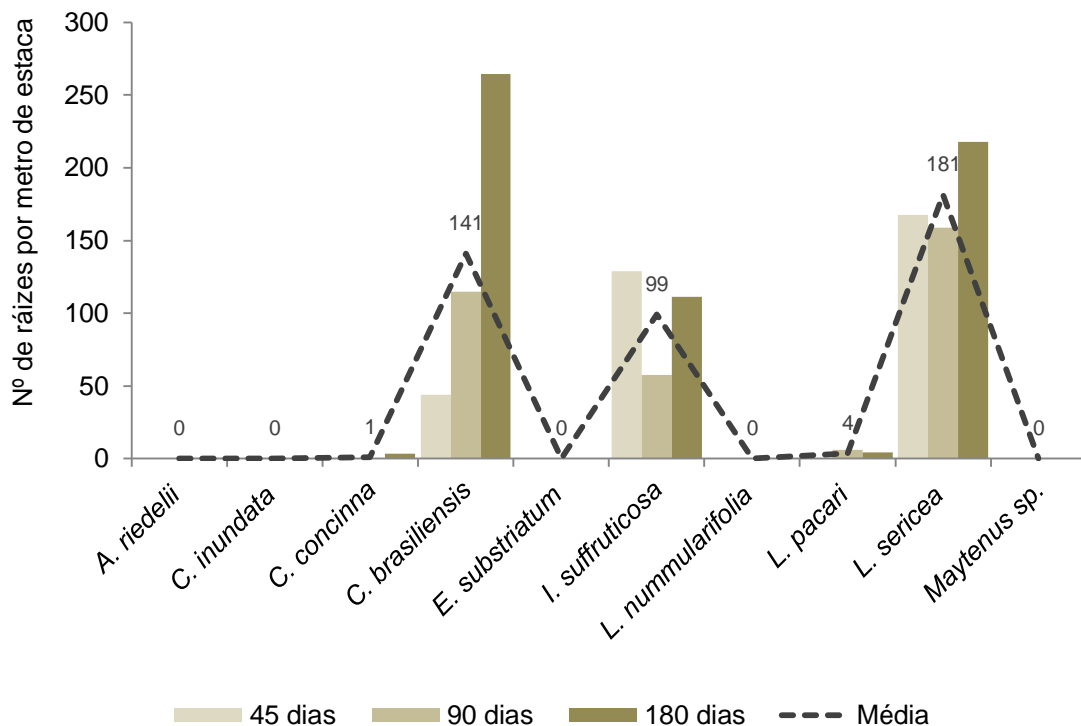
Para Monteiro (2009), as informações relacionadas ao número de raízes por metro de estaca são de extrema importância, uma vez que, permite avaliar o potencial de regeneração das estacas de modo simplificado.

Na Figura 16, pode-se constatar que as espécies *Colliguaja brasiliensis* e *Ludwigia sericea* produziram número médio de 141 e 181 raízes por metro de estaca, respectivamente, seguidas de *Indigofera suffruticosa* com média de 99 raízes por metro de estaca. Do mesmo modo que o número de raízes por estaca, *Lafoensia pacari* e *Calyptanthes concinna* ficaram com média muito inferior às demais.

Os resultados, obtidos pelas espécies *Colliguaja brasiliensis*, *Ludwigia sericea* e *Indigofera suffruticosa* apresentam resultados próximos aos dos experimentos realizados por Sutili (2007) com a espécie *Phyllanthus sellowianus* em período similar (primavera/verão), aos 150 dias após o plantio, onde constatou cerca de 130 raízes/m de estaca enterrada e, por Kettenhuber (2017) aos 90 dias, no período

inverno/primavera, com as espécies *Cephalanthus glabratus* e *Sesbania virgata* com 84 e 145 raízes por metro de estaca respectivamente, e Vargas (2007) testando a propagação vegetativa das espécies *Phyllanthus sellowianus*, *Sebastiania schottiana* e *Salix x Rubens*, encontrou valores variando de 20 a 125 raízes por metro de estaca enterrada, 90 dias após o plantio.

Figura 16 – Número de raízes primárias por metro de estaca enterrada das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos.



4.1.3.3 Comprimento das raízes

A Figura 17 apresenta os valores para o comprimento médio de raízes por estaca, onde novamente as espécies *Indigofera suffruticosa*, *Ludwigia sericea* e *Colliguaja brasiliensis* obtiveram melhor desempenho. As espécies *I. suffruticosa* e *L. sericea* não apresentaram diferença significativa entre si, somente quando comparadas com as demais.

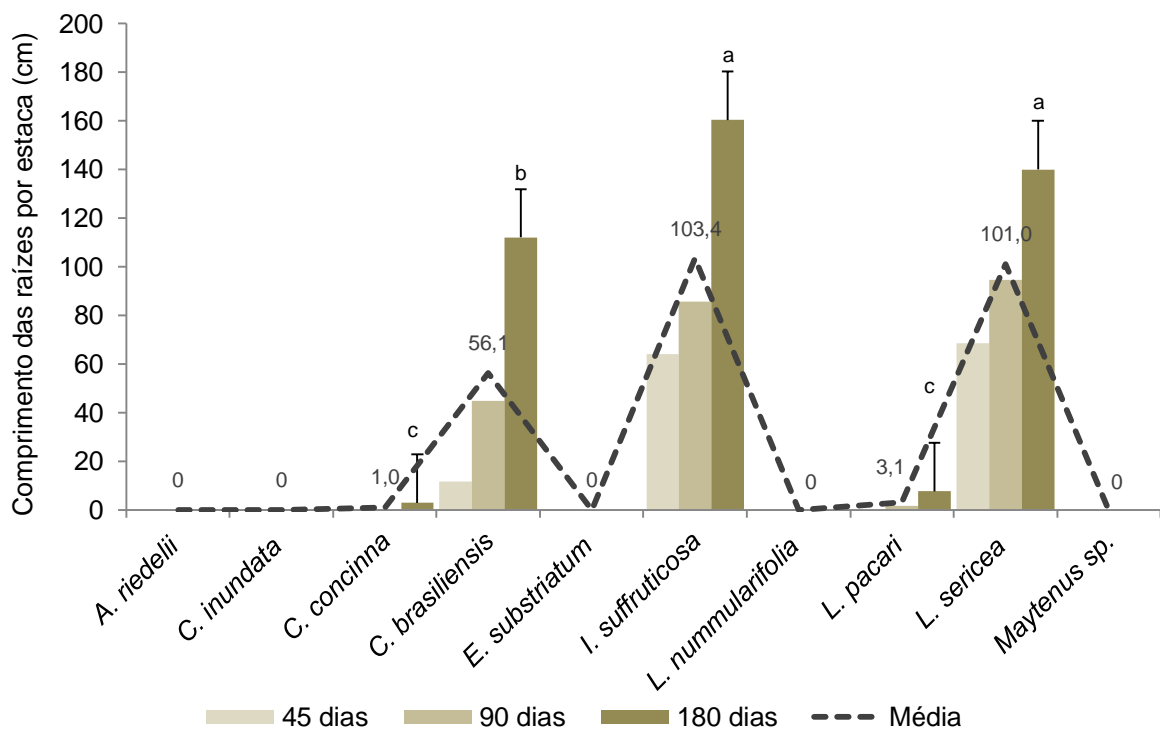
Entretanto, fazendo um paralelo entre as Figuras 16 e 17, cabe ressaltar que, apesar do comprimento médio um pouco abaixo das duas primeiras, *Colliguaja brasiliensis* compensa no número de raízes, sendo que, esse fator pode ser considerado favorável, pois de acordo com Florineth e Molon (2004) para que haja

um bom recobrimento por parte das raízes deve-se haver uma composição variada de espécies vegetais, sendo necessário, portanto, procurar manter uma alternância de diferentes espécies com variados sistemas radiculares, de modo que o solo seja permeado de maneira homogênea.

Verificou-se para as espécies *Calyptanthus concinna* e *Lafoensia pacari* apresentam valor bem abaixo das primeiras, e para as demais, como já esclarecido anteriormente, não logram êxito em sequer um dos períodos de avaliação.

Os resultados, no que tangem a comparações com testes realizados por diferentes autores ficam próximos aos encontrados por Correia (2013), que ao testar a propagação das espécies *Dittrichia viscosa*, *Myrtus communis*, *Coronilla glauca* e *Phillyrea angustifolia* encontrou, aos 90 dias, os valores: 193 cm, 161 cm, 132 cm e 3,5 cm respectivamente, e também por Kettenhuber (2017), no período inverno/primavera, aos 90 dias, onde encontrou valores: 30,05 cm, 163,4 cm e 386,15 cm para as espécies *Allamanda cathartica*, *Cephalanthus glabratus* e *Sesbania virgata* respectivamente.

Figura 17 – Comprimento médio de raízes primárias (cm) por estaca das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos.



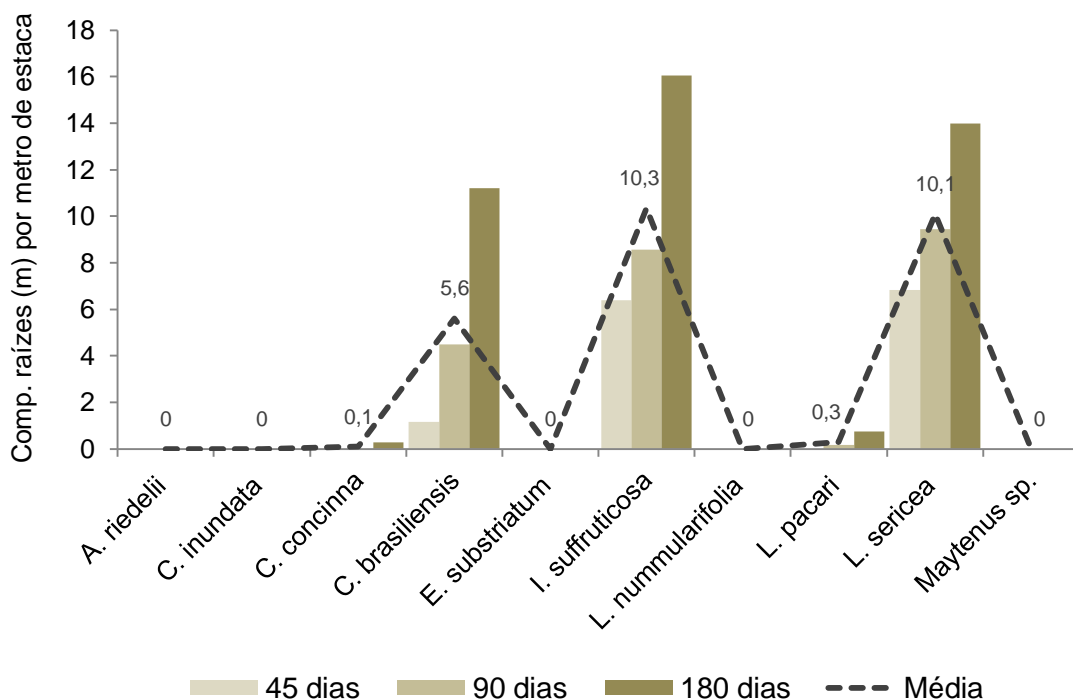
As barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis e Dunn em nível de 5% de probabilidade.

4.1.3.4 Comprimento das raízes por metro de estaca

Na Figura 18 estão compreendidos os valores para o comprimento das raízes, em metros, por metro de estaca. Pode-se observar, que as espécies *Indigofera suffruticosa*, *Ludwigia sericea* e *Colliguaja brasiliensis* obtiveram melhor desempenho. Comparando-as com avaliações realizadas por Sutili (2007) aos 150 dias, no período primavera/verão para *Phyllanthus sellowianus* (20 m) e *Sebastiania schottiana* (3,6 m), os resultados ficam próximos.

Em estudos de angulação, das espécies *Phyllanthus sellowianus* e *Salix humboldtiana*, Monteiro (2009) observou valores mais elevados 90 dias após o plantio, onde encontrou cerca de 45 m e 35 m, respectivamente. Já Kettenhuber (2017), testando diferentes estações do ano, encontrou valores próximos, aos 90 dias para o período inverno/primavera, uma vez que os resultados foram: *Allamanda cathartica* (2,5 m), *Cephalanthus glabratus* (7,5 m), *Ludwigia elegans* (32,6 m) e *Sesbania virgata* (14,8 m).

Figura 18 – Comprimento das raízes por metro de estaca nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos.

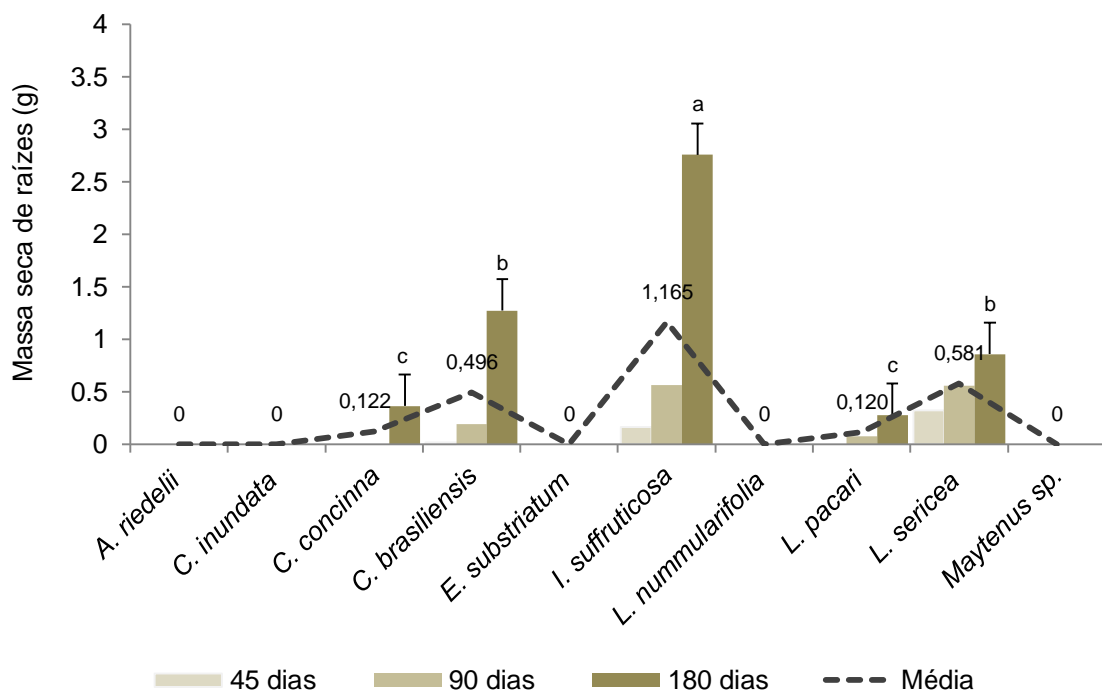


4.1.3.5 Massa seca das raízes

A massa seca média do sistema radicular de *Indigofera suffruticosa*, foi significativamente superior ao restante das espécies que apresentaram raízes (Figura 19), logo em seguida ficaram *Colliguaja brasiliensis* e *Ludwigia sericea*, que não diferiram significativamente entre si, seguidas de *Calyptanthes concinna* e *Lafoensia pacari*. Ao analisar paralelamente os parâmetros do sistema radicular, destaca-se a espécie *L. sericea*, uma vez que a mesma apresentou ótimos valores referentes ao tamanho, número e comprimento, entretanto, em relação à massa seca os valores decresceram, isso deve-se ao sistema radicular ser de diâmetro menor que as demais espécies.

A grande maioria das estacas apresentou massa seca das raízes abaixo de 1,5 g em todos os períodos (45, 90 e 180 dias). Em comparação com resultados encontrados por Monteiro (2009), com valores entre 0,6 g e 1,2 g e, Kettenhuber (2017), com valores variando entre 0,01 g e 0,9 g, pode-se considerar que os resultados obtidos são semelhantes.

Figura 19 – Massa seca das raízes das espécies nos três períodos de avaliação (45, 90 e 180 dias) após o plantio e a média entre os três períodos.



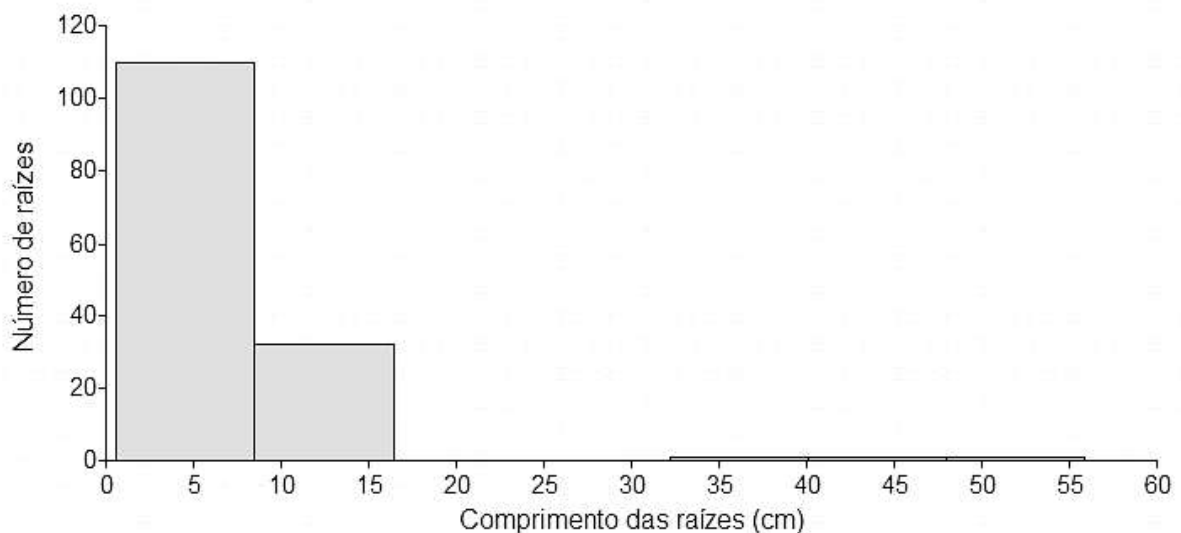
As barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis e Dunn em nível de 5% de probabilidade.

4.1.3.6 Distribuição absoluta das raízes

As diferentes faixas de comprimento, bem como a forma de distribuição das raízes é uma característica importante para a Engenharia natural, e para observar tal propriedade cabe realizar a distribuição de frequência absoluta do comprimento das raízes. A análise foi realizada somente aos 180 dias, para as espécies *Colliguaja brasiliensis*, *Ludwigia sericea* e *Indigofera suffruticosa*, pois foram as que apresentaram melhores indicadores do sistema radicial. As espécies *L. sericea* e *C. brasiliensis* apresentaram maior número de raízes, no entanto, *I. suffruticosa* revelou maiores valores do comprimento.

A distribuição absoluta do comprimento das raízes, aos 180 dias, da espécie *Colliguaja brasiliensis* (Figura 20) ficou em sua grande maioria (43,4%) para valores entre 0,1 a 5,0 cm, 40% para faixa entre 5,1 a 10 cm, 12,4% para raízes com comprimento entre 10,1 a 15cm, 2,1% para 15,1 a 20 cm, e o restante, também 2,1% para valores acima de 20,1 cm (o comprimento máximo atingido foi de 55,9 cm).

Figura 20 – Distribuição de frequência absoluta do comprimento de raízes (cm) de *Colliguaja brasiliensis* obtidas aos 180 dias após o plantio.

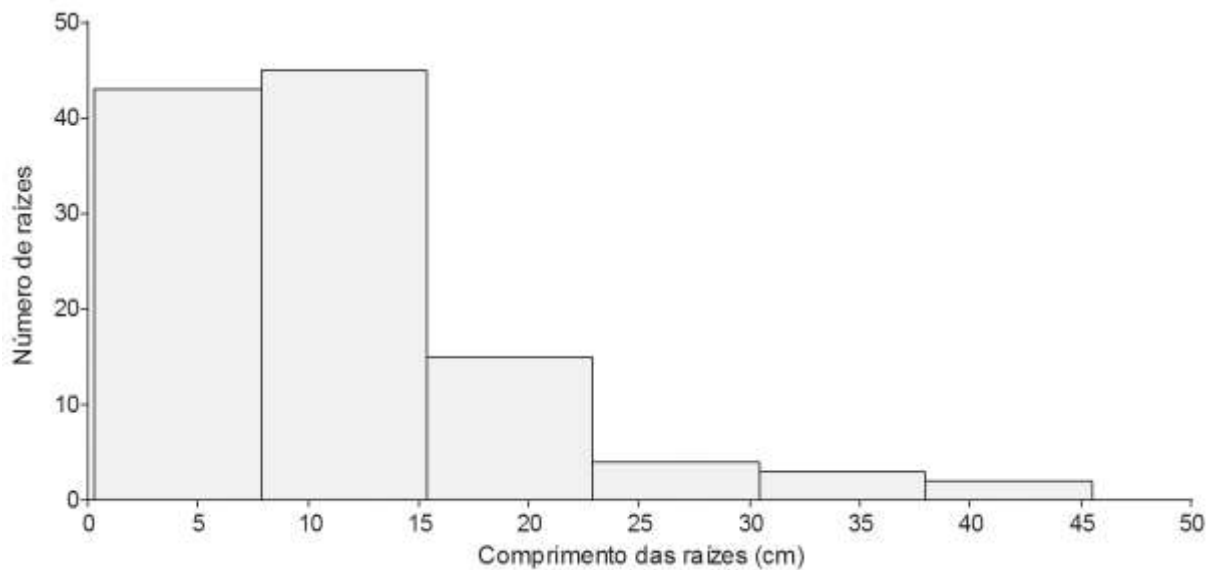


A espécie *Ludwigia sericea* obteve melhor distribuição absoluta do comprimento das raízes (Figura 21) quando comparada com a de *Colliguaja brasiliensis*. No entanto, os maiores valores foram para as raízes menores, onde na

faixa contida entre 0,1 e 5,0 ficou com 27,7%, para valores entre 5,1 a 10 cm o percentual foi de 21,4%.

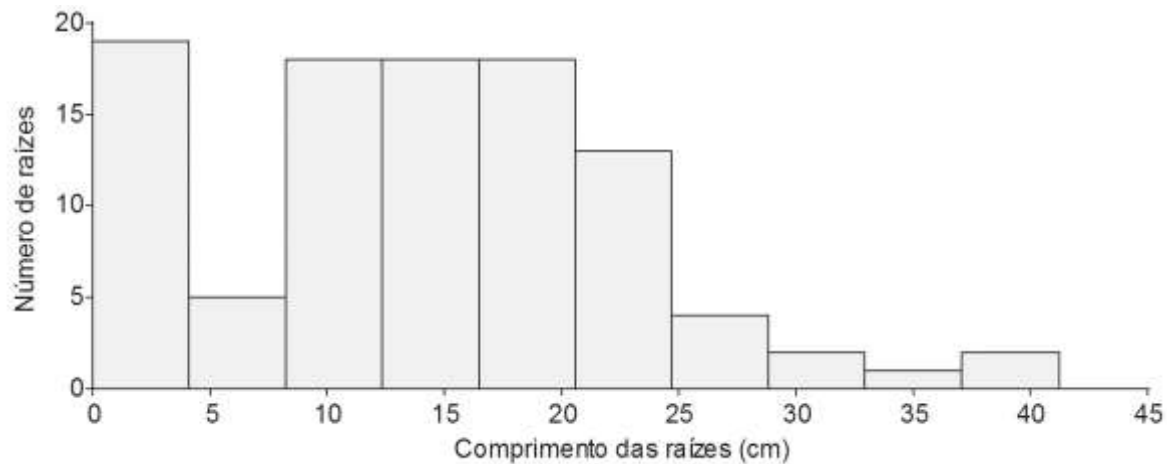
A faixa entre 10,1 a 15,0 cm ficou com 27,7%, para raízes com comprimento entre 15,1 a 20,0 foi de 10,7%, e o restante, 12,5% ficou para valores acima de 20,1 cm (o comprimento máximo atingido foi de 45,5 cm).

Figura 21– Distribuição de frequência absoluta do comprimento de raízes (cm) de *Ludwigia sericea* obtidas aos 180 dias após o plantio.



Já a distribuição absoluta do comprimento das raízes de *Indigofera suffruticosa* (Figura 22) obteve melhor distribuição entre as três espécies, ou seja, os percentuais ficaram melhores distribuídos. Os valores foram de 19% para valores entre 0,1 a 5 cm, 11% para valores entre 5,1 e 10 cm, 22,1% para valores entre 10,1 e 15 cm, 24,8% para faixa contida entre 15,1 e 20,0 cm e acima de 20,1 foi de 23,1% (o comprimento máximo atingido foi de 41,2 cm).

Figura 22– Distribuição de frequência absoluta do comprimento de raízes (cm) de *Indigofera suffruticosa* obtidas aos 180 dias após o plantio.



Em comparação, as distribuições absolutas das três espécies, *Colliguaja brasiliensis*, *Ludwigia sericea* e *Indigofera suffruticosa* (Figuras 20, 21 e 22) pode-se enunciar que há similitude entre as duas primeiras espécies, entretanto, *L. sericea* apresenta maior número de raízes. Já *I. suffruticosa* revelou uma distribuição absoluta com maior homogeneidade.

Com intuito de ilustrar os resultados obtidos para os parâmetros da parte aérea e também do sistema radicial das espécies, são apresentadas através das Figuras 23, 24 e 25 as suas respectivas estacas.

Figura 23 – Aspecto geral das estacas das espécies *Colliguaja brasiliensis* (Escala: 0 a 10 cm): A – 45 dias. B – 90 dias. C – 180 dias e, *Indigofera suffruticosa* (Escala: 0 a 10 cm): D – 45 dias. E – 90 dias. F – 180 dias após o plantio.



Fonte: Dione Dambrós Raddatz.

Figura 24 – Aspecto geral das estacas da espécie *Ludwigia sericea* (Escala: 0 a 10 cm): A – 45 dias. B – 90 dias. C – 180 dias e, *Lafoensia pacari* (Escala: 0 a 10 cm): D – 45 dias. E – 90 dias. F – 180 após o plantio.



Fonte: Dione Dambrós Raddatz.

Figura 25 – Aspecto geral das estacas das espécies (Escala: 0 a 10 cm): A – *Aspidosperma riedelii*. B – *Calyptranthes concinna*. C – *Maytenus* sp. D – *Callisthene inundata*. E – *Lafoensia nummularifolia*. F – *Erythroxylum substriatum*.



Fonte: Dione Dambrós Raddatz.

4.2 ANATOMIA DA MADEIRA

As espécies que não possuíam descrição anatômica do lenho foram descritas e ilustradas através de fotomicrografias. Ao final as estruturas anatômicas foram discutidas, enfatizando características que proporcionam flexibilidade aos caules, uma vez que esse fator é desejado em plantas a serem utilizadas técnicas de Engenharia Natural no âmbito fluvial.

4.2.1 Descrição anatômica

4.2.1.1 *Aspidosperma riedelii*

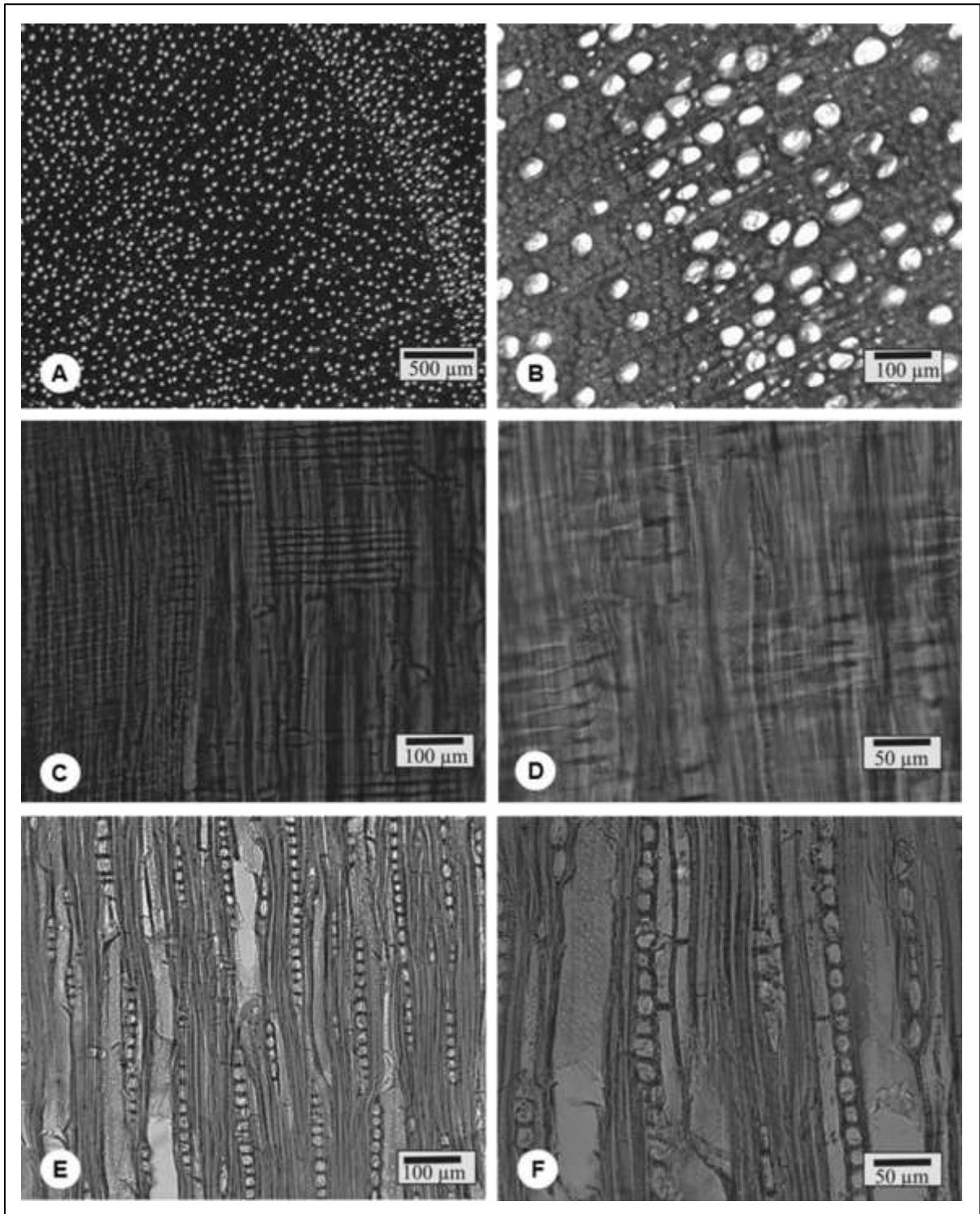
Aspidosperma riedelii possui anéis de crescimento: distintos, marcados pela maior abundância de parênquima axial e poros no lenho inicial. Vasos numerosos (35 ± 6 ($28 - 49$) por mm^2), solitários, menos comuns os geminados, compondo 21 ± 6 % do volume da madeira. Poros mais abundantes no lenho inicial, configurando padrão semidifuso (Figura 26A e B). Poros de (24 ± 5 ($13 - 33$) μm) de diâmetro, poligonais e de paredes finas ($2,5 \pm 0,1$ ($1,9 - 2,5$) μm) (Figura 26A e B). Elementos vasculares de comprimento médio (488 ± 94 ($310 - 670$) μm), com placas de perfuração simples, oblíquas, e apêndices curtos a longos (61 ± 41 ($10 - 200$) μm), geralmente em ambas as extremidades. Pontoações intervasculares de difícil visualização, pelo raro contato entre poros; pequenas e arredondadas ($3,8 \pm 0,5$ ($3,1 - 4,6$) μm), ornamentadas e em arranjo alternado. Pontoações raio-vasculares, semelhantes às intervasculares ($2,7 \pm 0,5$ ($2,1 - 3,1$) μm); pontoações parênquimo-vasculares de difícil visualização, pelo escasso contato entre as células envolvidas.

O parênquima axial representando 5 ± 1 % do volume do lenho; apotraqueal difuso-em-agregados, ao longo do anel; mais abundante no início dos anéis de crescimento (Figura 26A e B). Séries parenquimáticas de 398 ± 81 ($263 - 550$) μm de altura, com 2 – 6 células (Figura 26F). Cristais romboédricos, em séries; cristais visíveis, inclusive, em seção transversal (RADDATZ et al., 2018a). O lenho possui raios em grande número ($20 \pm 2,3$ ($16 - 23$) raios por mm), ocupando 15 ± 5 % do volume da madeira, estreitos (15 ± 4 ($13 - 28$) mm) e homogêneos, compostos de células procumbentes (Figura 26C, D). Sendo os unisseriados, predominantes (93%), de 145 ± 63 ($40 - 275$) μm e 4-23 células de altura; raios bisseriados, raros (3%). Células radiais de contorno arredondado, em plano tangencial (Figura 26E e F); células envolventes, células radiais de paredes disjuntas, raios fusionados e contínuos, presentes (RADDATZ et al., 2018a).

Já para as fibras, o comprimento médio foi (922 ± 118 ($700 - 1100$) μm), com $14 \pm 1,9$ ($8 - 18$) μm de largura e paredes espessas ($3,7 \pm 0,7$ ($2,5 - 5$) μm), pouco lignificadas, ocupando 59 ± 4 % do volume da madeira (Figura 26A e B);

pontoações, simples ou com aréolas muito pequenas. Espessamentos espiralados, fibras septadas e traquédeos, ausentes (RADDATZ et al., 2018a).

Figura 26 – Aspectos anatômicos do lenho de *Aspidosperma riedelii*. A – Anéis de crescimento distintos, porosidade semidifusa; B – Poros solitários, fibras de paredes espessas; C/D – Raios homogêneos; E/F – Raios unisseriados, fibras de paredes espessas.



Fonte: Raddatz et al. (2018a).

Outros caracteres: variantes cambiais, tubos laticíferos e taniníferos, canais intercelulares, células oleíferas e mucilaginosas ausentes (RADDATZ et al., 2018a).

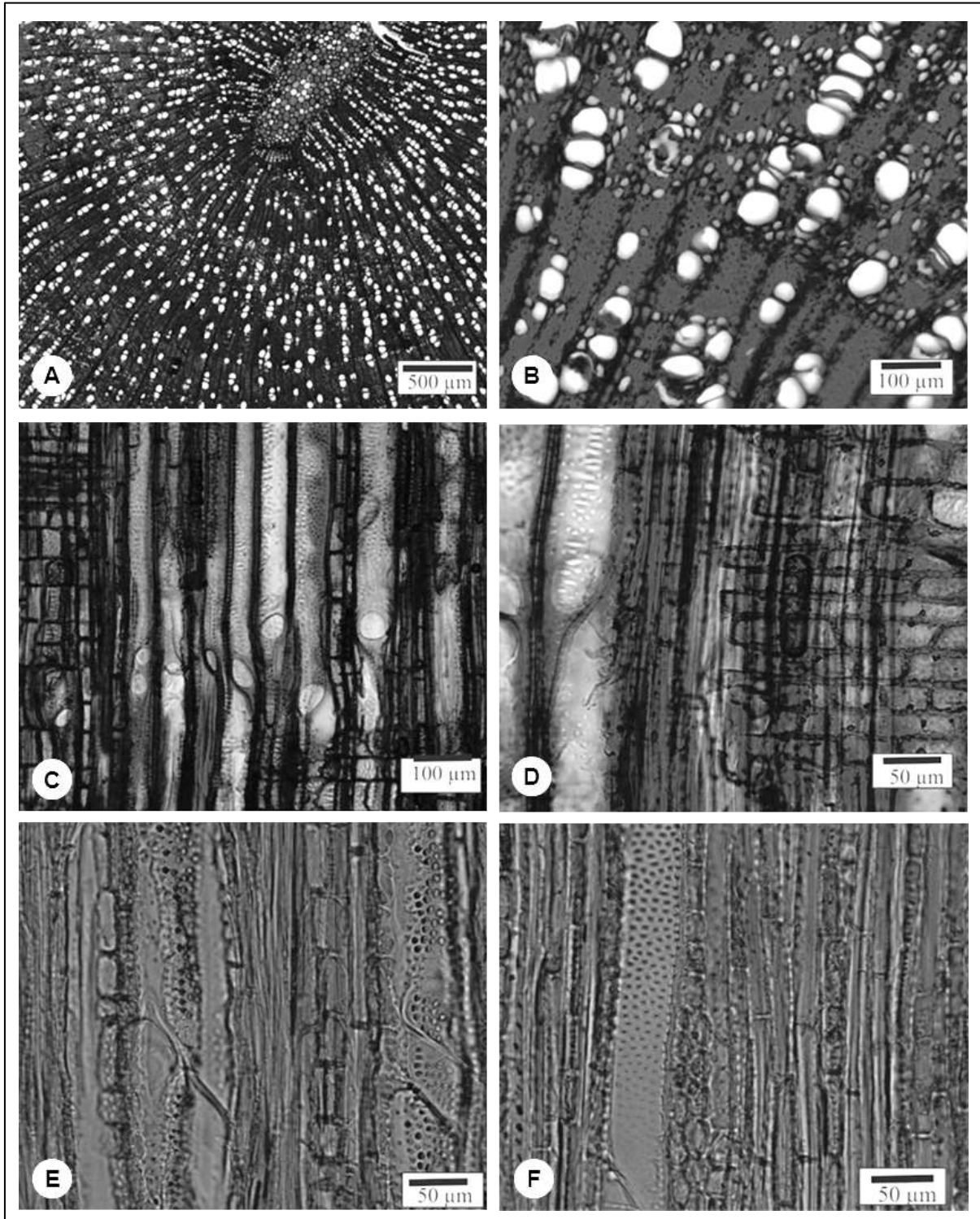
4.2.1.2 *Erythroxylum substriatum*

A espécie possui anéis de crescimento: distintos, marcados por parênquima marginal e maior lignificação de fibras no lenho tardio. Vasos extremamente numerosos (253 ± 54 ($177 - 368$) por mm^2), solitários, menos comumente em múltiplos radiais de 2 – 5, compondo 27 ± 6 % do volume do lenho. Porosidade difusa (Figura 27A). Poros de $33 \pm 4,7$ ($25 - 44$) μm de diâmetro, de contorno poligonal e paredes finas ($2,7 \pm 0,7$ ($1,9 - 3,8$) μm) (Figura 27B). Elementos vasculares de comprimento médio (442 ± 106 ($280 - 670$) μm), com placas de perfuração simples, oblíquas, e apêndices curtos (65 ± 43 ($20 - 230$) μm), geralmente em uma das extremidades. Pontoações intervasculares pequenas e arredondadas ($4,9 \pm 0,3$ ($4,6 - 5,2$) μm), em arranjo alternado. Pontoações raio-vasculares e parênquima-vasculares alargadas (Figura 27D), aparentemente simples (RADDATZ et al., 2018b).

O Parênquima axial ocupa $9 \pm 3,5$ % do volume da madeira e em arranjo de difícil definição, variando desde aliforme confluyente, aliforme e vasicêntrico incompleto, até apotraqueal difuso, difuso-em-agregados e em faixa marginal, no limite do anel de crescimento (Figura 27A e B). Conteúdos, ausentes. Séries parenquimáticas de 395 ± 78 ($225 - 613$) μm de altura, com 3 – 7 células. Cristais romboédricos, em séries cristalíferas visíveis (RADDATZ et al., 2018b).

Os raios são em grande número ($24 \pm 4,5$ ($18 - 33$) raios por mm), ocupando $19 \pm 4,2$ % do volume do lenho; estreitos (22 ± 5 ($15 - 33$) μm) e heterogêneos, compostos de células procumbentes, quadradas e eretas (Figura 27C). Os multisseriados, principalmente bisseriados (56%), menos comumente, trisseriados (18%); de 193 ± 142 ($10 - 620$) μm e 1 – 13 células de altura, com margens de 87 ± 71 ($10 - 300$) μm e 1 – 22 células de altura. Os unisseriados (26%), de 373 ± 233 ($150 - 1000$) μm , com 3 – 27 células de altura. Células radiais de contorno arredondado ou oval, em plano tangencial (Figura 27F); células envolventes, células radiais de paredes disjuntas e células perfuradas, ausentes. Raios fusionados e conteúdos, presentes (RADDATZ et al., 2018b).

Figura 27 – Aspectos anatômicos do lenho de *Erythroxylum substriatum*. A – Porosidade difusa; B – Poros solitários e em múltiplos radiais, parênquima axial e fibras de paredes espessas; C – Placas de perfuração simples e células quadradas de raio; D – Placas de perfuração simples e raios de células quadradas e eretas; E/F – Pontoações intervasculares, raios e fibras.



Fonte: Raddatz et al. (2018b).

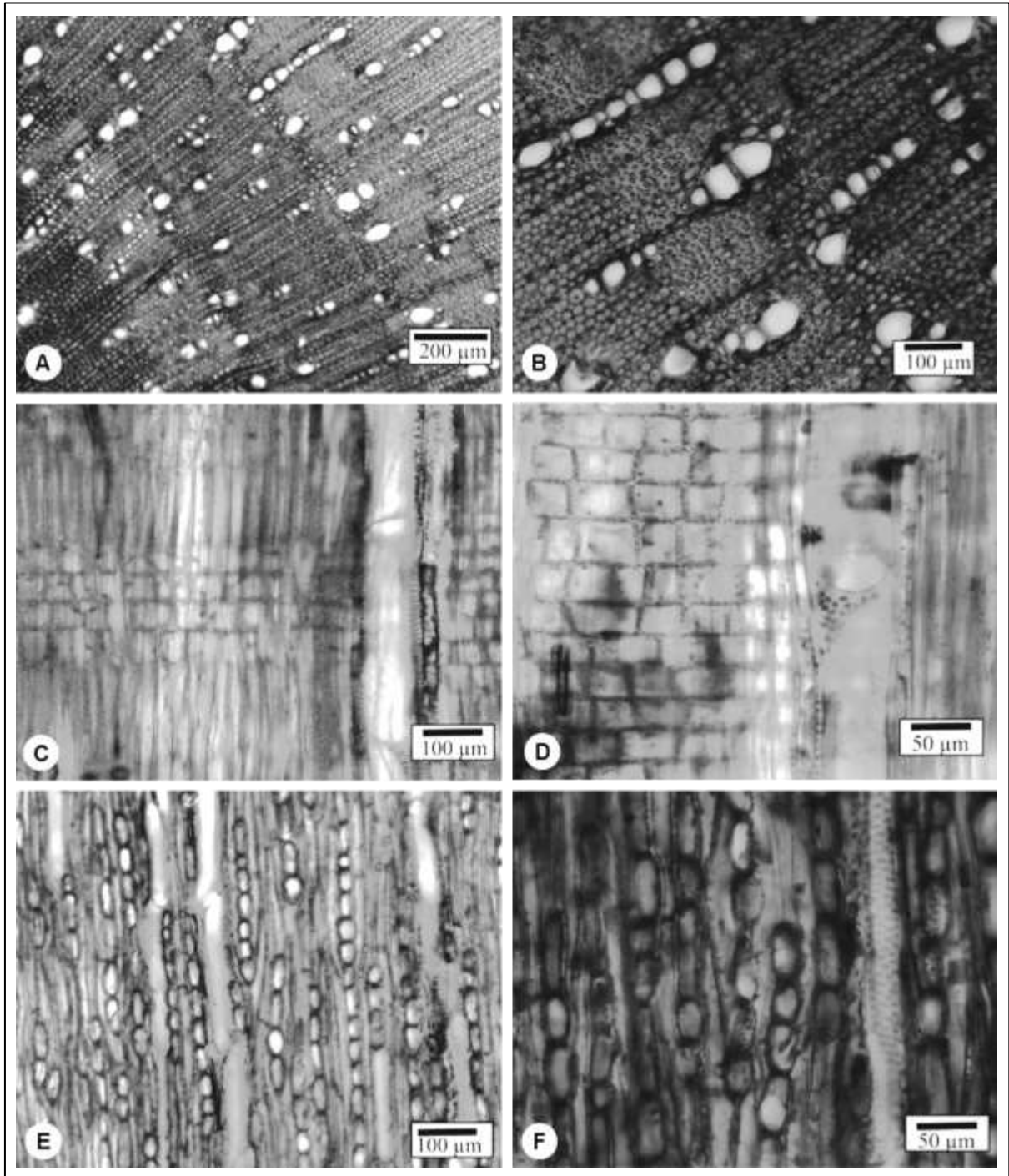
As fibras, fibrotraqueóides bastante lignificados (não gelatinosos), de comprimento médio (886 ± 186 (500 – 1300) μm), com $13 \pm 2,2$ (8 – 18) μm de largura e de paredes espessas ($4,9 \pm 1,1$ (2,5 – 7) μm), (Figura 27B e F) ocupando $45 \pm 7,8$ % do volume da madeira (RADDATZ et al., 2018b). Espessamentos espiralados, fibras septadas e traqueídeos, ausentes. Outros caracteres: variantes cambiais, tubos laticíferos e taniníferos, canais intercelulares, células oleíferas, células mucilaginosas, estratificação e máculas medulares, são ausentes (RADDATZ et al., 2018b).

4.2.1.3 *Lafoensia nummularifolia*

De acordo com Raddatz et al. (2018c) *L. nummularifolia* possui anéis de crescimento: distintos, marcados por fibras radialmente estreitas ao final do lenho tardio. Os Vasos são numerosos (174 ± 26 (136 – 236) por mm^2), solitários e em múltiplos radiais de 2 – 6, menos comumente racemiformes, compondo $14 \pm 3,6$ % do volume do lenho. Porosidade difusa (Figura 28A e B). Poros de $31 \pm 8,1$ (15 – 45) μm de diâmetro, de contorno poligonal e paredes finas ($2,7 \pm 0,8$ (1,3 – 3,8) μm) (Figura 28A e B). Elementos vasculares curtos (233 ± 48 (150 – 330) μm), com placas de perfuração simples, oblíquas; apêndices geralmente ausentes ou, então, curtos ($11 \pm 3,5$ (10 – 20) μm). Pontoações intervasculares ornamentadas, pequenas, arredondadas ($4,3 \pm 0,8$ (3,1 – 5,7) μm) e em arranjo alternado. Pontoações raiovasculares, semelhantes às intervasculares ($3,8 \pm 0,8$ (3,1 – 5,2) μm). Parênquima axial ausente (RADDATZ et al., 2018c).

Os raios são numerosos (18 ± 2 (15 – 21) raios por mm), ocupando 19 ± 6 % do volume da madeira. Raios estreitos (22 ± 4 (15 – 28) μm) e heterogêneos, compostos de células procumbentes, quadradas, menos comumente eretas (Figura 28C e D). Os unisseriados (85%), de 287 ± 170 (50 – 700) μm de altura e com 1 – 33 células. Os bisseriados (15%), com corpo central de 1 – 3 células e 26 ± 11 (13 – 53) μm de altura, com margens superiores e inferiores mais longas (140 ± 106 (18 – 438) μm), compostas de 1 a 18 células. Células radiais de contorno arredondado em plano tangencial (Figura 28E e F). Células envolventes, células radiais de paredes disjuntas, células perfuradas e cristais, ausentes. Raios fusionados e contêduos, presentes (RADDATZ et al. 2018c).

Figura 28 – Aspectos anatômicos do lenho de *Lafoensia nummularifolia*. A/B – Anéis de crescimento distintos, fibras dimorfas em faixas tangenciais alternadas, vasos solitários em múltiplos radiais; C/D – Vasos com placas de perfuração simples e raios heterogêneos; E/F – Raios unisseriados, fibras septadas e vasos.



Fonte: Raddatz et al. (2018c).

O tecido fibroso proeminente, representando $67 \pm 6\%$ do volume da madeira, composto de fibras septadas dimorfas, de paredes finas ($2,1 \pm 0,5$ ($1,3 - 2,5$) μm), dispostas em largas faixas tangenciais que simulam parênquima axial, em plano transversal; e fibras de aspecto normal, de paredes mais espessas e, em sua maioria, gelatinosas. As primeiras, de 434 ± 68 ($330 - 570$) μm de altura e $15 \pm 2,4$ ($10 - 21$) μm de largura; as de paredes espessas ($3,2 \pm 0,7$ ($1,9 - 4,4$) μm), mais longas que as de paredes finas (564 ± 164 ($380 - 1050$) μm) e de menor diâmetro ($10 \pm 1,6$ ($7,5 - 12,5$) μm). Outros caracteres: variantes cambiais, tubos laticíferos e taniníferos, canais intercelulares, células oleíferas, células mucilaginosas, estratificação e máculas medulares, ausentes (RADDATZ et al., 2018c).

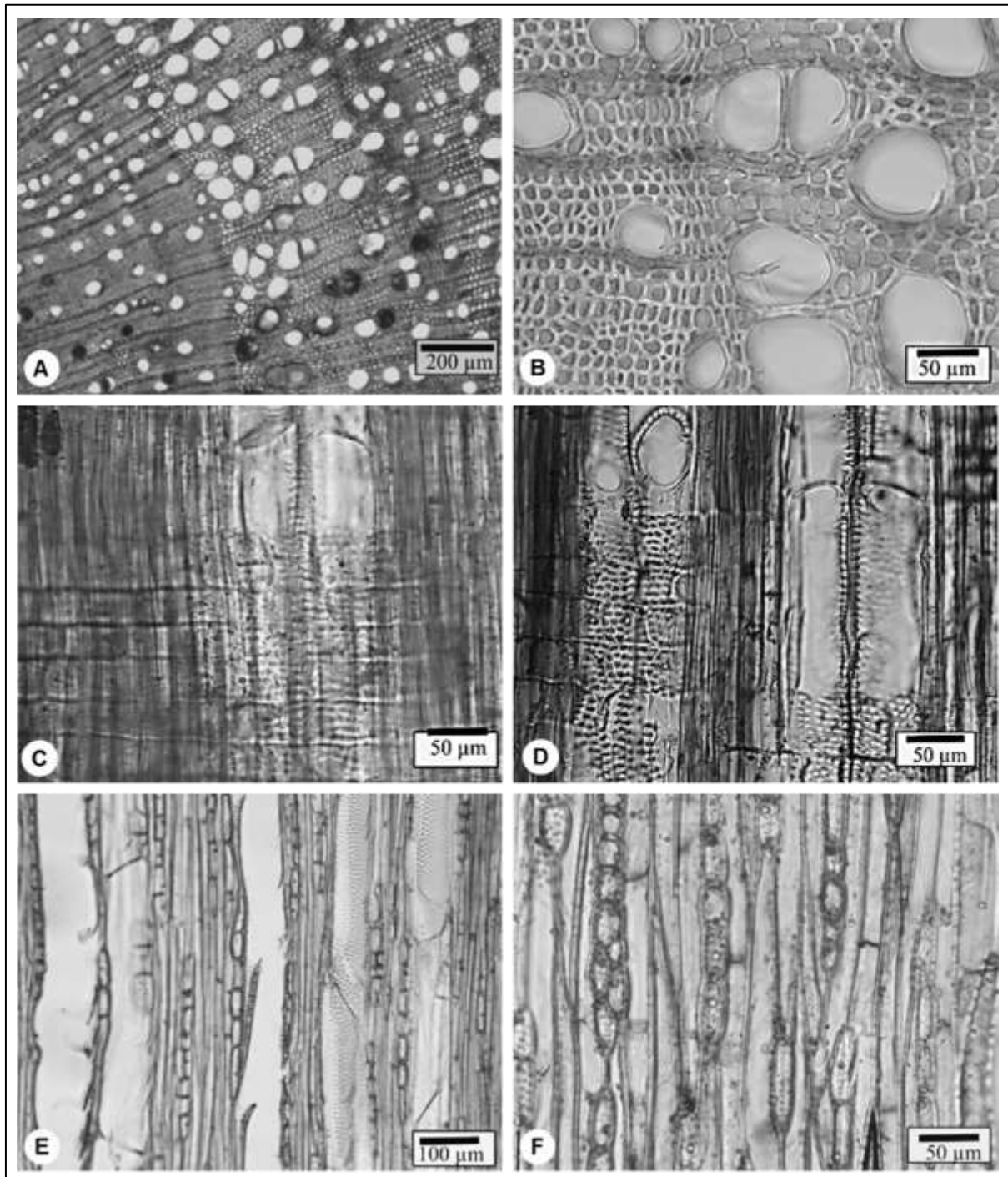
4.2.1.4 *Lafoensia pacari*

Lafoensia pacari possui anéis de crescimento distintos, de difícil reconhecimento, marcados por fibras radialmente estreitas no lenho tardio. Os vasos são numerosos (193 ± 16 ($165 - 230$) por mm^2), solitários, menos comumente geminados, compondo $24 \pm 4,6\%$ do volume da madeira. Porosidade difusa. Poros de (35 ± 11 ($14 - 56$) μm) de diâmetro; de contorno poligonal e paredes finas ($2,1 \pm 0,7$ ($1,3 - 3,8$) μm) (Figura 29A e B). Elementos vasculares curtos (280 ± 72 ($170 - 430$) μm), com placas de perfuração simples, oblíquas, com apêndices curtos (40 ± 23 ($10 - 100$) μm), geralmente em uma das extremidades. Pontoações intervasculares ornamentadas, pequenas, arredondadas ($5,2 \pm 0,6$ ($4,1 - 6,2$) μm) e em arranjo alternado. Pontoações raio-vasculares, semelhantes às intervasculares ($3,9 \pm 1,1$ ($3,1 - 6,2$) μm). Parênquima axial não presente (RADDATZ et al., 2018c).

Os raios são em grande número (23 ± 3 ($16 - 26$) raios por mm), ocupando $16 \pm 7\%$ do volume do lenho (Figura 29E e F), estreitos (19 ± 4 ($13 - 25$) μm) e heterogêneos, compostos de células procumbentes, quadradas, até curtamente eretas. Os unisseriados (97%), de 219 ± 78 ($138 - 450$) μm e 3 – 18 células de altura (Figura 29C e D). Os bisseriados (3%), com corpo central de 32 ± 24 ($13 - 125$) μm e 1 – 6 células de altura, e margens unisseriadas mais longas (81 ± 52 ($25 - 245$) μm), com 1 – 8 células de altura. Células radiais de contorno arredondado, em plano tangencial. Células envolventes, células radiais de paredes disjuntas e

células perfuradas, ausentes. Raios fusionados, escassos, conteúdo, abundante (RADDATZ et al., 2018c).

Figura 29 – Aspectos anatômicos do lenho de *Lafoensia pacari*. A – Anéis de crescimento distintos, fibras dimorfas em faixas alternadas e vasos principalmente solitários; B – Limite de anel de crescimento, marcado por fibras radialmente estreitas, poros solitários e geminados; C/D – Raios heterogêneos, placas de perfuração simples e fibras septadas; E/F – Raios unisseriados, fibras septadas e vasos.



Fonte: Raddatz et al. (2018c).

O tecido fibroso proeminente, representando $60 \pm 5\%$ do volume da madeira (Figura 29A e B), composto de fibras libriformes septadas dimorfas: fibras de paredes relativamente finas ($2,1 \pm 0,5$ ($1,3 - 3,1$) μm), simulando parênquima axial em plano transversal, de 366 ± 85 ($200 - 500$) μm de altura e ($14 \pm 2,2$ ($10 - 18$) μm) de largura; e fibras de aspecto normal, isto é, de paredes relativamente espessas (3 ± 1 ($1,9 - 5$) μm), as quais são mais longas (496 ± 80 ($350 - 620$) μm), mais estreitas ($10 \pm 2,2$ ($7,5 - 15$) μm) e, em parte, gelatinosas (RADDATZ et al., 2018c).

Os mesmos autores descrevem outros caracteres como: variantes cambiais, tubos laticíferos e taniníferos, canais intercelulares, células oleíferas, células mucilaginosas, estratificação e máculas medulares, não presentes.

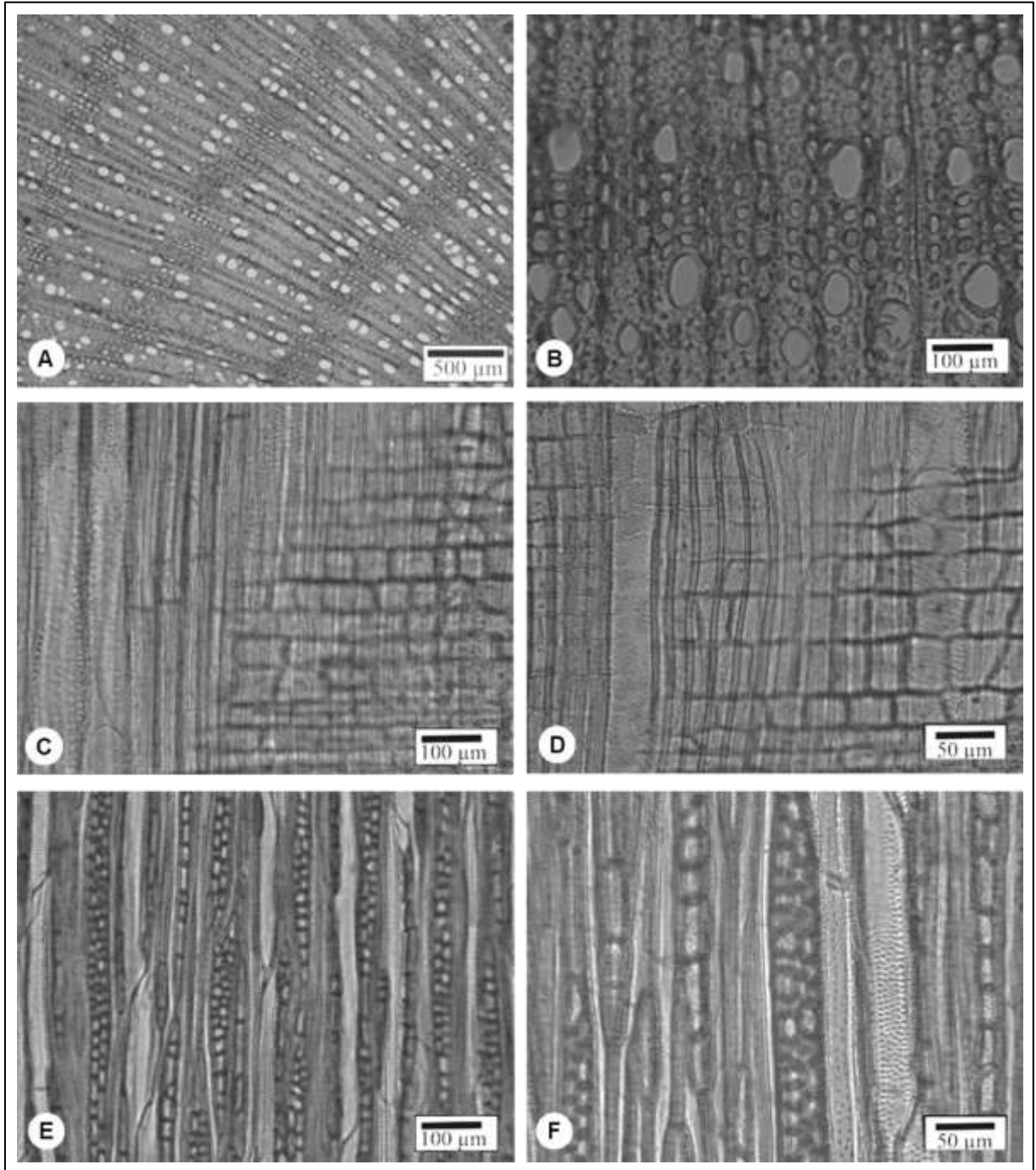
4.2.1.5 *Maytenus* sp.

Possui anéis de crescimento distintos, marcados por linha de poros e fibras de paredes finas no início do anel, e faixa de fibras de paredes espessas no término do lenho tardio. Os vasos são extremamente numerosos (344 ± 58 ($262 - 460$) por mm^2), solitários, menos comumente geminados, compondo $17 \pm 3\%$ do volume da madeira. Porosidade difusa. Poros de ($23 \pm 3,5$ ($15 - 30$) μm) de diâmetro; de contorno poligonal e paredes finas ($3 \pm 0,9$ ($0,6 - 4$) μm) (Figura 30A e B). Elementos vasculares médios (540 ± 122 ($240 - 750$) μm), com placas de perfuração simples, oblíquas, com apêndices curtos (53 ± 41 ($10 - 200$) μm), geralmente em ambas as extremidades. Pontoações intervasculares pequenas e arredondadas ($4,3 \pm 0,8$ ($3,1 - 5,2$) μm) em arranjo alternado. Pontoações raio-vasculares, semelhantes às intervasculares ($3,3 \pm 0,5$ ($2,6 - 4,2$) μm). Parênquima axial: ausente.

Os raios são muito numerosos ($27 \pm 2,7$ ($23 - 32$) raios por mm), ocupando $28 \pm 5\%$ do volume da madeira; estreitos ($13 \pm 2,2$ ($7,5 - 17,5$) μm) e heterogêneos, compostos de células procumbentes, quadradas e eretas (Figura 30E e F). Os multisseriados, principalmente bisseriados (46%), trisseriados (12%), com escassos tetrasseriados (2%), de 156 ± 104 ($30 - 450$) μm de altura, com 1 – 20 células na margem superior; de 155 ± 114 ($10 - 400$) μm de altura, com 1 – 26 células na porção central; de 155 ± 103 ($20 - 450$) μm de altura, com 1 – 20 células na margem

inferior (Figura 30C e D); Os unisseriados (40%), de 382 ± 200 (60 – 850) μm e 1 – 21 células de altura.

Figura 30 – Aspectos anatômicos do lenho de *Maytenus sp.*. A/B – Anéis de crescimento distintos, porosidade difusa, poros de paredes finas; C/D – Raios heterogêneos; E/F – Células procumbentes quadradas e eretas.



Fonte: Dione Dambrós Raddatz.

Células radiais de contorno arredondado, em plano tangencial; células envoltentes, células radiais de paredes disjuntas e células perfuradas, ausentes. Raios fusionados e conteúdos, presentes.

O tecido fibroso, proeminente, compondo $55 \pm 9\%$ do volume da madeira; formado por fibrotraqueóides com pontoações areoladas pequenas ($6,1 \pm 1,4$ ($5,2 - 9,3$) μm) e de dois tipos: fibrotraqueóides de paredes relativamente finas ($2,7 \pm 0,8$ ($1,3 - 5$) μm), simulando parênquima axial em plano transversal; de 572 ± 88 ($300 - 760$) μm de altura e ($17 \pm 3,5$ ($13 - 28$) μm) de largura. Fibrotraqueóides não septados, ligeiramente mais abundantes ($41 \pm 3\%$), mais longos que os septados (797 ± 159 ($450 - 1050$) μm), mais estreitos (15 ± 3 ($10 - 23$) μm) e de paredes espessas ($5 \pm 1,1$ ($3,8 - 7,5$) μm).

Outros caracteres: variantes cambiais, tubos laticíferos e taniníferos, canais intercelulares, células oleíferas, células mucilaginosas, estratificação, e máculas medulares, ausentes.

4.2.2 Análise das estruturas anatômicas

Como já mencionado previamente, a presença de fibras gelatinosas em abundância é a principal característica anatômica relacionada à flexibilidade dos caules e ramos das plantas, Denardi (2007) compara a presença das mesmas no lenho equivalente a presença de vergalhões em colunas de concreto, que é utilizado para conferir deformabilidade (flexibilidade) e também resistência. Especialmente, em espécies reófitas observaram-se fibras verdadeiramente gelatinosas, porém não exclusivamente, pois essas fibras também ocorrem em ramos e caules inclinados (JANE, 1962; PANSHIN; DE ZEEUW, 1970; TSOUMIS, 1969).

Siegloch et al. (2011) ressalta ainda que a ausência de fibras gelatinosas não descarta totalmente se há ou não flexibilidade no lenho. Para Eames & McDaniels (1953), a ocorrência em demasiado de raios altos e estreitos também proporcionam flexibilidade, e para Raddatz et al. (2018a) a ocorrência de vasos solitários, de pequeno diâmetro e paredes finas, no parênquima apotraqueal bem como a escassez de lignificação na parede das fibras também podem conferir flexibilidade. No geral, diante das informações, a análise da estrutura anatômica do lenho

possibilita prever parcialmente o comportamento dos fustes em relação a sua flexibilidade.

As espécies estudadas diferem com relação às frações dos tecidos que as constituem, uma vez analisando-as conjuntamente, nota-se que o percentual médio de vasos variou de 17% a 27%, do parênquima axial de 0% a 9%, dos raios de 15% a 28% e das fibras de 45% a 67% (Tabela 2).

Tabela 2 – Percentual médio dos diferentes tecidos das espécies anatomicamente estudadas.

| Espécie | Vasos (%) | Parênquima axial (%) | Raios (%) | Fibras (%) |
|---------------------------------|-----------|----------------------|-----------|------------|
| <i>Aspidosperma riedelii</i> | 21 | 5 | 15 | 59 |
| <i>Erythroxylum substriatum</i> | 27 | 9 | 19 | 45 |
| <i>Lafoensia nummularifolia</i> | 14 | – | 19 | 67 |
| <i>Lafoensia pacari</i> | 24 | – | 16 | 60 |
| <i>Maytenus sp.</i> | 17 | – | 28 | 55 |

Em relação à presença de fibras gelatinosas na madeira, estas foram observadas apenas nas espécies *Lafoensia nummularifolia* e *Lafoensia pacari*, desta forma considera-se que estas espécies possuem predisposição para formação das mesmas, principalmente quando submetidas a esforços constantes como correnteza e vento, portanto podem ser consideradas reófitas.

Para *Aspidosperma riedelii* através de uma análise mais detalhada do estudo microscópico da madeira, verifica-se que a mesma demonstra caráter reófilo, baseando-se na ocorrência de vasos solitários, de pequeno diâmetro e paredes finas, no parênquima apotraqueal (e pouco abundante), nos raios unisseriados, e na escassa lignificação da parede de fibras.

Já as espécies *Erythroxylum substriatum* e *Maytenus sp.* presumivelmente reófitas, devido suas ocorrências estarem ligadas a vegetação do fundo do vale do rio das Antas, juntamente com *Aspidosperma riedelii*, *Callisthene inundata*, *Lafoensia nummulariifolia* e *Indigofera suffruticosa* entre outras espécies capazes de resistir à velocidade da correnteza, o material em estudo, mesmo assim, não exibe a síndrome anatômica de reofilia descrita, inicialmente, por Denardi (2007), entretanto apresentam vasos muito estreitos e de paredes finas, uma vez que estes são invariavelmente constantes em espécies reófitas e se justificam pela flexibilidade conferida ao lenho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar o conjunto de dados obtidos do sistema aéreo e radicular das espécies *Aspidosperma riedelii*, *Callisthene inundata*, *Calyptranthes concinna*, *Colliguaja brasiliensis*, *Erythroxylum substriatum*, *Indigofera suffruticosa*, *Lafoensia nummularifolia*, *Lafoensia pacari*, *Ludwigia sericea* e *Maytenus sp.* é possível afirmar que as espécies *I. suffruticosa*, *L. sericea* e *C. brasiliensis* são capazes de imprimir ritmo de desenvolvimento aceitável em técnicas de Engenharia Natural que preconizam a utilização de propagação vegetativa para serem utilizadas em recuperação de matas ciliares.

Em relação às espécies *Lafoensia pacari* e *Calyptranthes concinna* apesar de em determinados momentos apresentarem sistema radicular, devem ser utilizadas com cautela, não descartando novos testes. Já as demais espécies são necessários novos testes, e até o momento não devem ser utilizados via estaquia, uma vez que, não apresentaram raízes em nenhum período de avaliação.

Para o estudo de flexibilidade dos caules e ramos, realizados através da descrição anatômica do lenho das espécies *Aspidosperma riedelii*, *Erythroxylum substriatum*, *Lafoensia nummularifolia*, *Lafoensia pacari* e *Maytenus sp.* é possível afirmar que *A. riedelii*, *L. nummularifolia* e *L. pacari* demonstram o caráter reófilo, ou seja, possuem boa flexibilidade baseando-se na ocorrência de fibras gelatinosas e/ou vasos solitários, de pequeno diâmetro e paredes finas no parênquima apotraqueal, na presença de raios unisseriados, bem como na escassa lignificação da parede das fibras, todavia, necessitam a realização de testes físico-mecânicos para confirmação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. S.; ANGYALOSSY–ALFONSO, V. **Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. II: axial parenchyma, rays and fibres.** IAWA Journal, v. 23, n. 4, p. 391–418. 2002.
- AMARAL JUNIOR, A. **Erythroxylaceae.** In: REITZ, P. R. (ed.). Flora Ilustrada Catarinense. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1980. 64p.
- ANDRADE, G.F. **Proposta metodológica de indicadores para recuperação de áreas degradadas.** 2014. 116p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2014.
- ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas.** Bertrand Brasil, Rio de Janeiro. 2005. 320 p.
- ARIOLI, T.; VOLTOLINI, C. H.; SANTOS, M. **Leaf morphoanatomy of the rheophyte *Raulinoa echinata* R.S. Cowan, Rutaceae.** Acta Botanica Brasilica, v. 22, n. 3, p. 723–7632, 2008.
- ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas.** Embrapa-SPI/Embrapa-CNPB, Brasília, v. 1, p. 183–260. 1998.
- BARROS, C. F.; MARCON, M. L.; MARQUETE, O.; CUNHA, M. da; PUGIALLI, H. R. L.; COSTA, C. G.; CALLADO, C. H. **Tendências ecológicas na anatomia da madeira de espécies da comunidade arbórea da Reserva Biológica de Poço das Antas.** Rodriguésia, Rio de Janeiro, v. 57, n. 1, p. 443–460, 2006.
- BERTUZZI, T.; GRIGOLLOTO, D.; CANTO–DOROW, T. S.; EISINGER, S. M. **O gênero *Ludwigia* L. (Onagraceae) no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.** Ciência e Natura, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 43–73, 2011.
- BUENO, O. L.; NILSON, A. D.; MAGALHÃES, R. G. de. ***Callisthe inundata*, nova espécie de Vochysiaceae e primeiro registro desta família no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.** Iheringia, Porto Alegre, n. 53, p. 101–116, 2000.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira.** São Paulo: Ed. Nobel, 1991. 154 p.
- BURKART, A. **Las leguminosas argentinas - silvestres y cultivadas.** 2ª ed. Editora Acme. Buenos Aires. 1952.
- BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal.** São Paulo. Editora Oficina de Textos, 2015. 432p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** EMBRAPA-CNPB, Brasília, 1994. 640 p.

CAVALCANTI, T. B.; GRAHAM, S. Lythraceae. In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G.; GIULIETTI, A. M. **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. Editora Hucitec, v.2, São Paulo, 2002. 391p.

CID, L. P. B.; TEIXEIRA, J. B. Explante, meio nutritivo, luz e temperatura. In: CID, L. P. B. **Cultivo *in vitro* de plantas**. EMBRAPA-SPI; EMBRAPA-ERGB, Brasília, 2010. 303p.

CORREIA, F. M. C. **Ensaio de espécies arbustivas da flora portuguesa para intervenções de Engenharia Natural**. 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto superior de agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa-Portugal, 2013.

CORREA, L. D. da R.; FETT-NETO, A. G. **Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill.** Journal of Thermal Biology, Oxford, v. 29, n. 6, p. 315–324, 2004.

COSTA-LIMA, J. L.; ALVES, M. **Flora da Usina São José, Igarassu, Pernambuco: Erythroxylaceae**. Rodriguésia, Rio de Janeiro, v. 66, n. 1, p. 285–295. 2015.

DE ANTONIS, L.; MOLINARI, V. **Ingenheria Naturalistica - Nozione e Tecniche di Base**. Itália: Società Consortile per Azione, Regione Piemonte, 2007. 115 p.

DENARDI, L. **Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos de água**. 2007. 111 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

DENARDI, L.; MARCHIORI, J. N. C. **Considerações sobre a morfologia foliar de *Blepharocalyx salicifolius* (H.B.K.) Berg no Rio Grande do Sul**. Balduinia, v. 2, n.2, p. 7–12, 2005.

DURLO, M. A. **Biotécnicas no manejo de cursos de água**. Ciência & Ambiente, v. 21, n. 2, p. 81–90, 2000.

DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A.; SUTILI, F. J. **Biotécnicas no manejo de cursos de água**. Ciência & Ambiente, v. 41, n. 2, p. 69–90, 2010.

DURLO, M.A.; SUTILI, F.J. **Bioengenharia: Manejo biotécnico de cursos de água**. 2 ed. Porto Alegre: Editora EST Edições. 2014. 192 p.

DICKSON, W. C. **Integrative Plant Anatomy**. Ed. Academic Press, San Diego, 2000. 533 p.

DYER, R. A. **The genera of Southern african flowering plants: dicotyledons**. Pretoria: Botanical Research Institute, 1975. 756p.

EAMES, A. J.; MACDANIELS, L. H. **An introduction to plant anatomy**. 2ª ed. Bombay – New Delhi, 1953. 427 p.

EISINGER, S. M. **O Gênero *Indigofera* L. (Leguminosae – Papilionoideae - Indigofereae) no Rio Grande do Sul – Brasil.** Acta Botanica Brasilica, v.1, n. 2, p.123–140, 1987.

ENDRESS, M. E. **Apocynaceae: brown and now.** Telopea, n. 10, p. 525–541, 2004.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 2008. p. 1–16.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado.** Pelotas: UFPEL, 1994. 179 p.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 221 p.

FLORA DO BRASIL. **Genêro *Indigofera* no Rio Grande do Sul.** Disponível em: <<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/PrincipalUC/PrincipalUC.do#CodigoTaxonCP>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

FLORINETH, F.; MOLON, M. **Dispensa di Ingegneria Naturalistica.** Viena, Áustria: Universidade de Bodenkultur, 2004. 144p.

FREUND, H. **Handbuch der Mikroskopie in der Technik.** Frankfurt: Umscham Verlag, 1970. 375 p.

GRAY, D. H.; SOTIR, R. B. **Biotechnical and soil bioengineering – Slope stabilization - A practical guide for erosion control.** New York, USA: John Wiley and Sons, Inc., 1996. 378 p.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES Jr., F. T.; GENEVE, R. L. **Plant Propagation: Principles and Practices.** 7 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880p.

IRGANG, B. E.; GASTAL, JR, C. V. de S. Onagraceae. In: **Macrófitas aquáticas da planície costeira do RS.** 1ª ed. Porto Alegre, 1996, p. 137-140.

JANE, F.W. **The structure of Wood.** London: Adam & Charles Black, 1962. 427 p.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético.** 3ª ed. Artmed, Porto Alegre, 2009, 612p.

KARSSIES, L. E.; PROSSER, I. P. **Guidelines for riparian filter trips for Queensland irrigators.** Land and Water Technical Report, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Canberra, Australia, 1999. p. 32–99.

KETTENHUBER, P. L. W. **Investigação biotécnica de espécies com potencial de uso em obras de Engenharia Natural**. 2017. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

KLAASSEN, R. Wood anatomy of the Sapindaceae. **IAWA Journal Supplement 2**. 1999.

KINOSHITA, L. S.; SIMÕES, A. O.; KOCH, I.; SALES, M. F. de; RIO, M. C. S.; MARCONDES-FERREIRA, W. Apocynaceae. In: WANDERLEY, M. das G. L.; SHEPHERD, G. G.; MELHEM, T. S.; GIULIETTI, A. M. **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: FAPESP: RiMa, 2005. 367 p.

LEGRAND, C. D.; KLEIN, R. M. **Mirtáceas**. In: REITZ, P. R. (Org.). **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1971. 552p.

LEWIS, L. **Soil Bioengineering An Alternative for Roadside Management - A Practical Guide**. San Dimas, California, USA: United States Department of Agriculture, 2000. 47 p.

LIMA, D. M. **Enraizamento de miniestacas de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek) em diferentes substratos**. Ciência e Agrotecnologia. Lavras, v. 33, n. 2, p. 617–623, 2008.

LOMBARDO, A. **Flora arbórea y arborescente del Uruguay**. 2. ed. Montevideo, 1964, 218p.

LOURTEIG, A. Litráceas. In: REITZ, P. R. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1969. 80 p.

MAFFRA, C. R. B.. **Metodologia para projetos de engenharia natural para obras de infraestrutura**. 2014. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2014.

MARCATI, C. R.; MILANEZ, C. R. D.; MACHADO, S. R. **Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Leguminosae: Caesalpinioideae)**. Trees Journal, Danvers, v. 22, n. 1, p. 3–12, 2008.

MARCHIORI, J. N. C. **Estudo anatômico do xilema secundário de algumas espécies dos gêneros *Acacia* e *Mimosa*, nativas no estado do Rio Grande do Sul**. 1980. 186 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

MARCHIORI, J. N. C. **Anatomia do xilema secundário de *Indigofera suffruticosa* Miller**. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 8, p. 105–114, 1986.

MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das Angiospermas: das Bixáceas às Rosáceas**. Santa Maria, RS: Editora da UFSM, 2000. 240 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares: no contexto do Novo Código Florestal**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, 2014. 220p.

MATOZINHOS, C. N.; KONNO, T. U. P. **Diversidade taxonômica de Apocynaceae na Serra Negra, MG, Brasil**. Hoehnea, v. 38, n. 4, p. 569–595, 2011.

MATTOS, J. R. **Myrtaceae do Rio Grande do Sul**. Roessléria, v. 5, n. 2, p. 169–370, 1983.

MONTEIRO, J. S. **Influência do ângulo de plantio na propagação vegetativa de espécies utilizadas em Engenharia Natural**. 2009. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MENEGAZZI, G.; PALMERI, F. **Il dimensionamento delle opera di ingegneria naturalística**. Direzione Regionale Infrastrutture, Ambiente e Politiche abitative – Regione Lazio, Roma, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Instrução Normativa**. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

NAZAR N.; GOYDER D. J.; CLARKSON J. J.; MAHMOOD T.; CHASE M. W. **The taxonomy and systematics of Apocynaceae: where we stand in 2012**. Botanical Journal of the Linnean Society, v. 171, p. 482–490, 2013.

NILSON, A. D.; SOBRAL, M. **Aspidosperma riedelii (Apocynaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil**. Napaea, Porto Alegre, v. 10, p. 1–21, 1994.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of Wood Technology**. New York: Mc Graw-Hill, 1970, v. 1, 705 p.

RADDATZ, D. D.; MACHADO, P. F. dos S.; ROSA, R. C. da; SOUSA, R. dos S.; SUTILI, F. J.; MARCHIORI, J. N. C. **Anatomia da madeira de *Aspidosperma riedelii* Müll. Arg. (Apocynaceae)**. Balduinia, Santa Maria, n. 62, p. 18–26, 2018a.

RADDATZ, D. D.; MACHADO, P. F. dos S.; ROSA, R. C. da; SOUSA, R. dos S.; SUTILI, F. J.; MARCHIORI, J. N. C. **Anatomia do lenho de *Erythroxylum substriatum***. Balduinia, Santa Maria, n. 62, p. 27–32, 2018b.

RADDATZ, D. D.; MACHADO, P. F. dos S.; ROSA, R. C. da; DEWES, J. J.; SUTILI, F. J.; MARCHIORI, J. N. C. **Anatomia da madeira de duas espécies de *Lafoensia* (Lythraceae)**. Balduinia, Santa Maria, n. 63, p. 20–29, 2018c.

RAMAMOORTHY, T. P.; ZARDINI, E. M. **The systematics and evolution of *Ludwigia* sect. *Myrtocarpus* s.l. (Onagraceae)**. Missouri Botanical Garden, v. 19, p. 1–120, 1987.

RAPINI, A. **Taxonomy “under construction”, advances in the systematics of Apocynaceae, with emphasis on the Brazilian Asclepiadoideae**. Rodriguésia, Rio de Janeiro, v. 63, n. 1, p.75–88, 2012.

RECORD, S. J.; HESS, R. W. **Timbers of the New World**. New Haven: Yale University Press, 1943. 640 p.

ROLIM, R. G.; KÖHLER, M.; REIS, C. R. M.; BRACK, P. **Flora da Bacia do Rio Pelotas: uso e conservação de espécies**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016, v. 1, 165p.

SALOMON, J. C.; DIETRICH, W. **Onagraceas: Flora Illustrada Catarinense**. In: REITZ, P. R. (Org.). *Flora Illustrada Catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1984. 33p.

SAULI, G.; CORNELINI, P.; PRETI, F. **Manuale d' Ingegneria Naturalistica Applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose**. Roma: Regione Lazio, 2003. 591p.

SCHIECHTL, H. M.: **Bioingegneria Forestale**. basi – materiali da costruzioni vivi – metodi. Tipolitografia Castaldi-Feltre, 1973. 263 p.

SCHIECHTL, H. M.: **Bioengineering for land reclamation and conservation**. Edmonton, Canada: Department of the Environment, Government of Alberta. University of Alberta Press, 1980. 404p.

SIEGLOCH, A. M.; SANTOS, S. R.; MARCHIORI, J. N. C. **Estudo anatômico do lenho de *Colliguaya brasiliensis* Klotzsch ex Baill. (Euphorbiaceae)**. Balduinia, Santa Maria, n. 27, p. 27–33, 2011.

SMITH, L. B.; DOWNS, R. J.; KLEIN, R. M. **Euforbiáceas**. In: REITZ, P. R. (Org.). *Flora Illustrada Catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1988. 408p.

SOBRAL, M. ***Erythroxylum* (Erythroxylaceae) no Rio Grande do Sul**. Pesquisas Série Botânica, n. 38, p. 7–42, 1987.

SOBRAL, M.; JARENKOW, J. A.; BRACK, P.; IRGANG, B.; LAROCCA, J.; RODRIGUES, R. S. **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil**. São Carlos: RiMa, v.1, 2006. 350p.

SOBRAL, M.; JARENKOW, J. A.; BRACK, P.; IRGANG, B.; LAROCCA, J.; RODRIGUES, R. S. **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil**. São Carlos: RiMa, 2013. 357p.

SOUSA, R. dos S.: **Metodologia para especificação de plantas com potencial biotécnico em Engenharia Natural**. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. 2015.

SOUSA, R. S.; SUTILI, F. J. **Aspectos técnicos das plantas utilizadas em Engenharia Natural**. Ciência & Ambiente, v. 46/47, p. 31–71, 2017.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira em APG II.** Instituto Plantarum, Nova Odessa, São Paulo. 2008. 704 p.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III.** 3ª ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, São Paulo. 2012. 768p.

SUTILI, F. J. **Manejo biotécnico do arroio Guarda-Mor: princípios, processos e práticas.** 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. 2004.

SUTILI, F. J. **Bioengenharia de solos no âmbito fluvial do Sul do Brasil – Espécies aptas, suas propriedades vegetativo-mecânicas e emprego na prática.** 94f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Rural de Viena, Viena, 2007.

SUTILI, F. J.; MAFRA, C.; SOUSA, R.; CADONÁ, S. **Protocolo para investigação da capacidade de propagação vegetativa.** Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013.

TSOUMIS, G. **Wood as raw material.** Oxford: Pergamon Press, 1969. 276 p.

VAN STEENIS, C.G.G.J. **Report of a botanical trip to the Anambas and Notoena Islands.** Bull. Jard. Bot. Buitenzorg, v. 12, p.151-21, 1932.

VARGAS, C. O. **Características biotécnicas de *Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg., *Salix x rubens* Schrank e *Sebastiania schottiana* (Müll. Arg.) Müll. Arg.** 2007. 84 p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2007.

VIANNA, M. C. **Vochysiaceae na Reserva Biológica de Poços das Antas.** Rodriguésia, Rio de Janeiro, v. 50, n. 3, p. 657–666, 2006.

WAGNER, L. W.; HOCH, P. C.; RAVEN, P. H. **Revised classification of the Onagraceae.** Systematic Botany Monographs. v. 83, 2007, 240p.

WANDENKOKEN, D. T. **Influência do diâmetro na propagação por estaquia de três espécies nativas.** 2015. 31 p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas)– Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

WHEELER, E.A.; BAAS, P.; GASSON, P.E. **IAWA list of microscopic features for hardwood identification.** IAWA Bulletin, v. 10, n. 3, p. 218–359, 1989.

ZUANAZZI, J. A. S.; TREMEA, V.; LIMBERGER, R. P.; SOBRAL, M.; HENRIQUES, A. T. **Alkaloids of *Erythroxylum* (Erythroxylaceae) species from Southern Brazil.** Biochemical Systematics and Ecology, n. 29, p. 819–825, 2001.