

Ciência & Ambiente



Plantas para Engenharia Natural

51

PLANTAS PARA ENGENHARIA NATURAL
CARACTERIZAÇÃO BIOTÉCNICA DE PLANTAS PARA USO
NO CONTROLE DE EROSÃO, NA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES
E NA PERENIZAÇÃO DE CURSOS DE ÁGUA

BIOMA MATA ATLÂNTICA

Rita dos Santos Sousa
Paula Leticia Wolff Kettenhuber
Luciano Denardi
Fabício Jaques Sutili

Expediente C&A 51

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

REITOR	Luciano Schuch
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS	Alessandro Dal'Col Lúcio
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS	Jose Neri Gottfried Paniz
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS	Sheila Kocourek
EDITOR	Delmar Antonio Bressan
CONSELHO EDITORIAL	Beatriz Teixeira Weber Élgion Loreto José Newton Cardoso Marchiori Miguel Antão Durló Ronai Pires da Rocha Ronaldo Mota Zília Mara Scarpari
CONSELHO CONSULTIVO	Alvaro Mones André Furtado Andrey Rosenthal Schlee Antonio Augusto Passos Videira Antonio Carlos Robert Moraes Aziz Nacib Ab'Sáber (<i>in memoriam</i>) Emilio Ulibarri Franz Andrae Luiz Antonio de Assis Brasil Marcelo Leite Pascal Acot
PREPARAÇÃO, TRADUÇÃO E REVISÃO DE TEXTOS	Zília Mara Scarpari
CAPA, EDITORAÇÃO DE TEXTO E PROGRAMAÇÃO VISUAL	Valter Antonio Noal Filho

ISSN 1676-4188

A revista *Ciência & Ambiente* é indexada ao
LATINDEX – Sistema Regional de Información en Línea
para Revistas Científicas de América Latina,
el Caribe, España y Portugal.

Ciência & Ambiente/Universidade Federal de Santa Maria.
UFMS - v. 1, n.1 (jul. 1990) - . - Santa Maria:

Semestral
n. 51 (ago. 2023)

CDD:605 CDU:6(05)

Ficha elaborada por Marlene M. Elbert, CRB 10/951

Ciência & Ambiente

ciencia.ambiente@ufsm.br – www.cienciaambiente.com.br

Apresentação	5
1 Introdução	7
2 As plantas como material construtivo vivo	9
2.1 Funções técnicas	10
Função hidrológica	11
Função mecânica	13
2.2 Funções adicionais das plantas	17
Função ecológica-ambiental	17
Função estética	18
Função socioeconômica	19
2.3 Requisitos	19
2.4 Propriedades biotécnicas das plantas	20
2.5 Especificação de material construtivo vivo	21
Controle de erosão superficial	21
Estabilização geotécnica	22
Estabilização hidráulica	24
3 Técnicas construtivas de Engenharia Natural	26
3.1 Hidrossemeadura/Semeadura manual	27
3.2 Estacaria viva	28
3.3 Entrançado vivo	29
3.4 Feixes vivos	30
3.5 Esteira viva	32
3.6 Banqueta vegetada	33
3.7 Enrocamento vivo, rip-rap vegetado	34
3.8 Defletores vivos, râmprolas vivas	35
3.9 Grade viva	35
3.10 Parede krainer, muro de suporte vivo, muro vivo tipo cribwall	37
3.11 Gabião vivo	38
3.12 Solo envelopado, muro verde	39
3.13 Barragem de correção torrencial, degraus em madeira	40

4	Fichas técnicas das plantas	41
4.1	Conteúdo das fichas de plantas	41
4.2	Fichas de plantas	52
	<i>Allamanda cathartica</i> L.	52
	<i>Calliandra brevipes</i> Benth.	56
	<i>Calliandra tweedii</i> Benth.	60
	<i>Cephalanthus glabratus</i> (Spreng.) K. Schum.	64
	<i>Escallonia bifida</i> Link & Otto	68
	<i>Gymnanthes schottiana</i> Müll. Arg.	72
	<i>Ludwigia elegans</i> (Cambess.) H. Hara	76
	<i>Ludwigia tomentosa</i> (Cambess.) H. Hara	80
	<i>Mimosa pigra</i> L.	84
	<i>Phyllanthus sellowianus</i> (Klotzch) Müll Arg.	88
	<i>Pouteria salicifolia</i> (Spreng.) Radlk.	92
	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	96
	<i>Sambucus australis</i> Cham. & Schlecht.	100
	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	104
	<i>Senna alata</i> (Linn.) Roxb.	108
	<i>Senna reticulata</i> (Willd.) H. S. Inwin & Barneby	112
	<i>Sesbania virgata</i> (Cav.) Pers.	116
	<i>Terminalia australis</i> Cambess.	120
5	Glossário	125

*Nací en este pueblo,
mi poesía nació entre la colina y el río,
la lluvia tomó mi voz,
y como la madera, se empapa en los bosques.*

Pablo Neruda

Há certos campos da ciência em que engenho e arte tendem a andar juntos.

A engenhosidade – representada pela ideia da construção humana – e a plasticidade – emprestada pelos elementos da natureza – podem estar perfeitamente combinadas, por exemplo, nas criações de Engenharia Natural.

Nessa composição, a vegetação é um elemento da natureza que serve para complementar as obras de engenharia, garantindo, por um lado, a estabilidade ecológica dos processos e, por outro, assegurando que aspectos estéticos sejam igualmente atendidos em cada intervenção destinada à recuperação de cursos de água.

São justamente os novos conhecimentos sobre as espécies vegetais originárias da Mata Atlântica que estão no centro da presente edição da revista *Ciência & Ambiente*, dedicada ao tema **Plantas para Engenharia Natural**.

Antes de prosseguir na descrição da obra assinada por Rita dos Santos Sousa, Paula Letícia Wolff Kettenhuber, Luciano Denardi e Fabrício Jaques Sutili, convém refazer a trajetória da disciplina de Manejo de Bacias Hidrográficas, no âmbito do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (Rio Grande do Sul, Brasil).

A referida disciplina, desde a sua criação, foi ministrada valorizando os conceitos de manejo de torrentes e de uso da vegetação para influenciar os processos fluviais e os eventos de erosão e, até certo ponto, os eventos geotécnicos da bacia hidrográfica como um todo.

Por décadas, essas ideias de intervenção apresentadas na disciplina permaneceram restritas ao ensino teórico. O desconhecimento do potencial biotécnico da vegetação nativa local parece ter sido uma das principais razões para a lenta evo-

lução das experiências de campo, sempre inspiradas na literatura estrangeira, predominantemente centro-europeia.

Isso ficou evidente desde as primeiras tentativas de restauração de cursos de água a partir das técnicas conhecidas, ainda sem o aporte de informações sobre a vegetação local. Portanto, o principal aprendizado surgiu menos pelo sucesso parcial das intervenções e mais pelos equívocos cometidos quanto ao uso da vegetação.

A identificação dessa importante lacuna se deve ao Professor Miguel A. Durlo, então responsável pela cadeira de Manejo de Bacias Hidrográficas, no Curso de Engenharia Florestal. Sob sua orientação, tem início uma série de investigações acadêmicas, materializadas em monografias e dissertações, com vistas a desvendar as potencialidades das espécies reófitas do sul do Brasil.

Hoje, pode-se afirmar que as contribuições oriundas desses primeiros trabalhos foram de extrema valia para o progresso das intervenções em cursos de água, as quais, além de ensinadas no plano teórico, passaram a ser implantadas com sucesso em situações de campo.

Retornando à obra que ora entregamos aos leitores, cabe destacar os três grandes capítulos que a compõem: as plantas como material construtivo vivo; as soluções construtivas estruturadas sob a égide da Engenharia Natural; e as fichas técnicas de plantas com potencial de uso nas intervenções que visam a recuperação de cursos de água.

Para elucidar as eventuais dúvidas terminológicas que o leitor possa ter, os autores agregam um glossário de termos técnicos pertinentes ao tema.

No último tópico, especificamente, são descritas dezoito espécies típicas do Bioma Mata Atlântica, amplamente estudadas e testadas em situações práticas, o que comprova, de modo categórico, a importância da linha de investigação inaugurada pelo Professor Durlo e continuada pelos autores deste trabalho, entre outros.

Por fim, quando ciência e arte se fundem, nutrindo-se uma da outra, cria-se uma forma elevada de conhecimento. A Engenharia Natural, ao beber simultaneamente em uma e em outra fonte, parece reunir todas as condições para seguir esse fecundo caminho.

1. Introdução

- ¹ SCHIECHTL, H. *Bioengineering for land reclamation and conservation*. Edmonton, Canada: Department of the Environment, Government of Alberta. University of Alberta Press, 1980.
- ² DURLO, M. & SUTILI, F. *Bioengenharia – Manejo biotécnico de cursos de água*. 3ª ed. Santa Maria: Pallotti, 2014. CORNELINI, P. & SAULI, G. *Manuale di Indirizzo delle Scelte Progettuali per Interventi di Ingegneria Naturalistica*. Roma, Itália: Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio, Direzione Generale per la Difesa del Suolo, Progetto Operativo Difesa Suolo (PODIS), 2005. DE ANTONIS, L. & MOLINARI, V. *Ingegneria Naturalistica – Nozione e Tecniche di Base*. Itália: Società Consortile per Azione, Regione Piemonte, 2007. VENTI, D. *et al. Manuale Tecnico di Ingegneria Naturalistica della Provincia di Terni. Applicabilità delle tecniche, limiti e soluzioni*. Itália: Provincia di Terni, Servizio Assetto del Territorio, 2003.
- ³ ZEH, H. *Ingenieurbiologie Handbuch Bautypen*. Zurich: vdf Hochschulverlag an der ETH, 2007.
- ⁴ FERNANDES, J. & FREITAS, A. *Introdução à Engenharia Natural*. Portugal: EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A., 2011.
- ⁵ MORGAN, R. P. C. & RICKSON, R. J. *Slope stabilization and erosion control – A bioengineering approach*. 1ª ed. London, UK: Chapman & Hall, 1995.
- ⁶ SOUSA, R. S. *Metodologia para especificação de plantas com potencial biotécnico em Engenharia Natural*. Dissertação de Mestrado – Santa Maria, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria, 2015.
- ⁷ CORNELINI, P. & SAULI, G. *Op. cit.*

A Engenharia Natural pode ser descrita como um subdomínio da Engenharia que possui objetivos técnicos, ecológicos, criativos, construtivos e econômicos, recorrendo principalmente à utilização de materiais construtivos vivos, como sementes, plantas (ou partes destas) e associações vegetais. Pode ser utilizada como substituta, mas principalmente como complemento, por vezes necessário, às técnicas clássicas da Engenharia Civil.¹

Compreende trabalhos de construção de estruturas físicas com materiais inertes em combinação com material vegetal vivo, com objetivo de estabilização e/ou recomposição de encostas, de áreas degradadas e de margens fluviais.²

De acordo com a Federação Europeia de Engenharia Natural, pode ser utilizada em projetos e obras de estabilização de taludes e escarpas, margens fluviais, diques, aterros, assim como em outros espaços de uso visando a proteção contra processos erosivos.³

Estas técnicas são de baixo impacto ambiental e promovem a utilização de materiais naturais adquiridos nos locais de intervenção (por exemplo, plantas, solo, madeira, etc), o que resulta em obras de menor custo relativamente às obras tradicionais de engenharia, obtendo por isso um melhor índice de custo-benefício.⁴ Devido à utilização de plantas, tais obras apresentam deformabilidade e capacidade de regeneração das partes danificadas, ao contrário das estruturas tradicionais construídas unicamente com materiais inertes.

A utilização de plantas com potencial biotécnico comprovado, em intervenções de Engenharia Natural, apresenta não só a vantagem de assegurar a proteção superficial e a estabilização estrutural dos solos, como também, devido à sua característica de sistema vivo, permite desenvolver um ecossistema em equilíbrio dinâmico,⁵ adaptando-se, dentro de certos limites, à variação dos fatores de desequilíbrio.

O recurso à utilização das plantas na Engenharia Natural é fundamental, sendo as mesmas consideradas do ponto de vista funcional e técnico e não apenas ecológico e estético, ou seja, as plantas são utilizadas como materiais construtivos vivos.⁶ Este aspecto permite diferenciar a Engenharia Natural das disciplinas tradicionais, que recorrem à utilização de materiais inertes, ou consideram apenas as plantas do ponto de vista paisagístico ou de restauração ecológica.⁷

Os dados relativos às plantas apresentadas neste catálogo são provenientes do desenvolvimento de pesquisas no Bioma Mata Atlântica. Por isso, faz sentido apresentar uma breve caracterização do bioma com objetivo de destacar as suas principais formações.

O bioma Mata Atlântica abrange o território dos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Santa Catarina e parte do território dos estados de Alagoas, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, São Paulo e Sergipe. O referido Bioma apresenta importante variedade de formações florestais e campestres e engloba diversificado conjunto de ecossistemas com estrutura e composições florísticas bastante diferenciadas, acompanhando as características climáticas da região onde ocorre.⁸

⁸ PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal [organização/edição de texto: Ricardo Ribeiro Rodrigues, Pedro Henrique Santin Brancalion, Ingo Isernhagen]. – São Paulo: LERF/ESALQ/Instituto BioAtlântica, 2009.

O Governo Federal, tendo como objetivo a legalização da proteção da Mata Atlântica, instituiu a Lei Federal nº 11.428/2006. No documento legal, considera-se Floresta Atlântica “as formações florestais e ecossistemas associados inseridos no domínio Mata Atlântica, com as respectivas delimitações estabelecidas pelo Mapa de Vegetação do Brasil do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interiores e encaves florestais do Nordeste” (figura 1).

Na área de domínio da Mata Atlântica, que compreende 1,3 milhões de quilômetros quadrados, equivalente a 15% do território brasileiro, estão localizadas a maioria das cidades e regiões metropolitanas do Brasil, onde vivem aproximadamente 70% dos mais de 200 milhões de habitantes do país. Neste domínio também se encontram os grandes centros industriais, químicos, petroleiros e portuários do Brasil, respondendo por 80% do PIB nacional.⁹

⁹ SIQUEIRA, L. P. de & MESQUITA, C. A. B. *Meu pé de Mata Atlântica: experiências de recomposição florestal em propriedades particulares no Corredor Central*. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica, 2007, 188 p.

Portanto, a opção por pesquisar espécies do bioma Mata Atlântica deve-se ao fato da maioria das obras de infraestrutura (rodovias, ferrovias, dutovias, entre outras), passíveis de aplicação das técnicas de Engenharia Natural, estarem localizadas em regiões inseridas neste bioma. No entanto, cabe salientar que as plantas aqui descritas não apresentam distribuição geográfica exclusiva no Bioma Mata Atlântica. Desta forma, estas plantas podem ser empregadas em obras de Engenharia Natural executadas em outros biomas brasileiros, desde que sejam observados os critérios técnicos e ecológicos pertinentes às mesmas.

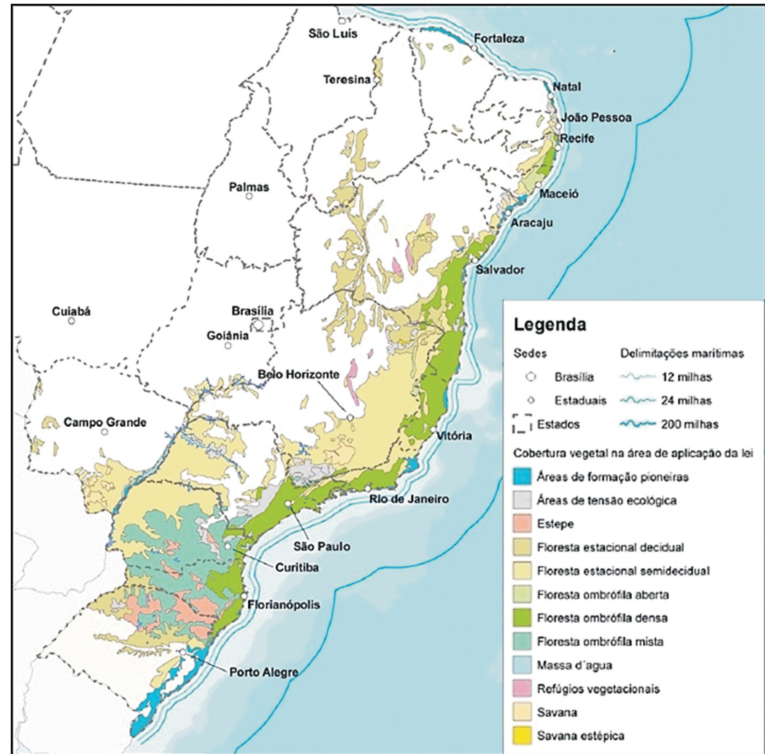


Figura 1: Delimitação do bioma Mata Atlântica conforme a Lei 11.428 de 2006. Fonte: IBGE (2008).

2. As plantas como material construtivo vivo

O conhecimento das funções e propriedades biotécnicas das plantas é essencial para a Engenharia Natural. As plantas devem ser consideradas e selecionadas para um projeto ou obra como um material construtivo vivo. De acordo com Gray & Sotir¹⁰ os materiais vegetais não diferem de outros materiais de engenharia, no sentido de que eles devem ser selecionados de acordo com o objetivo da obra.

Para que um material construtivo seja especificado para aplicação numa obra devem ser conhecidas as suas propriedades, e para que um sistema seja selecionado como solução construtiva deve ser conhecido o seu comportamento face a todas as solicitações.¹¹ Pode-se estabelecer um paralelo entre características de materiais construtivos tradicionais inertes e materiais construtivos vivos (plantas), uma vez que as necessidades técnicas para aplicação em obras de Engenharia Natural são equivalentes (figura 2). As características morfomecânicas inerentes ao material vegetal estão para as propriedades biotécnicas, como as de um

¹⁰ 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.

¹¹ SOUSA, R. S. *Op. cit.*

material construtivo tradicional (peso específico, resistência à tração, módulo de elasticidade, entre outras) estão para as propriedades de engenharia (resistência, rigidez, entre outras).¹²

¹² SUTILI, F. & GAVASSONI, E. *Pesquisa e aplicação da Engenharia Natural no Brasil*. Proceedings Cascais World Forum 2012. *Anais...* In: "FÓRUM MUNDIAL DE CASCAIS: ENGENHARIA NATURAL E GESTÃO DO TERRITÓRIO – NOVOS DESAFIOS – II CONGRESSO APENA – VII CONGRESSO AEIP – VII CONGRESSO EFIB. Cascais, Portugal: 2012.

Material Vivo	Propriedades Morfomecânicas	Propriedade Biotécnica	Aplicação na Estabilização de Solos
	<p>Arquitetura, profundidade e resistência à tração do sistema radicular, flexibilidade de caules e ramos etc.</p>		
Material Inerte	Propriedades do Material	Propriedade de Engenharia	Aplicação na Estabilização de Solos
	<p>Módulo de elasticidade, resistência à tração, tenacidade etc.</p>		

Figura 2: Relação entre as propriedades dos materiais construtivos tradicionais inertes e vivos.¹³

¹³ SOUSA, R. S. *Op. cit.*

Enquanto a Engenharia Civil procura e/ou manufatura materiais inertes com características que resultam em propriedades de engenharia adequadas às necessidades construtivas das obras, a Engenharia Natural seleciona, na natureza, materiais vivos cujas características morfológicas e mecânicas resultem em propriedades biotécnicas ajustadas às exigências construtivas.¹⁴

¹⁴ SOUSA, R. S. *Op. cit.*

2.1 Funções técnicas

As plantas utilizadas como material construtivo vivo podem desempenhar várias funções técnicas hidrológicas e mecânicas, que modificam as propriedades de engenharia do solo, influenciando a sua resistência, ou a solicitação exercida sobre o mesmo, que atuam do ponto de vista mecânico e hidrológico.¹⁵

¹⁵ SOUSA, R. S. *Op. cit.*

As funções técnicas (hidrológicas e mecânicas) desempenhadas pelas plantas estão todas interligadas e, na maioria dos casos, ocorrem simultaneamente. Ou seja, uma planta que apresenta funções do ponto de vista hidrológico pode apresentar simultaneamente funções mecânicas. Isso

deve-se ao fato de que as funções técnicas das plantas são originadas por um conjunto de características morfológicas (arquitetura das copas ou do sistema radicular) e propriedades mecânicas (flexibilidade ou resistência à tração das raízes) que resultam num grupo de ações que atuam em conjunto, uma vez que estas características morfomecânicas não existem de forma dissociada.

A classificação das funções técnicas das plantas segue a metodologia proposta por Sousa.¹⁶

¹⁶ SOUSA, R. S. *Op. cit.*

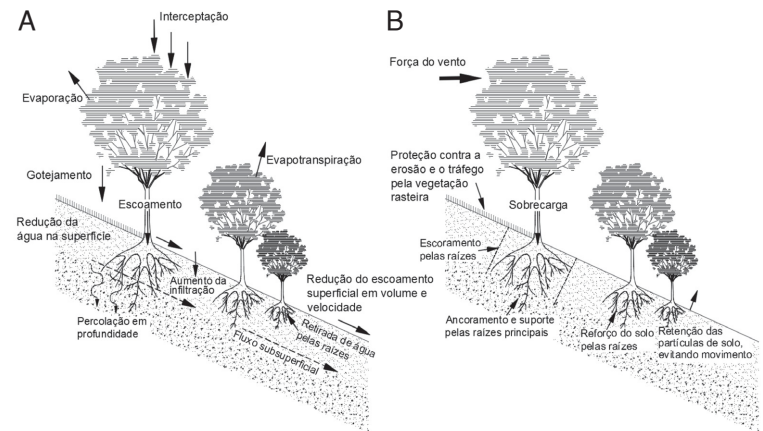


Figura 3: Efeitos físicos (A-hidrológicos e B-mecânicos) da vegetação (adaptado de Coppin & Richards)¹⁷.

¹⁷ COPPIN, N. J. & RICHARDS, I. G. (Eds.). *Use of Vegetation in Civil Engineering*. 2ª ed. London, UK: Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), 2007.

Função hidrológica

Do ponto de vista hidrológico, as plantas modificam o balanço e a distribuição de água na hidrosfera (água superficial e subterrânea) e na atmosfera (água atmosférica).

Suas principais funções são interceptar, infiltrar, evapotranspirar e drenar. Tais funções técnicas têm ações que causam efeitos positivos ou negativos na estabilidade de taludes (figura 4).

A presença de folhas e galhos nas plantas forma uma barreira que intercepta a precipitação e protege o solo, tendo ainda a capacidade de absorver o impacto das gotas da chuva e reter parte da água da precipitação.

As plantas, por meio do processo de evapotranspiração, reduzem a quantidade de água no solo de duas formas. A água retida nas folhas sofre evaporação e não atinge a superfície do solo e as plantas, via seu sistema radicular, absorvem água do solo. Essa ascende às copas, mais especificamente às folhas, e posteriormente transfere-se em forma de vapor – transpiração – para a atmosfera.

A interceptação da precipitação e a evapotranspiração tendem a reduzir a quantidade de água que atinge o solo, diminuindo tanto o volume de escoamento superficial, bem como a quantidade de água que irá infiltrar. Por isso, não tem efeito na adição de peso no talude, reduzindo a solicitação sobre o solo.

Uma vez que menor quantidade de água atinge o solo devido à interceptação e que, além disso, a evapotranspiração remove água do solo, a pressão neutra diminui e consequentemente aumenta a resistência ao cisalhamento do solo.

HIDROLÓGICA

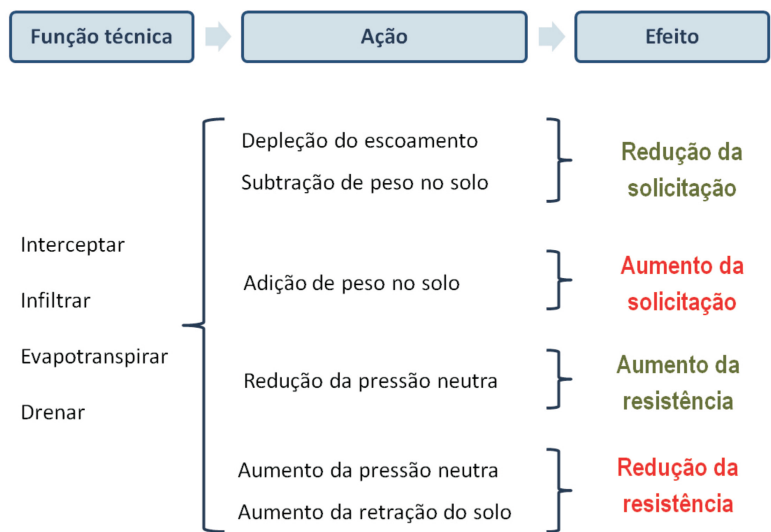


Figura 4: Fluxograma das funções hidrológicas das plantas. Em verde estão indicados os efeitos positivos e, em vermelho, os negativos.¹⁸

¹⁸ SOUSA, R. S. *Op. cit.*

No entanto, no caso da evapotranspiração, a extração prolongada de água pelas raízes pode ter efeitos negativos. Por exemplo, no caso de solos plásticos, pode levar à dissecação e à formação de fendas de tração. A existência de fendas de tração associada com precipitações intensas e à rápida infiltração de água causa diminuição na resistência do solo.

As plantas, além de interceptarem e evapotranspirem, reduzindo desta forma a quantidade de água que chega ao solo, promovem a infiltração no mesmo, principalmente devido à existência de raízes que aumentam a permeabilidade e a porosidade. Quando estas raízes apodrecem formam-se canais que incrementam ainda mais a infiltração. As copas também promovem a infiltração, uma vez que a água proveniente da precipitação escoada pelas folhas, ramos e troncos,

sendo posteriormente infiltrada no solo. Além disso, a parte aérea das plantas também aumenta a rugosidade superficial do solo, diminuindo a velocidade do fluxo superficial, fazendo com que parte desse fluxo se infiltre. A presença de plantas origina a formação de uma camada de matéria orgânica (serapilheira), que evita o efeito de selamento do solo e também promove a infiltração.

A infiltração tem ação na depleção do escoamento, reduzindo o volume de água superficial, diminuindo o potencial erosivo da água, e, reduzindo conseqüentemente a sollicitação sobre o solo. Esta função não tem efeitos positivos na resistência do solo.

Deve-se salientar que a infiltração excessiva pode ter efeitos negativos na medida em que leva a um acréscimo no peso da massa de solo, aumentando a sollicitação, e também a um incremento da pressão neutra, reduzindo a resistência do solo. Por outro lado, no caso de solos arenosos, a infiltração não excessiva melhora a coesão aparente. Estes efeitos negativos são, no entanto, atenuados pela interceptação e evapotranspiração e pela drenagem.

A drenagem em solos vegetados pode ocorrer de forma subsuperficial ou subterrânea. Na drenagem subsuperficial, o fluxo de água ocorre entre a serapilheira e a camada superficial do solo, com raízes paralelas à superfície desviando parte da água proveniente da infiltração para áreas menos saturadas. Na drenagem subterrânea, a mesma ocorre essencialmente devido à presença de sistemas radiculares ramificados e profundos que conduzem a água proveniente da infiltração para camadas mais profundas de solo, ou para a recarga de aquíferos. As principais ações da drenagem são: a redução da pressão neutra, que resulta no aumento da resistência do solo; a diminuição do peso da massa de solo e a redução no volume de escoamento superficial, que resultam na redução da sollicitação sobre o solo.

Todas estas ações positivas combinadas aumentam a resistência do solo e reduzem a sollicitação sobre o mesmo, podendo, por isso, assumir-se que o mesmo apresenta maior estabilidade devido à presença de plantas. Os efeitos negativos da vegetação são atenuados pelos efeitos positivos, considerando-se assim que as plantas contribuem majoritariamente para aumento da resistência e redução da sollicitação.

Função mecânica

Do ponto de vista mecânico as plantas recebem, absorvem, encaminham e descarregam tensões provenientes das sollicitações externas. Os agentes que provocam tais so-

licitações poderão ser a ação antrópica, a gravidade, a temperatura, o vento e a água.

As solicitações hidráulicas são distintas das hidrológicas, uma vez que, enquanto as primeiras são entendidas do ponto de vista da engenharia como mecânicas, as segundas estão relacionadas à distribuição e ao balanço de água na hidrosfera e atmosfera.

Considera-se que as plantas apresentam as funções mecânicas de estruturar, absorver e encaminhar. Estas funções técnicas produzem ações que causam efeitos positivos ou negativos na estabilidade de taludes, como se pode verificar na figura 5.

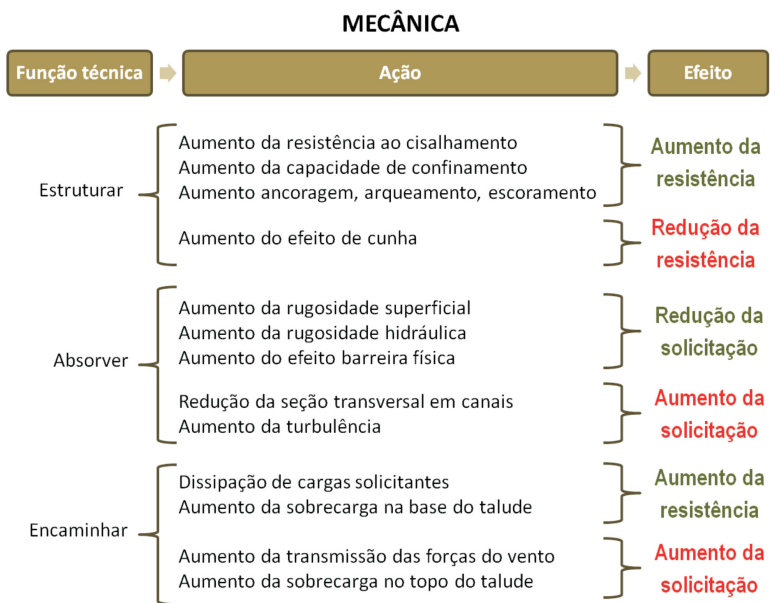


Figura 5: Fluxograma das funções mecânicas das plantas. Em verde estão indicados os efeitos positivos e, em vermelho, os negativos.¹⁹

¹⁹ SOUSA, R. S. *Op. cit.*

As plantas apresentam capacidade de estruturar o solo devido à presença de raízes, melhorando as propriedades de resistência da massa de solo. O sistema radicular promove a formação de uma matriz constituída por fibras vivas com resistência à tração, que funciona como um sistema de reforço semelhante aos solos reforçados por materiais inertes (sintéticos ou metálicos).

Os efeitos mecânicos do sistema radicular aumentam a resistência da massa solo-raiz, a resistência ao deslizamento e a capacidade de confinamento do solo.

Plantas com sistemas radiculares compostos por raízes finas (até 5,0mm de diâmetro)²⁰ são mais eficientes no

²⁰ BÖHM, W. *Methods of studying root systems*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1979. v. 33.

confinamento físico do solo, impedindo o seu movimento por ação mecânica da gravidade, do fluxo superficial e do vento. Sistemas radiculares laterais bem desenvolvidos reduzem as solicitações mecânicas do fluxo de água, diminuindo o potencial erosivo da água. Por sua vez, sistemas estruturados verticalmente com raízes pivotantes penetram nas camadas profundas do solo, funcionando como tirantes em sistemas de ancoragem profunda, promovendo melhor ancoragem, arqueamento e escoramento do solo. Estas ações têm efeito no aumento da resistência do solo.

Apesar das raízes não afetarem o ângulo de atrito interno do solo (ϕ), elas têm influência direta na resistência ao cisalhamento (τ) uma vez que contribuem para o acréscimo da coesão do solo (c_r), como se pode observar na equação 1.²¹

$$\tau = c + c_r + \sigma \tan \phi \quad (\text{Equação 1})$$

O aumento da resistência ao cisalhamento e consequentemente da resistência do solo, devido à presença de raízes, pode ser calculado pelo acréscimo da coesão.

No entanto, o crescimento de raízes em solos rochosos tem efeitos negativos, uma vez que pode provocar a formação de fendas e descontinuidades, criando um efeito de cunha, reduzindo, portanto, a resistência do solo.

As plantas, além de estruturarem o solo devido às raízes, têm a capacidade de absorver mecanicamente os esforços das solicitações sobre o mesmo de variadas formas, seja como barreira física, seja influenciando a rugosidade hidráulica em canais ou a rugosidade superficial em taludes.

A presença de plantas protege superficialmente o solo, absorvendo diretamente as ações mecânicas provenientes de atividades antrópicas. Essa cobertura também modifica o microclima do solo, diminuindo as oscilações de temperatura e umidade, que podem causar quebra dos agregados e enfraquecimento estrutural, ocasionando a diminuição da coesão de solo. Além disso, a presença de plantas evita o processo de selamento superficial do solo, que ocorre por impacto das gotas e que impede a infiltração, levando a um aumento da desagregação e ao transporte de partículas de solo.

A presença de plantas em taludes, especialmente arbustos grandes e árvores, também ajuda a suportar movimentos de massa, como queda de blocos, rochas, detritos e outros materiais instáveis, ou avalanches. Estes materiais são retidos e confinados pelos troncos e ramos, impedindo a progressão e transporte encosta abaixo.

²¹ WU, T. H. *Investigation of Landslides on Prince of Wales Island*. Geotechnical Engineering Reports. Civil Engineering Department, Ohio State University, Columbus, Ohio, USA, 1976. 106 p.

No caso de canais pluviais ou fluviais, sejam eles artificiais ou naturais, a presença de plantas promove a redução de velocidade da água, devido ao aumento do coeficiente de rugosidade. Canais com vegetação apresentam maior rugosidade que canais revestidos com concreto, o que influencia diretamente a velocidade da água. Se a redução da velocidade da água atingir valores inferiores à velocidade limite de transporte, o material sólido transportado pelo fluxo de água irá depositar-se e não haverá novo material a ser erodido e transportado. No entanto, a presença de vegetação em canais pode reduzir a seção de escoamento, que, no caso de vazões elevadas, pode causar inundação das áreas adjacentes. Esta problemática é grave em zonas urbanas, e pode ser devidamente atenuada com a escolha de plantas que apresentem flexibilidade da parte aérea e que se dobrem sobre si mesmas.²² É importante salientar que este efeito apenas é negativo no caso de canais que atravessem zonas urbanas em que existe ocupação humana da área reservada à passagem de água, nomeadamente do leito de cheia.

No caso de taludes naturais ou artificiais, as plantas também têm efeito na rugosidade superficial do solo, diminuindo a velocidade do escoamento superficial e o seu potencial erosivo, e consequentemente a sollicitação sobre o solo.

Plantas herbáceas pouco influenciam a rugosidade em canais naturais ou artificiais. No entanto, servem como barreira física, protegendo o solo contra o efeito mecânico do fluxo superficial de água, reduzindo o seu potencial erosivo e diminuindo a sollicitação sobre o solo.

A presença de plantas isoladas e rígidas em cursos de água pode causar turbulência e fenômenos erosivos localizados, que aumentam a sollicitação sobre o solo.²³ Tais fenômenos podem afetar taludes naturais e artificiais, e sobretudo canais fluviais e pluviais.

A parte aérea das plantas tem ainda efeitos na diminuição da velocidade do vento. As copas servem como barreiras que impedem o vento de separar e transportar partículas de solo. A redução na velocidade do vento diminui o potencial erosivo do mesmo, reduzindo a sollicitação sobre o solo.

As forças mecânicas que não são absorvidas pela parte aérea das plantas, são encaminhadas para o solo e redistribuídas nas camadas ocupadas pelas raízes.

As raízes das plantas transferem cargas solicitantes de zonas mais sobrecarregadas para zonas sujeitas a menores esforços, efeito semelhante ao desempenhado pela inserção

²² DENARDI, L. *Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos de água*. Santa Maria, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

²³ FLORINETH, F. *Pflanzen statt Beton – Handbuch zur Ingenieurbioogie und Vegetationstechnik*. Berlin – Hannover: Patzer Verlag, 2004.

de reforços sintéticos no solo. Este efeito é positivo e aumenta a resistência do solo.

No caso específico da sobrecarga devido à presença de árvores em taludes, a mesma poderá transmitir aos taludes forças estabilizantes e instabilizantes, dependendo da sua localização. No caso de árvores localizadas na base do talude, a componente normal da sobrecarga atua aumentando a resistência ao deslizamento, quer por atrito quer por forças estabilizantes. Para árvores localizadas no topo dos taludes, estas aumentam a intensidade das forças descendentes, aumentando a sollicitação sobre o solo. Ou seja, dependendo de fatores como a geometria do talude e a distribuição das árvores, o efeito de sobrecarga pode encaminhar forças sollicitantes ou resistentes, aumentando a resistência do solo ou aumentando a sollicitação sobre o solo, respectivamente.

A vegetação herbácea ou arbustiva pode transmitir para o solo as forças induzidas pelo vento. Tais forças são de baixa intensidade e encaminhadas para camadas profundas, mais resistentes. No caso de vegetação arbórea de maior porte, localizada em taludes, e na presença de ventos fortes, as forças sollicitantes são de maior intensidade e podem criar perturbações nessas camadas e iniciar deslizamentos. Este efeito é considerado negativo e aumenta a sollicitação sobre o solo.

Apesar das plantas causarem alguns efeitos negativos, do ponto de vista mecânico, a sua presença origina majoritariamente efeitos positivos na resistência do solo.

2.2 Funções adicionais das plantas

Nas obras de Engenharia Natural, as plantas, além de desempenharem funções técnicas hidrológicas e mecânicas, também promovem melhorias ecológicas-ambientais, estéticas e socioeconômicas, descritas como funções adicionais. Esse fato diferencia as intervenções de Engenharia Natural das realizadas pela engenharia tradicional, que consideram principalmente funções técnicas estruturais. Uma intervenção que recorra à Engenharia Natural resolve problemas estruturais de estabilização geotécnica e hidráulica e, simultaneamente, projeta ecossistemas em equilíbrio dinâmico.²⁴

²⁴ SOUSA, R. S. *Op. cit.*

Função ecológica-ambiental

A utilização de plantas em intervenções de Engenharia Natural contempla diversas funções do ponto de vista ecológico e ambiental. Uma vez que um dos objetivos é

projetar um ecossistema em equilíbrio dinâmico, a escolha das plantas deve ser feita com base em critérios técnicos e fundamentos ecológicos.

O critério ecológico de maior importância refere-se à utilização preferencial de plantas autóctones. Plantas nativas apresentam as vantagens de serem adaptadas às condições edafoclimáticas da região, além de mais resistentes a pragas e doenças, e de apresentarem maior capacidade de sobrevivência. Recriar comunidades constituídas por plantas autóctones promove a biodiversidade florística e faunística. Por sua vez, espécies alóctones podem constituir uma ameaça à biodiversidade, dificultando a colonização espontânea da flora e da fauna autóctone. Ainda mais, quando introduzimos espécies alóctones numa região é difícil prever o seu comportamento, correndo-se o risco das mesmas se tornarem invasoras.

Na escolha de plantas deve-se sempre analisar os fatores envolvidos, como tipo de solo, geologia, clima (temperatura, precipitação, umidade, exposição do terreno), altitude e latitude. Também deve ser feita uma análise da vegetação existente no local com potencial biotécnico para ser utilizada nas intervenções. No caso do objetivo da intervenção ser a restauração ecológica, deve ser avaliada a vegetação clímax do local.

A presença de plantas poderá ainda ter outras funções ecológicas, tais como: melhoria no balanço de temperatura e umidade do solo, criando condições favoráveis para a germinação das plantas e para a vida da microfauna do solo; melhoria da fertilidade do solo; criação de habitats para a fauna; proteção contra a poluição atmosférica; purificação da água; e criação de barreiras vivas que produzem efeitos na modificação do fluxo de ar, seja no caso da deflexão, refração e absorção do ruído, bem como no caso da diminuição da velocidade do vento.

No caso de vegetação ciliar, a utilização de plantas permite manter a conectividade ecológica e hidráulica dos cursos de água. Também promove a estabilidade térmica da água, causada pelo sombreamento das margens dos cursos de água, cria refúgios para a ictiofauna e fomenta o armazenamento de matéria orgânica para os invertebrados aquáticos.

Função estética

O uso de plantas numa intervenção que recorra às técnicas de Engenharia Natural apresenta várias funções estéticas. As plantas, devido ao seu alto valor ornamental,

podem ser utilizadas em obras de paisagismo, parques e áreas de preservação. A sua utilização promove a restauração estética da paisagem, que pode ter sido modificada por catástrofes naturais (inundações, sismos, terremotos etc) ou por intervenções antrópicas (trabalhos de construção, exploração de recursos minerais, aterros sanitários etc). Em estágios mais avançados do seu desenvolvimento, as plantas também vão ter a função de ocultar ou integrar estruturas artificiais na paisagem, bem como promover o seu enriquecimento através da criação de novos elementos, estruturas, formas e cores.

Função socioeconômica

As plantas poderão agregar benefícios e funções sociais e econômicas. A possibilidade de recolher e utilizar plantas existentes nas proximidades do local de intervenção faz com que os custos de execução sejam menores. Além disso, intervenções mais antigas podem servir como fonte de obtenção de material vegetal para futuras obras, bem como de alimentos, madeira e fibras.

As intervenções de Engenharia Natural, em função da utilização de plantas como material construtivo, têm normalmente menores custos de manutenção e recuperação, uma vez que as plantas apresentam maior resistência e resiliência a solicitações externas.

O uso de plantas em intervenções de engenharia permite uma melhor gestão econômica dos recursos naturais, mas também traz vários benefícios sociais induzidos como, por exemplo, bem-estar, promoção da saúde e redução da poluição atmosférica, principalmente em contexto urbano.

2.3 Requisitos

A especificação adequada de plantas como material construtivo em intervenções de Engenharia Natural, além de seguir critérios que cumpram funções técnicas hidrológicas e mecânicas e funções adicionais, deve obedecer a um conjunto de requisitos determinados pelas suas formas de uso, especificidades da solução construtiva e do local de aplicação. O cumprimento destes requisitos resulta no sucesso da implantação das plantas.

Como o trabalho envolve material construtivo vivo, é essencial ter em consideração que as plantas necessitam de condições apropriadas para o seu desenvolvimento. Tais exigências abrangem os requisitos *edafoclimáticos*, que permitem caracterizar o tipo de habitat que as plantas têm capacidade de colonizar (por exemplo, temperatura, preci-

pitação, umidade, tipo de solo, radiação solar, relevo, entre outros); e *ecológicos* (por exemplo, tipo de comunidade, sucessão vegetal, competição, alelopatia etc). Esses requisitos também podem ser determinados pelo *tipo de solução construtiva*, de acordo com as formas de uso das plantas, ou seja, no caso da adoção de uma técnica que utilize estacas vivas, é necessário que as plantas apresentem capacidade de propagação vegetativa (reprodução assexuada). É igualmente determinante obedecer a requisitos de acordo com as *especificidades do local* de intervenção (tolerância ao ape-drejamento, aterramento e exposição parcial das raízes, capacidade de rebrota, resistência à submersão, entre outros).

No caso particular de vegetação ciliar, a escolha de espécies deverá obedecer a critérios ecológicos, que controlam a distribuição transversal desde o leito do rio até o topo do talude. O entendimento desta distribuição transversal específica está relacionado com o sucesso das intervenções localizadas em margens fluviais. A composição de espécies vegetais e a estrutura da mata ciliar é regulada pela frequência, magnitude, duração e sazonalidade das inundações e das condições de umidade no solo. Tais especificidades são majoritariamente dependentes do nível de água; por isso, a vegetação existente em margens fluviais inclui plantas que devem ser tolerantes à submersão (na base do talude) até plantas que toleram condições de seca (no topo do talude).

2.4 Propriedades biotécnicas das plantas

Considerando as plantas do ponto de vista da engenharia, podemos correlacionar as suas propriedades como material construtivo vivo, por meio das suas características morfomecânicas, com as funções apresentadas anteriormente, sejam as técnicas hidrológicas e mecânicas, sejam as adicionais (ecológicas-ambientais, estéticas e socioeconômicas) e seus efeitos nas propriedades do solo.

Desta forma, o conceito propriedade biotécnica pode ser definido como uma propriedade do material construtivo vivo. As suas características morfomecânicas inerentes desempenham função técnica (hidrológica ou mecânica) em relação às propriedades dos solos. Tais efeitos nas propriedades do solo são resultado de um processo hidrológico e/ou mecânico que influencia a resistência do solo ou a solitação sobre o mesmo.²⁵

As propriedades adicionais também resultam das características morfomecânicas das plantas e têm funções ecológico-ambientais, estéticas ou socioeconômicas, concomi-

²⁵ SOUSA, R. S. *Op. cit.*

tantes com as propriedades biotécnicas. Apesar de desempenharem um papel secundário do ponto de vista da engenharia, essas propriedades complementares são importantes, pois resultam num conjunto de vantagens que advêm da utilização da Engenharia Natural.

2.5 Especificação de material construtivo vivo

A especificação de plantas como material construtivo vivo segue um procedimento que foi estruturado considerando que a Engenharia Natural, de forma geral, pode ser aplicada para resolver problemas técnicos de controle de erosão superficial, estabilização hidráulica e estabilização geotécnica (figura 6).

Com base na tipologia de problema que ocorre em determinado local, é possível verificar quais as características morfomecânicas que a planta deverá apresentar para solucionar esse problema. Para cada característica morfológica ou mecânica da planta está indicada a função hidrológica e/ou mecânica que a mesma desempenha. As funções hidrológicas e mecânicas apresentadas no fluxograma são as indicadas anteriormente nas figuras 4 e 5.

Para facilitar a identificação das características morfomecânicas pertinentes, estas foram divididas em parte aérea (características das copas) e parte subterrânea (características do sistema radicular), conforme figura 6.

Controle de erosão superficial

A erosão é um processo natural e contínuo. No entanto, quando este processo deixa de ocorrer de forma equilibrada, pode originar graves problemas de perda de solo. A erosão superficial está associada principalmente à perda de cobertura vegetal, que expõe o solo à ação da água, do vento e do pisoteio.

Em intervenções de Engenharia Natural para o controle de erosão superficial, o principal objetivo é prevenir a perda da camada superficial de solo, que se for recorrente e concentrada poderá potencializar fenômenos de instabilização. As plantas escolhidas para este tipo de aplicação devem apresentar um conjunto específico de características morfomecânicas.

A parte aérea das plantas escolhidas deve apresentar copas ramificadas e densas que ajudem a interceptar, evapotranspirar e infiltrar a água proveniente da precipitação (funções hidrológicas). A interceptação tem ação na redução da quantidade de água que atinge o solo, com diminuição

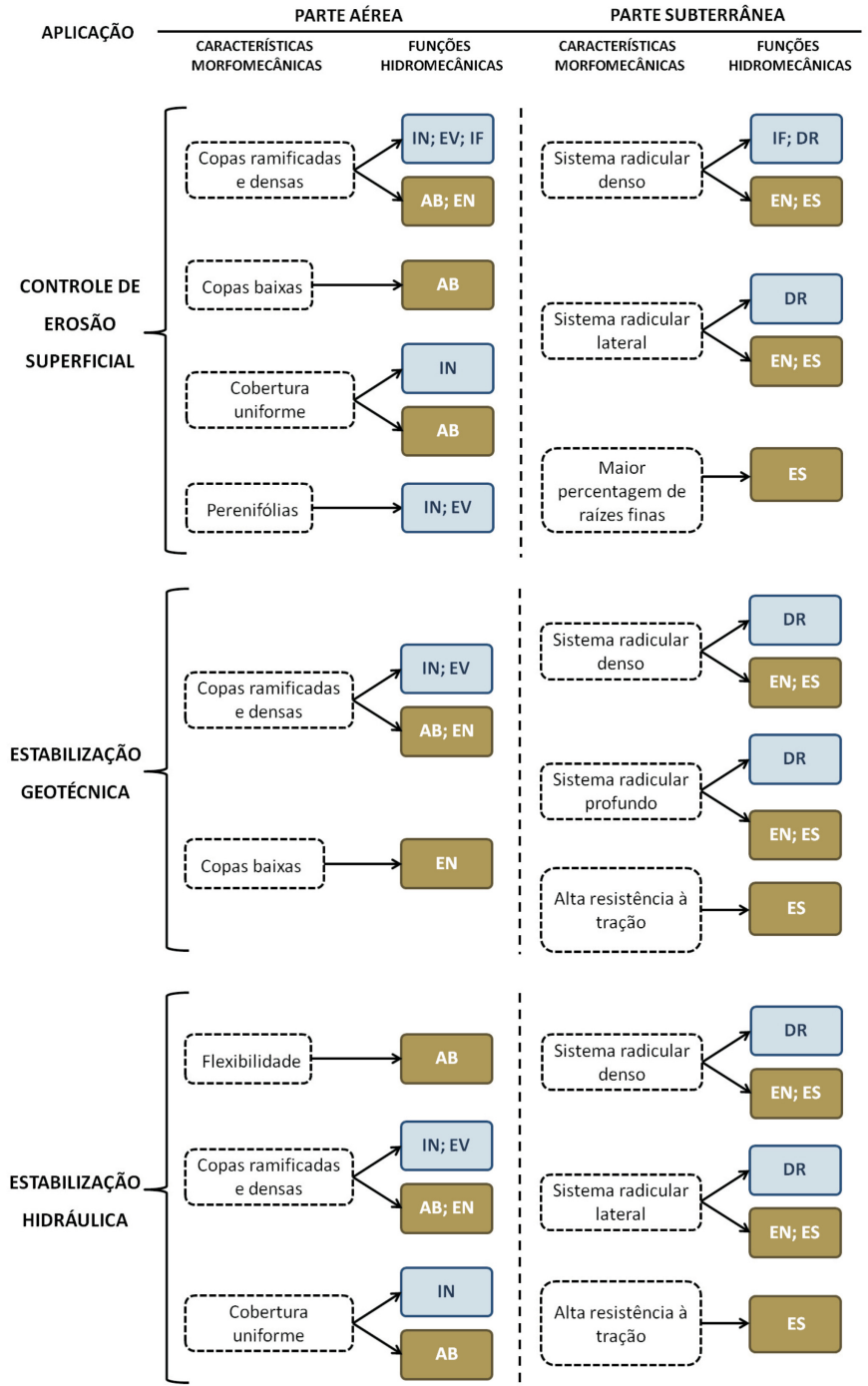


Figura 6: Fluxograma de características morfomecânicas das plantas segundo a tipologia de problema.²⁶ Legenda: Função Hidrológica (azul): Interceptar – IN; Evapotranspirar – EV; Infiltrar – IF; Drenar – DR. Função Mecânica (marrom): Estruturar – ES; Absorver – AB; Encaminhar – EN.

²⁶ SOUSA, R. S. *Op. cit.*

do volume de escoamento superficial. A evapotranspiração, além das ações indicadas anteriormente, também remove água do solo, diminuindo a pressão neutra e reduzindo o peso do solo. Copas ramificadas e densas aumentam a rugosidade superficial, diminuindo a velocidade do escoamento e promovendo a infiltração de parte do fluxo de água. Este tipo de arquitetura de copas absorve e encaminha tensões provenientes da água, do vento e de ações antrópicas (funções mecânicas). Ao mesmo tempo, as copas devem ser baixas formando uma barreira física uniforme que protege o solo e absorve o efeito mecânico do fluxo superficial de água. Plantas isoladas, além de não serem eficientes na interceptação da precipitação, provocam fenômenos de turbulência localizada. Plantas perenifólias, que apresentam folhas durante todo o ano, potencializam funções hidrológicas de interceptação e evaporação.

Para problemas de erosão superficial, sistemas radiculares laterais são mais eficientes que raízes pivotantes profundas, uma vez que o objetivo principal é controlar processos erosivos superficiais e não a estabilização do solo em profundidade. Como as características morfomecânicas da parte subterrânea são essenciais, recomendam-se sistemas radiculares densos e laterais que potencializem a infiltração da água superficial e a drenagem subsuperficial (funções hidrológicas), para áreas menos saturadas. Tais sistemas devem auxiliar na estruturação das camadas superficiais de solo, bem como encaminhar forças mecânicas para que as mesmas sejam redistribuídas superficialmente para zonas sujeitas a menos esforços (funções mecânicas). Esses sistemas radiculares devem ser compostos por maior percentagem de raízes finas (até 5,0mm de diâmetro).

Estabilização geotécnica

A estabilização geotécnica envolve soluções construtivas para correção de problemas de perda de capacidade de suporte do solo, em que há necessidade de estabilização em profundidade. Inclui intervenções para estabilização de taludes naturais ou artificiais, estruturas de contenção, erosão profunda, entre outras.

As plantas escolhidas para este tipo de aplicação devem apresentar um conjunto de características morfomecânicas que ajudem a estabilizar o solo em profundidade, tendo em consideração que as plantas como material construtivo, se forem aplicadas isoladamente (ou seja, sem serem combinadas com materiais construtivos inertes), têm limi-

²⁷ VENTI, D. *et al.* *Op. cit.*

tes em relação ao seu desenvolvimento em profundidade. Autores como Schiechl e Carbonari & Mezzanotte *apud* Venti *et al.*²⁷, indicam uma profundidade máxima de ação de 3,5m para material vivo. No entanto, para plantas autóctones do Brasil este limite máximo ainda não está estabelecido.

No que diz respeito às características morfomecânicas da parte aérea, as plantas escolhidas devem ter copas densas de forma a interceptar e evapotranspirar, funções hidrológicas que têm ação na diminuição do volume de escoamento superficial e na redução do peso do solo. As copas também devem ser ramificadas, porque assim são mais eficazes para absorver movimentos de massa (rochas ou outros materiais instáveis) e para encaminhar mecanicamente solicitações sobre o solo, provenientes da água, do vento e de ações antrópicas.

Ao mesmo tempo, as plantas devem ser baixas, de modo a evitar a transmissão de forças mecânicas solicitantes aos taludes, pelo vento e/ou gravidade. Apesar disso, não se exclui a utilização de árvores altas, porém as mesmas requerem mais cuidados na sua implantação. Não devem ser utilizadas no topo dos taludes, pois causam sobrecarga e requerem maior manutenção, uma vez que devem ser periodicamente podadas para evitar o crescimento excessivo.

As características morfomecânicas da parte subterrânea são extremamente importantes para a estabilização geotécnica de solos. Os sistemas radiculares devem ser densos e profundos para potencializarem a drenagem para camadas profundas e áreas menos saturadas (funções hidrológicas). Mecanicamente, as raízes densas e mais longas funcionam como tirantes, ajudando a estruturar as camadas de solo, através da ancoragem, arqueamento e escoramento do solo. Ajudam também a encaminhar forças mecânicas para que as mesmas sejam redistribuídas para zonas sujeitas a menos esforços e para camadas de solo profundas que são mais competentes que as camadas superficiais. Esses sistemas radiculares devem ser compostos por raízes com alta resistência à tração, que funcionam como sistemas de reforço de solo, aumentando a sua resistência ao cisalhamento.

Estabilização hidráulica

A estabilização hidráulica de taludes fluviais e leitos de cursos de água abrange soluções construtivas que corrijam problemas relacionados com corpos de água naturais ou artificiais, como rios, córregos, lagos, barragens, entre outros.

As características morfomecânicas da parte aérea são extremamente importantes para absorver solicitações mecânicas provenientes do fluxo de água. As plantas escolhidas devem ser flexíveis servindo de barreira física de proteção do solo contra o fluxo de água. As copas devem ser ramificadas e densas de forma a interceptar e evapotranspirar a água proveniente da precipitação (funções hidrológicas). Além disso, essas copas também absorvem e encaminham tensões provenientes do fluxo de água, aumentando a rugosidade hidráulica e, por isso, diminuindo a velocidade da água (funções mecânicas) e o seu potencial erosivo.

As plantas devem apresentar uma cobertura uniforme do solo, aspecto importante para interceptar e absorver a água, uma vez que plantas isoladas, além de não serem adequadas para interceptar a precipitação, provocam fenômenos de turbulência ao redor dos seus caules, particularmente graves no caso da estabilização hidráulica. Como complemento à rugosidade hidráulica, pode-se usar preferencialmente plantas perenifólias que potencializam funções hidrológicas de interceptação e evaporação. Valores mais altos de rugosidade, significam maior eficiência na diminuição da velocidade do fluxo (função mecânica) e aumento na quantidade de sedimentos removidos do fluxo de água. No entanto, plantas caducifólias não devem ser excluídas, pois, quando apresentarem copas densas e ramificadas, desempenharão as mesmas funções técnicas que copas perenifólias.

No que diz respeito às características morfomecânicas subterrâneas, as plantas devem ter sistemas radiculares densos e laterais que potencializem a drenagem subsuperficial (funções hidrológicas) para áreas menos saturadas. Este tipo de arquitetura radicular ajuda a estruturar mecanicamente as camadas superficiais de solo, bem como a encaminhar forças mecânicas para que as mesmas sejam redistribuídas para zonas sujeitas a menos esforços. No caso particular de taludes fluviais, sistemas radiculares densos são muito importantes, pois funcionam como uma malha que estrutura, confina e protege o solo, absorvendo as forças hidráulicas do fluxo de água. Esses sistemas radiculares devem ser compostos por raízes com alta resistência à tração, funcionando como sistemas de reforço do solo, aumentando a sua resistência ao cisalhamento.

A melhor solução para um problema decorrente da ação de processos erosivos (superficiais ou profundos) normalmente resulta da combinação de várias espécies de plantas. Mesmo que se consigam reunir numa única espécie as características morfomecânicas de onde resultem todas as

funções técnicas hidrológicas e mecânicas necessárias, a combinação de espécies agrega outras vantagens. Por exemplo, diferentes espécies têm ritmos de desenvolvimento e adaptação distintos. Assim, ao combinarmos espécies sabemos que algumas colonizarão e se adaptarão mais rapidamente ao local, dando mais tempo para as demais se desenvolverem. As plantas também apresentam distintos requisitos edafoclimáticos, que, apesar de serem determinantes na escolha adequada da espécie, podem sofrer alterações, com o passar do tempo, uma vez que, na natureza, estas condições não podem ser controladas artificialmente. Ao combinarmos diversas espécies, algumas serão naturalmente mais resistentes a essas mudanças e conseguirão sobreviver. O mesmo pode acontecer em função da ação de pragas ou agentes patogênicos.

3. Técnicas construtivas de Engenharia Natural

A Engenharia Natural apresenta diversas tipologias construtivas, ou seja, técnicas de revestimento, estabilização e consolidação do solo (figura 7). A classificação de tipologias construtivas é baseada em classificações propostas por Florineth & Molon²⁸ e Venti *et al.*²⁹. Os limites de profundidade apresentados seguem a classificação proposta pelos referidos autores, no entanto, estes limites de ação das técnicas podem ser considerados indicativos, uma vez que para as plantas autóctones do Brasil tais limites ainda não foram estabelecidos. As tipologias podem combinar materiais inertes com materiais construtivos vivos ou podem recorrer exclusivamente à utilização de plantas. À medida que aumenta a profundidade de ação da técnica também aumenta o grau de complexidade das estruturas e consequentemente os custos de intervenção.

As técnicas de revestimento consistem em intervenções de cobertura e proteção que permitem o controle de processos erosivos superficiais.

As técnicas de estabilização geralmente aplicam-se para a sistematização de movimentos de massa superficiais, na ordem de 20 a 50cm. A sua profundidade de atuação está diretamente relacionada com a capacidade de crescimento e alcance do sistema radicular das plantas.

As técnicas de consolidação consistem na combinação de materiais construtivos vivos com materiais inertes e se caracterizam por apresentar uma estrutura construtiva mais complexa, de grande eficácia técnica. São recomendadas para a sistematização de movimentos de massa mais profun-

²⁸ FLORINETH, F. & MOLON, M. *Dispensa di Ingegneria Naturalistica*. Viena, Austria: Universidade de Bodenkultur, 2004.

²⁹ VENTI, D. *et al.* *Op. cit.*

dos, na ordem de 50 a 200cm. A sua robustez possibilita um imediato efeito de consolidação, tanto em margens fluviais, como em taludes secos.

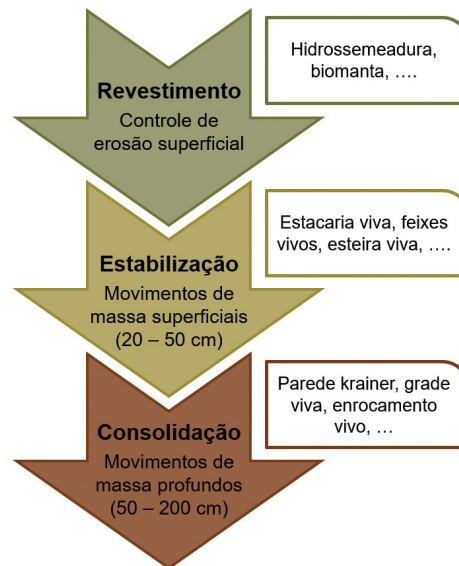


Figura 7: Esquema simplificado das tipologias construtivas existentes em Engenharia Natural.³⁰

³⁰ SOUSA, R. S. *Metodologia de planejamento e controle da produção para obras de Engenharia Natural*. Dissertação de Mestrado – Santa Maria, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

A escolha e aplicação de algumas destas técnicas depende da forma de uso das plantas. Este requisito é, portanto, determinado pelo tipo de arranjo construtivo, ou seja, no caso de escolha de técnicas que utilizem estacas vivas (como por exemplo, estacaria viva, feixes vivos ou esteira viva) é requisito que as espécies utilizadas tenham propagação vegetativa. No caso de técnicas como semeadura manual ou hidrossemeadura é requisito que a espécie apresente sementes com alto percentual de germinação.

A seguir são descritas, de forma simplificada, as principais técnicas de Engenharia Natural, que podem ser aplicadas isoladamente ou em combinações diversas.

3.1 Hidrossemeadura/Semeadura manual

A hidrossemeadura e a semeadura manual (figura 8) são técnicas de proteção contra processos erosivos superficiais. Ambas funcionam como soluções de cobertura que asseguram a rápida e eficiente proteção da superfície do solo, a melhoria dos balanços térmicos e hídricos, o sombreamento e a ativação biológica do solo. Estas técnicas servem de complemento e/ou acabamento a outras estruturas de Engenharia Natural.

A sementeira manual consiste no espalhamento (manual ou com equipamento específico) de uma mistura de sementes de espécies herbáceas, arbustivas ou arbóreas adequadas ao local e à finalidade da intervenção. Este tipo de sementeira pode ser executado em superfícies planas ou em superfícies de baixa inclinação que apresentem alguma rugosidade superficial.

A hidrossemeadura é executada através da projeção hidráulica de uma mistura de água, sementes e outros materiais (adubos, mulch, agregantes, fixadores e estimulantes de crescimento), cuja função é proteger e melhorar as características mecânicas e biológicas do solo. É aplicada com um equipamento mecânico específico (hidrossemeador) e projetada sobre a superfície do terreno através de um sistema de mangueiras e bombas.

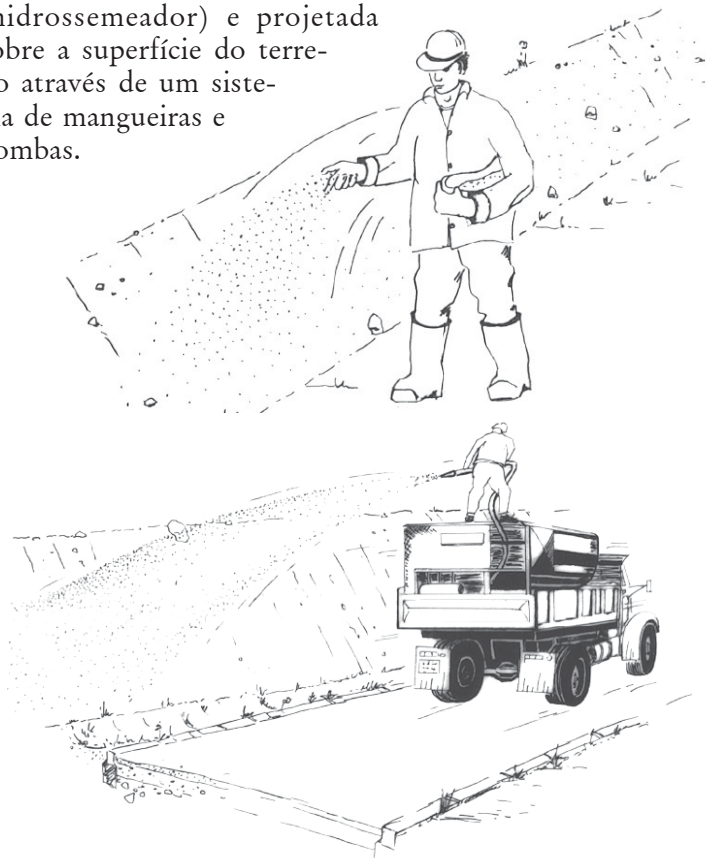


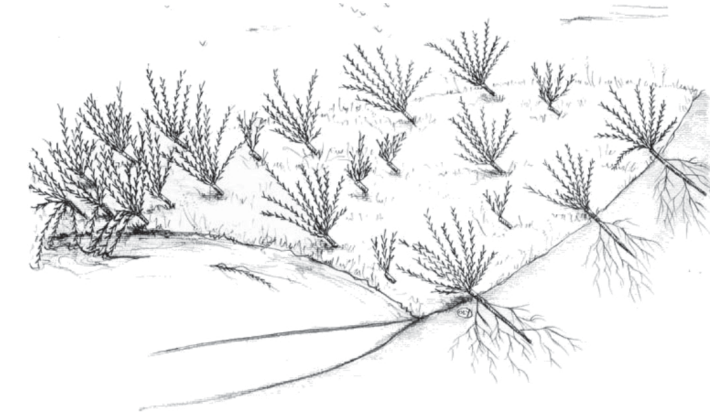
Figura 8: Exemplo de sementeira manual (acima) e hidrossemeadura (abaixo).³¹

³¹ ZEH, H. *Op. cit.*

3.2 Estacaria viva

A estacaria viva é uma técnica que pode ser utilizada de forma isolada ou combinada com a maior parte das técnicas descritas neste capítulo (figura 9), visando à estabili-

zação hidráulica ou geotécnica, drenagem ou fixação de diferentes estruturas ou materiais (biomantas, geossintéticos, etc.). Consiste na aplicação no terreno de estacas vivas de espécies com capacidade de propagação vegetativa. O efeito estabilizante desta técnica em profundidade aumenta com o comprimento da estaca utilizada. Quanto maior a estaca, maior a profundidade de desenvolvimento das raízes e, portanto, maior estabilidade do solo em profundidade.



³² SAULI, G.; CORNELINI, P. & PRETI, F. *Manuale d'Ingegneria Naturalistica applicabile al settore idraulico*. Roma, Itália: Regione Lazio, 2002.

Figura 9: Estacaria viva. Desenho de Sauli; Cornelini & Preti.³² Fotografia de Rita Sousa (2011).

As estacas deverão ser inseridas no terreno com aproximadamente 2/3 do seu comprimento enterrado e de forma perpendicular à superfície. Dessa forma, irão desenvolver o seu sistema radicular ao longo de toda a estaca, devido à melhor distribuição das substâncias que potencializam o desenvolvimento das raízes. Esta técnica poderá ser complementada com aplicação de biomanta de fibras naturais.

3.3 Entrançado vivo

O entrançado vivo é utilizado para estabilização de encostas e margens de cursos de água, retenção de solo e drenagem. Consiste na construção de uma estrutura linear, composta por estacas vivas ou ramos dispostos de forma entrançada entre prumos de madeira verticais cravados no terreno, formando uma parede flexível e altamente resistente à erosão provocada pela água (figura 10). As espécies utilizadas devem apresentar capacidade de propagação vegetativa e flexibilidade (para execução do entrançado).

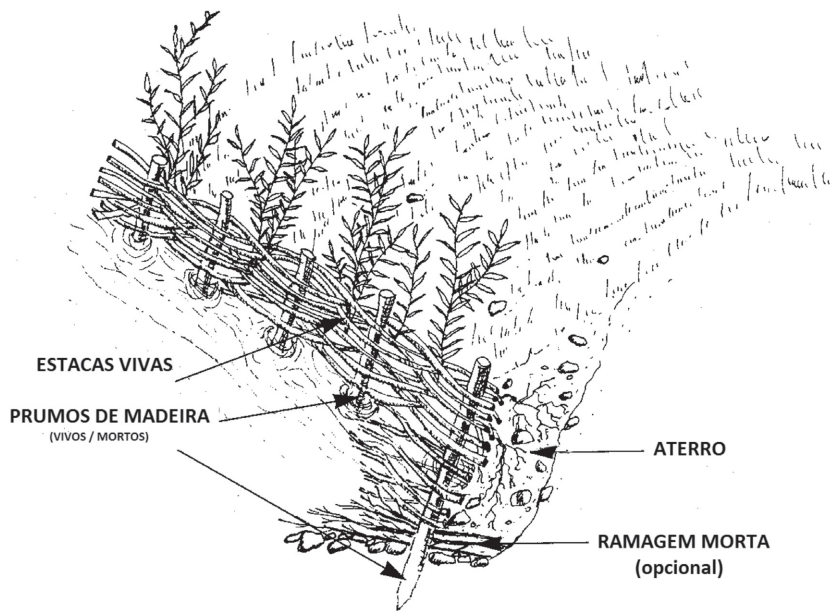


Figura 10: Pormenores de instalação de entrançado vivo adaptado de Venti, D. et al.³³

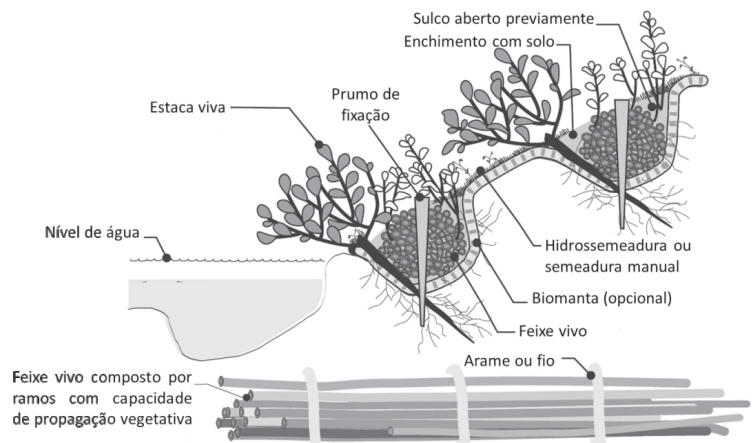
³³ VENTI, D. et al. *Op. cit.*

3.4 Feixes vivos

Os feixes vivos são utilizados na estabilização de margens fluviais, taludes ou drenagens (figura 11). Consistem na elaboração de feixes de estacas ou ramos de espécies com capacidade de propagação vegetativa, ligados por corda de sisal ou arame, que são fixados ao terreno através de prumos de madeira vivos ou mortos. Os feixes deverão ser aplicados em uma vala, de forma a ficarem enterrados pelo menos metade do seu diâmetro (figura 12). Opcionalmente, a base de assentamento do feixe pode ser revestida com ramagens para proteger a mesma contra a erosão mais acentuada, ao mesmo tempo que promove a sedimentação.



Figura 11: Evolução de uma intervenção utilizando feixes vivos aplicada para drenagem de taludes. Fotografias de Rita Sousa (2016, 2017 e 2019).



³⁴ EUBANKS, E. & MEADOWS, D. *A Soil Bioengineering Guide for Streambank and Lakeshore Stabilization*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, San Dimas Technology and Development Center ed. California, USA, 2002.

Figura 12: Instalação de feixe vivo adaptado de Eubanks & Meadows³⁴ (acima). Material para confecção dos feixes vivo (abaixo) – Fotografia de Fabrício Sutili (2007).

3.5 Esteira viva

A esteira viva é utilizada em estabilização hidráulica e consiste no revestimento de margens fluviais com ramagens e estacas vivas de espécies com capacidade de propagação vegetativa. Os ramos devem ser dispostos no talude perpendicularmente à direção do escoamento e fixam-se ao solo através de arame e estacas de madeira (figura 13). A base da ramagem deverá ser colocada em contato com o terreno úmido ou diretamente na água (figura 14). Posteriormente, a ramagem é recoberta com uma camada fina de solo. Para promover maior proteção à base do talude, pode ser feito um reforço da esteira com enrocamento ou com troncos de madeira fixos entre si.

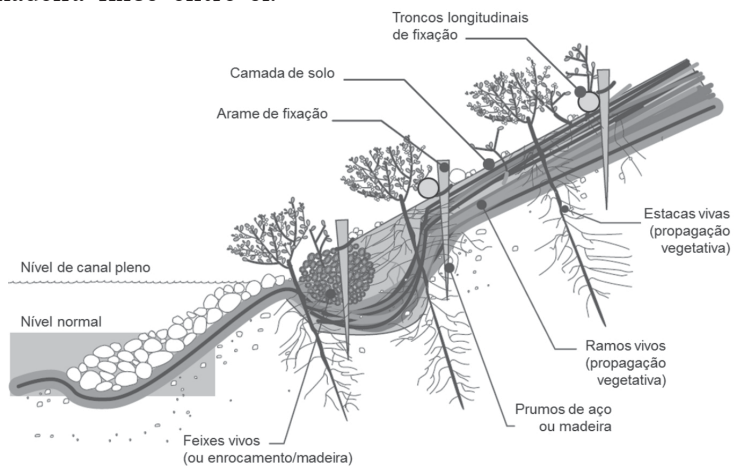


Figura 13: Esteira viva (adaptado de Eubanks & Meadows³⁵).

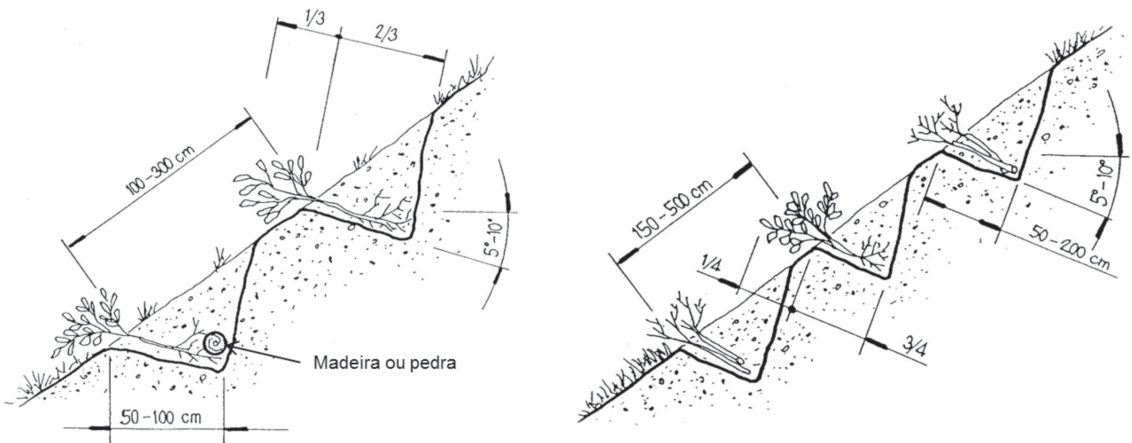
³⁵ EUBANKS, E. & MEADOWS, D. *Op. cit.*



Figura 14: Construção de esteira viva. Fotografia de Fabrício Sutili (2004).

3.6 Banqueta vegetada

É uma técnica de estabilização que promove retenção dos sedimentos que descem da encosta (figura 15). A construção envolve a abertura de degraus em linhas paralelas longitudinais e o plantio, em seu interior, de estacas vivas com capacidade de propagação vegetativa e/ou mudas previamente enraizadas (figura 16). Os espaços entre os degraus podem ser revestidos com biomanta de fibras naturais complementada sempre que possível por sementeira. Quanto mais estacas e mudas forem aplicadas por metro de banqueta, maior será o efeito de proteção física imediata e melhor e mais rápido será o enraizamento e a brotação do material vegetativo.



³⁶ VENTI, D. *et al.* *Op. cit.*

Figura 15: Tipologias construtivas de plantio em banquetas.³⁶



Figura 16: Evolução de uma intervenção utilizando banquetas vegetadas. Fotografias de Rita Sousa (2016, 2017).

3.7 Enrocamento vivo, rip-rap vegetado

É um tipo de intervenção longitudinal destinada à proteção e estabilização de taludes, que pode ser aplicada em margens fluviais ou em encostas (figura 17). Esta técnica também pode ser utilizada no leito de cursos de água para dissipação da velocidade do fluxo (figura 18). Consiste na aplicação de rochas com dimensões adequadas à velocidade limite de transporte do fluxo, juntamente com solo e plantas (mudas e/ou estacas vivas com capacidade de propagação vegetativa). O material vegetal (estacas ou mudas) deve ter comprimento adequado, de forma a garantir que alcance o solo vegetável na superfície do talude. O material vegetal pode ser implantado de duas formas: simultaneamente à execução do enrocamento, ou então, de forma menos recomendada, após a execução do enrocamento. No último caso, é necessário facilitar a introdução das estacas com a ajuda de uma alavanca.

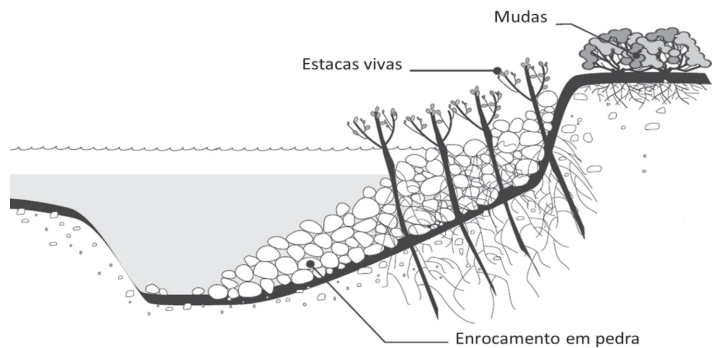


Figura 17: Enrocamento com vegetação em fase de desenvolvimento inicial. Desenho de Eubanks & Meadows³⁷ e fotografia de Fabrício Sutuli (2012).

³⁷ EUBANKS, E. & MEADOWS, D. *Op. cit.*

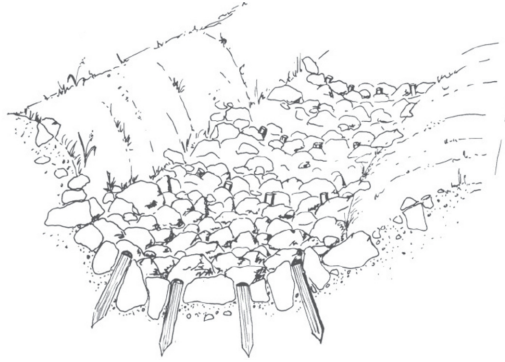


Figura 18: Enrocamento vivo utilizado no leito de um curso de água para dissipação da velocidade do fluxo.³⁸

³⁸ ZEH, H. *Op. cit.*

3.8 Defletores vivos, râmprolas vivas

Os defletores e as râmprolas são construções de estabilização hidráulica executadas transversalmente em relação ao fluxo da água, servindo para desviar esse fluxo das margens. Assim, os processos erosivos mais intensos são evitados e as margens são protegidas através da deposição de sedimentos. Essas técnicas podem ser construídas com diversos tipos de materiais, tais como: madeira, pedra e material vegetal com capacidade de propagação vegetativa (feixes vivos, entrançados etc.) – (figuras 19 e 20).

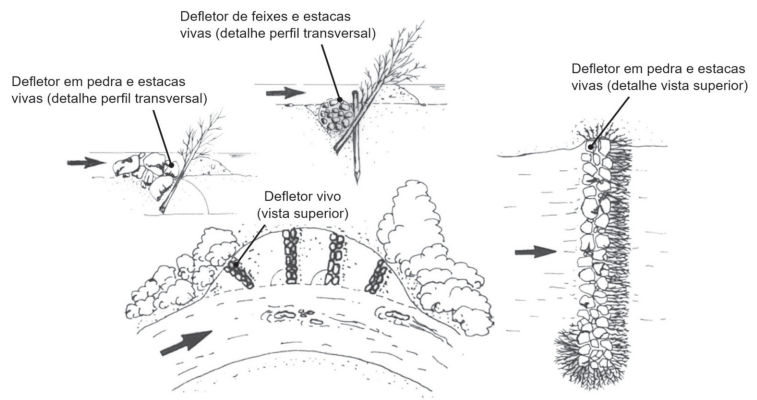


Figura 19: Tipologias construtivas com defletores vivos. Adaptado de Zeh.³⁹

³⁹ ZEH, M. *Op. cit.*

3.9 Grade viva

É utilizada como técnica de estabilização geotécnica. Trata-se de uma estrutura construída mediante a colocação de troncos de madeira horizontais e verticais dispostos perpendicularmente entre si, ancorada por prumos de madeira cravados no solo (figuras 21 e 22).



Figura 20: Evolução de uma intervenção com defletores vivos. Fotografias de Florin Florineth (2007).

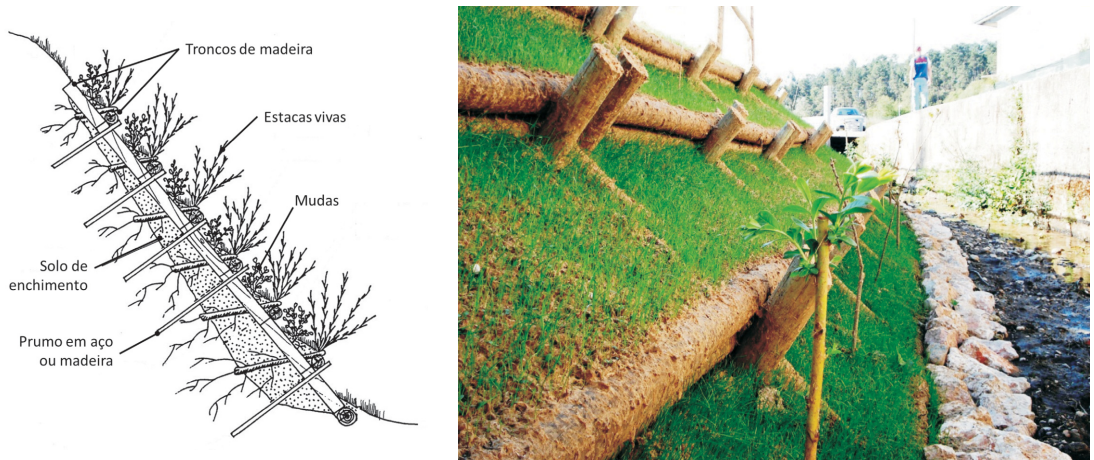


Figura 21: Grade viva em talude. Desenho de Cornellini & Sauli⁴⁰ e fotografia de Aldo Freitas (2007).



Figura 22: Evolução de uma intervenção com grade viva combinada com parede kramer. Fotografias de Gino Menegazzi, (2003) (esquerda) e Rita Sousa (2006) (direita).

⁴⁰ CORNELINI, P. & SAULI.
G. *Op. cit.*

Posteriormente, executa-se o preenchimento com solo e o concomitante plantio de estacas vivas e/ou mudas. O solo poderá também ser revestido com biomanta e/ou hidrossemeadura para o controle de erosão superficial.

3.10 Parede krainer, muro de suporte vivo, muro vivo tipo cribwall

A parede krainer ou muro de suporte vivo é uma técnica de sustentação e consolidação que pode ser aplicada para estabilização hidráulica e geotécnica de taludes, margens de cursos de água ou sistematização de movimentos de massa. Também pode ser utilizada para execução de estruturas transversais ao fluxo de água. Consiste numa estrutura gravítica executada com troncos de madeira dispostos em níveis sobrepostos, perpendiculares entre si de modo a formarem uma estrutura de contenção do material inerte. No interior da estrutura em madeira deve ser utilizada vegetação, na forma de estacas vivas, mudas e/ou feixes vivos. Deve ser garantido o contato das estacas vivas e/ou mudas com o solo no tardo do muro, de forma a aumentar o efeito estabilizante da estrutura. De modo complementar também podem ser utilizados biorretentores de coco ou pedra na sua execução. Apresenta capacidade de suportar pequenas movimentações de solo sem sofrer alterações estruturais.

Existem vários modelos construtivos, sendo que a sua escolha deve atender às características do local de aplicação e ao objetivo técnico para qual a estrutura será projetada e dimensionada. Nas figuras 23, 24 e 25 estão representados três tipos de modelos construtivos.

⁴¹ VENTI, D. *et al.* *Op. cit.*

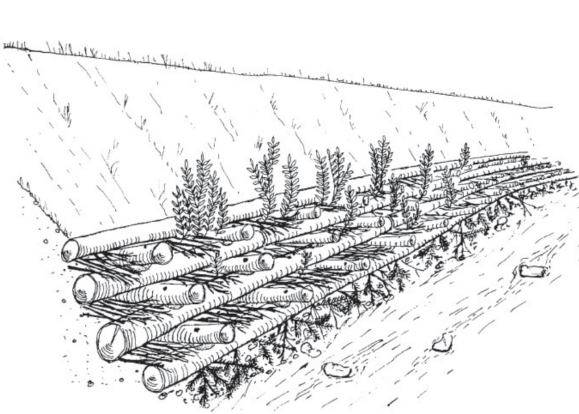


Figura 23: Parede krainer simples em talude. Desenho de Venti *et al.*⁴¹ e fotografia de Rita Sousa (2011).

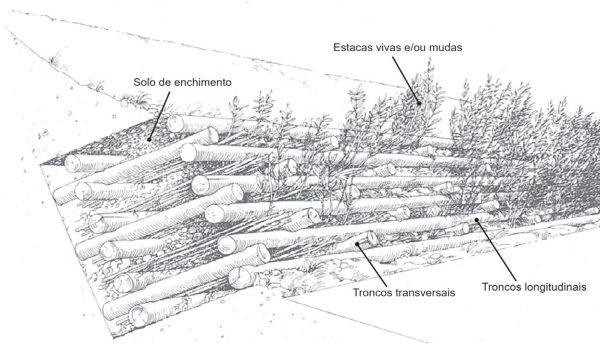


Figura 24: Parede krainer dupla em talude. Desenho adaptado de Venti *et. al.*⁴² e fotografia de Rita Sousa (2011).

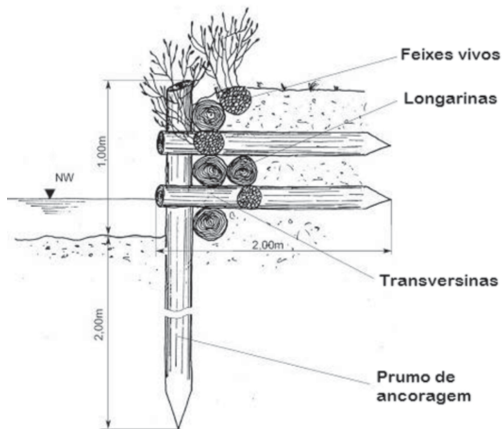


Figura 25: Parede krainer modelo fluvial, com prumo frontal. Desenho adaptado de Venti *et al.*⁴³ e fotografia de Rita Sousa (2011).

⁴² VENTI, D. *et al.* *Op. cit.*

⁴³ VENTI, D. *et al.* *Op. cit.*

3.11 Gabião vivo

Trata-se de uma técnica longitudinal de contenção utilizada para estabilização geotécnica em cursos de água ou taludes. Consiste na construção de uma estrutura em forma de caixa retangular, feita com rede de malha hexagonal ou semelhante em arame galvanizado reforçado, sendo o seu interior preenchido com pedra não friável (figura 26). As estacas vivas, com capacidade de propagação vegetativa, devem ser inseridas simultaneamente ao enchimento de pedras no interior dos gabões. As estacas vivas utilizadas nesta técnica devem ter comprimento suficiente para entrar em contato com o tardo do muro. São estruturas com elevada flexibilidade e permeabilidade, que desempenham funções de suporte contra a instabilidade gravítica.

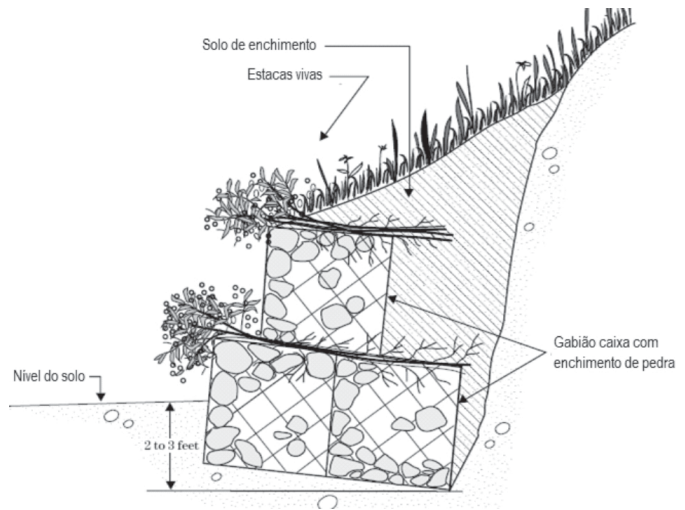


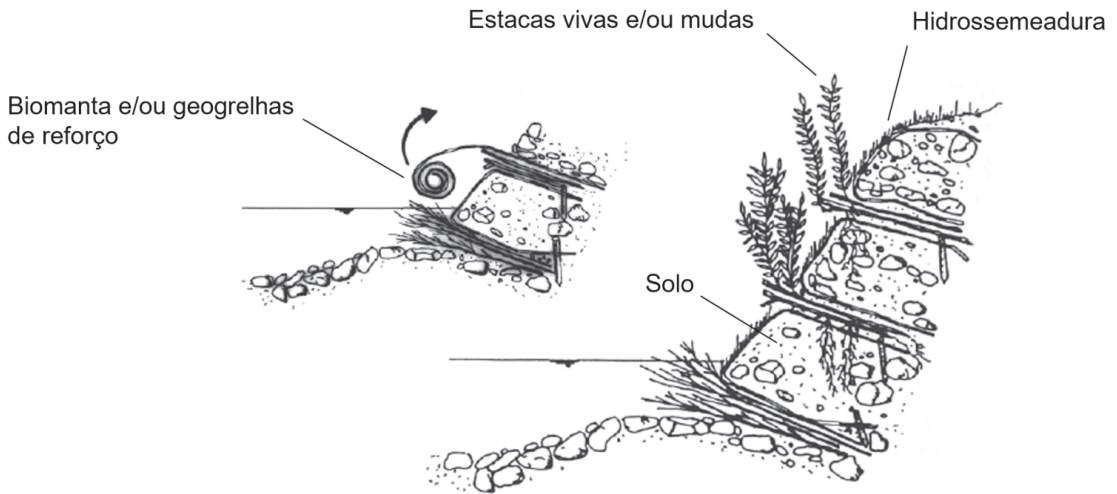
Figura 26: Gabião vivo. Esquema construtivo (acima) e gabião com vegetação estabelecida (abaixo). Desenho de Helgard Zeh⁴⁴ e fotografia de Florin Florineth (2004)⁴⁵.

⁴⁴ ZEH, H. *Op. cit.*

⁴⁵ FLORINETH, F. *Op. cit.*

3.12 Solo envelopado, muro verde

Obra de sustentação, que consiste numa estratificação reforçada de várias camadas de solo (figura 27), estabilizadas interiormente pelo peso próprio do terreno (combinadas com biomantas e/ou geogrelhas de reforço). A proteção do paramento frontal do muro é assegurada geralmente por biomantas e plantas (figura 28). Neste sistema, o paramento frontal deverá ter uma inclinação recomendada de 70°, considerando que, para inclinações superiores, é difícil a germinação/crescimento da vegetação.



⁴⁶ ZEH, H. *Op. cit.*

Figura 27: Solo envolvido em talude. Adaptado de Helgard Zeh.⁴⁶



Figura 28: Evolução de uma intervenção com solo envolvido em talude. Fotografias de Rita Sousa (2021).

3.13 Barragem de correção torrencial, degraus em madeira

Técnica de estabilização hidráulica, aplicada transversalmente em relação ao sentido do fluxo de água, que contribui de modo imediato para a diminuição da inclinação do fundo do leito, o que favorece a diminuição dos efeitos erosivos e a deposição de material. É construída em madeira, pedra e plantas (estacas vivas com capacidade de propagação vegetativa e/ou mudas) segundo a tipologia clássica das barragens, apesar de ser constituída por madeira e pedra como materiais alternativos ao usual concreto (figura 29).

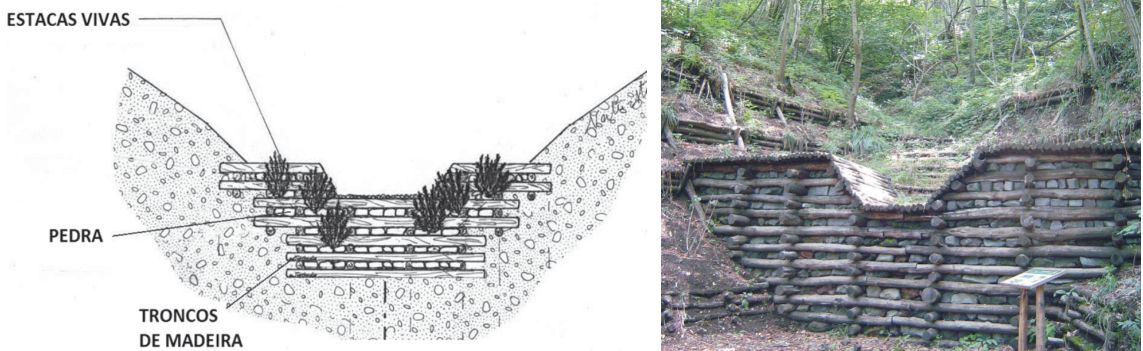


Figura 29: Barragem de correção torrencial. Desenho de Venti *et al.*⁴⁷ e fotografia de Rita Sousa (2006).

⁴⁷ VENTI, D. *et al.* *Op. cit.*

4. Fichas técnicas de plantas

4.1 Conteúdo das fichas de plantas

Para cada espécie vegetal pesquisada foi elaborada uma ficha técnica contendo informações sobre a nomenclatura botânica, ecologia, características morfomecânicas, distribuição geográfica, bem como sobre as funções das plantas, locais de aplicação e tipologias de intervenção considerando os conceitos e critérios da Engenharia Natural. A seguir, apresenta-se uma breve descrição dos tópicos que serão abordados nas fichas técnicas.

Identificação das plantas

A identificação de cada uma das espécies descritas foi feita por meio de seus nomes populares, nome científico e família botânica. Cabe lembrar que todas as plantas incluídas no presente catálogo são autóctones no Brasil, sendo algumas também ocorrentes naturalmente em outros países.

As plantas recebem diferentes nomes populares, também ditos vulgares ou comuns. Esta nomenclatura, embora conhecida pela maioria das pessoas, varia conforme a região, a cultura ou o idioma de um povo, o que obviamente resulta em confusões acerca da verdadeira identidade de uma planta. Por exemplo, uma mesma espécie vegetal pode ser denominada de “bálsamo” (São Paulo), “caboretinga” (Espírito Santo), “cabreúva” (Rio Grande do Sul), “inciense” (Argentina) e “yvyra paje” (Paraguai).

Existe, no entanto, uma nomenclatura internacional que estabelece um único nome para cada espécie – o nome científico. Por ser exclusivo e válido universalmente, ele representa o equivalente a uma “carteira de identidade” da

planta. Assim, a planta referida anteriormente por diferentes nomes populares, é denominada unicamente por *Myrocarpus frondosus* Allemão (nome científico). Cabe informar que, ao lado do nome científico, composto por dois termos latinizados e grifados em itálico, é indicado o nome do autor (ou autores) da descrição da planta originalmente. Vale ressaltar que se alguém, em qualquer lugar do mundo, deseja obter informações a respeito de determinada planta, seja pela consulta em livros, artigos científicos, herbários ou pela internet, deverá começar sua busca a partir do nome científico.

A família botânica representa um “grupo de plantas” com determinadas características (morfológicas, anatômicas, químicas...) em comum, dando-nos uma ideia de parentesco ou afinidade entre as plantas. Todas as espécies que conhecemos popularmente por gramíneas, por exemplo, possuem um estreito relacionamento entre si e pertencem a um mesmo grupo de plantas – a família Poaceae.

Cabe salientar, ainda, que os recentes avanços científicos na área da sistemática vegetal, especialmente na última década, vem provocando profundas mudanças em termos de nomenclatura e classificação.

No presente trabalho, a lista de nomes científicos e a classificação das plantas seguiu as recomendações do APG III⁴⁸ e foi atualizada conforme o projeto “Lista de Espécies da Flora do Brasil”, que é parte integrante do programa REFLORA <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>

Descrição morfológica

A capacidade de reconhecer ou distinguir diferentes espécies vegetais é fundamental para os profissionais ligados à Engenharia Natural, pois este ramo da ciência tem como premissa básica a seleção e a utilização de plantas (ou partes destas) como material construtivo.

A descrição morfológica de cada uma das plantas foi elaborada de forma a permitir que diferentes profissionais, não apenas especialistas em botânica, possam ter êxito na sua identificação. Desta forma, optou-se por descrições sucintas, privilegiando caracteres morfológicos mais facilmente reconhecíveis na prática, evitando-se ao máximo a intrincada e complexa terminologia botânica. Mesmo assim, o leitor que tiver dificuldades na interpretação das descrições poderá consultar um glossário disponível no final deste documento, bem como uma prancha de fotos presente em cada ficha técnica, contendo os principais detalhes morfológicos da planta.

⁴⁸ SOUZA, V. C. & LORENZI, H. *Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de fanérogamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III*. 3. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2012. 768 p.

Algumas características, tais como o hábito, o aspecto das ramificações e da copa e a longevidade da folhagem (perene ou caduca), além de serem úteis no reconhecimento de cada espécie, tem estreita relação com as “funções técnicas” e/ou “funções adicionais” que as plantas potencialmente poderão desempenhar quando utilizadas em intervenções de Engenharia Natural. A casca dos caules, por ser de fácil visualização, é também descrita. No entanto, deve-se ter em mente que sua aparência externa e interna pode variar consideravelmente conforme a idade da planta.

É importante salientar, que todas as descrições foram feitas com base na observação de indivíduos adultos de cada espécie. Para informações mais detalhadas, o leitor poderá consultar a literatura especializada, incluindo as obras citadas nas referências bibliográficas.

Biologia reprodutiva

Este tópico reveste-se de especial importância, pois fornece informações sobre a forma mais indicada para reproduzir um determinado “material vegetal” a ser utilizado em obras de Engenharia Natural. Existem duas formas de reprodução das plantas, a sexuada e a assexuada.

A reprodução sexuada, tanto em gimnospermas (pinheiros, ciprestes, araucária) como em angiospermas (plantas com flores) dá-se pela formação de sementes. Como a produção de sementes não ocorre de forma ininterrupta ao longo do ano, é importante conhecer, para cada espécie e local, os períodos em que as sementes estarão viáveis para a coleta, o que normalmente coincide com a época de maturação dos frutos.

Tendo-se em vista que muitas das espécies descritas no presente catálogo apresentam ampla área de distribuição natural, deve-se ter extrema cautela quanto à utilização das informações a respeito dos períodos de floração, frutificação ou maturação de frutos e sementes, que podem ser extremamente variáveis conforme o clima de cada região.

A reprodução assexuada, ou propagação vegetativa, consiste na formação de novos indivíduos sem o uso de sementes. Existem várias técnicas de propagação vegetativa, dentre elas, a estaquia, que consiste na retirada de segmentos (estacas) de caules ou ramos. Neste processo, as estacas são plantadas em um substrato e formarão todo o sistema radicular e aéreo, dando origem a uma nova planta. A posição na qual é extraída a estaca (base, meio ou ponta do caule/ramo), bem como a época do ano mais indicada para tal operação, varia conforme a espécie, e são fatores decisivos para o sucesso deste procedimento.

Cabe salientar, que a propagação vegetativa por estaquia pode ser a alternativa mais viável para espécies que produzam poucas sementes por temporada (por exemplo, *Terminalia australis*), que apresentem sementes pequenas e de difícil manuseio (*Salix humboldtiana*), ou ainda, para aquelas cujas sementes apresentem baixa viabilidade ou que exijam quebra de dormência (*Sesbania virgata*). A estaquia constitui-se numa das formas mais baratas de reproduzir massivamente as plantas para utilização em obras. Entretanto, nem todas as espécies podem ser reproduzidas por este meio.

De todo modo, a escolha de uma ou outra forma de reprodução (seminal ou vegetativa) dependerá fundamentalmente da disponibilidade de material (sementes ou estacas), do tipo de solução construtiva e das características do local de intervenção.

Ecologia

A ecologia refere-se às condições do habitat de uma planta, englobando fatores abióticos (clima, luminosidade, solo, relevo) e fatores bióticos (relações com outros organismos).

O conhecimento destes fatores, intimamente relacionados ao local de ocorrência natural de cada espécie (floresta, campo, savana, deserto, margens de rios, banhados), é fundamental no processo de seleção de plantas para uso em Engenharia Natural. Dito de outra forma, o sucesso na adaptação de uma planta a um novo ambiente, ou em ambiente similar, depende do prévio conhecimento de suas exigências ecológicas. É pouco provável, por exemplo, que uma planta típica de um ambiente árido (deserto) se adapte em um ambiente periodicamente inundável, como um talude fluvial.

Tais exigências ecológicas são, portanto, consideradas requisitos para a especificação de material construtivo vivo em obras de Engenharia Natural.

Distribuição geográfica

A distribuição natural de cada espécie no território brasileiro é apresentada em mapa, onde aparecem indicados os pontos de coleta extraídos a partir do banco de registros botânicos georreferenciados.⁴⁹ A ocorrência natural de uma determinada espécie vegetal, além dos limites geográficos do Bioma Mata Atlântica, foco deste trabalho, reforça seu potencial para utilização em intervenções de Engenharia Natural em diferentes ecossistemas do Brasil.

⁴⁹ Disponíveis no projeto denominado “Sistema de Informação Distribuído para Coleções Biológicas: a Integração do Species Analyst e do SinBiota (FAPESP)” ou simplesmente speciesLink.

Cabe destacar que existem as lacunas relativas ao registro da distribuição geográfica das espécies no Brasil. Pode-se observar que as coletas botânicas georreferenciadas ainda são reduzidas e estão concentradas em algumas regiões do país, apresentando muitas vezes ocorrência em pontos isolados. Deve-se ter em mente, portanto, que a distribuição natural das espécies pode ser mais ampla do que a indicada no mapa. Esse fato pode ser atribuído à grande extensão territorial do país, que dificulta o conhecimento de toda a biodiversidade vegetal e de suas áreas de ocorrência natural.

Características morfomecânicas

Neste tópico são elencadas todas as características morfomecânicas inerentes às espécies, na sua forma adulta e natural, em formato de um fluxograma para fácil visualização. Quando assinaladas na cor verde, as espécies estão presentes; na cor vermelha, estão ausentes; e na cor preta, ainda carecem de informação.

O fluxograma geral de especificação de plantas, representado na figura 6, foi elaborado para a classificação de todos os tipos de plantas. No entanto, optou-se por não utilizar algumas das características morfomecânicas, notadamente cobertura uniforme, maior quantidade de raízes finas e alta resistência à tração.

Este catálogo tem ênfase em espécies lenhosas arbustivas e arbóreas para intervenções de estabilização hidráulica e geotécnica, e por isso não faz sentido apresentar a característica cobertura uniforme, uma vez que esta é utilizada apenas para espécies herbáceas (gramíneas e ervas), mais adequadas para intervenções destinadas ao controle de processos erosivos superficiais. As características do sistema radicular, incluindo maior quantidade de raízes finas e alta resistência à tração, também não foram utilizadas, visto que são características com estudos ainda incipientes para as espécies autóctones brasileiras. Além disso, apenas com base na arquitetura radicular (sistema radicular denso, lateral e profundo) é possível classificar o potencial das espécies para uso em obras de Engenharia Natural.

Para a classificação das espécies quanto às características morfomecânicas da parte aérea foram utilizados dados de campo e da literatura, e definidos alguns parâmetros para as características citadas a seguir.

Para determinar o grau de ramificação da parte aérea da planta utilizou-se uma adaptação do sistema de classificação de Horton (adotado para quantificar a ordem de rami-

ficação dos cursos de água), em que as espécies de ordem até 2 foram consideradas pouco ramificadas, as espécies de ordem entre 3 e 4 foram consideradas ramificadas e as espécies de ordem acima de 4 foram consideradas muito ramificadas. Para apresentação desta característica no fluxograma, considerou-se planta ramificada aquela que apresenta ordem igual ou maior que 3 e pouco ramificada para ordem menor que 3. Na sequência, são apresentados esquemas gráficos que representam visualmente plantas pouco ramificadas (figura 30) e plantas ramificadas a muito ramificadas (figura 31).

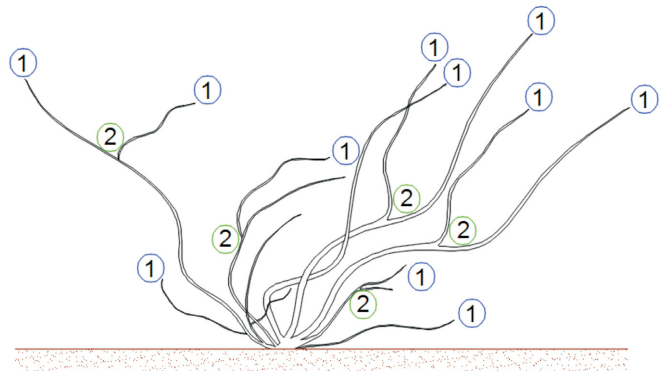


Figura 30: Planta com parte aérea pouco ramificada. Desenho de Charles Maffra.

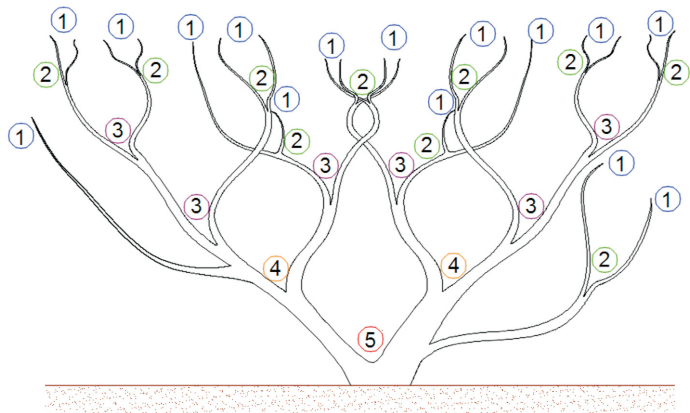


Figura 31: Planta com parte aérea ramificada. Desenho de Charles Maffra.

A classificação da copa em pouco densa, densa e muito densa foi realizada com base em uma avaliação visual de diversos indivíduos adultos de cada espécie. A figura 32 exemplifica as três classes propostas.



Figura 32:
Classificação das plantas
em relação à densidade de copa.
A – copa pouco densa,
B – copa densa e
C – copa muito densa.
Fotografias de Rita Sousa.

Para determinar a altura da copa utilizou-se a classificação proposta pelo IBGE (2012), na qual as plantas com altura entre 25cm e 5m são consideradas de copa baixa, as plantas com altura entre 5m e 20m de copa média e as plantas com altura superior a 20m de copa alta, levando-se também em consideração a altura de inserção da copa. No fluxograma, a característica copa baixa se refere a plantas com altura inferior ou igual a 5m, que simultaneamente apresentam altura de inserção da copa igual ou inferior a 2m.

⁵⁰ DENARDI, L. *Op. cit.*

A flexibilidade de caules e ramos foi determinada com base na metodologia proposta por Denardi.⁵⁰ Deste modo, as plantas foram classificadas como: pouco flexível, flexível e muito flexível.

Para a classificação quanto às características morfomecânicas da parte subterrânea também foram utilizados dados de campo e da literatura.

A determinação da densidade do sistema radicular foi realizada por meio da escavação das plantas. Esta característica morfomecânica foi quantificada por meio de uma avaliação visual de cada espécie tomando-se como referência os esquemas gráficos apresentados abaixo, os quais representam visualmente o grau de densidade do sistema radicular: pouco denso (figura 33), denso a muito denso (figura 34).



Figura 33: Sistema radicular pouco denso. Desenho de Charles Maffra.



Figura 34: Sistema radicular denso. Desenho de Charles Maffra.

Para verificar se o sistema radicular das espécies apresenta desenvolvimento lateral e/ou profundo foi realizada a escavação de indivíduos adultos para a sua avaliação visual. Para tanto foram considerados os tipos de raízes de plantas apresentados no glossário. No fluxograma, tais características foram consideradas como presentes ou ausentes nas espécies.

A classificação da profundidade do sistema radicular foi realizada com base nos limites técnicos das intervenções de Engenharia Natural, notadamente a sua profundidade de atuação. Esta profundidade está relacionada com as tipologias construtivas apresentadas anteriormente na figura 7. Nela se considera que uma técnica de estabilização tem capacidade de controlar movimentos de massa superficiais em até 50cm de profundidade; e que uma técnica de consolidação tem capacidade de controlar movimentos de massa profundos que alcançam valores entre 50cm e 200cm. Com base nestas profundidades de atuação considerou-se que o sistema radicular deve apresentar uma profundidade maior ou igual a 50cm para ser classificado como profundo e desta forma ser eficaz para estabilizar geotecnicamente um talude.

Funções técnicas

Neste tópico serão apresentadas, de forma simplificada, as funções técnicas hidrológicas e/ou mecânicas originadas pelas características morfomecânicas das espécies.

Funções adicionais

Serão descritas as funções adicionais da espécie, sejam elas de caráter ecológico-ambiental, estético e socioeconômico.

Campos de aplicação

Com base nas funções técnicas das plantas, serão indicados os campos de aplicação considerando os três grupos principais: controle de erosão superficial, estabilização geotécnica e estabilização hidráulica, descritos na seção 2.5.

Local de aplicação

Quanto ao local mais indicado para utilização das espécies em uma intervenção de Engenharia Natural, apresentam-se duas seções transversais esquemáticas (talude seco e talude fluvial), com as localizações adequadas ao uso das mesmas. Esta informação está associada à ecologia, bem como às características morfomecânicas da planta.

Para um talude seco (figura 35), o local de aplicação das plantas está relacionado com o centro de gravidade do talude e a sua superfície potencial de ruptura. Espécies arbóreas, por exemplo, não são indicadas para a posição 2 (crista até o centro do talude), uma vez que transmitem forças instabilizantes devido à sobrecarga e ao aumento das solicitações pelo efeito do vento. No entanto, se aplicadas na base ou acima da crista do talude (posições 1 e 3), a componente normal da sobrecarga atua aumentando a resistência ao deslizamento, quer por atrito quer por forças estabilizantes.

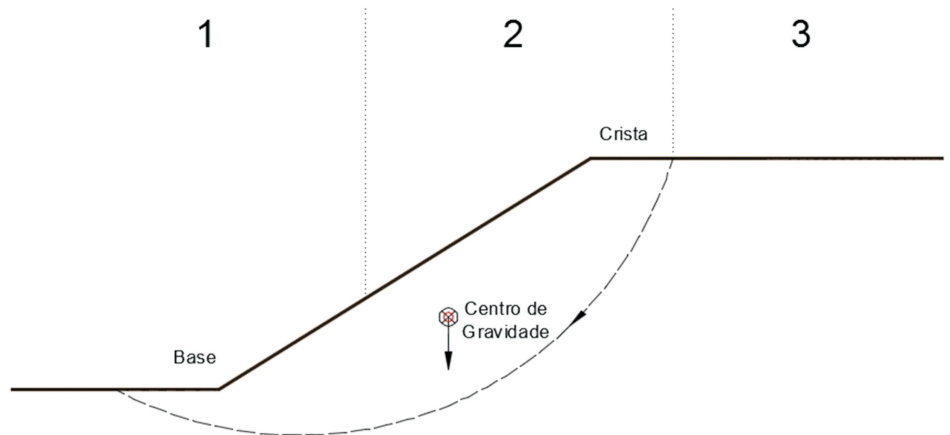


Figura 35: Seção transversal esquemática de um talude seco.

Para a utilização de plantas em taludes fluviais (figura 36), é fundamental o conhecimento das suas características ecológicas, principalmente no que diz respeito à capacidade de resistir a períodos de submersão. Espécies que resistam à submersão por períodos mais longos podem ser implantadas no leito de vazante e normal (posições 1 e 2). No entanto, espécies com menor resistência à submersão devem ser implantadas afastadas do leito de vazante (posições 3 e 4).

Espécies arbóreas, mesmo em taludes fluviais, não devem ser utilizadas na crista (equivalente à posição 3), pelos mesmos motivos expostos anteriormente.

Tipo de intervenção

Intervenções com técnicas de Engenharia Natural apresentam diversas tipologias construtivas como descrito no capítulo 3. Algumas dessas técnicas dependem da forma de uso do material vivo, ou seja, sementes, estacas vivas ou mudas. Com base na forma de propagação da espécie são indicadas as tipologias construtivas para qual a espécie é considerada adequada.

4.2 Fichas de plantas

A seguir são apresentadas fichas técnicas elaboradas para as 18 espécies lenhosas descritas neste catálogo, seguindo a estruturação apresentada.

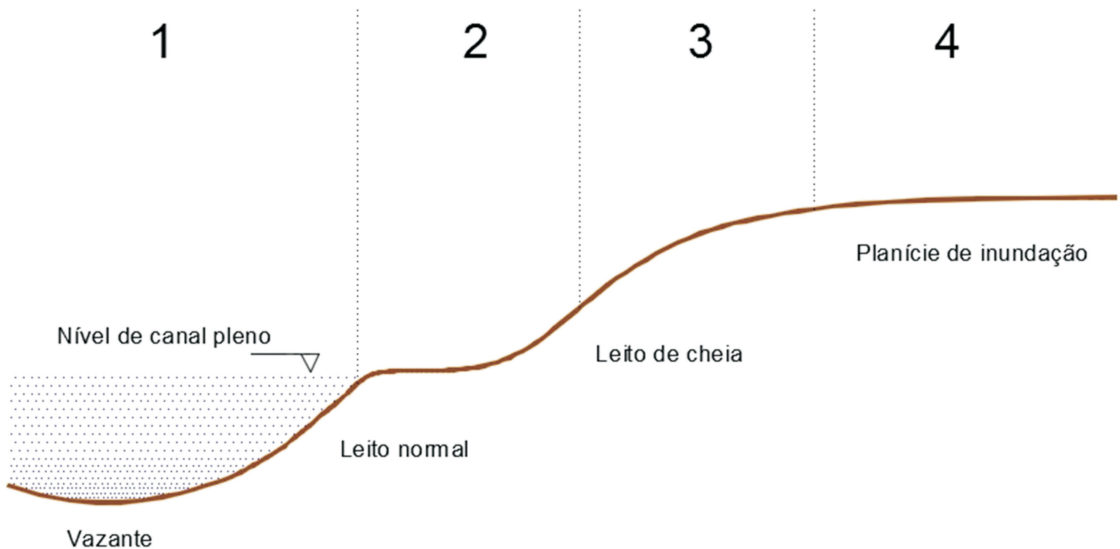


Figura 36: Seção transversal esquemática de um talude fluvial.

Allamanda cathartica L.

Apocynaceae

Nomes populares

Alamanda-amarela, alamanda, carolina, dedal-de-dama, flor-de-dedal, quatro-patacas, copo-de-ouro, rosa-do-campo.

Características morfológicas

Trepadeira ou arbusto lenhoso de 2 a 5 metros de altura, perennifólio, com numerosas ramificações e copa densa. Casca externa acinzentada, com fissuras pouco profundas; casca interna esverdeada ou esbranquiçada. Folhas simples, com superfície brilhante, margens inteiras e onduladas, em número de 4 a 6 por nó. Flores amarelas e vistosas, em forma de funil. Frutos globosos, espinhentos, que encerram numerosas sementes achatadas. Digno de nota é a exsudação de látex branco em diferentes órgãos.

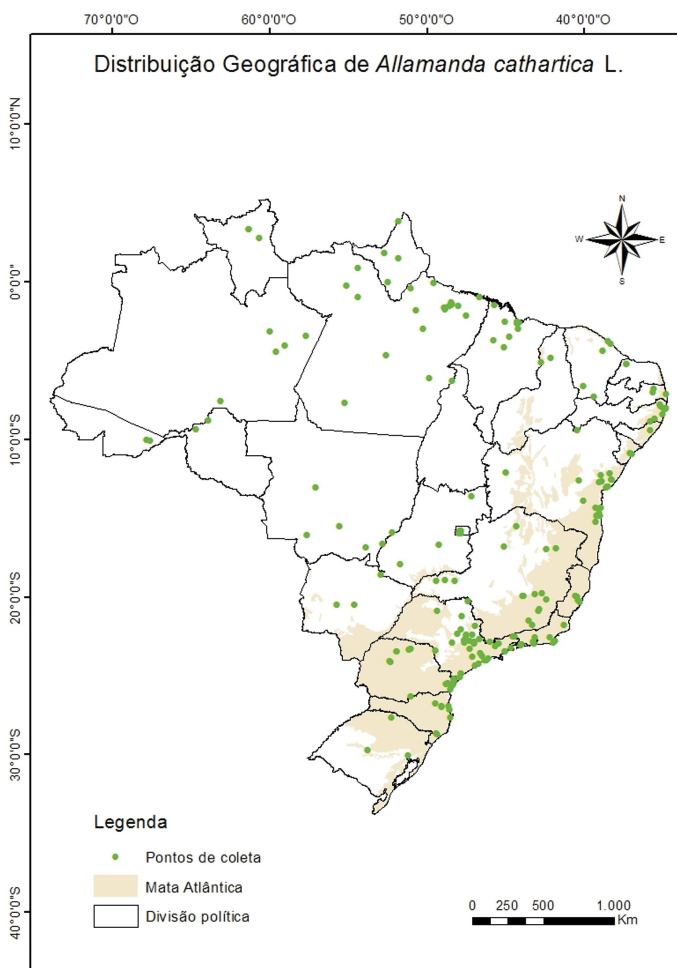
Biologia reprodutiva

Produz flores e frutos durante quase o ano todo. Embora produza sementes em abundância, a principal via de propagação é a vegetativa, a partir de estacas do caule, coletadas principalmente na primavera, outono e verão. Recomenda-se confeccionar as estacas sem folhas e com pelo menos duas gemas (nós) por estaca. As taxas de enraizamento podem chegar a 80%.

Ecologia

A planta habita áreas degradadas ou abandonadas, bem como taludes fluviais, sendo praticamente intolerante ao sombreamento. Desenvolve-se preferencialmente em solos bem drenados, úmidos, arenosos e ricos em matéria orgânica. A espécie não tolera solos salobros ou muito alcalinos e, apesar de resistente ao frio, morre em temperaturas inferiores a -1°C .

Distribuição geográfica



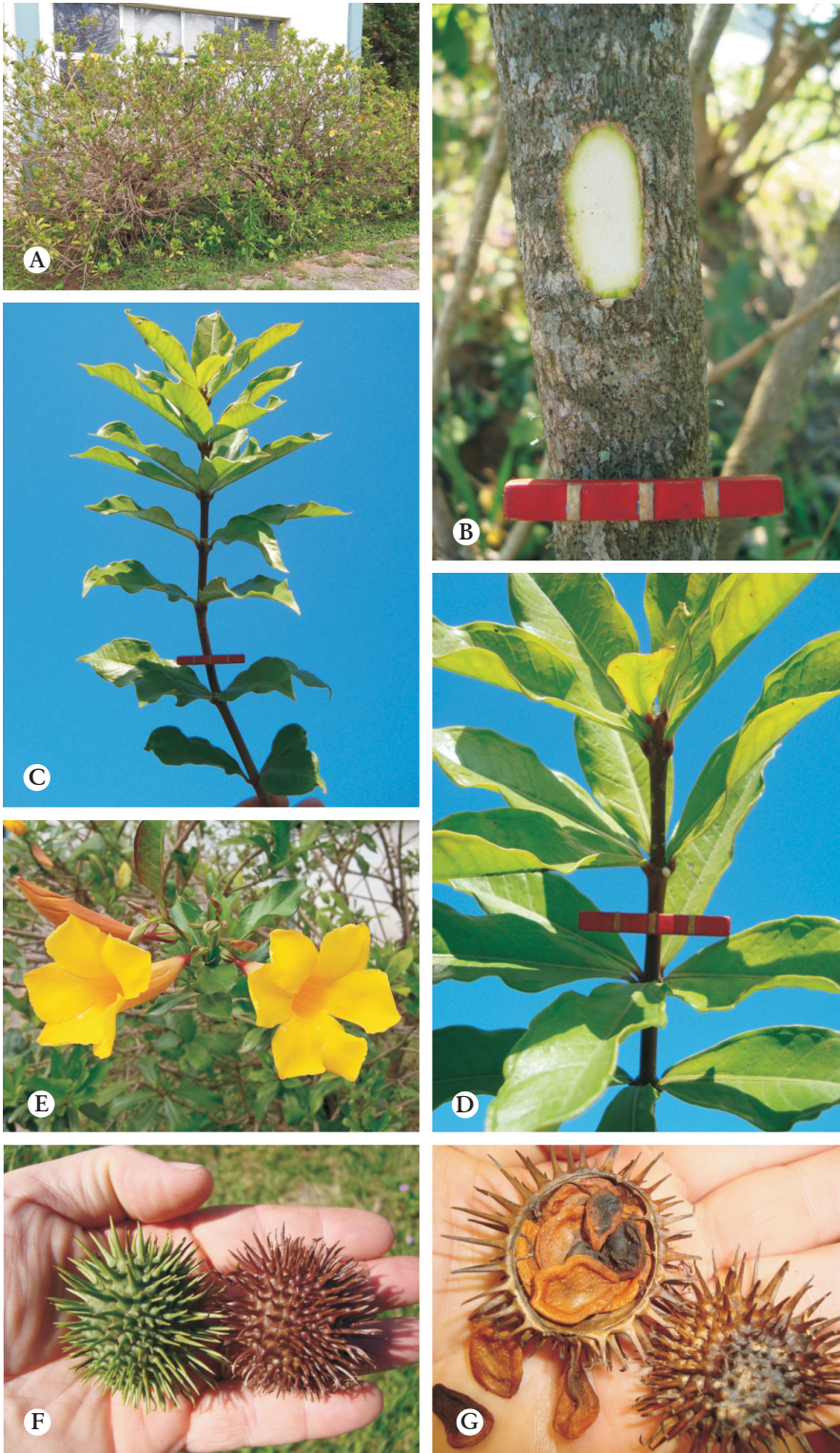


Figura 37:

Allamanda cathartica:

A – Aspecto geral da planta;
B – Casca externa e casca interna do caule;
C, D – Ramos com folhas; margens inteiras e onduladas;
E – Flores em forma de funil;
F – Frutos espinhentos;
G – Detalhes do fruto e sementes.
Escala = 4cm.

A e E: Paula Kettenhuber.
B, C, D, F e G: Luciano Denardi.

Características morfomecânicas

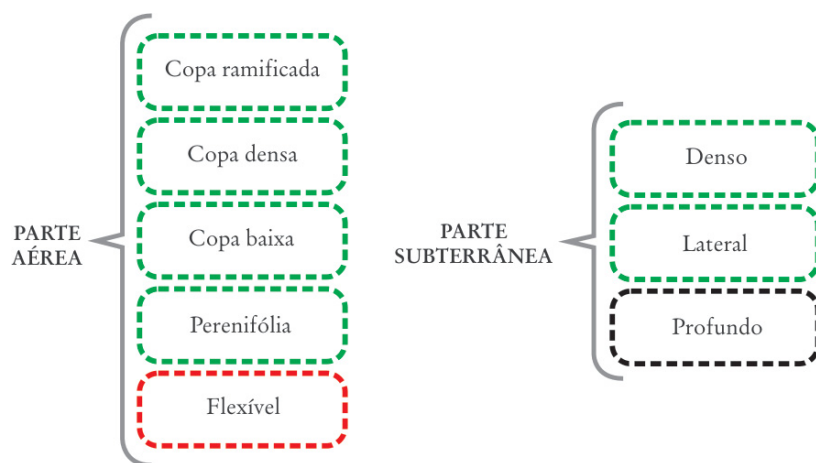


Figura 38: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

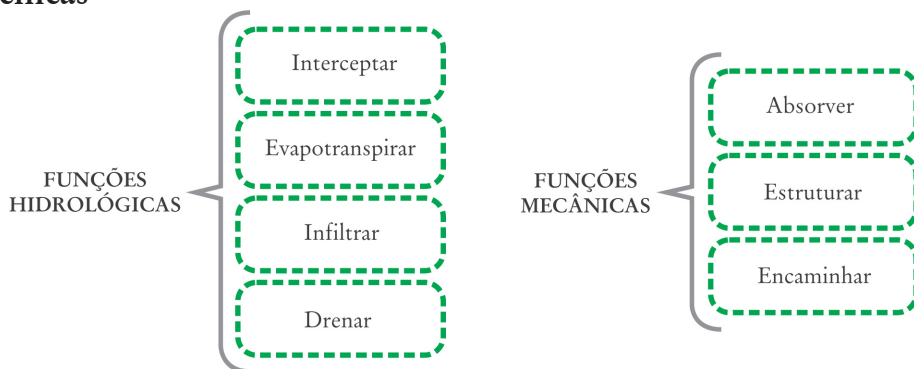


Figura 39: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

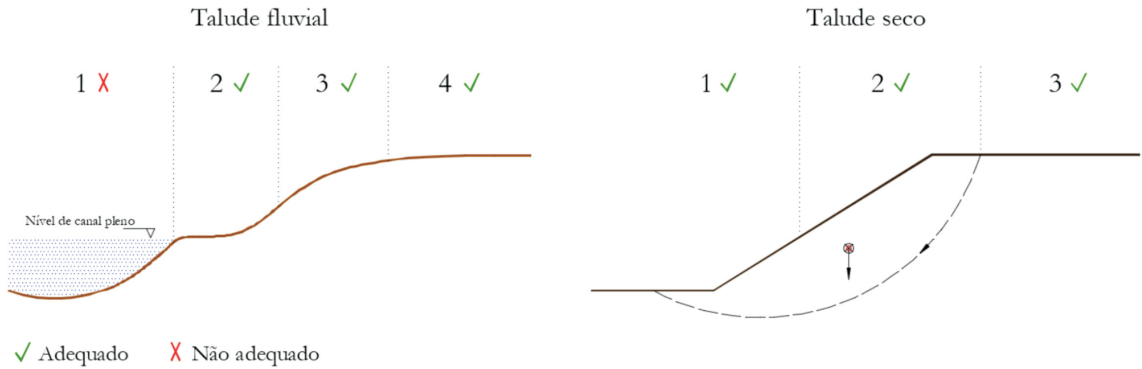
Funções Adicionais

Espécie autóctone de valor ecológico e ambiental. Planta com potencial estético devido à sua floração vistosa e abundante, durante quase todo o ano.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para controlar a erosão superficial. Também pode ser utilizada para resolver problemas de instabilização hidráulica nas margens de rios, áreas de várzeas e restingas.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Estacaria viva; Feixes vivos, Esteira viva; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Grade viva; Parede krainer; Gabião vivo; Solo envelopado; Barragem de correção torrencial.

Referências bibliográficas

- BÄRTELS, A. *Guia de plantas tropicais: plantas ornamentais, plantas úteis, frutos exóticos*. Rio de Janeiro: Lexikon, 2007. 205 p.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Investigação biotécnica de espécies com potencial de uso em obras de Engenharia Natural*. 2017. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- LORENZI, H. & SOUZA, H. M. *Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras*. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2001. 164 p.
- MATOS, F. J. A. *et al. Plantas tóxicas: estudo de fitotoxicologia química de plantas brasileiras*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011. 256 p.

Calliandra brevipes Benth.

Fabaceae

Nomes populares

Sarandi, quebra-foice, angiquinho, topete-de-cardeal, esponja, esponjinha, manduruvá.

Características morfológicas

Arbusto lenhoso e perenifólio de 1 a 2 metros de altura, muito ramificado e de copa densa. Casca externa áspera, acinzentada em caules e ramos jovens e marrom nos mais velhos; casca interna esverdeada, ou então com “estrias” marrons em caules e ramos mais velhos. Folhas compostas, formadas por lâminas muito pequenas, de margens inteiras, dispostas em uma estrutura em forma de “V” (semelhante a uma cangalha). Flores vistosas, cujo atrativo são numerosos filetes com dupla coloração (rosada e branca) que formam pequenos tufos. Legumes achatados, desprovidos de pelos, que encerram 4 a 8 sementes ovais.

Biologia reprodutiva

A floração ocorre de outubro a março e a frutificação durante o verão e outono. No Rio Grande do Sul a espécie floresce em variadas épocas do ano. Reproduz-se preferencialmente por sementes, originando plantas vigorosas.

Também pode ser propagada por estaquia, no entanto apresenta baixa porcentagem de enraizamento. Alguns experimentos demonstram que o prévio tratamento das estacas com fitoreguladores (AIB – Ácido Indolbutírico), promove o desenvolvimento de maior número de raízes por estaca.

Ecologia

Planta pertencente ao grupo das reófilas, habitando naturalmente locais úmidos e margens de rios, suportando a força das águas das enchentes e a submersão temporária. Provida de denso sistema radicular, possui troncos delgados e flexíveis, morfológicamente adaptados à reofilía. Tolerante à geada e ao frio, a espécie faz parte da vegetação dos “sarandis”, juntamente com *Pouteria salicifolia*, *Terminalia australis*, *Gymnanthes schottiana* e *Phyllanthus sellowianus*. Pode ser cultivada isolada ou formando grupos, porém sempre a pleno sol.

Distribuição geográfica

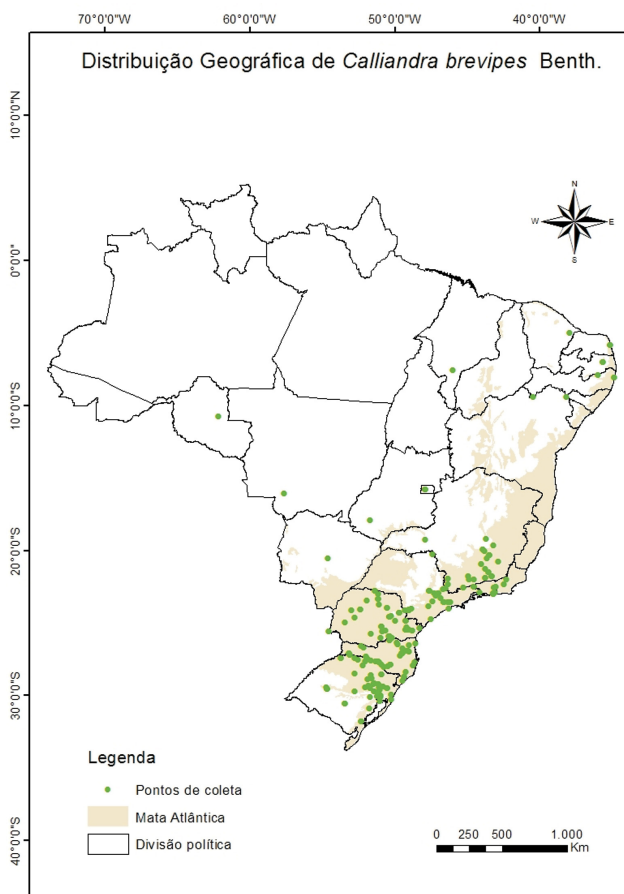




Figura 40: *Calliandra brevipes*: A – Aspecto geral da planta; B – Flores com dupla coloração (rosada e branca), reunidas em tufos; C, D – Casca externa áspera e de cor acinzentada e casca interna com estrias marrons (caule velhos), ou então verde (caules jovens); E – Folhas com lâminas muito reduzidas, dispostas numa estrutura em forma de “V”; F – Flores agrupadas em tufos; G – Frutos do tipo legume. Escala = 4 cm. A e B: Rita Sousa. C, D, E, F e G: Luciano Denardi.

Características morfomecânicas

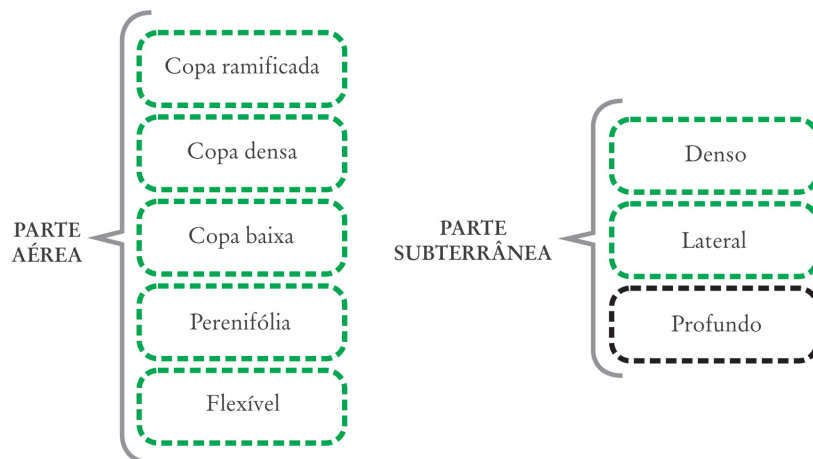


Figura 41: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

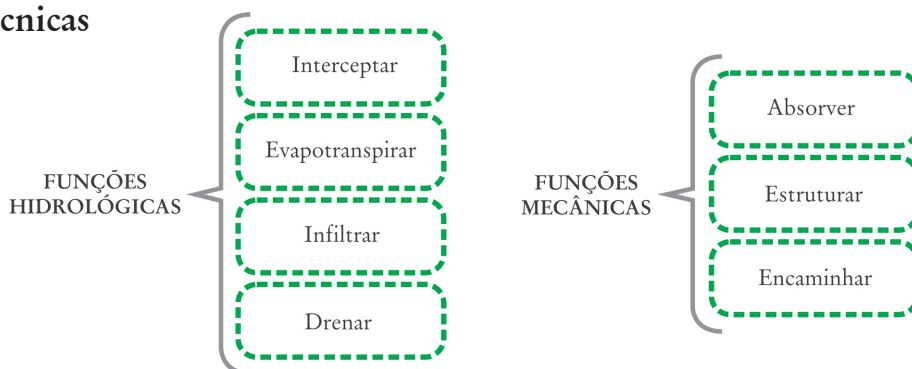


Figura 42: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções Adicionais

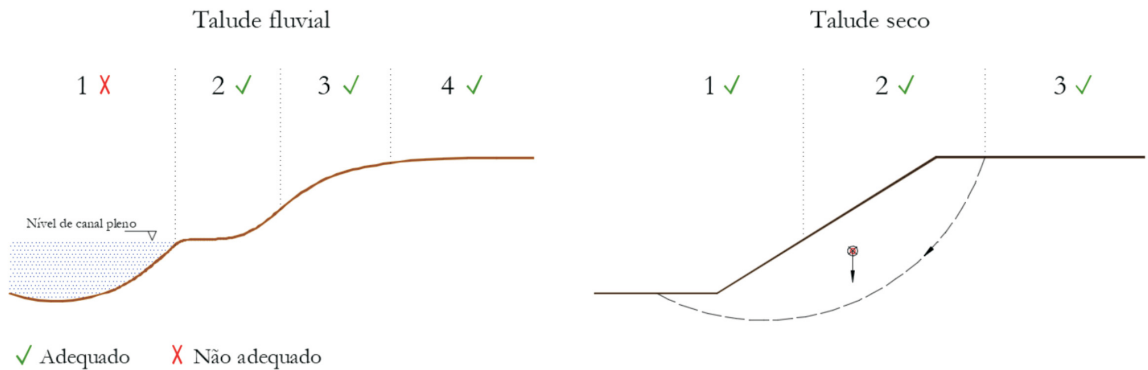
Espécie autóctone com elevado valor ecológico e ambiental para restauração da mata ciliar, promoção da conectividade ecológica e hidráulica de cursos de água. Planta ornamental devido à sua folhagem e abundante floração em diversas épocas do ano.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para estabilização hidráulica nas margens de cursos de água. Também pode ser utilizada para controlar a erosão superficial e na estabilização geotécnica de taludes.

Em qualquer tipologia de problema deve ser dada preferência à sua utilização em forma de mudas, uma vez que a sua propagação por estaquia apresenta baixa porcentagem de enraizamento.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Semeadura manual; Hidrossemeadura; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Grade viva; Parede krainer; Gabião vivo; Solo envelopado.

Referências bibliográficas

- DURLO, M. A. & SUTILI, F. J. *Manejo biotécnico de cursos de água*. Porto Alegre: EST edições, 2005. 189 p.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- LORENZI, H. & SOUZA, H. M. *Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras*. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2001. 626 p.
- MAYER, J. L. S. *et al.* Formação de raízes em estacas de duas espécies de *Calliandra* (leguminosae – mimosoideae). *Rodriguésia*, v. 59, p. 487-495, 2008.
- MARCHIORI, J. N. C. *Dendrologia das Angiospermas – Leguminosas*. 2º edição. Santa Maria: Ed. UFSM, 2007. 199 p.
- SOUSA, R. S. *Metodologia para especificação de plantas com potencial biotécnico em engenharia natural*. Santa Maria: UFSM, 2015. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

Calliandra tweedii Benth.

Fabaceae

Nomes populares

Sarandi, caliandra, quebra-foice, topete-de-cardeal, mandaravê, mandararé, esponjinha, esponjinha-vermelha, esponjinha-sangue.

Características morfológicas

Arbusto lenhoso e perenifólio de 1 a 4 metros de altura, muito ramificado e de copa densa. Casca externa áspera, de tonalidade cinza-claro em troncos e ramos jovens, sendo mais escurecida nos mais velhos; casca interna esverdeada, ou então com estrias marrom-alaranjada em caules e ramos velhos. Folhas compostas, formadas por numerosas lâminas de dimensões muito reduzidas, com margens inteiras, muitas vezes providas de pelos esbranquiçados. Flores vistosas, cujo atrativo são numerosos filetes vermelhos que formam pequenos tufos. Legumes achatados, de cor castanha, revestidos por densa pilosidade.

Biologia reprodutiva

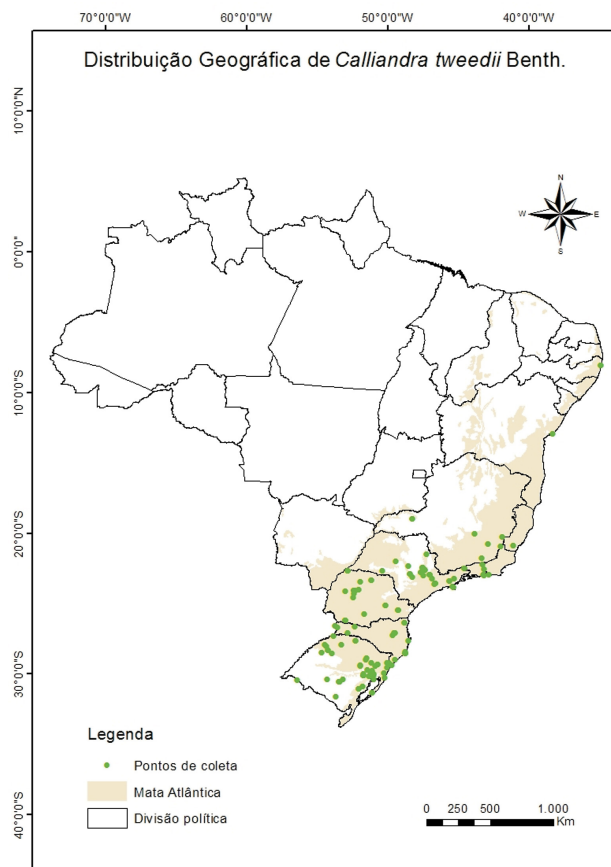
Dependendo das condições de temperatura, a espécie floresce de forma intermitente desde o começo da primavera até meados do outono. A frutificação ocorre de forma abundante a partir do final da primavera. Recomenda-se coletar as sementes antes da maturidade completa dos frutos e semear as ainda verdes.

A espécie multiplica-se vegetativamente por estaquia, porém o desenvolvimento é comparativamente inferior à *Calliandra brevipes*. Recomenda-se a confecção das estacas no final do inverno. O prévio tratamento das estacas com fitorreguladores (AIB – Ácido Indolbutírico) resultam em maior percentual de enraizamento.

Ecologia

Originária do Sul do Brasil e norte do Uruguai, a espécie é tolerante ao frio. No Rio Grande do Sul apresenta uma ampla área de ocorrência, com exceção da Floresta Ombrófila Mista e Formações Pioneiras de Influência Marinha. Espécie heliófita, seletiva higrófila que habita a orla da mata ciliar e margem dos cursos de água.

Distribuição geográfica



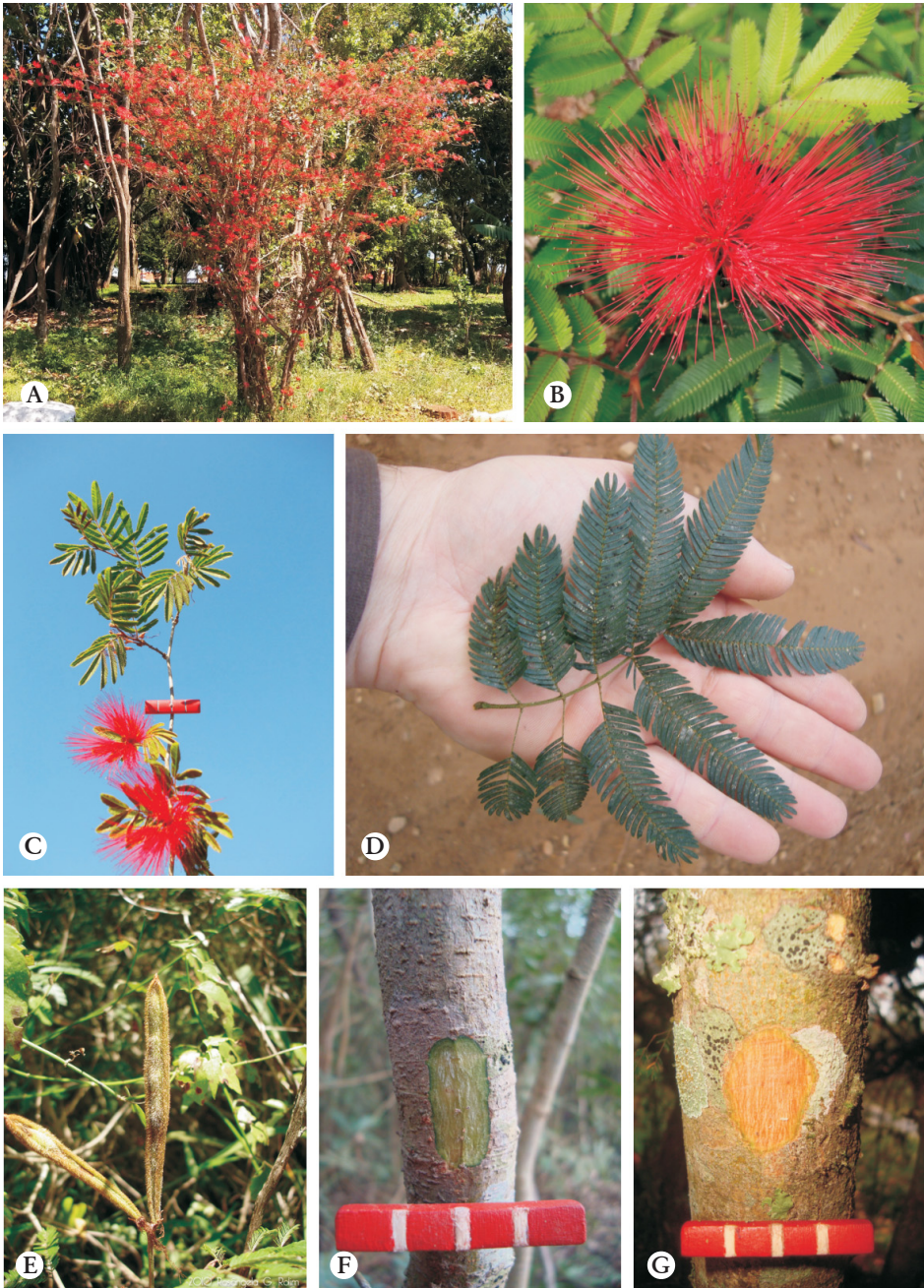


Figura 43: *Calliandra tweedii*: A – Aspecto geral da planta, com destaque para a vistosa floração; B – Flores vermelhas, reunida em tufo; C – Ramo fértil; D – Aspecto de uma única folha (composta), formada por numerosas lâminas de dimensões muito reduzidas; E – Legume ainda verde, com destaque para densa pilosidade; F – Detalhes da casca externa e interna em caule jovem; G – Detalhes da casca externa e interna em caule velho. Escala = 4cm. A: Paula Kettenhuber. B: Rita Sousa. C, D, E, F e G: Luciano Denardi.

Características morfomecânicas

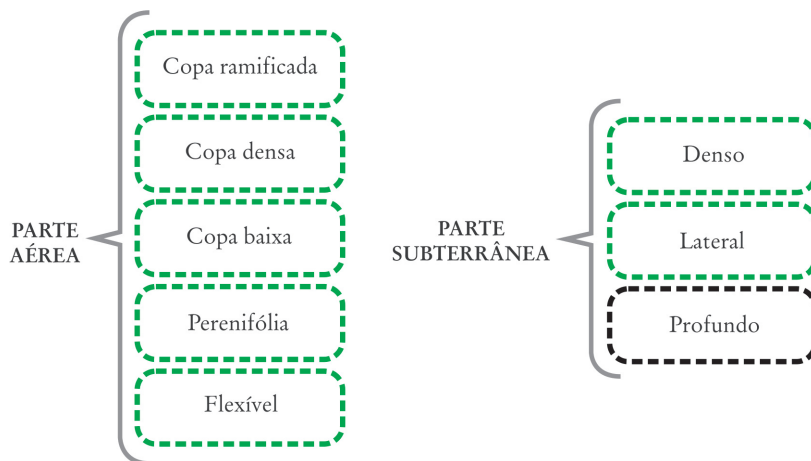


Figura 44: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

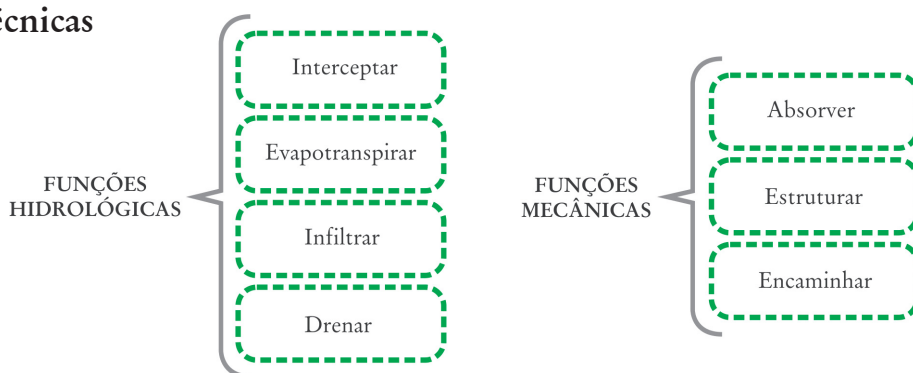


Figura 45: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções Adicionais

Espécie autóctone com elevado potencial estético devido à sua floração abundante e adaptabilidade às podas.

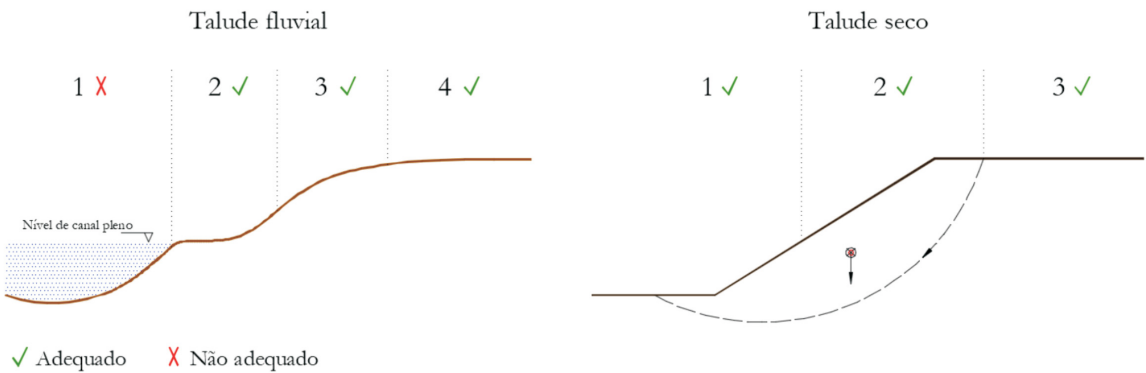
Planta com valor ecológico e ambiental para a restauração de áreas ciliares. Promove o enriquecimento do solo, pois possui simbiose com bactérias nitrificadoras, que se desenvolvem em nódulos nas raízes da planta e fixam o nitrogênio atmosférico. Muito atraente à fauna polinizadora.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para estabilização hidráulica nas margens de cursos de água. Também pode ser utilizada para controlar a erosão superficial.

Em qualquer tipologia de problema deve ser dada preferência à sua utilização em forma de mudas, uma vez que a sua propagação por estaquia apresenta baixa porcentagem e enraizamento.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Semeadura manual; Hidrossemeadura; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Grade viva; Parede krainer.

Referências bibliográficas

- BÄRTELS, A. *Guia de plantas tropicais: plantas ornamentais, plantas úteis, frutos exóticos*. Rio de Janeiro: Lexikon, 2007. 205 p.
- BRUSSA SANTANDER, C. A. & GRELA GONZÁLEZ, I. A. *Flora Arbórea Del Uruguay – Com énfasis em las especies de Rivera y Tacuarembó*. Montevideo: Editora COFUSA, 2007. 544 p.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- LORENZI, H. & SOUZA, H. M. *Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras*. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2001. 626 p.
- MARCHIORI, J. N. C. *Dendrologia das Angiospermas – Leguminosas*. 2º edição. Santa Maria: Ed. UFSM, 2007. 199 p.
- MAYER, J. L. S. *et al.* Formação de raízes em estacas de duas espécies de *Calliandra* (leguminosae – mimosoideae). *Rodriguésia*, v. 59, p. 487-495, 2008.
- REITZ, R. Leguminosas: mimosoideas. In: REITZ, R. (Org.) *Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1979. 299 p.
- SOBRAL, M. *et al.* *Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil*. São Carlos: RiMa: Novo Ambiente, 2006. 110 p.

Cephalanthus glabratus (Spreng.) K. Schum.

Rubiaceae

Nomes populares

Sarandi, sarandi-branco, sarandi-mole, sarandi-de-vela, sarandi-colorado.

Características morfológicas

Arbusto caducifólio ou semicaducifólio com 3 a 5 metros de altura, muito ramificado e de copa pouco densa. Casca externa fissurada, de coloração cinza-claro; casca interna esbranquiçada, mas que torna-se rapidamente escura ao ser exposta ao ar. Folhas simples, de margens inteiras, em número de três por nó. As flores, geralmente localizadas na extremidade dos ramos, são brancas, pequenas e pouco atrativas, porém exalam um suave perfume que lembra canela. Frutos secos e de dimensões muito reduzidas.

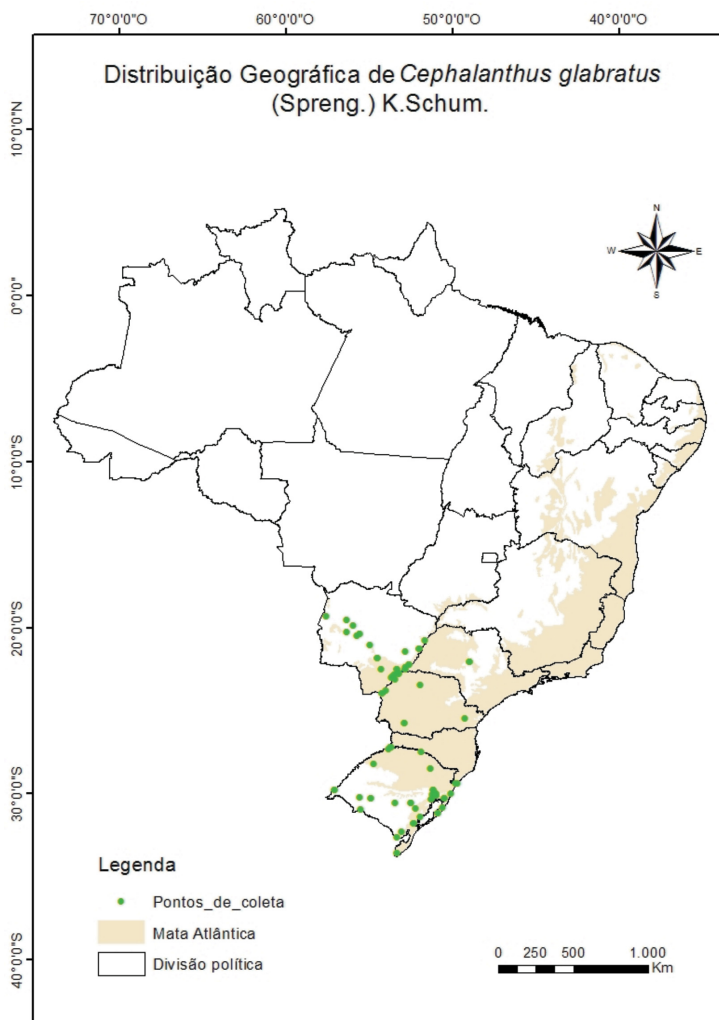
Biologia reprodutiva

A espécie floresce e frutifica na primavera e verão. Apresenta boa capacidade de propagação vegetativa por meio de estaquia, devendo ser realizada preferencialmente no período do final do inverno/primavera, quando seus ramos ainda estão sem folhas. Apresenta taxas de enraizamento superior a 85%.

Ecologia

Trata-se de uma espécie heliófila ou de luz difusa que ocorre naturalmente nos Estados do Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A planta pertence ao grupo das reófilas, crescendo preferencialmente em “águas paradas”, nas margens brejosas dos rios e zonas de banhado, onde chega a formar densos agrupamentos.

Distribuição geográfica



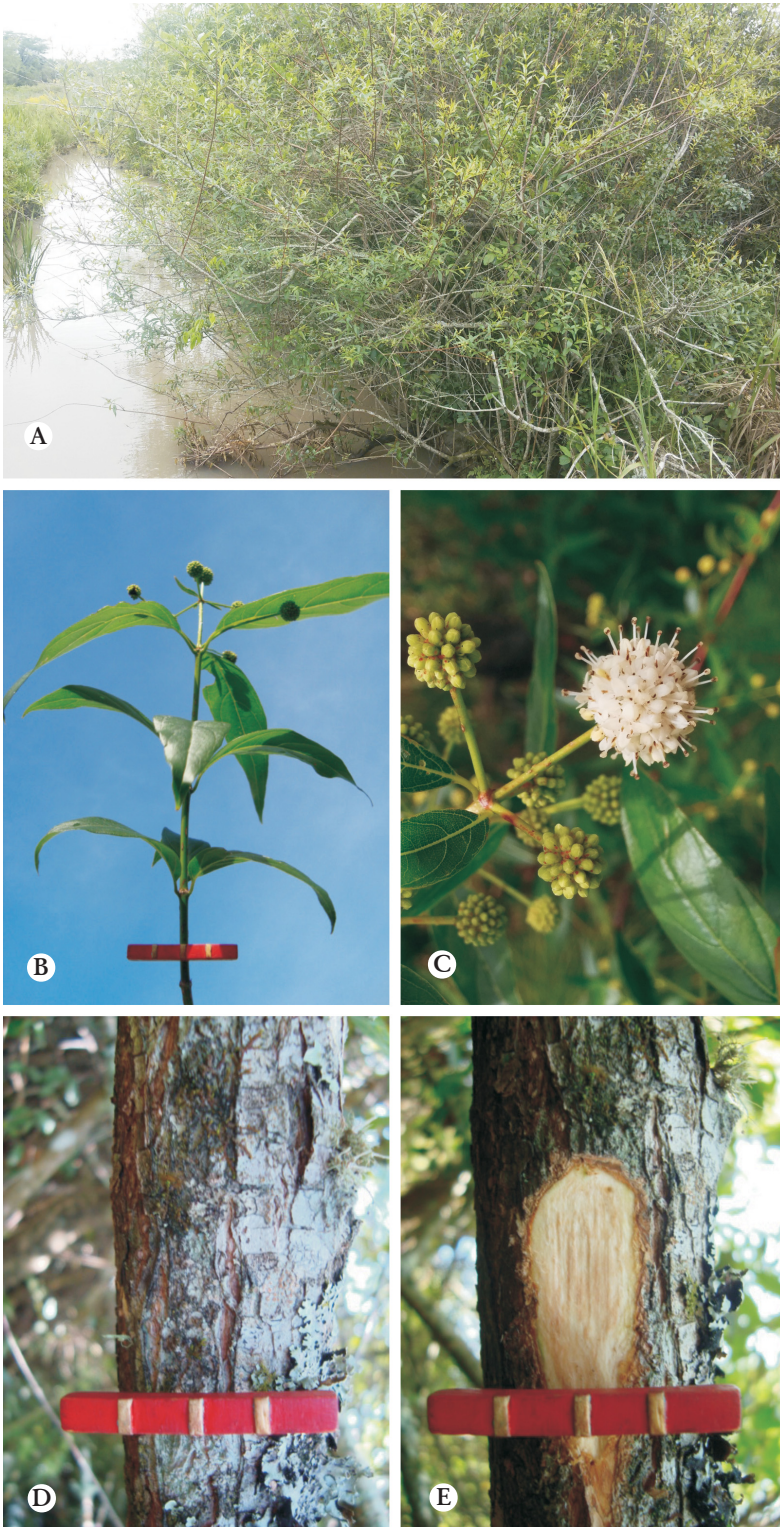


Figura 46:

Cephalanthus glabratus:

A – Agrupamento de vários indivíduos nas margens de um canal fluvial;
B – Ramo fértil exibindo botões florais formando “estruturas esféricas” e folhas simples, de margens inteiras, em número de 3 por nó;
C – Detalhe dos botões florais;
D – Casca externa fissurada de coloração cinza-claro;
E – Casca interna esbranquiçada.
Escala = 4cm.

A: Paula Kettenhuber.

C: Rita Sousa.

B, D, E: Luciano Denardi.

Características morfomecânicas

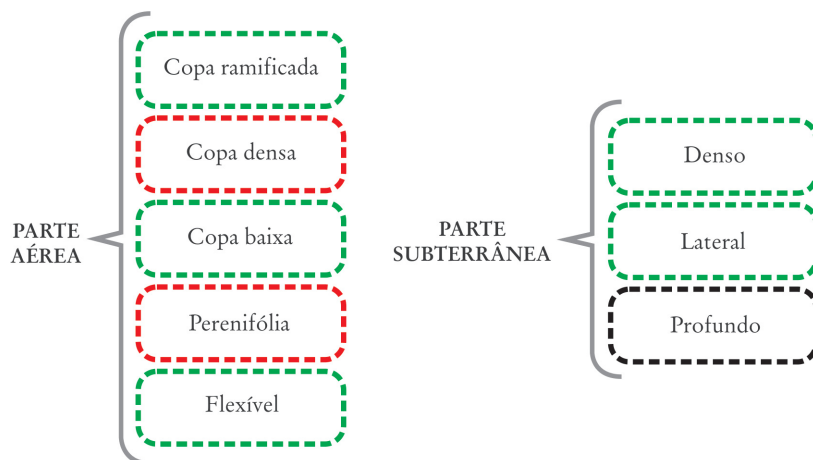


Figura 47: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

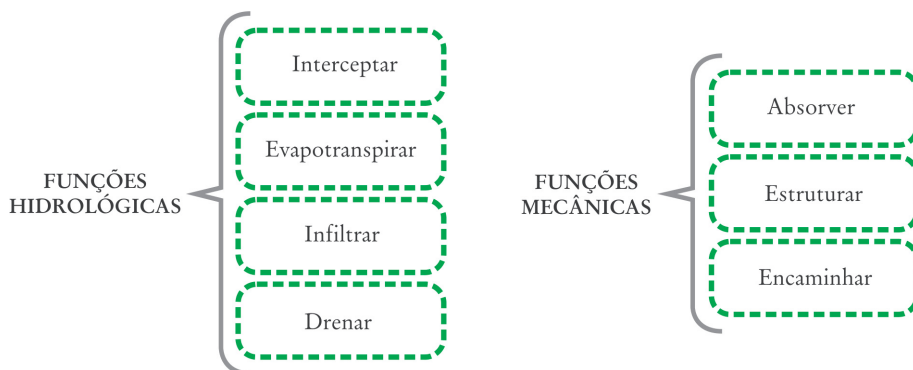


Figura 48: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

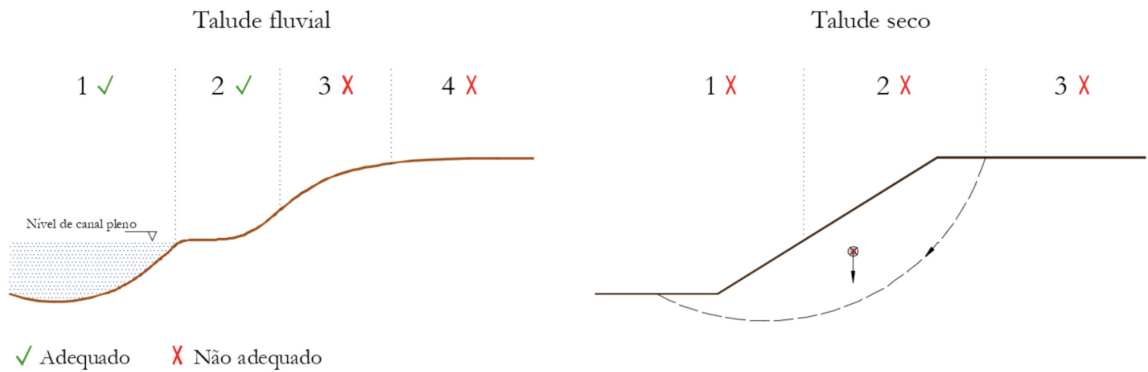
Funções Adicionais

Espécie autóctone com valor ecológico e ambiental para a restauração de áreas ciliares e zonas de banhado. Os custos de reprodução são baixos, pois a sua propagação vegetativa apresenta bons percentuais de enraizamento quando realizada no final do período de repouso vegetativo. Serve como fonte de produção primária de material vegetal para outras obras.

Campos de Aplicação

A espécie pode ser utilizada para estabilização hidráulica nas margens e leito de cursos de água, preferencialmente em zonas com baixas velocidades de fluxo. Também pode ser indicada para controlar a erosão superficial, recomendando-se densidades altas de plantio para garantir a cobertura do solo.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Estacaria viva; Entronçado vivo; Feixes vivos, Esteira viva; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Grade viva; Parede krainer; Gabião vivo; Barragem de correção torrencial.

Referências bibliográficas

- BRUSSA SANTANDER, C. A. & GRELA GONZÁLEZ, I. A. *Flora Arbórea del Uruguay – Com énfasis en las especies de Rivera y Tacuarembó*. Montevideo. Editora COFUSA, 2007. 544 p.
- DELPRETE, P. G.; SMITH, L. B. & KLEIN, R. M. Rubiáceas. In: REITZ, P. R. (Org.). *Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2004. 22 p.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Investigação biotécnica de espécies com potencial de uso em obras de Engenharia Natural*. 2017. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- MARCHIORI, J. N. C. *Fitogeografia do Rio Grande do Sul – campos sulinos*. Porto Alegre: Ed. EST, 2004. 110 p.
- SIEGLOCH, A. M.; MARCHIORI, J. N. C. & SANTOS, S. R. Anatomia do lenho de *Cephalanthus glabratus* (spreng.) k. schum. (rubiaceae). *Balduinia*, n. 31, p. 20-26, 31-VIII-2011.

Escallonia bifida Link & Otto

Escalloniaceae

Nomes populares

Canudo-de-pito, esponjeira, esponja-do-mato, escalônia.

Características morfológicas

Arbusto perenifólio medindo até 5 metros de altura, com numerosas ramificações e copa densa. Casca externa marrom-alaranjada, com fissuras pouco profundas, que se desprende naturalmente em forma de curtas tiras; casca interna de coloração amarelada. Folhas simples, com face superior de tonalidade verde-escuro e face inferior verde-claro; apresentam margens finamente serreadas, geralmente dobradas para baixo na região próxima ao pecíolo. As flores são brancas, pequenas, mas por se agruparem no ápice dos ramos, à semelhança de um “buquê de noiva”, conferem grande efeito ornamental. Frutos secos e diminutos, com superfície externa “irregular”, que encerram numerosas sementes.

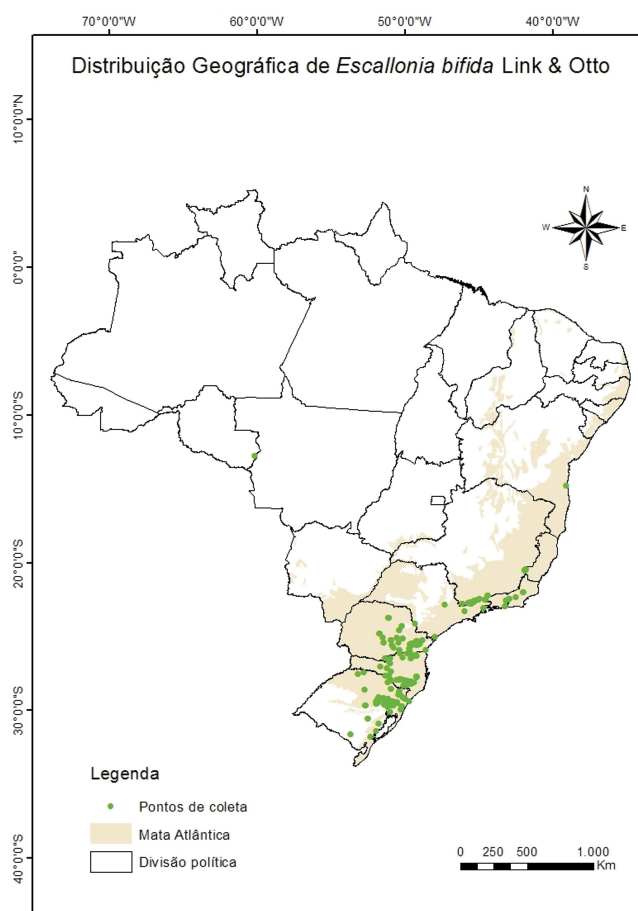
Biologia reprodutiva

A floração ocorre durante um longo período (dezembro até abril), ao passo que a maturação dos frutos acontece no outono. A propagação por via seminal da espécie é muito favorável, uma vez que produz anualmente muitas sementes, que são disseminadas pelo vento. Também se multiplica vegetativamente por meio de estaquia, porém apresenta baixos percentuais de enraizamento.

Ecologia

Trata-se de uma espécie pioneira, heliófita até esciófita, que ocorre naturalmente em Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, bem como no Uruguai, Argentina e Paraguai. Como planta higrófila, habita preferencialmente lugares úmidos e de vegetação baixa ao longo das margens de rios, córregos e banhados, sendo também abundante nas margens de estradas, capoeiras, orlas de florestas e na submata dos pinhais (floresta com araucária), chegando a formar agrupamentos densos.

Distribuição geográfica



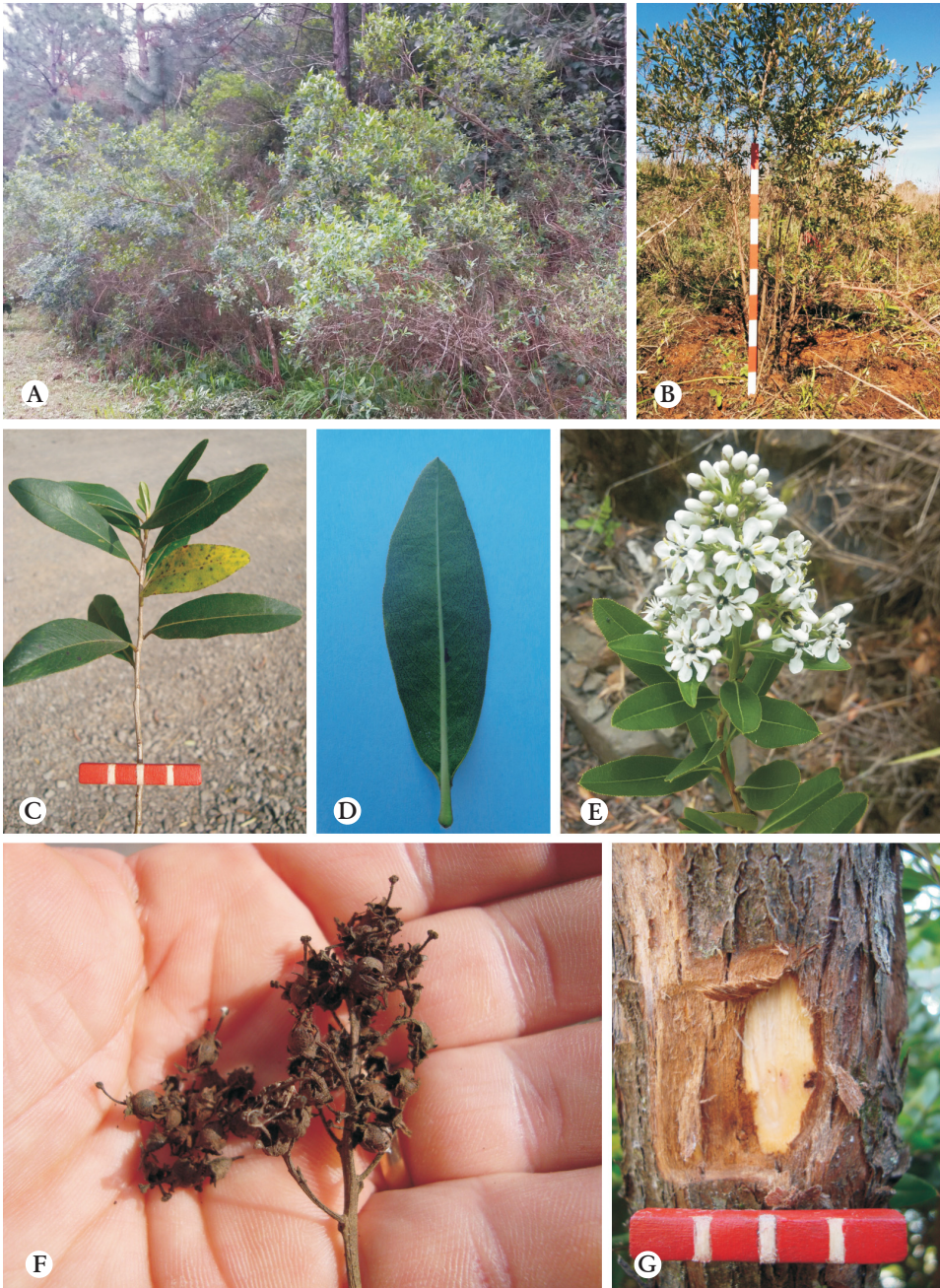


Figura 49: *Escallonia bifida*: A – Agrupamento de vários indivíduos nas margens de uma estrada; B – Aspecto geral de um indivíduo adulto; C – Ramo com folhas do tipo simples; D – Detalhe de uma única folha, provida de margens finamente serradas e dobradas para baixo na região próxima ao pecíolo; E – Detalhes das flores, reunidas no ápice dos ramos; F – Frutos pequenos, de coloração marrom quando maduros; G – Casca externa fissurada, de tonalidade marrom-alaranjada, e casca interna amarelada. Escala = 4 cm. A e E: Paula Kettenhuber. B: Rita Sousa. C, D, F e G: Luciano Denardi.

Características morfomecânicas

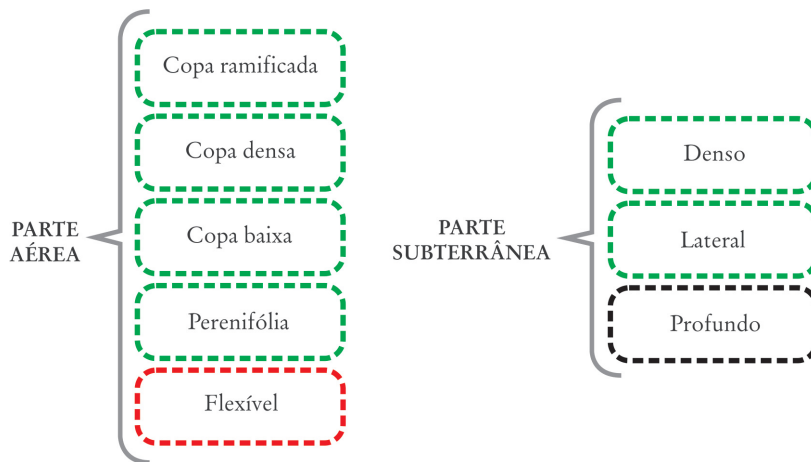


Figura 50: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

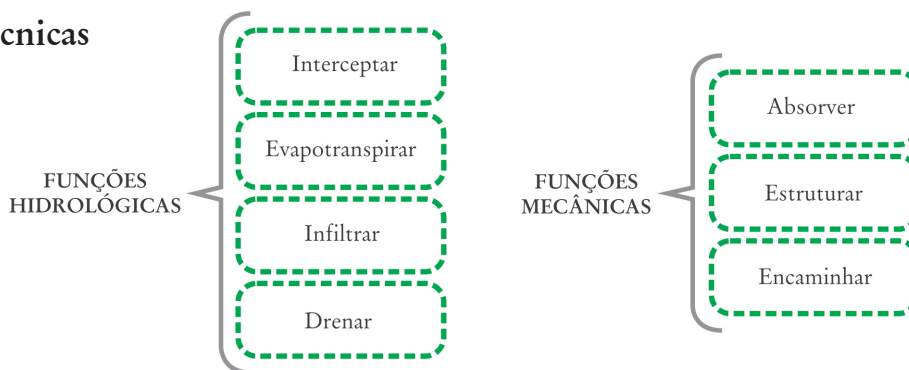


Figura 51: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

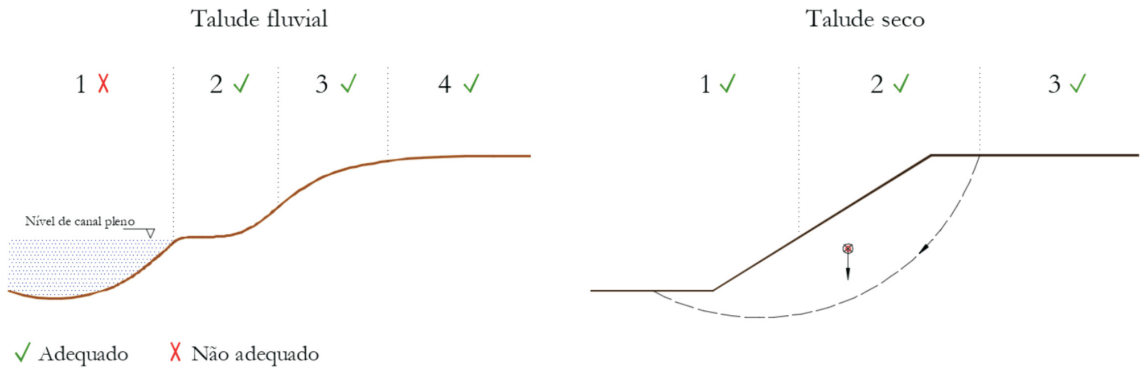
Funções Adicionais

Espécie autóctone de valor ecológico e ambiental para restauração da mata ciliar. Planta ornamental devido à sua floração vistosa e abundante.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para situações de instabilidade hidráulica nas margens de cursos de água. Também pode ser utilizada para minimizar os efeitos da erosão superficial.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Semeadura manual; Hidrossemeadura; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Grade viva; Parede krainer; Gabião vivo; Solo envelopado.

Referências bibliográficas

- KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Investigação biotécnica de espécies com potencial de uso em obras de Engenharia Natural*. 2017. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. v. 3. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2009. 110 p.
- MARCHIORI, J. N. C. *Dendrologia das angiospermas: das bixáceas às rosáceas*. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2000. 240 p.
- REITZ, R. Saxifragáceas. In: REITZ, R. (Org.) *Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1985. 43 p.
- SOBRAL, M. et al. *Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil*. São Carlos: RiMa: Novo Ambiente, 2006. 105 p.

Gymnanthes schottiana Müll. Arg.

Euphorbiaceae

Nomes populares

Sarandi, sarandi-de-espinho, sarandi-negro, sarandi-vermelho, amarelo, içaranduba, asso-bio-de-macaco, espinho-de-olho.

Características morfológicas

Arbusto caducifólio de até 3,5 metros de altura, provido de numerosas ramificações e copa densa. Casca externa áspera, acinzentada (cor de vinho em troncos e ramos jovens), marcada por numerosas lenticelas esbranquiçadas; casca interna esverdeada. Folhas simples, de margens inteiras, providas de uma ou duas pequenas glândulas (aparecem como manchas escuras) localizadas próximas ao pecíolo. Flores pequenas, amareladas e pouco atrativas. Frutos igualmente pequenos, marcados por sulcos longitudinais que dão o aspecto de gomos.

Biologia reprodutiva

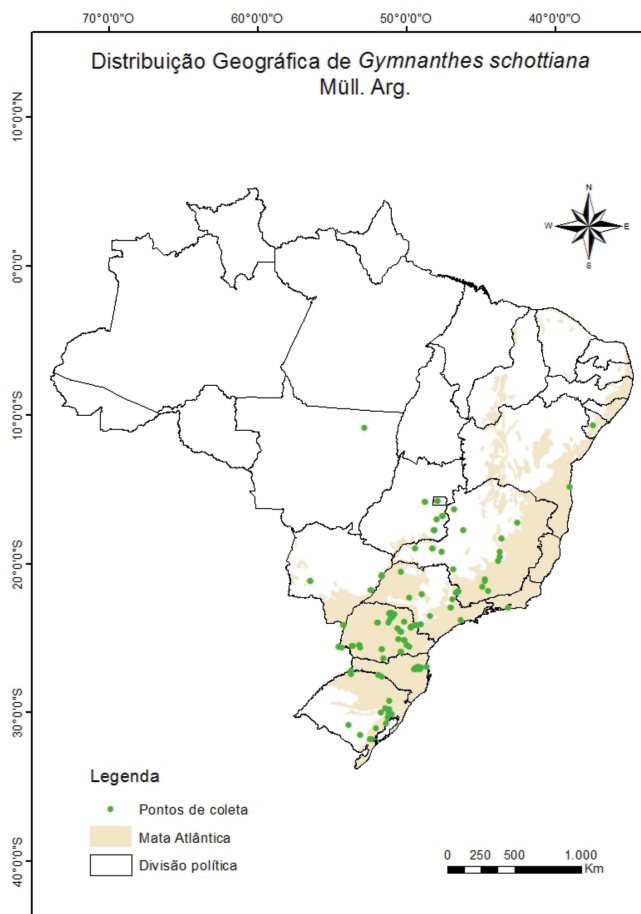
A floração ocorre normalmente de setembro a dezembro, ao passo que a frutificação estende-se até janeiro.

A espécie pode ser facilmente propagada vegetativamente por meio de estacas lenhosas, pois além das elevadas taxas de sobrevivência e enraizamento, as estacas emitem vigorosa brotação na parte aérea e no sistema radicial.

Ecologia

A espécie apresenta vasta dispersão na bacia do Prata e região da Floresta Atlântica, ocorrendo desde Goiás, Minas Gerais e Rio de Janeiro, até o Uruguai, nordeste da Argentina e Rio Grande do Sul. Apresenta distribuição descontínua e irregular, ao longo da margem de rios e ilhas rochosas. Trata-se de uma planta heliófila, seletiva higrófila até xerófila, suportando bem variações extremas de umidade e aridez. Como planta reófila, é capaz de suportar a força das águas durante as enchentes e a submersão temporária.

Distribuição geográfica



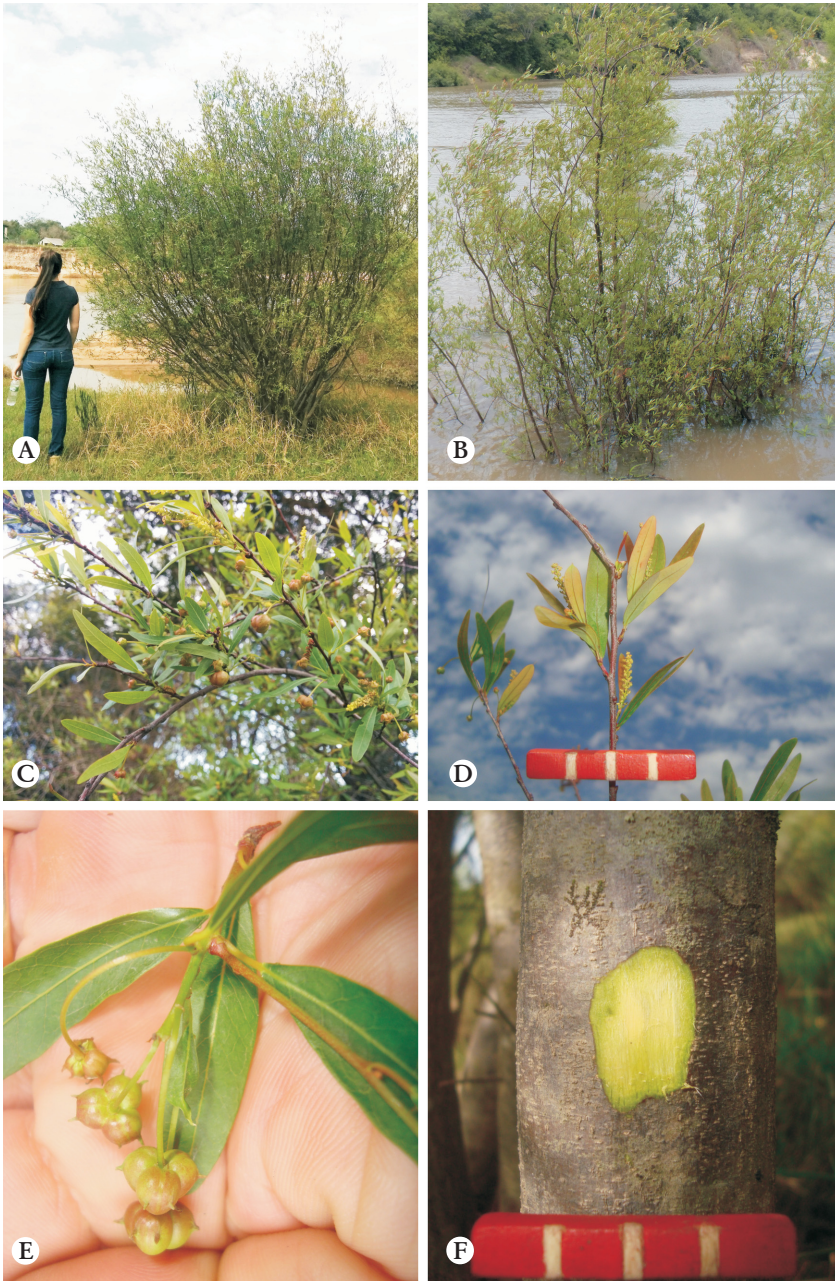


Figura 52: *Gymnanthes schottiana*: A – Indivíduo adulto e muito ramificado, crescendo às margens de um rio; B – Indivíduos parcialmente submersos no leito de um curso de água; C – Aspecto dos ramos, destacando as inflorescências amareladas e frutos imaturos; D – Detalhe de um ramo, destacando a coloração cor-de-vinho e as inflorescências (conjunto de flores) presentes na axila das folhas; E – Detalhes dos frutos imaturos, com aspecto de gomos; F – Casca externa áspera, cor-de-vinho, e casca interna esverdeada. Escala = 4 cm. A, D, E e F: Luciano Denardi. B e C: Rita Sousa.

Características morfomecânicas

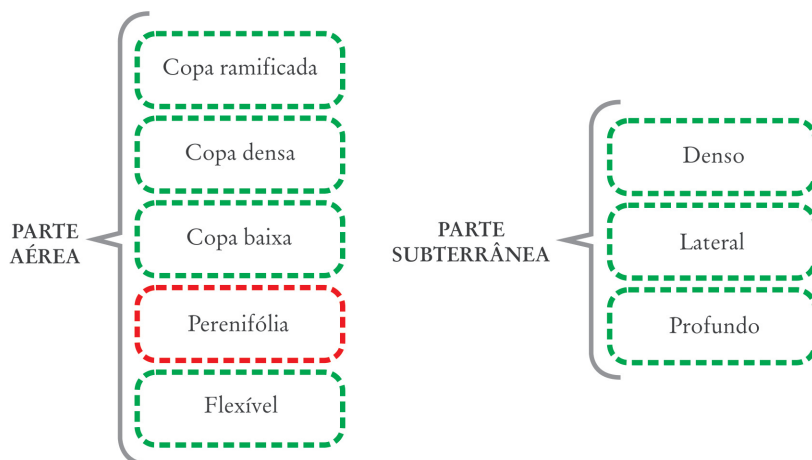


Figura 53: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

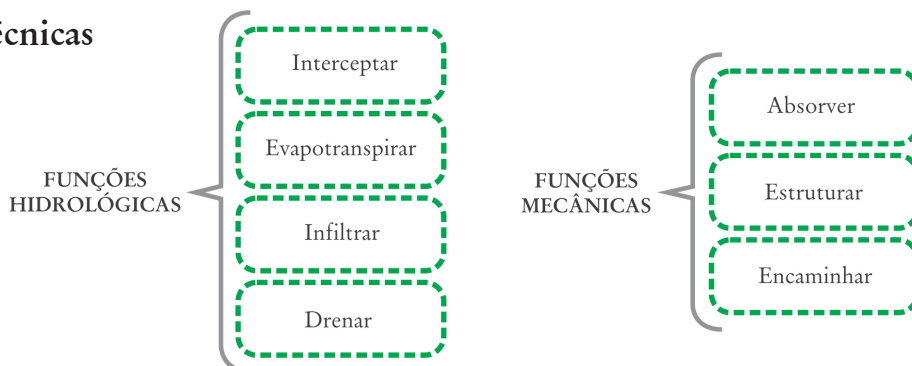


Figura 54: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

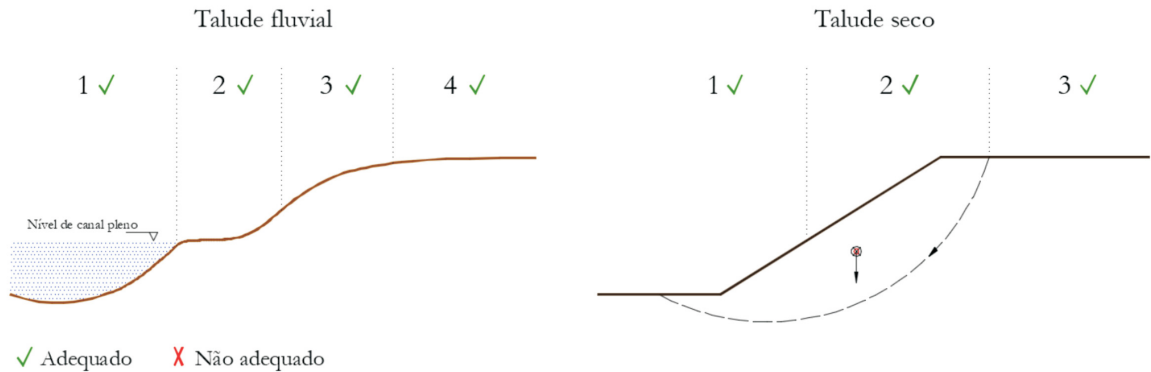
Funções Adicionais

Espécie autóctone com elevado valor ecológico e ambiental para restauração da mata ciliar, promoção da conectividade ecológica e hidráulica de cursos de água e da estabilidade térmica da água.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para resolver problemas de instabilização hidráulica e geotécnica nas margens e leito de cursos de água, bem como em taludes. É recomendada para controlar a erosão superficial (devem, no entanto, ser utilizadas densidades altas de plantio).

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Semeadura manual; Hidrossemeadura; Estacaria viva; Entrançado vivo; Feixes vivos, Esteira viva; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Defletores; Grade viva; Parede krainer; Barragem de correção torrencial.

Referências bibliográficas

- DENARDI, L. *Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos de água*. Santa Maria: UFSM, 2007. 112 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.
- DEWES, J. J. Influência de diferentes substratos no desenvolvimento de *Sebastiania schottiana* (Müll. Arg.). Müll. Arg. (Euphorbiaceae) In: *II Congress APENA – VII Congress AEIP – VI Congress EFIB*. Portugal, p. 19-22 september 2012.
- GOIS, S. S. *Recomposição da floresta ripária na margem do rio São Francisco*. São Cristóvão: UFS. 2014. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, 2014.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- MARCHIORI, J. N. C. *Dendrologia das angiospermas: das bixáceas às rosáceas*. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2000. 240 p.
- SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. & KLEIN, R. M. Euphorbiáceas. In: REITZ, P. R. *Flora ilustrada catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1988. 408 p.
- SOUSA, R. S. *Metodologia para especificação de plantas com potencial biotécnico em engenharia natural*. Santa Maria: UFSM, 2015. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

Ludwigia elegans (Cambess.) H. Hara

Onagraceae

Nome popular

Cruz-de-malta.

Características morfológicas

Planta subarborescente de até 1,8m de altura, ereta ou decumbente, perenifolia, muito ramificada e de copa paucifoliada. Ramos cilíndricos ou angulosos, geralmente de coloração verde ou avermelhada. Casca externa marrom, provida de fissuras pouco profundas, com desprendimento natural na forma de finas lâminas; casca interna esverdeada. Folhas simples, pilosas, com margens irregularmente serradas e pecíolo curto. Flores amarelas e muito vistosas, partindo da axila das folhas. Fruto seco, provido de quatro asas dispostas no sentido longitudinal.

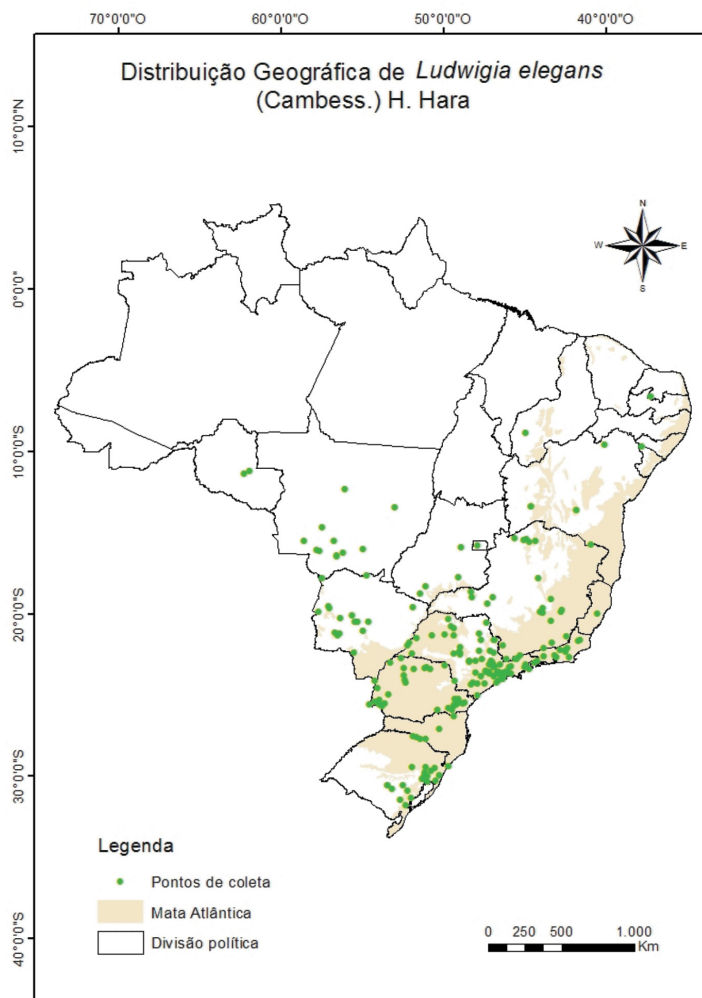
Biologia reprodutiva

O período de floração e frutificação estende-se de outubro a junho. Apresenta excelente capacidade de propagação vegetativa por meio de estaquia em qualquer época do ano, com taxa de enraizamento superior a 95%.

Ecologia

L. elegans ocorre na maioria dos países da América do Sul. No Brasil ocorre naturalmente na Mata Atlântica, Pantanal e Cerrado. A espécie habita ambientes úmidos, abertos e ensolarados, tais como campos, cultivados ou não, margens de rios e açudes, beira de estradas, banha-dos e veredas.

Distribuição geográfica



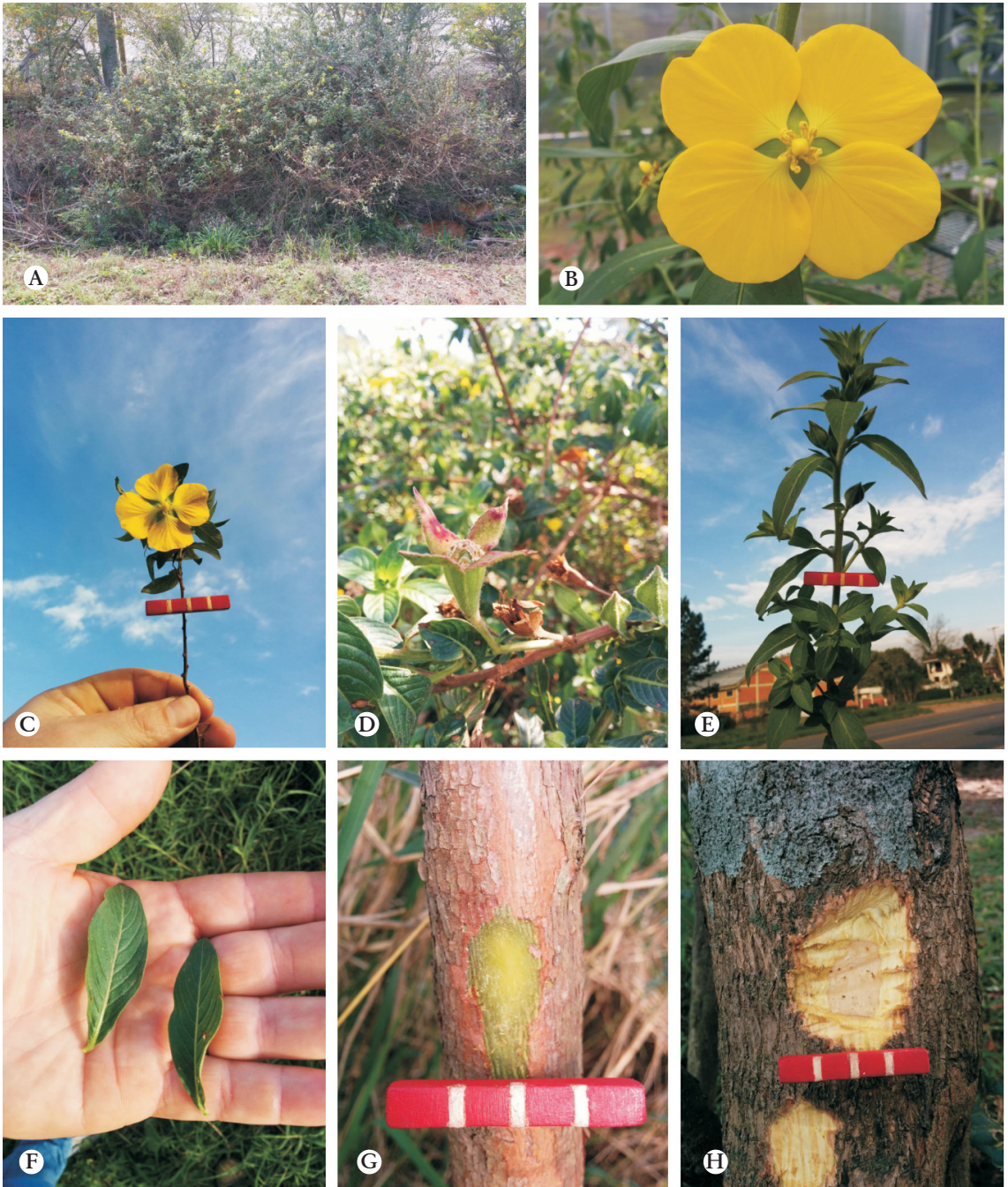


Figura 55: *Ludwigia elegans*: A – Agrupamento de indivíduos; B – Detalhe de uma flor, formada por quatro pétalas amarelas; C – Ramo fértil; D – Frutos secos providos de quatro asas; E – Ramo provido de folhas simples; F – Detalhe das folhas, pilosas e providas de margens irregularmente serreadas; G – Detalhes da casca externa e interna em caule jovem; H – Detalhes da casca externa e interna em caule velho. Escala = 4 cm. A: Paula Kettenhuber. B, D: Rita Sousa. C, E, F, G e H: Luciano Denardi.

Características morfomecânicas

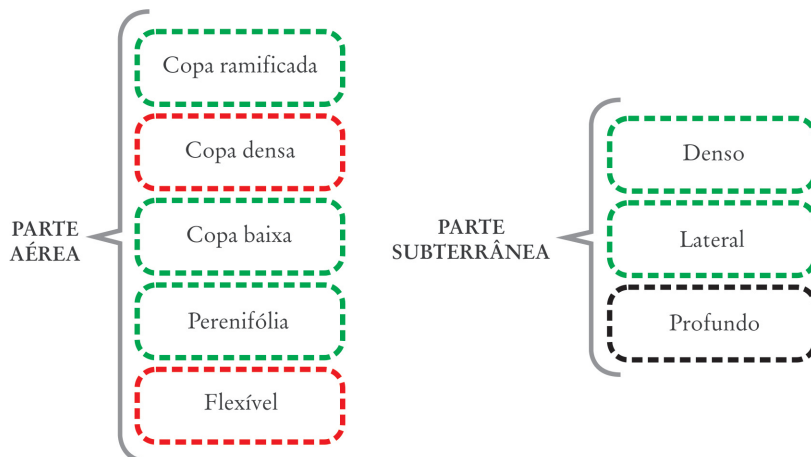


Figura 56. Fluxograma das características morfomecânicas (verde= presente; vermelho= ausente; cinza= informação desconhecida).

Funções técnicas

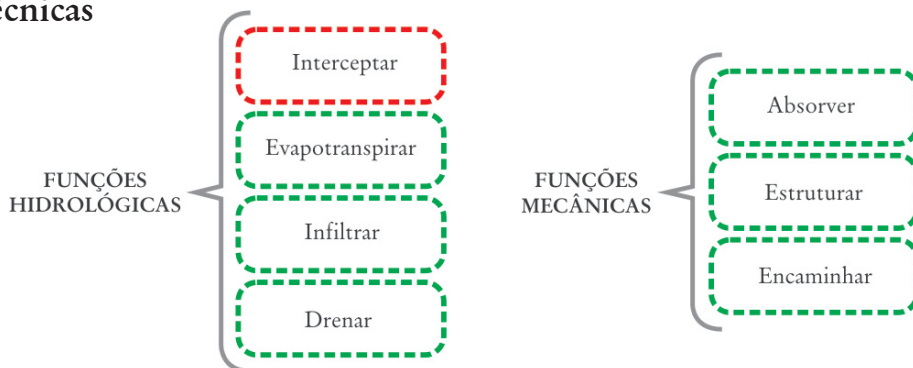


Figura 57. Fluxograma das funções técnicas (verde= presente; vermelho= ausente; cinza= informação desconhecida).

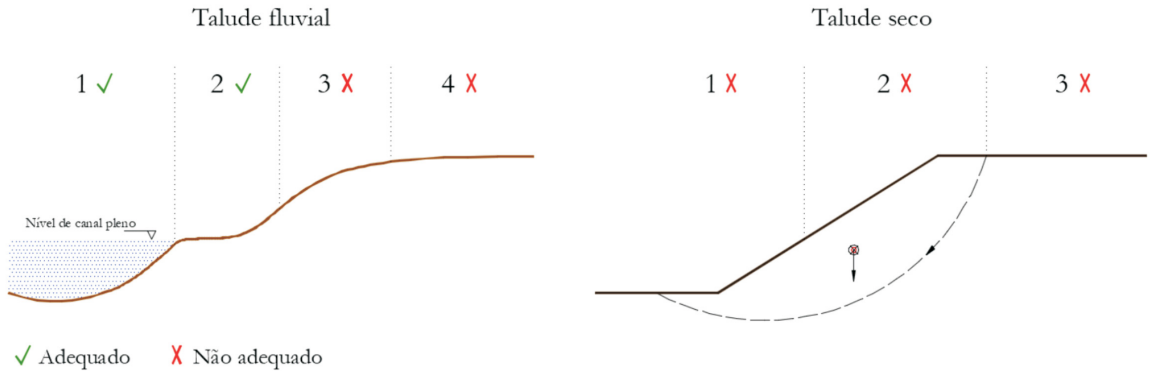
Funções Adicionais

Espécie autóctone de valor ecológico e ambiental para restauração de banhados e da mata ciliar, promoção da conectividade ecológica e hidráulica de cursos de água.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para resolver problemas de instabilização hidráulica, nas margens e leito de cursos de água com baixas velocidades de fluxo, principalmente em zonas de deposição. Também pode ser adotada para controlar a erosão superficial, devendo ser utilizadas densidades altas de plantio de modo a garantir a efetiva cobertura do solo.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Estacaria viva; Feixes vivos, Esteira viva; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Grade viva; Parede krainer; Gabião vivo; Solo envelopado; Barragem de correção torrencial.

Referências bibliográficas

- 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*, UFSM: Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 43-73, 2011.
- GONÇALVES, E. G. & LORENZI, H. *Morfologia vegetal: Organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2007. 416 p.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Investigação biotécnica de espécies com potencial de uso em obras de Engenharia Natural*. 2017. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- SOUZA, V. C. & LORENZI, H. *Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III*. 3 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2012. 768 p.

Ludwigia tomentosa (Cambess.) H. Hara

Onagraceae

Nome popular

Cruz-de-malta.

Características morfológicas

Planta subarborescente e perenifólia de até 1,5m de altura, ereta ou decumbente, de copa paucifoliada. Ramos cilíndricos e verdes, tornando-se angulosos e arroxeados com o passar do tempo. Casca externa marcada por fissuras pouco profundas, com desprendimento em finas lâminas; casca interna esverdeada. Folhas simples, pilosas em ambas as faces, com margens irregularmente serradas. Flores amarelas e muito vistosas, partindo da axila das folhas. Fruto seco, provido de quatro asas dispostas no sentido longitudinal. Esta espécie é bastante semelhante a *L. elegans*, diferindo-se desta pela densa pilosidade das folhas, principalmente na face inferior.

Biologia reprodutiva

Floresce e frutifica intensamente nas estações quentes do ano. A propagação vegetativa por meio de estaquia, mostra-se excelente em qualquer época do ano, com taxas de enraizamento superior a 90%.

Ecologia

A espécie distribui-se sobretudo na região central do Brasil. Habita preferencialmente áreas cultivadas, ao longo de cursos de água e açudes.

Distribuição geográfica

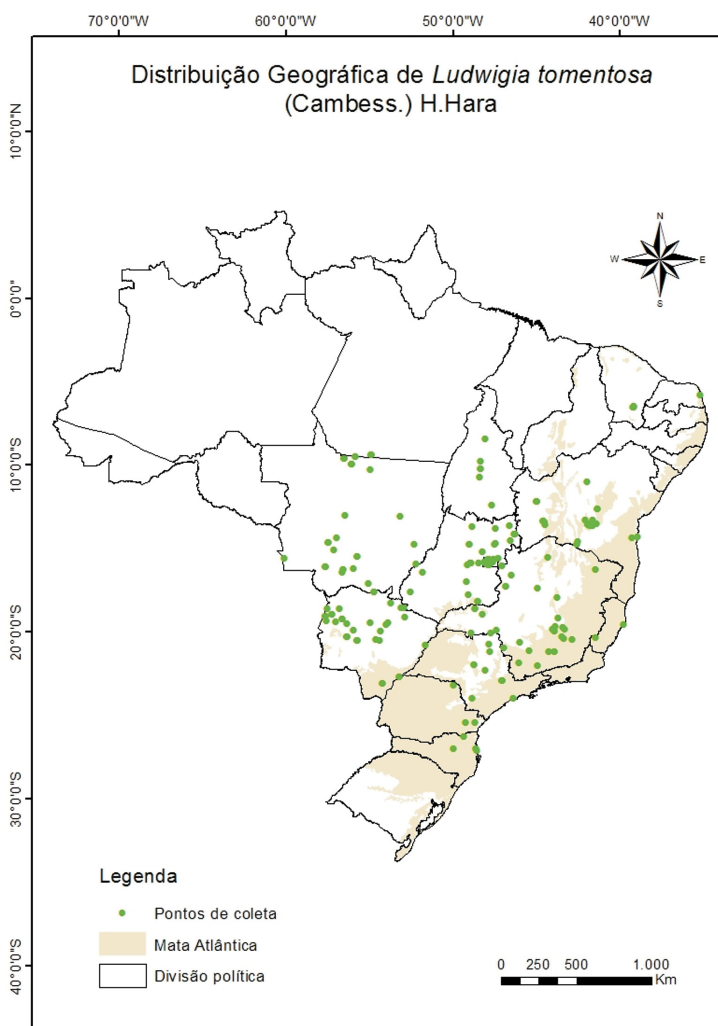




Figura 58:

Ludwigia tomentosa:

A – Aspecto geral dos indivíduos, com destaque para a copa paucifoliada;
B – Ramos providos de folhas simples, com margens irregularmente serradas;
C – Detalhe de uma flor, formada por quatro pétalas amarelas.

A, B e C: Rita Sousa.

Características morfomecânicas

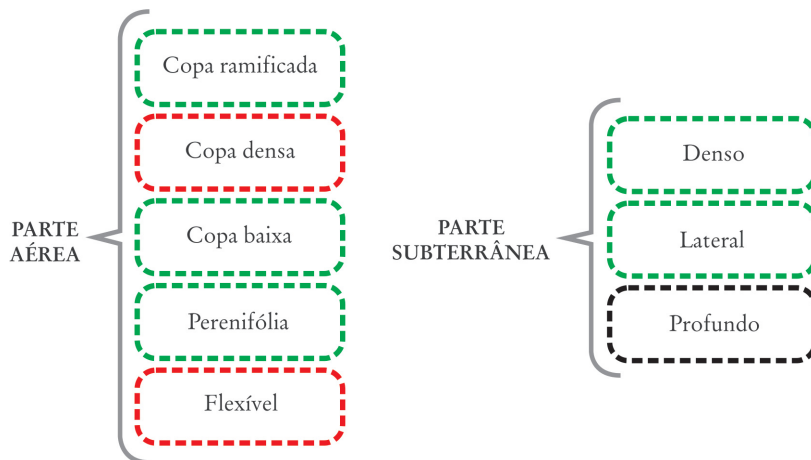


Figura 59: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

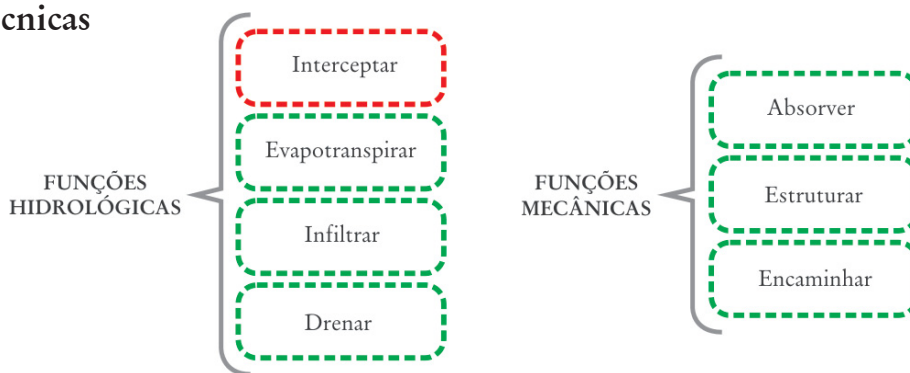


Figura 60: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

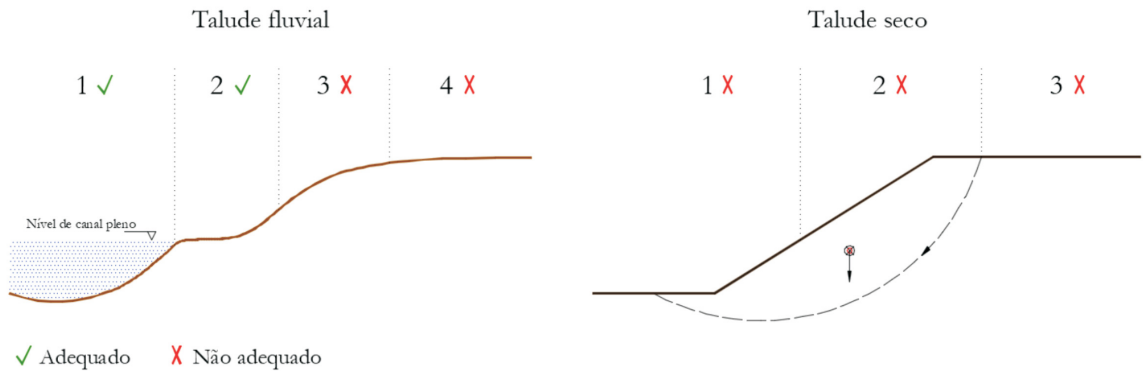
Funções Adicionais

Espécie autóctone de valor ambiental para restauração de banhados e da mata ciliar, promoção da conectividade ecológica e hidráulica de cursos de água.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para resolver problemas de instabilização hidráulica, nas margens e leito de cursos de água com baixas velocidades de fluxo, principalmente em zonas de deposição de sedimentos. Também pode ser utilizada para controlar a erosão superficial, devendo ser utilizadas densidades altas de plantio para garantir a cobertura uniforme do solo.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Estacaria viva; Feixes vivos, Esteira viva; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Grade viva; Parede krainer; Gabião vivo; Solo envelopado; Barragem de correção torrencial.

Referências bibliográficas

- GONÇALVES, E. G. & LORENZI, H. *Morfologia vegetal: Organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2007. 416 p.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- MOREIRA, H. J. C. & BRAGANÇA, H. B. N. *Manual de identificação de plantas infestantes: arroz*. São Paulo: FMC Agricultural Products, 2010. 550 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*. 3 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2012. 768 p.

Mimosa pigra L.

Fabaceae

Nomes populares

Mimosa, malícia-de-boi, calumbi-d'água, calumbi-da-lagoa, juquiri, jiquiriti.

Características morfológicas

Arbusto perenifólio de 3 a 6 metros de altura, provido de numerosos ramos, aculeados e esverdeados, na fase jovem. O adensamento de indivíduos, e o conseqüente entrelaçamento de suas copas, acaba formando uma cobertura bastante densa. As folhas, compostas e providas de acúleos, são formadas por numerosas lâminas de dimensões muito reduzidas e exibem grande sensibilidade, dobrando-se ao serem tocadas. As flores, pequenas e rosadas (por vezes brancas), reúnem-se formando uma estrutura globosa, muito ornamental. Os legumes, marrons e muito pilosos quando maduros, encerram entre 20 e 25 sementes.

Biologia reprodutiva

Floresce e frutifica entre a primavera e o outono. Reproduz-se facilmente por meio de sementes, apresentando boas taxas de germinação, no entanto, recomenda-se uma escarificação mecânica. Em condições ideais a produção anual de sementes pode atingir 220 mil por planta.

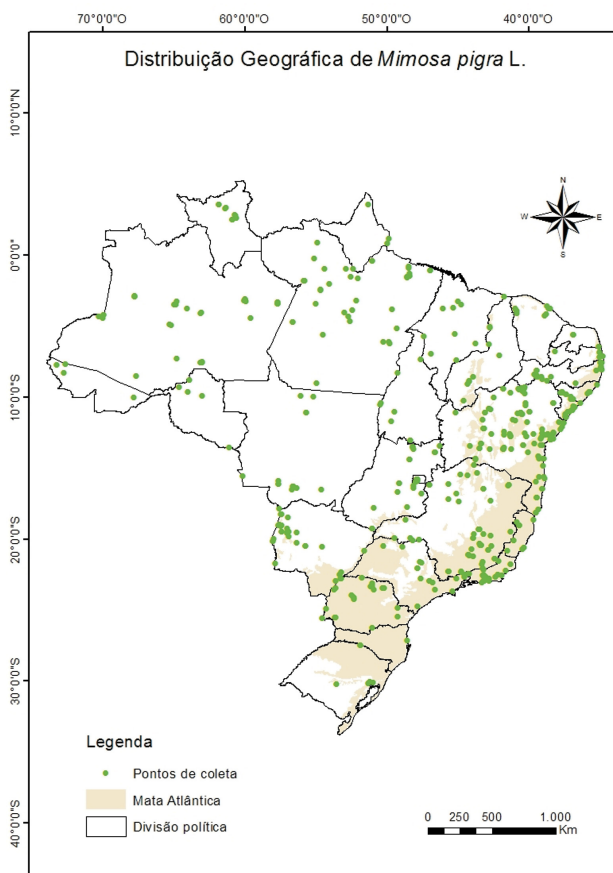
Segundo alguns autores, a espécie também pode ser propagada vegetativamente por estaquia, pois apresenta expressiva brotação da parte aérea e bom enraizamento.

Ecologia

A espécie é heliófita e higrófito, crescendo preferencialmente em locais abertos e úmidos, tais como várzeas, planícies costeiras, margens de rios, valas e canais. Ao que tudo indica, a planta não é seletiva quanto ao tipo de solo, sendo também encontrada em margens de estradas, terras agrícolas e várzeas exauridas. Por estas características, a planta pode causar problemas em áreas perturbadas, pois suas sementes tem elevada capacidade de se estabelecer em solos nus.

É considerada planta invasora em diversos países, principalmente em áreas de pastagens.

Distribuição geográfica



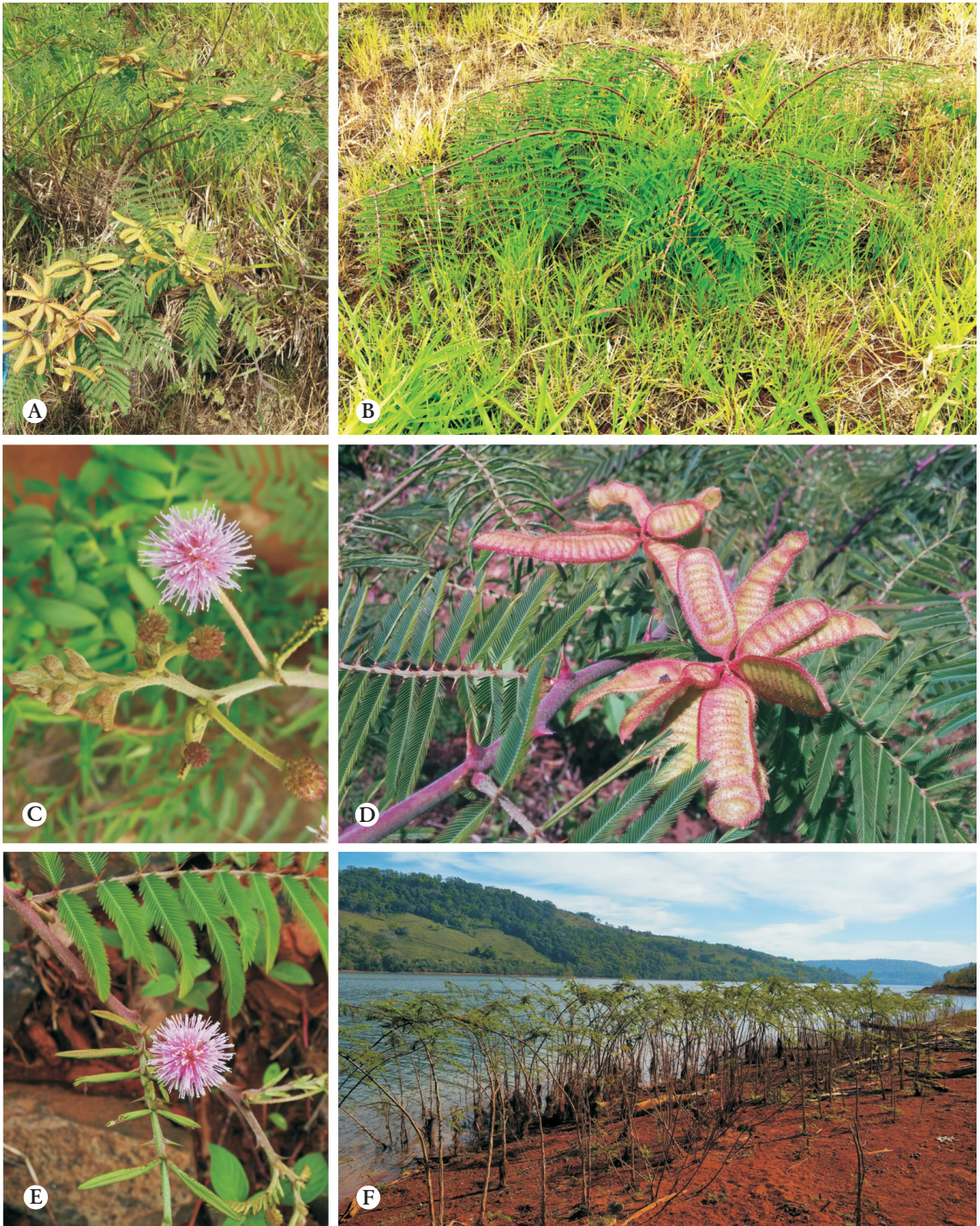


Figura 61: *Mimosa pigra*: A, B – Aspectos gerais da planta; C, E – Detalhe da inflorescência, formando uma estrutura globosa; D – Folhas providas de acúleos e frutos (legumes) ainda imaturos; F – Aspecto geral de maciço em área submetida a submersão. A, B e C: Paula Kettenhuber. D, E e F: Rita Sousa.

Características morfomecânicas

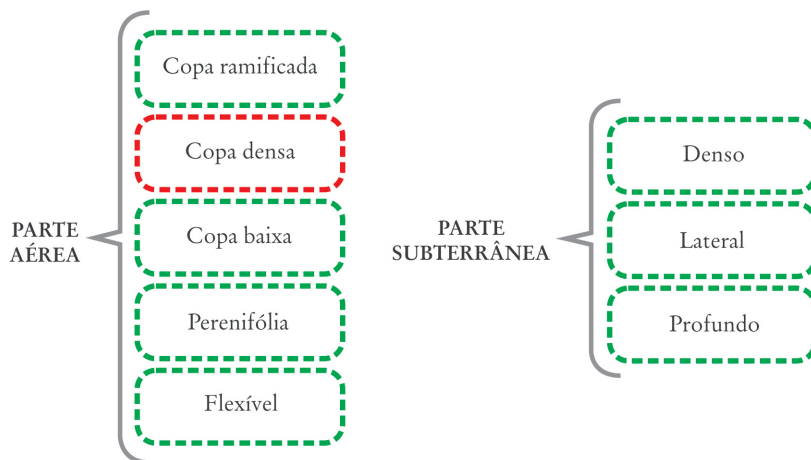


Figura 62: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

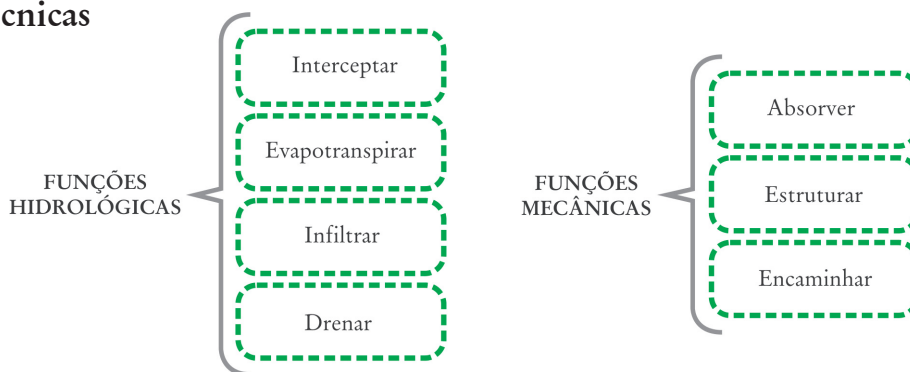


Figura 63: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

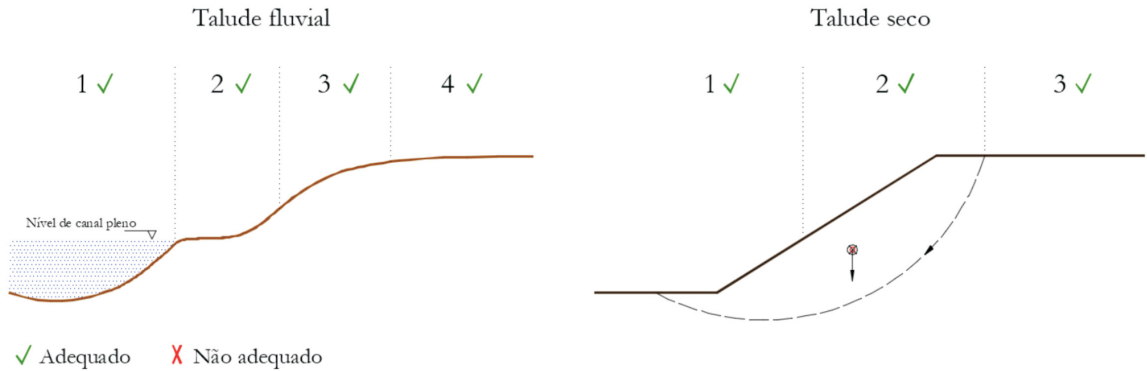
Funções Adicionais

Leguminosa de rápido crescimento; sua resistência à seca e à inundação confere à espécie plenas condições de se estabelecer em áreas perturbadas. Planta útil para cobertura e adubação verde, melhorando a qualidade do solo.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para resolver problemas de instabilização hidráulica, nas margens de cursos de água. Também pode ser utilizada para controlar a erosão superficial (devem, no entanto, ser utilizadas densidades altas de plantio para garantir a cobertura do solo).

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Semeadura manual; Hidrossemeadura; Estacaria viva; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Defletores; Grade viva; Parede krainer; Gabião vivo; Solo envelopado.

Referências bibliográficas

- BRAYTHWAITE, R. W.; LONSDALE, W. M. & ESTBERGS, J. A. Alien vegetation and native biota in tropical Australia: The impact of *Mimosa pigra*. *Biological Conservation*, v. 48. p. 189-210, 1989.
- GOIS, S. S. *Recomposição da floresta ripária na margem do rio São Francisco*. São Cristóvão: UFS. 2014. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, 2014.
- LONSDALE, W. M. Rates of spread of an invading species – *Mimosa pigra* in northern Australia. *Journal of Ecology*, v. 81. p. 513-521, 1993.
- PAYNTER, Q. Evaluating the impact of biological control against *Mimosa pigra* in Australia: Comparing litterfall before and after the introduction of biological control agentes. *Biological Control*, v. 38. p. 166-173, 2006.
- REITZ, R. Leguminosas: mimosoideas. In: REITZ, R. (Org.) *Flora Ilustrada catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1979. 299 p.

Phyllanthus sellowianus (Klotzch) Müll Arg.

Phyllanthaceae

Nomes populares

Sarandi, sarandi-vermelho, sarandi-branco, filanto.

Características morfológicas

Arbusto caducifólio de 2 a 3 metros de altura, caracterizado por numerosos ramos delgados e longos, formando copa paucifoliada. Casca externa acinzentada, áspera, marcada por esparsas lenticelas; casca interna esbranquiçada. As folhas, inseridas em ramos geralmente avermelhados e flexuosos, são simples, de margens inteiras, verde-escuras na face superior e relativamente mais claras na inferior. Flores e frutos com dimensões muito reduzidas, que passam praticamente despercebidos a um olhar menos atento.

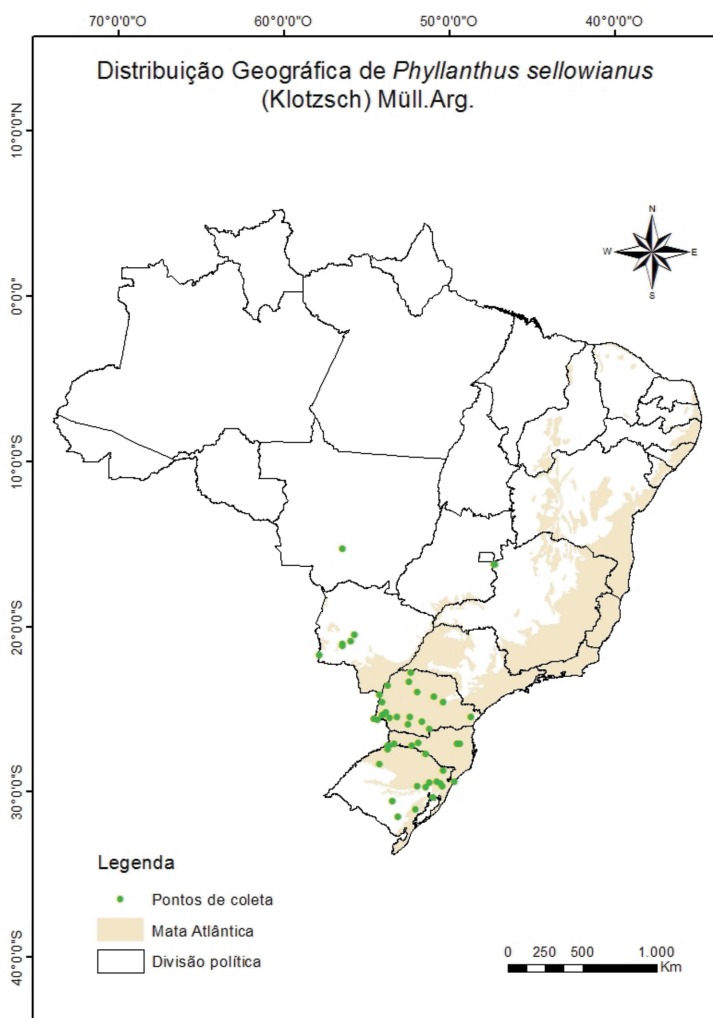
Biologia reprodutiva

Floresce de setembro até fevereiro e frutifica de novembro até março. Apresenta excelente capacidade de propagação vegetativa por meio de estacas, com taxas de enraizamento superiores a 90% e vigoroso desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular.

Ecologia

Espécie reófila e de dispersão ampla, porém descontínua e irregular ao longo das margens ou ilhas rochosas dos rios em praticamente todo o sul do Brasil, bem como no Uruguai, nordeste da Argentina e Paraguai. Planta heliófila e seletiva higrófila até xerófila, adaptada às variações extremas de umidade ou seca, desenvolvendo-se preferencialmente em locais de corredeiras e quedas d'água. Frequentemente ocorre em associação com *Gymnanthes schottiana*, *Terminalia australis* e *Calliandra brevipes*. Não tolera sombreamento.

Distribuição geográfica



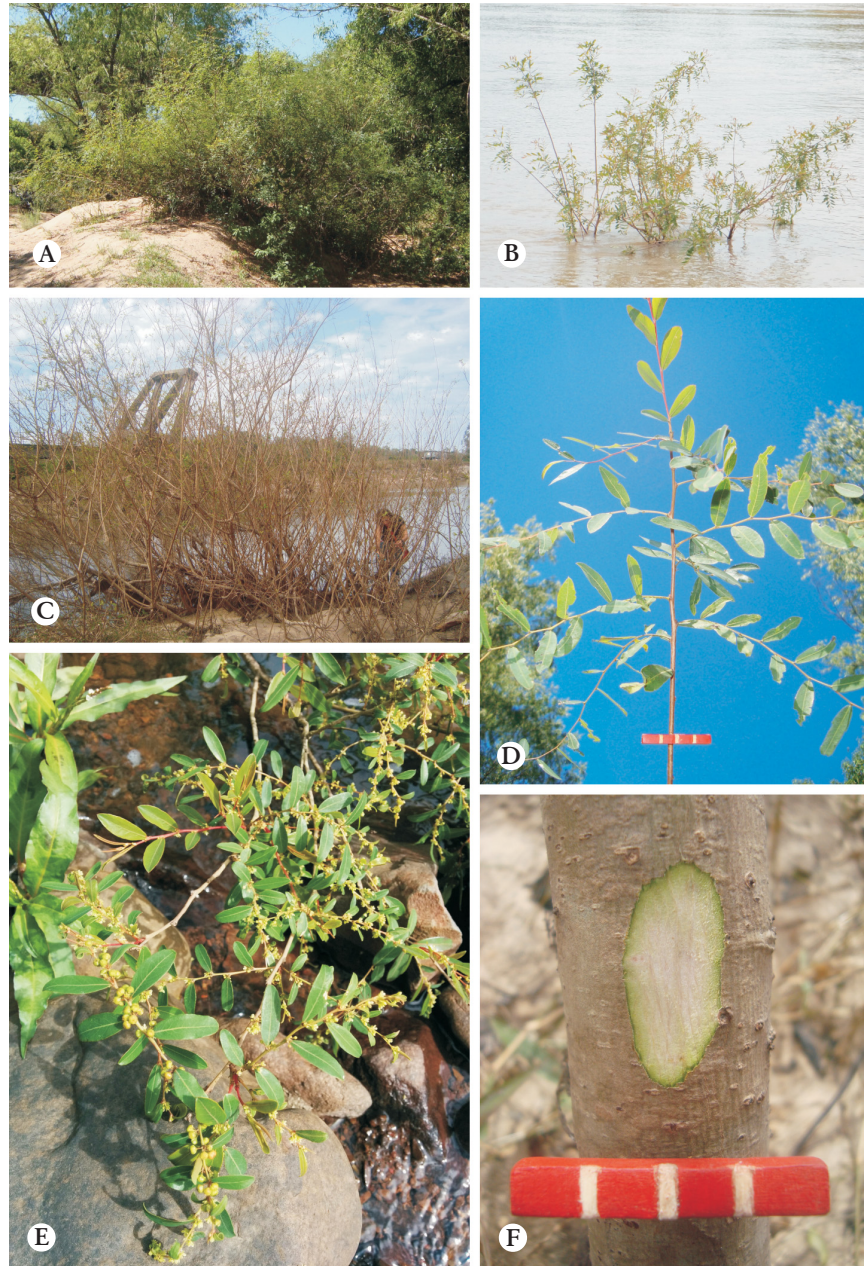


Figura 64: *Phyllanthus sellowianus*: A – População crescendo no leito seco de um curso de água; B – Indivíduo parcialmente submerso no leito de um curso de água; C – Indivíduos completamente sem folhas na margem de um rio; D – Folhas simples e de margens inteiras, dispostas em ramos avermelhados e flexuosos (em zig-zag); E – Ramos com flores muito pequenas, dispostas na axila das folhas; F – Casca externa acinzentada e áspera, marcada por lenticelas esparsas, casca interna esbranquiçada. Escala = 4cm. A, C, D e F: Luciano Denardi. B e E: Rita Sousa.

Características morfomecânicas

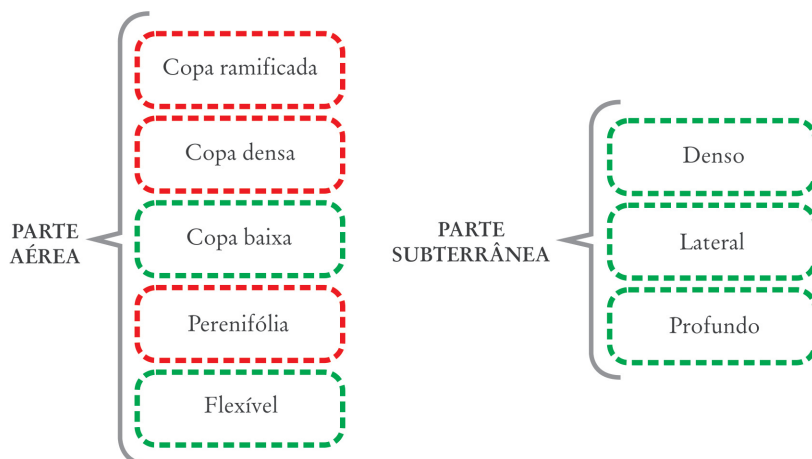


Figura 65: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

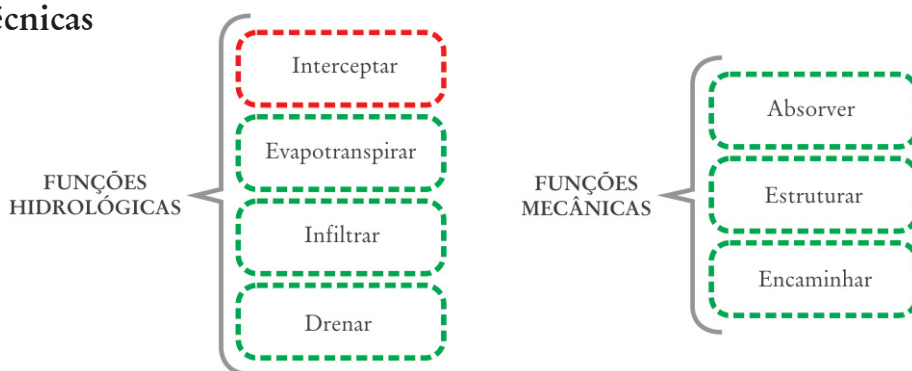


Figura 66: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

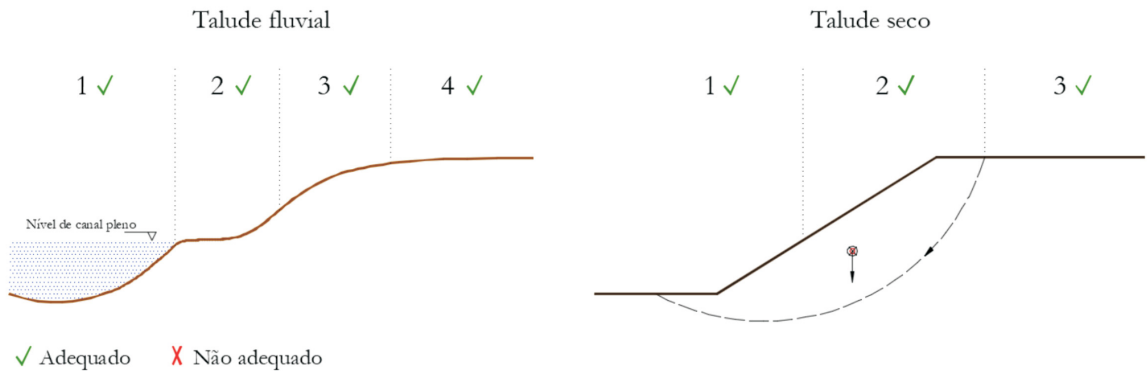
Funções Adicionais

Espécie autóctone com elevado valor ambiental para restauração da mata ciliar, promoção da conectividade ecológica e hidráulica de cursos de água.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para resolver problemas de instabilização hidráulica nas margens e leito de cursos de água. Pode ser empregada para controlar a erosão superficial (devem, no entanto, ser utilizadas densidades altas de plantio para garantir a cobertura uniforme do solo), bem como para resolver problemas de instabilidade geotécnica.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Semeadura manual; Hidrossemeadura; Estacaria viva; Entrançado vivo; Feixes vivos, Esteira viva; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Defletores; Grade viva; Parede krainer; Gabião vivo; Solo envelopado; Barragem de correção torrencial.

Referências bibliográficas

- BETTO, J; DEWES, J. J. & SUTILI, F. J. Influência do comprimento de estacas na taxa de sobrevivência e desenvolvimento vegetativo de mudas de *Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg. propagadas vegetativamente. In: *II Congress APENA – VII Congress AEIP – VI Congress EFIB*. Portugal, p. 19-22, september 2012.
- CADONÁ, S. C. et al. Propagação vegetativa de *Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg. e *Terminalia australis* Cambess. In: *II Congress APENA – VII Congress AEIP – VI Congress EFIB*. Portugal, p. 19-22, september 2012.
- DENARDI, L. *Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos de água*. Santa Maria: UFSM, 2007. 112 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.
- DENARDI, L. et al. Anatomia da madeira de *Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg. (Phyllanthaceae). *Ciência Florestal*, v. 23, n. 2. p. 503-509, 2013.
- DURLO, M. A. & SUTILI, F. J. *Manejo biotécnico de cursos de água*. Porto Alegre: EST edições, 2005. 189 p.
- GOIS, S. S. *Recomposição da floresta ripária na margem do rio São Francisco*. São Cristóvão: UFS. 2014. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, 2014.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. & KLEIN, R. M. Euphorbiáceas. In: REITZ, P. R. *Flora ilustrada catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1988. 408 p.
- SOUSA, R. S. *Metodologia para especificação de plantas com potencial biotécnico em engenharia natural*. Santa Maria: UFSM, 2015. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

Pouteria salicifolia (Spreng.) Radlk.

Sapotaceae

Nomes populares

Mata-olho, sarandi-mata-olho, sarandi, aguai-folha-de-salsa.

Características morfológicas

Arbusto ou árvore perenifólia de 3 a 8 metros de altura, provido de ramos longos (flexíveis) e copa densa. Apresenta tronco curto, revestido por casca externa fissurada e segmentada em placas retangulares, de coloração acinzentada; Casca interna com tonalidade alaranjada. As folhas, do tipo simples e geralmente agrupadas na extremidade dos ramos, são relativamente longas e estreitas, de margens inteiras e ápice geralmente mucronado. Flores pequenas, esbranquiçadas ou amareladas, reunidas na axila das folhas. Os frutos, de formato elíptico e providos de um longo bico, encerram uma única semente.

Biologia reprodutiva

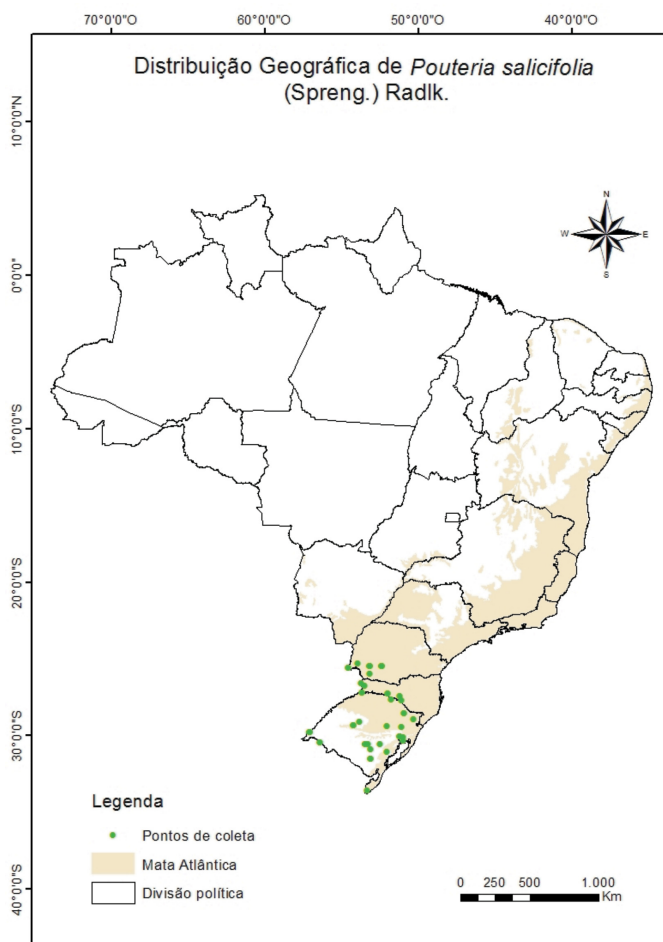
Floresce principalmente em outubro e novembro, ao passo que os frutos amadurecem entre março e abril. Para a produção de mudas, as sementes devem ser semeadas logo após a colheita. A emergência ocorre entre 50 e 70 dias e a taxa de germinação geralmente é baixa.

A espécie apresenta propagação vegetativa, porém com baixos percentuais de enraizamento.

Ecologia

Trata-se de uma espécie heliófita e seletiva higrófila, que ocorre naturalmente nas matas ciliares do sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). A planta habita sobretudo as margens de rios e regatos, onde o terreno é inundado no período das chuvas. Nas bacias dos rios Paraná e Uruguai, o mata-olho geralmente aparece associado com *Calliandra brevipes*, *Terminalia australis* e *Gymnanthes schottiana*.

Distribuição geográfica



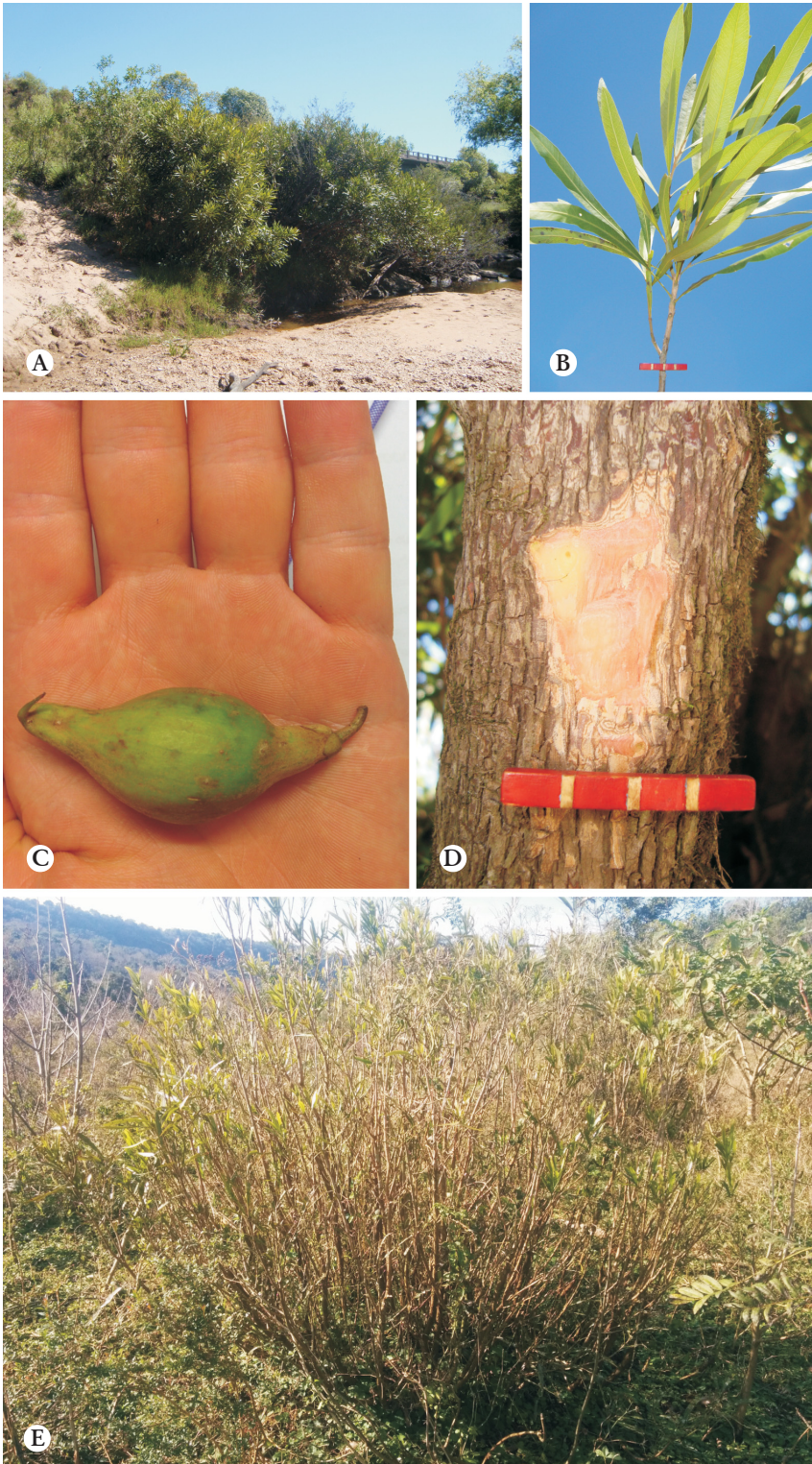


Figura 67:

Pouteria salicifolia:

A – Indivíduos crescendo em um talude fluvial;
B – Aspecto de um ramo, com destaque para as folhas relativamente longas e estreitas;
C – Aspecto geral do fruto;
D – Tronco com casca externa acinzentada, fissurada e segmentada em placas retangulares e casca interna de coloração alaranjada;
E – Agrupamento de vários indivíduos jovens próximo às margens de um rio.
Escala = 4cm.

A, B e D: Luciano Denardi. C e E: Rita Sousa.

Características morfomecânicas

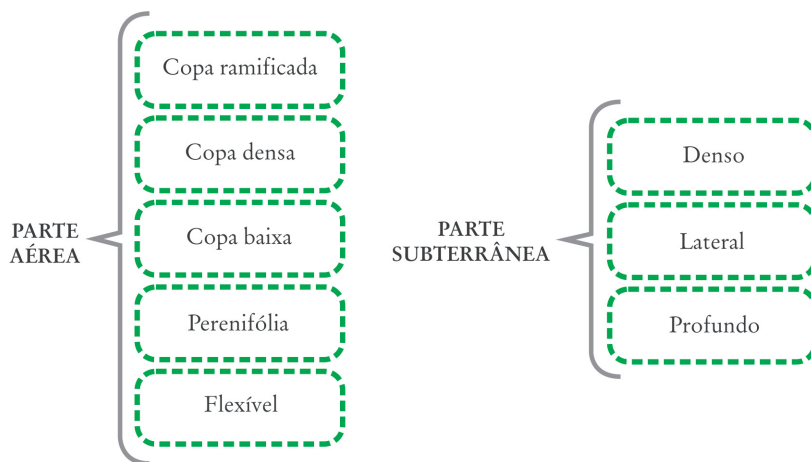


Figura 68: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

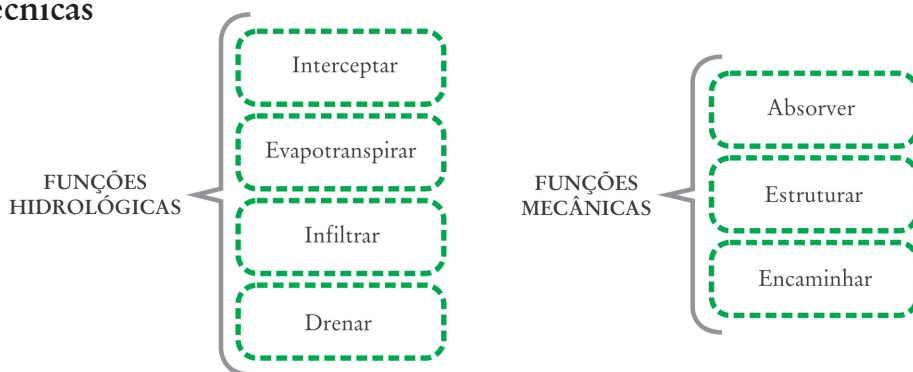


Figura 69: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

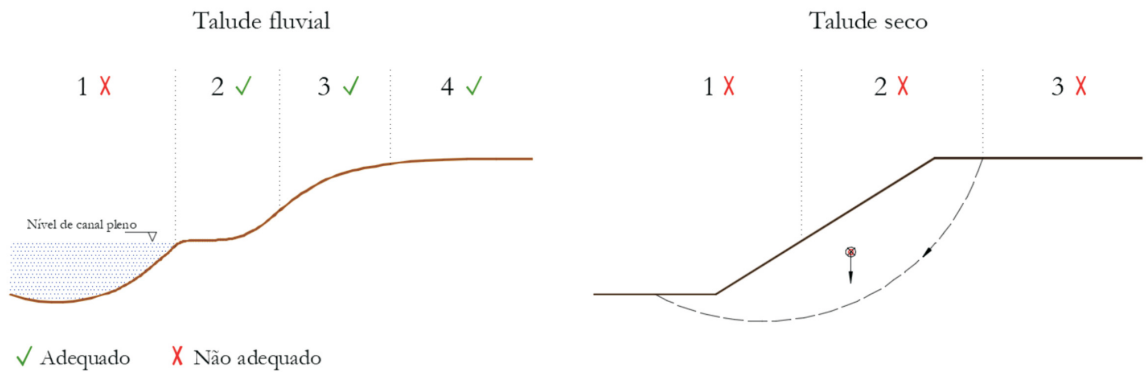
Funções Adicionais

Espécie autóctone com elevado valor ambiental para restauração da mata ciliar, promoção da conectividade ecológica e hidráulica de cursos de água.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para resolver problemas de instabilização hidráulica nas margens de cursos de água. Pode ser utilizada para controlar a erosão superficial e também para resolver problemas de instabilidade geotécnica.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Grade viva; Parede krainer.

Referências bibliográficas

- ALVES-ARAÚJO, A. *Pouteria*. In: *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14516>. Acesso em: 10 Set. 2015
- KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. v. 3. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2009. 110 p.
- MARCHIORI, J. N. C. *Dendrologia das angiospermas: das bixáceas às rosáceas*. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2000. 240 p.
- REITZ, R. Sapotáceas. In: REITZ, R. (Org.) *Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1968. 72 p.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M. & REIS, A. *Projeto madeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Sudesul, 1988. 525 p.

Salix humboldtiana Willd.

Salicaceae

Nomes populares

Salseiro, salso, salgueiro, louro-da-várzea, ourana, chorão.

Características morfológicas

Árvore caducifolia de até 20 metros de altura, provida de ramos delgados e flexíveis, formando copa ampla e pouco densa. Nos indivíduos adultos a casca externa é espessa, profundamente fissurada e de coloração cinza-escuro, ao passo que a interna apresenta-se rosada; em exemplares jovens, a casca externa mostra-se áspera e de tonalidade cinza-claro, enquanto que a interna é esverdeada. Folhas simples, geralmente falcadas, com margens serradas e pecíolo reduzido. Flores pequenas, amareladas e pouco atrativas, dispostas na extremidade dos ramos novos. Fruto capsular de dimensão reduzida. Sementes providas de um tufo de pelos sedosos e esbranquiçados à semelhança de algodão.

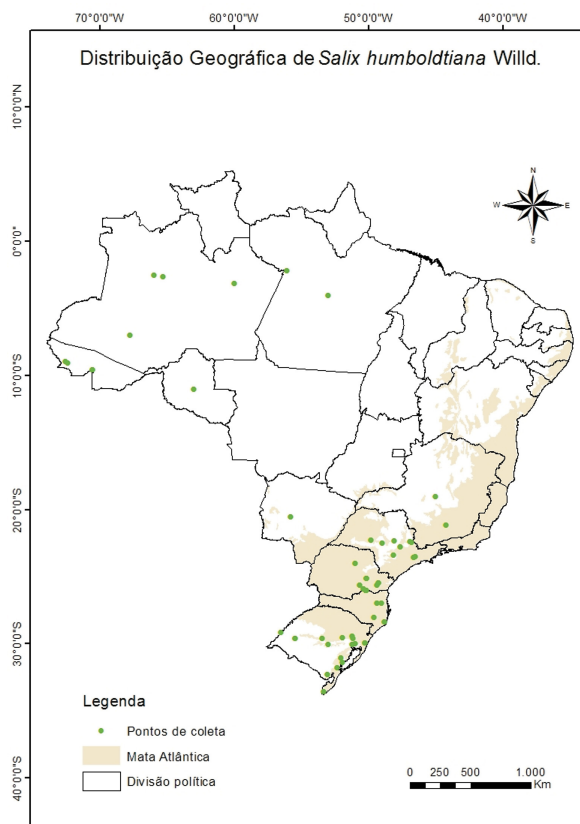
Biologia reprodutiva

A espécie apresenta diferentes épocas de floração e frutificação. A floração ocorre geralmente durante julho e novembro: no Mato Grosso do Sul em julho, no Rio Grande do Sul de agosto a outubro e no Paraná de setembro a novembro. A maturação dos frutos ocorre normalmente no final da primavera até o término do verão. As sementes devem ser semeadas logo após a coleta. A germinação é baixa e ocorre em aproximadamente duas semanas. A espécie apresenta excelente capacidade de propagação vegetativa por meio de estacas, com taxas de enraizamento superiores a 90% e vigoroso desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular.

Ecologia

Trata-se de uma espécie heliófila e seletiva higrófila, que ocorre naturalmente desde o México até a Argentina e Chile. Habita preferencialmente a margem de cursos de água, principalmente nas bacias do Paraná e Uruguai, inclusive no delta do Prata. Isolada ou formando densos agrupamentos, é uma das plantas mais difundidas em áreas de solos ainda não estruturados, muito úmidos e de elevada profundidade, com textura arenosa a areno-argilosa.

Distribuição geográfica



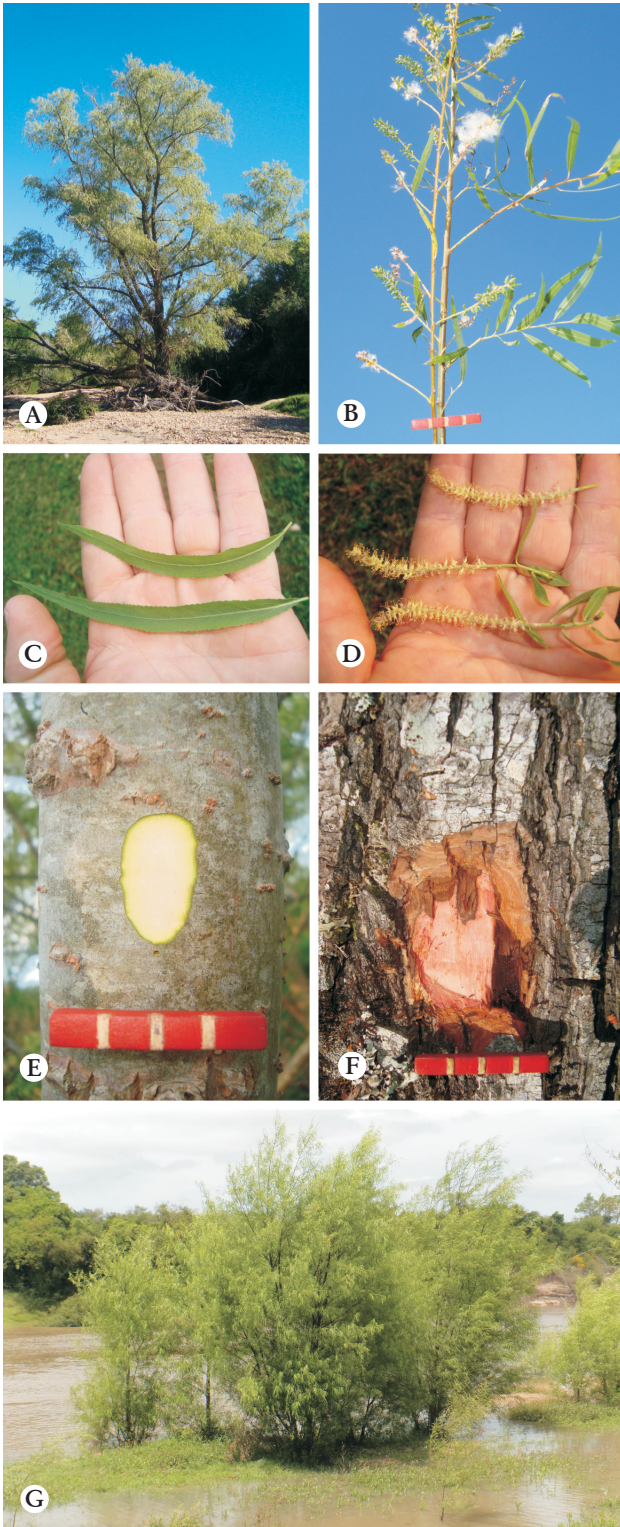


Figura 70:

Salix humboldtiana:

- A – Indivíduo adulto habitando o leito de um rio;
 - B – Ramo fértil, com destaque para os tufos de pêlos esbranquiçados que envolvem as sementes;
 - C – Folhas simples, falcadas, com margens serreadas;
 - D – Aspecto das inflorescências (conjunto de flores);
 - E – Casca externa áspera e casca interna esverdeada, em exemplar jovem;
 - F – Casca externa com fissuras profundas e casca interna rosada, em indivíduo adulto;
 - G – Indivíduos parcialmente submersos em zona de alagamento de um rio.
- Escala = 4cm.

A, B, C, D, E e F: Luciano Denardi.
G: Rita Sousa.

Características morfomecânicas

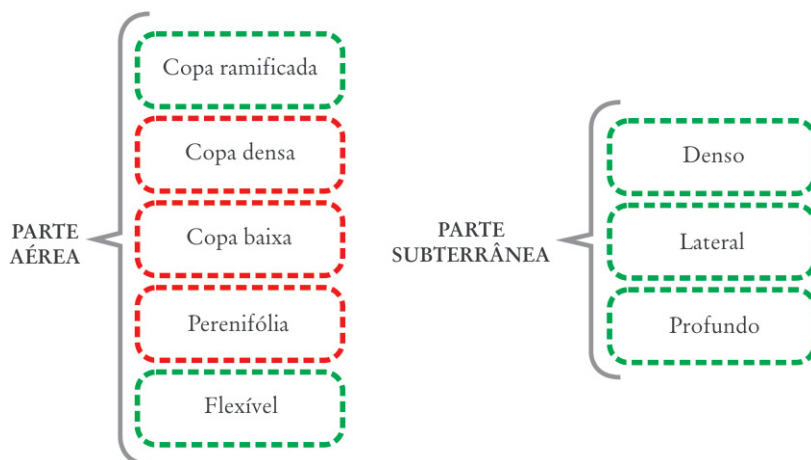


Figura 71: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

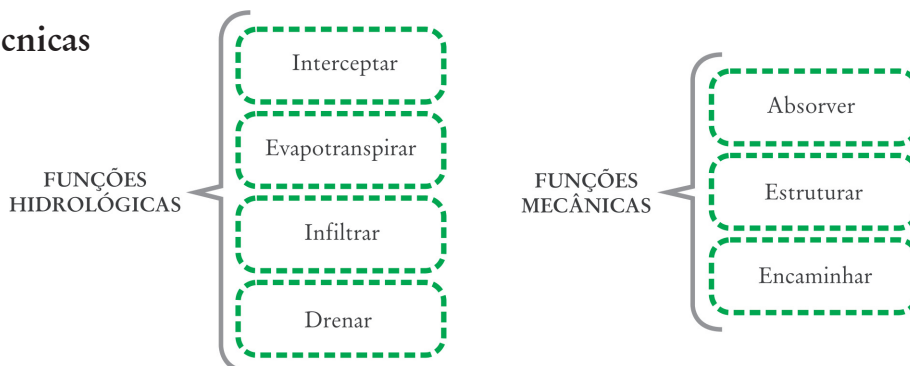


Figura 72: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

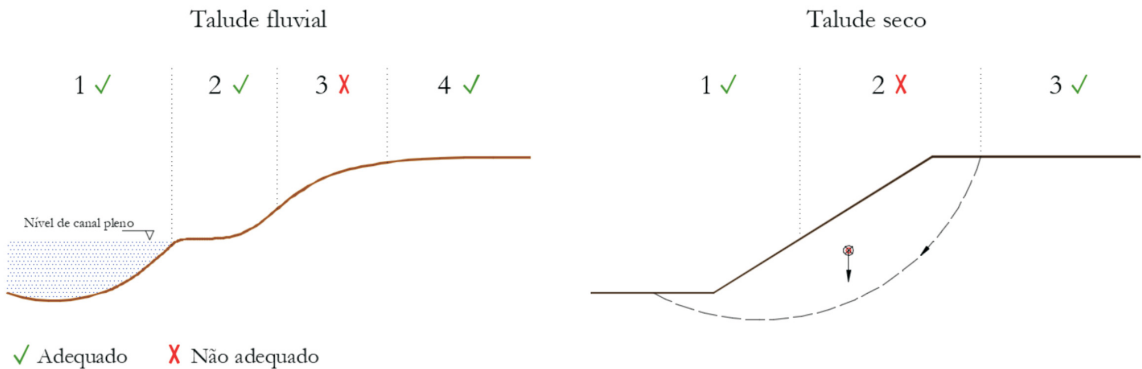
Funções Adicionais

Espécie autóctone com elevado valor ambiental para restauração da mata ciliar e promoção da conectividade ecológica e hidráulica de cursos de água.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para obras de estabilização geotécnica e hidráulica nas margens e leito de cursos de água e também para controlar a erosão superficial. Devido ao suporte arbóreo deve ser usada, preferencialmente, na base dos taludes.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Estacaria viva; Entrançado vivo; Feixes vivos, Esteira viva; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Defletores; Grade viva; Parede krainer; Barragem de correção torrencial.

Referências bibliográficas

- BACKES, P. & IRGANG, B. *Árvores do sul: Guia de identificação e interesse ecológico*. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2009. 332 p.
- DENARDI, L. *Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos de água*. Santa Maria: UFSM, 2007. 112 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.
- GOIS, S. S. *Recomposição da floresta ripária na margem do rio São Francisco*. São Cristóvão: UFS. 2014. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, 2014.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. v. 1. 5. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008. 384 p.
- MARCHIORI, J. N. C. *Dendrologia das angiospermas: das bixáceas às rosáceas*. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2000. 240 p.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M. & REIS, A. *Projeto madeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Sudesul, 1988. 525 p.
- SANTOS, J. P. *Potencial de enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais da mata ciliar*. Lavras: UFL, 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, 2009.
- SOUSA, R. S. *Metodologia para especificação de plantas com potencial biotécnico em engenharia natural*. Santa Maria: UFSM, 2015. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2015.
- TORTORELLI, L. A. *Maderas y bosques argentinos*. 2. ed. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora, 2009. 576 p.

Sambucus australis Cham. & Schldtl.

Adoxaceae

Nomes populares

Sabugueiro, sabugueirinho, sabugueiro-do-brasil, sabugueiro-do-rio-grande, acapora, mata-febre, amigo-do-peito.

Características morfológicas

Arbusto ou árvore perenifolia de até 10 metros de altura, provido de numerosos ramos, por vezes pendentes, formando copa densa. Casca externa marrom, profundamente fissurada em indivíduos adultos e casca interna esbranquiçada. Folhas compostas, formadas por sete a treze lâminas de margens serradas. As flores são brancas e pequenas, porém numerosas e reunidas na extremidade dos ramos, produzindo belo efeito ornamental. Os frutos são pequenos e de coloração roxo-escuro quando maduros.

Biologia reprodutiva

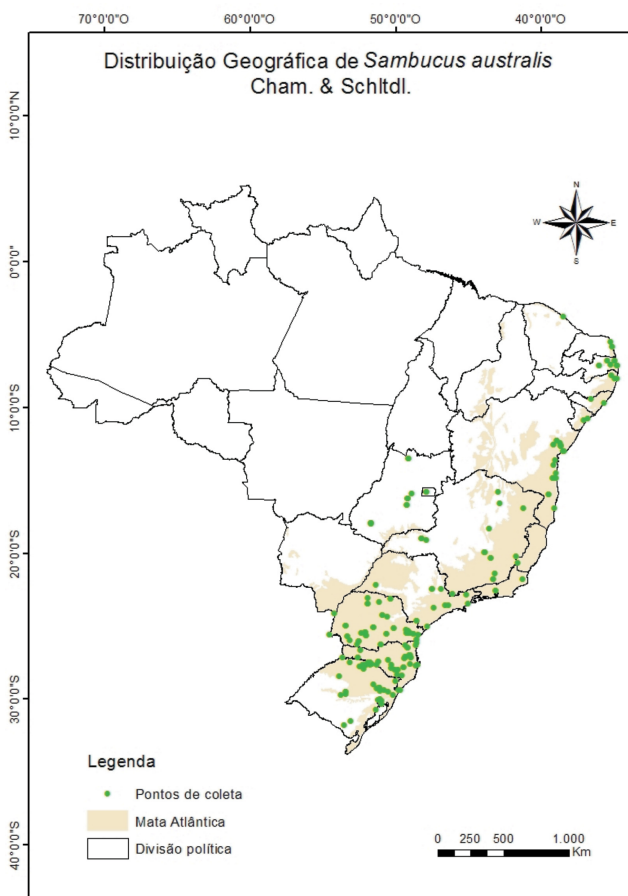
A espécie floresce de agosto até fevereiro, ou seja, inicia no inverno e se estende pela primavera e verão. As sementes, após despulpadas e lavadas em água corrente sob uma peneira, podem ser armazenadas por mais de 1 ano sem perder o poder germinativo. A emergência ocorre entre 20 e 45 dias após a semeadura.

S. australis apresenta capacidade de propagação vegetativa.

Ecologia

A espécie é heliófita até esciófita, ocorrendo naturalmente, porém de forma irregular e descontínua, na Mata Atlântica brasileira, bem como na Argentina e Uruguai. Espécie seletiva higrófila que habita as margens de rios e regatos, mas também as orlas e clareiras de florestas, os bosques dos pinhais (floresta com araucária), as margens de estradas, as capoeiras e demais locais alterados pelo homem. É muito resistente a geadas e temperaturas de até -4°C , adaptando-se a altitudes a nível do mar até 1.400m.

Distribuição geográfica



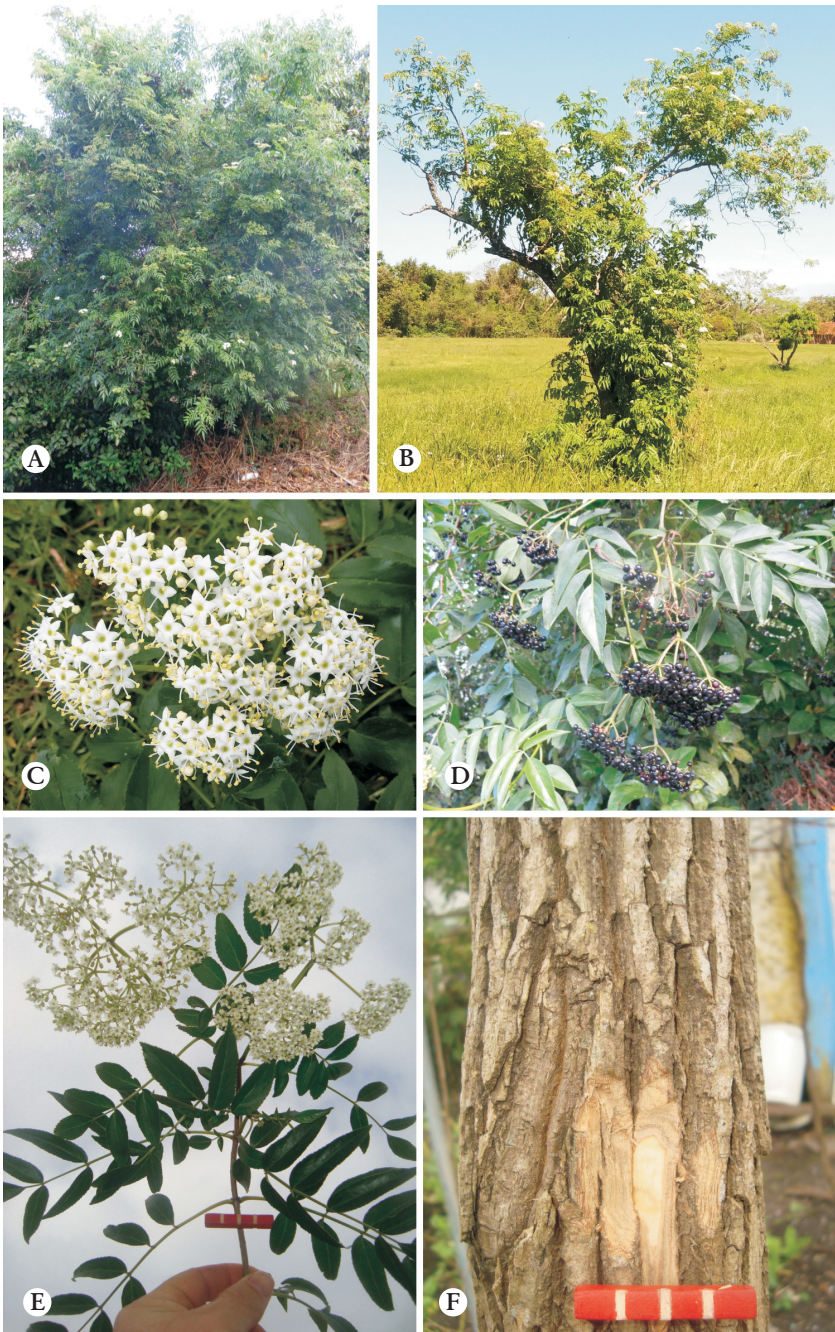


Figura 73: *Sambucus australis*: A, B – Aspectos gerais de indivíduos adultos; C – Flores brancas reunidas na extremidade dos ramos; D – Frutos esféricos, de coloração roxo-escuro quando maduros; E – Ramo fértil; F – Casca externa marrom e profundamente fissurada em indivíduos adultos e casca interna esbranquiçada. Escala = 4 cm. A, B, C e D – Paula Kettenhuber. E e F – Luciano Denardi.

Características morfomecânicas

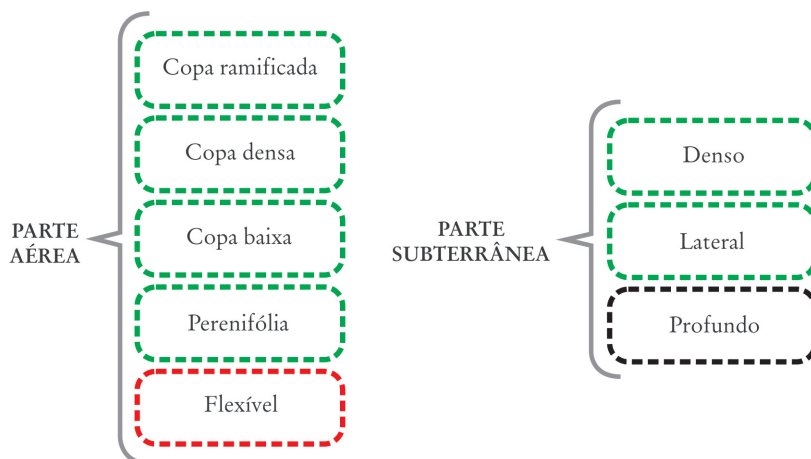


Figura 74: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

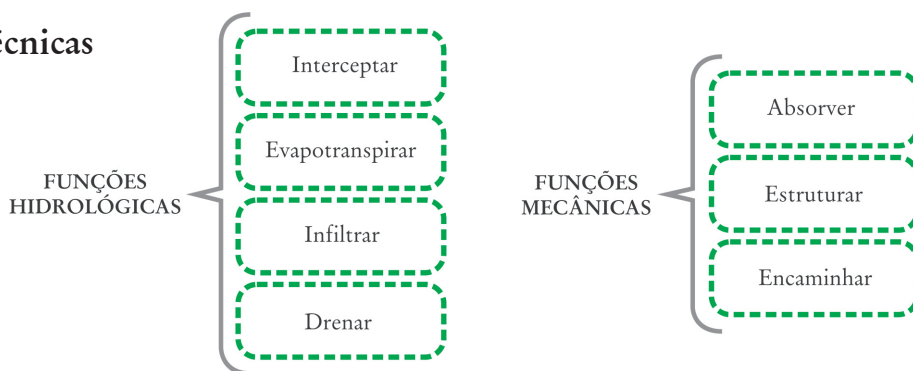


Figura 75: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

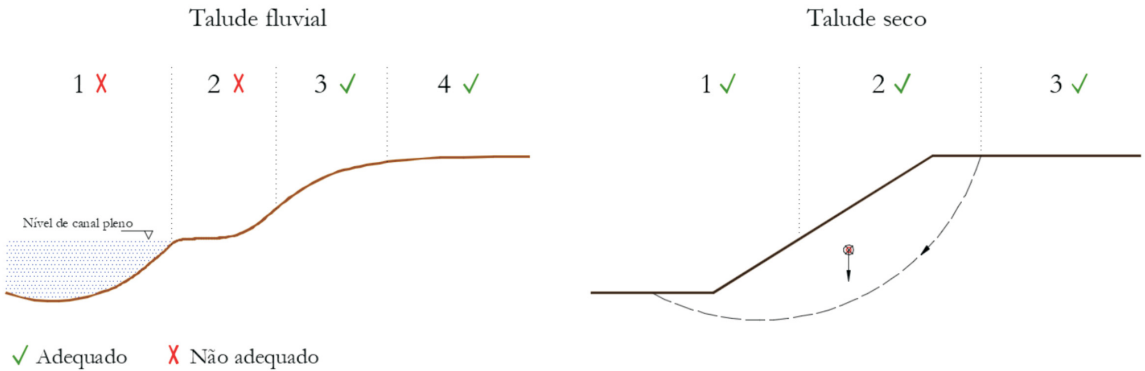
Funções Adicionais

Espécie autóctone com elevado valor ambiental para restauração da mata ciliar e promoção da conectividade ecológica. Recomendada para reflorestamento ao longo das margens de hidroelétricas visando atrair a avifauna. Apresenta propriedades medicinais, sendo também utilizada como planta ornamental e alimentícia.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para resolver problemas de erosão superficial e na recuperação da mata ciliar.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Semeadura manual; Hidrossemeadura; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Grade viva; Parede krainer.

Referências bibliográficas

HINOSHITA, L. K. R. & GOLDENBERG, R. *Adoxaceae*. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 25 Ago. 2015.

KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

KETTENHUBER, P. L. W. *Investigação biotécnica de espécies com potencial de uso em obras de Engenharia Natural*. 2017. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

REITZ, R.; KLEIN, R. M. & REIS, A. *Projeto madeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Sudesul, 1988. 525 p.

REITZ, R. Caprifoliáceas. In: REITZ, R. (Org.) *Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1985. 16 p.

Schinus terebinthifolius Raddi

Anacardiaceae

Nomes populares

Aroeira-vermelha, aroeira-da-praia, aroeira-mansa, aroeira-de-remédio, aroeira-pimenteira, aroeira-precoce, aroeira-do-brejo, aroeira-do-sertão, aroeira-do-paraná, aroeira-branca, aroeira-negra, coração-de-bugre, fruto-de-sabi, agaraiba, bálsamo.

Características morfológicas

Árvore ou arbusto perenifólio de até 10 metros de altura, com ramos longos, em indivíduos isolados e copa densa. Dependendo do ambiente, a planta se apresenta como arbustos rasteiros e retorcidos. Tronco geralmente curto e tortuoso, revestido por casca externa fissurada e acinzentada, em indivíduos adultos, ou então áspera, em indivíduos jovens; casca interna esbranquiçada até rosada. Folhas compostas, formadas por lâminas de margens serradas, que exalam forte odor quando amassadas. Flores brancas, pequenas e pouco vistosas. Frutos esféricos, avermelhados e de superfície brilhante quando maduros.

Biologia reprodutiva

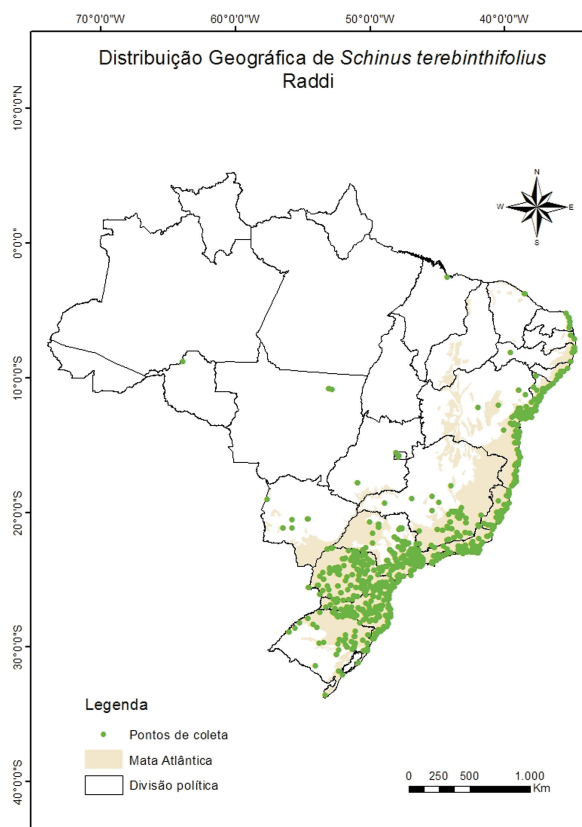
A floração ocorre de maneira irregular ou em duas épocas do ano. Em geral floresce entre os meses de setembro e janeiro, ao passo que a frutificação ocorre predominantemente a partir de dezembro e se estende até julho. Para a produção de mudas basta “semear” diretamente os frutos logo após a colheita, preferencialmente em locais a pleno sol. A emergência ocorre entre 10 e 40 dias após a sementeira, sendo a taxa de germinação superior a 50%.

A propagação vegetativa por estaquia é possível, porém estudos preliminares demonstram resultados pouco expressivos.

Ecologia

Trata-se de uma espécie heliófila, ocorrendo naturalmente desde Pernambuco até o Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul, bem como no Uruguai, leste da Argentina e Paraguai. Habita beira de rios, córregos e várzeas úmidas, como também em terrenos secos, rasos, rochosos e arenosos. É uma planta pioneira e bastante “agressiva”, pois em virtude da eficiente dispersão de seus frutos por pássaros, ocupa rapidamente capoeiras, orlas de mato e margens de estradas.

Distribuição geográfica



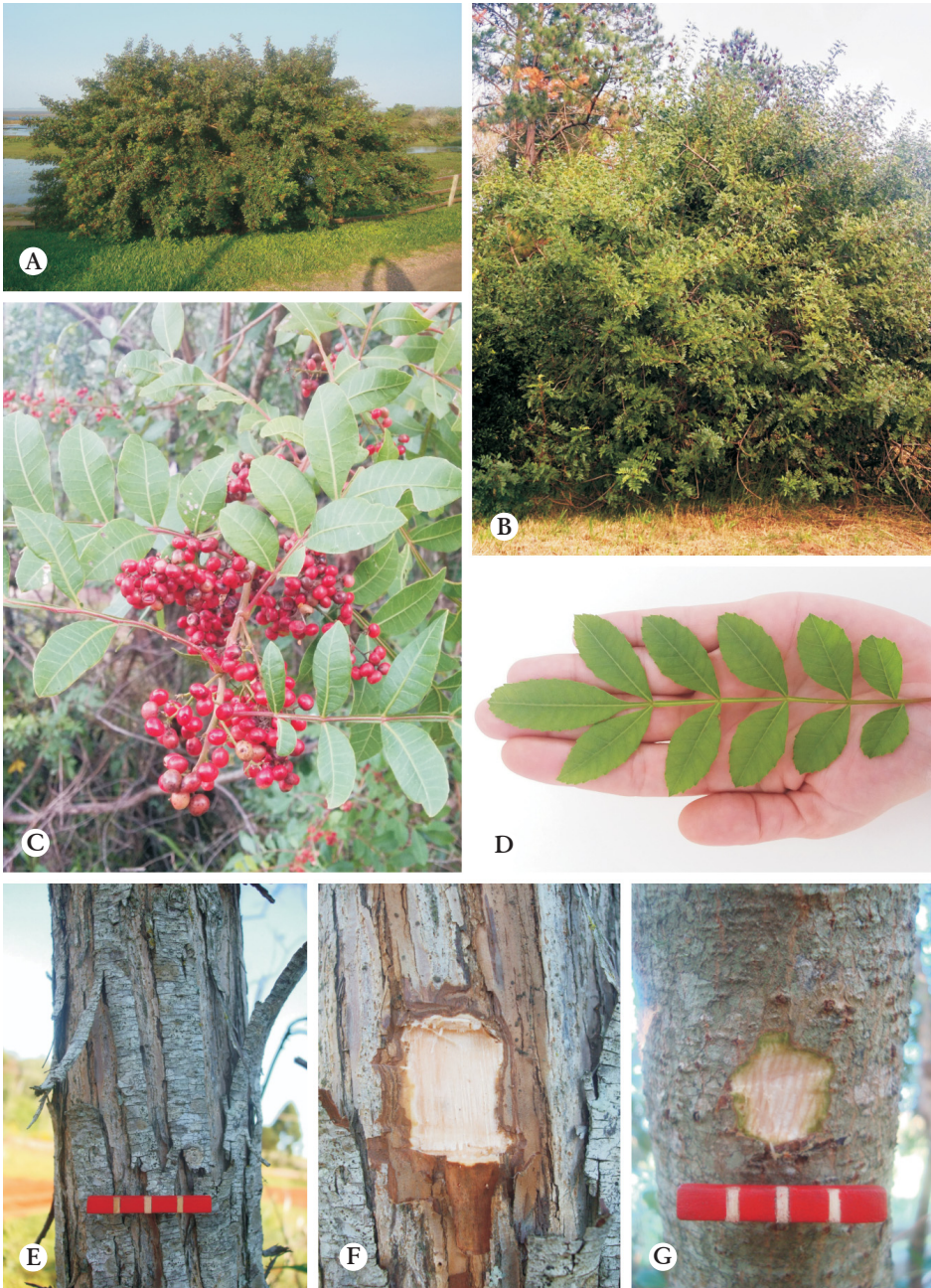


Figura 76: *Schinus terebinthifolius*: A, B – Aspectos gerais de indivíduos adultos; C – Ramo fértil, com destaque para os frutos esféricos e avermelhados; D – Aspecto de uma única folha (do tipo composta), formada por lâminas serreadas; E, F – Casca externa fissurada, com desprendimento em tiras retangulares, e casca interna esbranquiçada, em indivíduo adulto; G – Casca externa áspera e casca interna com estrias rosadas, em exemplar jovem. Escala = 4cm. A, E, F e G: Luciano Denardi. B, C: Rita Sousa. D: Paula Kettenhuber.

Características morfomecânicas

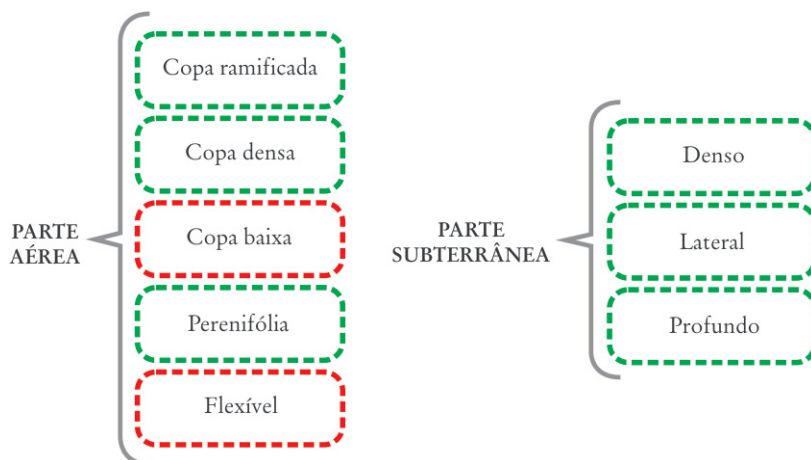


Figura 77: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

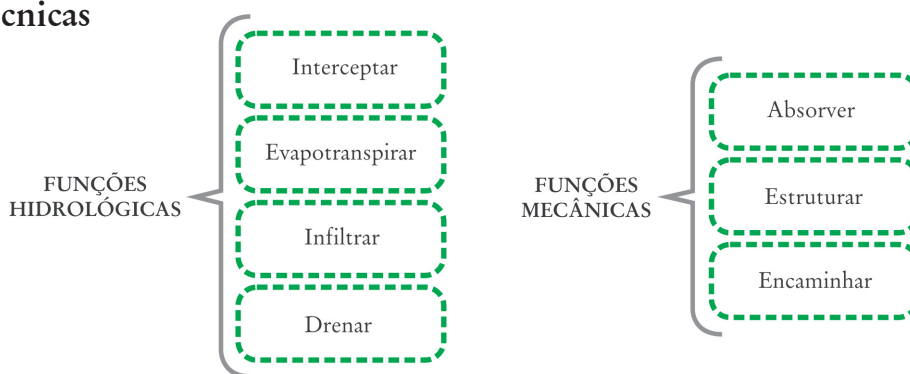


Figura 78: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

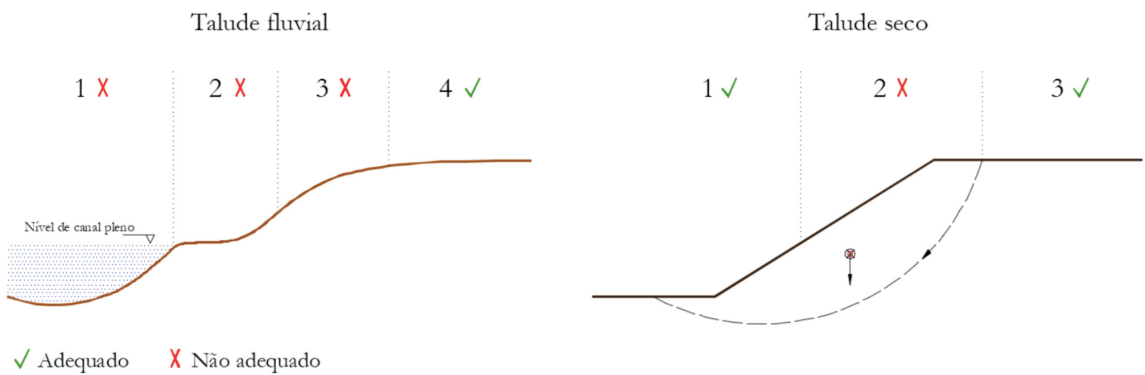
Funções Adicionais

Espécie autóctone com elevado valor ecológico e ambiental para restauração da mata ciliar e promoção da conectividade ecológica. Recomendada para o reflorestamento ao longo das margens de hidroelétricas para atrair a avifauna, com objetivo de disseminar esta e outras plantas frutíferas.

Campos de Aplicação

Espécie que pode ser utilizada para estabilização geotécnica e para controlar a erosão superficial. Indivíduos de porte arbóreo não são recomendados no meio ou topo dos taludes, pois causam sobrecarga de peso. A sua utilização requer, portanto, podas periódicas para evitar o crescimento excessivo.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Semeadura manual; Hidrossemeadura; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Grade viva; Parede krainer.

Referências bibliográficas

- BACKES, P. & IRGANG, B. *Árvores do sul: Guia de identificação e interesse ecológico*. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2009. 332 p.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- LELIS, S. M. et al. *Avaliação de enraizamento adventício e rebrote de estacas de Schinus terebinthifolius Rad. e Leandra lacunosa Cogn. para aplicação em técnicas de Engenharia Natural*. In: *II Congress APENA – VII Congress AEIP – VI Congress EFIB*. Portugal, p. 19-22, september, 2012.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. v. 1. 4. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. 368 p.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M. & REIS, A. *Projeto madeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Sudesul, 1988. 525 p.
- SANTOS, J. P. *Potencial de enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais da mata ciliar*. Lavras: UFL, 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Senna alata (Linn.) Roxb.

Fabaceae

Nomes populares

Maria-preta, fedegoso-gigante, fedegoso, cassia-candelabro, mangerioba-grande, mata-pasto, dartrial, candelabro.

Características morfológicas

Arbusto semi-lenhoso e perenifólio de 1 a 3 metros de altura, com caules e ramos geralmente esverdeados. Se cultivados próximos uns dos outros, formam uma cobertura densa. Casca externa áspera, esverdeada (marrom em indivíduos mais velhos), marcada por cicatrizes foliares e numerosas lentículas; casca interna verde-amarelado. Folhas compostas, formadas por várias lâminas oblongas e de extremidades arredondadas. Flores amarelas muito atrativas, dispostas na extremidade dos ramos. Os legumes são alongado e pretos quando maduros, providos de 4 "asas" longitudinais. As sementes são escuras e de formato triangular.

Biologia reprodutiva

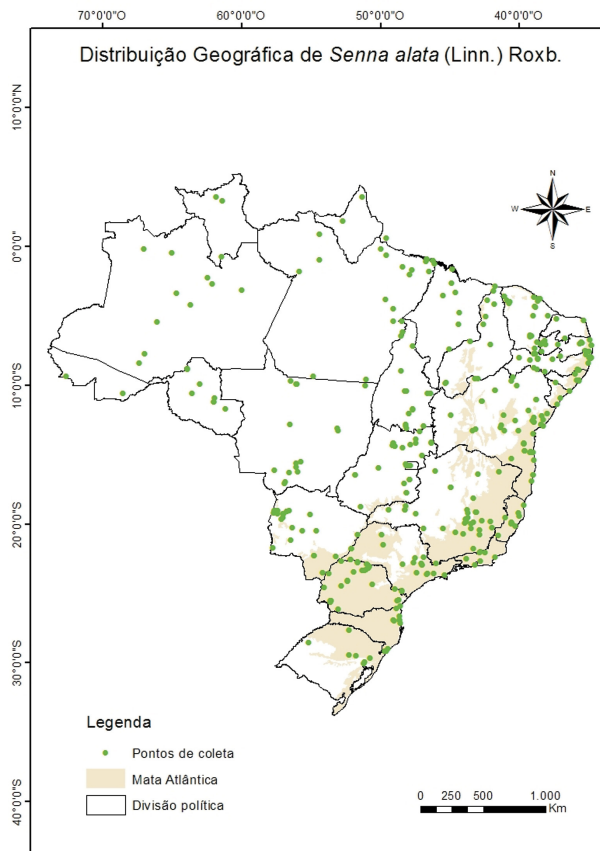
Multiplica-se principalmente por sementes, que são produzidas em grande quantidade. As sementes, contudo, apresentam dormência tegumentar, a qual pode ser superada por meio de escarificação mecânica (corte do tegumento) ou escarificação ácida (imersão em ácido sulfúrico). Em ambiente natural, a dormência é quebrada por processos de escarificação, que pode ocorrer pelo aquecimento do solo, por temperaturas alternadas, pela atividade de microorganismos ou pela ação de ácidos, quando da ingestão das sementes por animais.

A espécie pode ser propagada vegetativamente por meio de estacas basais, pois estas apresentam boas taxas de sobrevivência, produzindo raízes densas, que podem ultrapassar 1m de comprimento logo nos primeiros meses após o plantio.

Ecologia

A espécie distribui-se naturalmente do norte ao sul do Brasil, porém não tolera geadas. Habita áreas de pastagens, beira de estradas e terrenos baldios, principalmente em lugares úmidos. A planta apresenta crescimento extremamente rápido, com tendência à formação de agrupamentos com numerosos indivíduos.

Distribuição geográfica



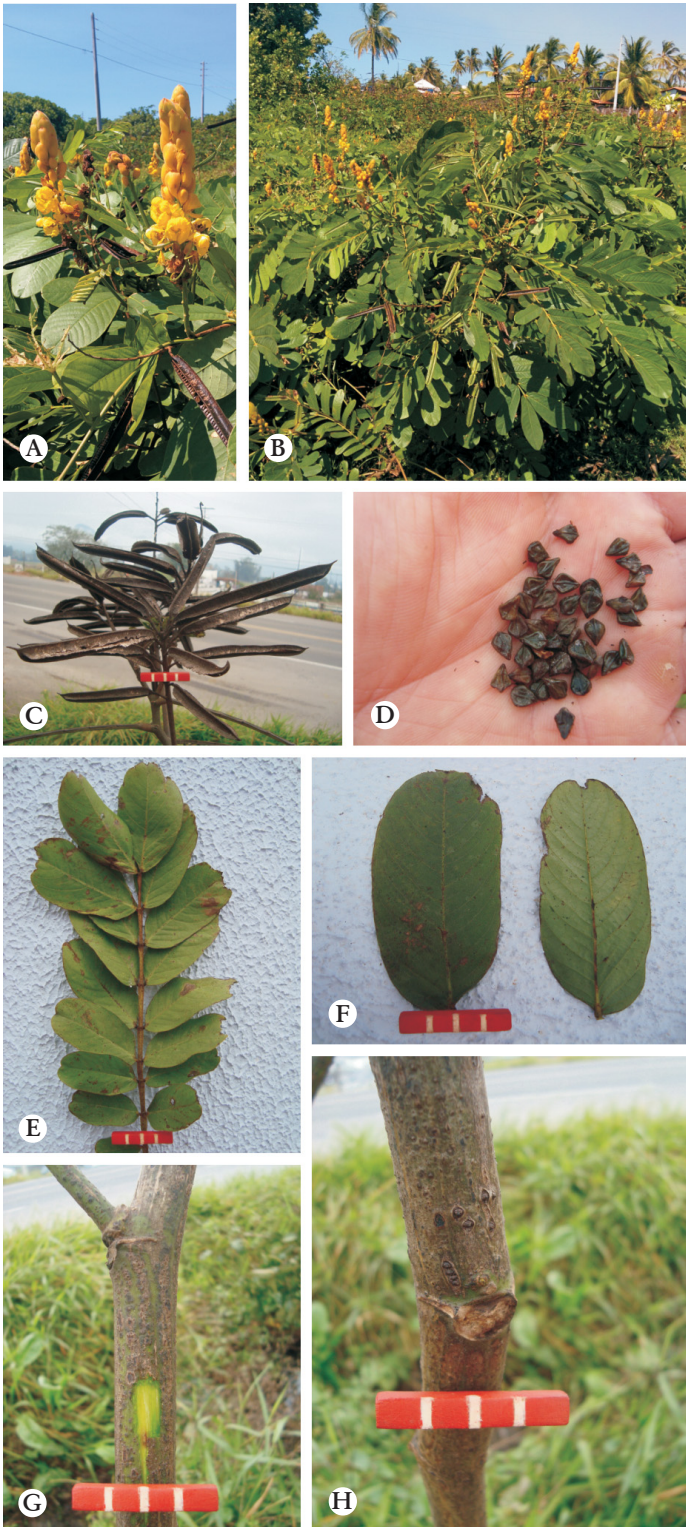


Figura 79:

Senna alata:

A – Ramos férteis, com destaque para as vistosas flores amarelas, dispostas na extremidade dos ramos;
B – Aspecto geral de uma planta;

C – Frutos maduros, providos de asas longitudinais;
D – Sementes em formato triangular;

E – Aspecto de uma única folha (do tipo composta), formada por várias lâminas;

F – Lâminas foliares oblongas, com margens inteiras e extremidades arredondadas;

G – Casca externa áspera e casca interna verde-amarelado;
H – Detalhe da casca externa, com numerosas lenticelas e cicatriz foliar característica em caules e ramos.

Escala = 4cm.

A e B: Rita Sousa.

C, D, E, F, G e H: Luciano Denardi.

Características morfomecânicas

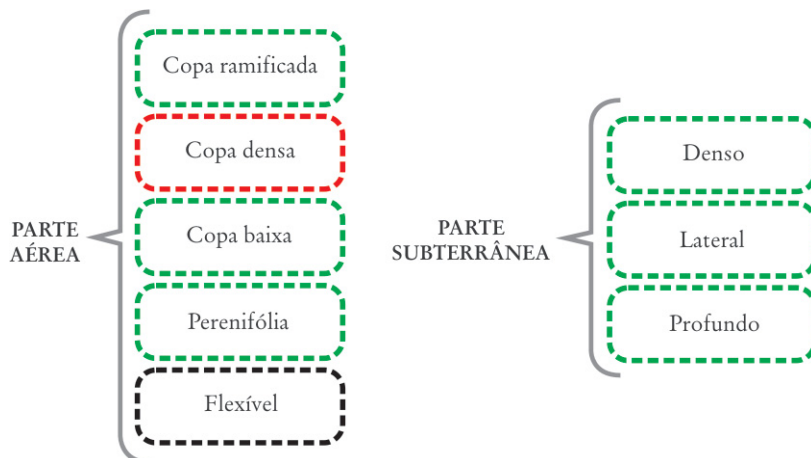


Figura 80: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

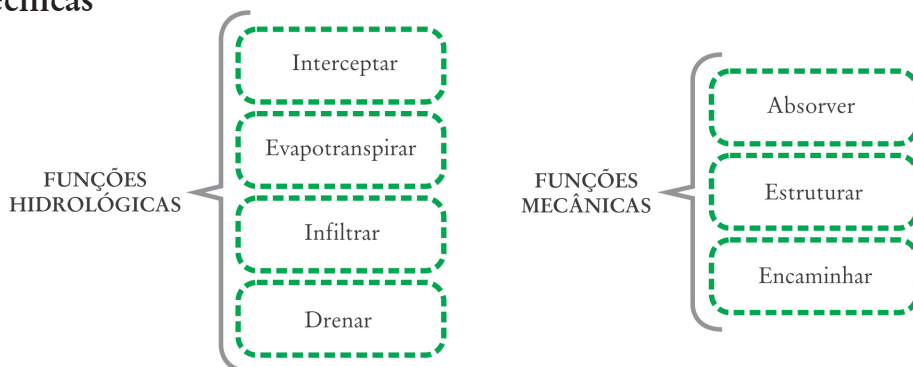


Figura 81: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

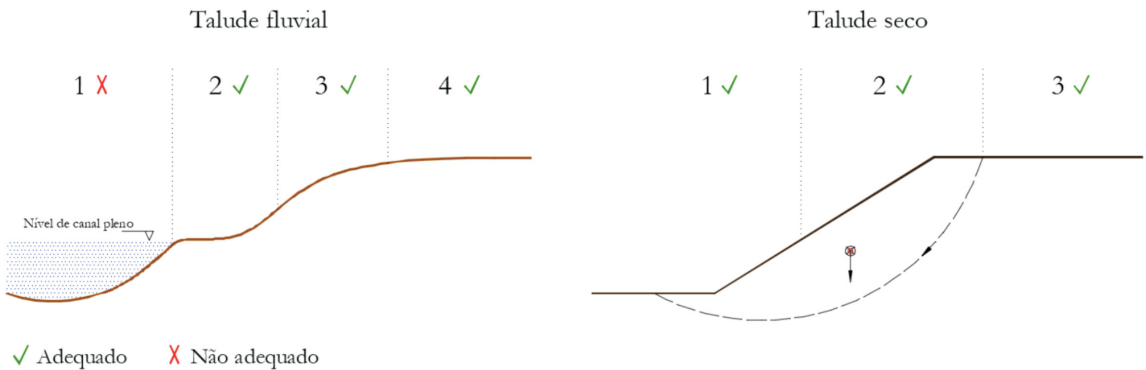
Funções Adicionais

Espécie autóctone de valor ecológico e ambiental para restauração da mata ciliar, promoção da conectividade ecológica e hidráulica de cursos de água.

Campos de Aplicação

Planta adequada para resolver problemas de instabilidade geotécnica e hidráulica, nas margens de cursos de água. Também pode ser utilizada para controlar a erosão superficial.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Semeadura manual; Hidrossemeadura; Estacaria viva; Feixes vivos, Esteira viva; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Grade viva; Parede krainer; Barragem de correção torrencial.

Referências bibliográficas

- BÄRTELS, A. *Guia de plantas tropicais: plantas ornamentais, plantas úteis, frutos exóticos*. Rio de Janeiro: Lexikon, 2007. 205 p.
- BRAGA, L. F. *et al.* Escarificação ácida, temperatura e luz no processo germinativo de sementes de *Senna alata* (L.) Roxb. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 12, n. 1, 2010.
- Senna* in: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 25 Ago. 2015.
- LORENZI, H. & SOUZA, H. M. *Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras*. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2001. 622 p.
- MARABESI, M. A. *Efeito do alto CO₂ no crescimento inicial e na fisiologia da fotossíntese em plântulas Senna alata (L.) Roxb.* São Paulo: Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2007. 78 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2007.
- NASCIMENTO, J. S. *et al.* Quebra de dormência e germinação de *Senna alata* (L.) Link em mata ciliar do sudoeste baiano. In: 63º Congresso Nacional de Botânica, p. 299, 2012.
- VAZQUEZ-YANES, C. & OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 24, p. 69-97, 1993.

Senna reticulata (Willd.) H. S. Irwin & Barneby

Fabaceae

Nomes populares

Maria-mole, mata-pasto, mangerioba-grande.

Características morfológicas

Apresenta-se como árvore perenifólia de até 12 metros de altura, ou então como arbusto, com cerca de 3 a 4 metros. Se cultivados próximos uns dos outros formam uma cobertura densa. Casca externa acinzentada ou enegrecida, áspera, marcada por numerosas lenticelas e cicatrizes foliares. Folhas compostas, formadas por oito a quatorze pares de lâminas oblongas, com margens inteiras e extremidades arredondadas. As flores, amarelas e muito ornamentais, encontram-se reunidas no ápice dos ramos ou na axila das folhas. Os legumes são alongados e achatados, sendo totalmente pretos quando maduros.

Biologia reprodutiva

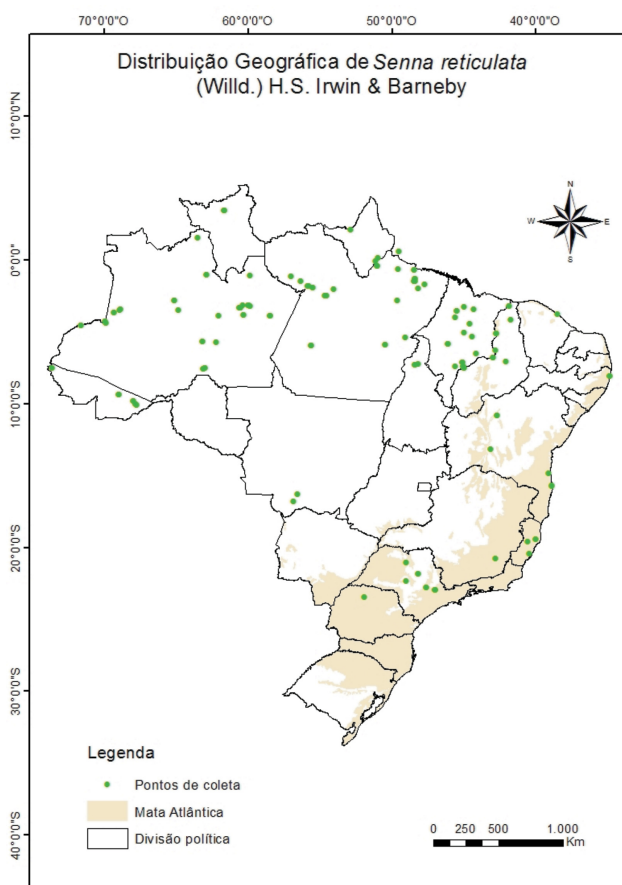
Na região amazônica, a espécie produz flores e frutos a partir de 9 a 12 meses de idade. A floração e a frutificação ocorrem no período das cheias (maio a julho), ao passo que as sementes são liberadas entre junho e agosto. As sementes apresentam elevada taxa de germinação (85%) quando não submersas.

A espécie apresenta capacidade de propagação vegetativa por meio de estaquia, com percentual de enraizamento superior a 60%.

Ecologia

Com exceção dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a espécie distribui-se por praticamente todo o país, principalmente na Região Amazônica. Habita preferencialmente solos areno-argilosos, em terrenos inundáveis ou não, em áreas de pastagens e campos abertos, muitas vezes formando touceiras.

Por seu rápido crescimento, alta tolerância de suas raízes à inundações e capacidade de rebrota, a espécie impede a formação de pastagem nas planícies amazônicas, características que justificam a denominação popular de “mata-pasto”.

Distribuição geográfica

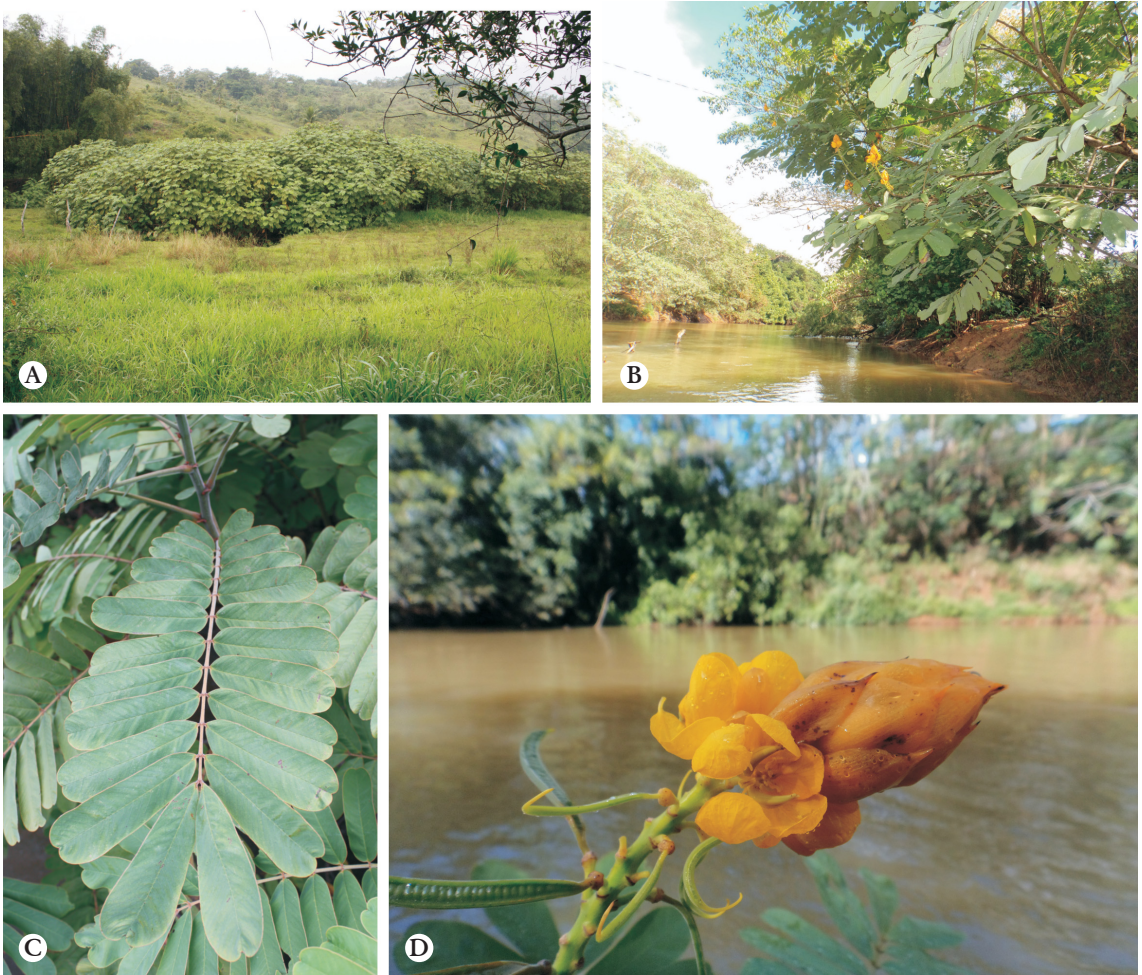


Figura 82: *Senna reticulata*: A – População reunindo diversos indivíduos, formando uma cobertura densa sobre o solo; B – Aspecto de um exemplo crescendo nas margens de um rio; C – Detalhe de uma única folha, em primeiro plano, que é formada por vários pares de lâminas oblongas, com extremidades arredondadas e margens inteiras; D – Aspecto das flores, reunidas no ápice de um ramo, e dos legumes, ainda imaturos. A, B, C e D: Rita Sousa.

Características morfomecânicas

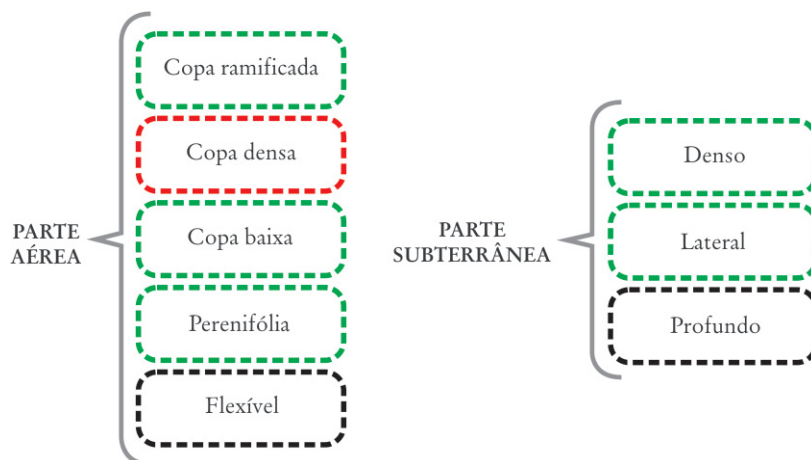


Figura 83: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

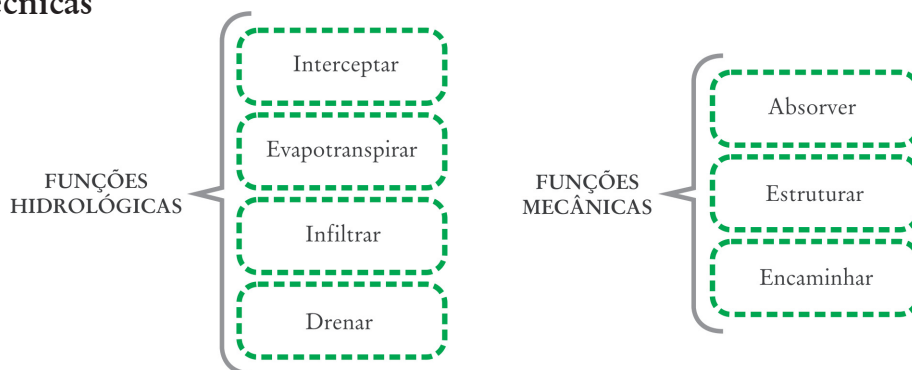


Figura 84: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções Adicionais

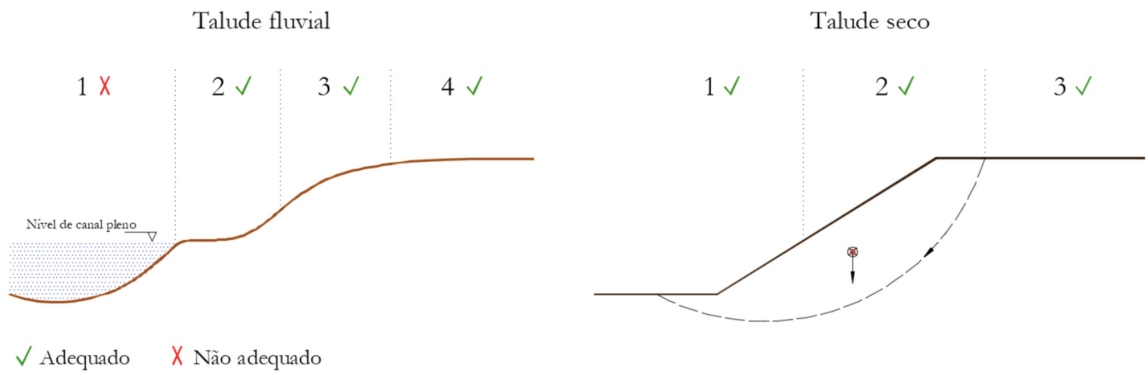
Espécie autóctone de valor ecológico e ambiental para restauração da mata ciliar, promoção da conectividade ecológica e hidráulica de cursos de água e da estabilidade térmica da água.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para resolver problemas de instabilidade geotécnica nas margens de cursos de água. Também é recomendada para controlar a erosão superficial.

Pode ser utilizada para estabilização geotécnica.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Semeadura manual; Hidrossemeadura; Estacaria viva; Feixes vivos, Esteira viva; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Grade viva; Parede krainer.

Referências bibliográficas

- CARDENAS, A. R.; MÉJIA, G. I & CÁRDENAS, J. E. P. Especies vegetales investigadas por sus propiedades antimicrobianas, inmunomoduladoras e hipoglicemiantes en el departamento de Caldas (Colombia, Sudamérica). *Biosalud*, v. 12. p. 59-82, 2013.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- PAROLIN, P. *Senna reticulata* a pioneer tree from Amazonian várzea floodplains. *The Botanical Review*, v. 67. p. 239-254, 2001.
- PAROLIN, P. *Senna reticulata* (Willd.) H. S. Irwin & Barneby (Fabaceae) as Pasture Killer (Matapasto) pioneer tree in amazonian floodplains. *Ecología Aplicada*, v. 4. n. 1 e 2, 2005.
- REVILLA, J. *Plantas da Amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis*. Manaus: INPA/SEBRAE/AM, 2001. 405 p.
- SILVA, M. F. et al. Leguminosas invasoras de áreas cultivadas no nordeste do Pará, Brasil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.*, v. 8, n. 1, p. 63-74, jan.-abr. 2013.

Sesbania virgata (Cav.) Pers.

Fabaceae

Nomes populares

Angiquinho-gigante, angiquinho-grande, sesbânia, cambaí-amarelo, sarazinho, mãe-josé, feijãozinho.

Características morfológicas

Arbusto perenifólio de até 5 metros de altura, com reduzida ramificação na base e copa pouco densa. Casca externa escura, áspera, geralmente com desprendimento em finas lâminas retangulares; casca interna esverdeada. Folhas compostas, formadas por numerosos pares de lâminas com margens inteiras e ápice mucronado. Os caules, os ramos e as folhas exalam forte odor. As flores são amarelas e muito ornamentais. Os legumes, que encerram de 2 a 6 sementes, apresentam formato “quadrático” e ápice pontiagudo; sendo verdes na fase jovem e marrom-escuro (ou pretos) quando maduros.

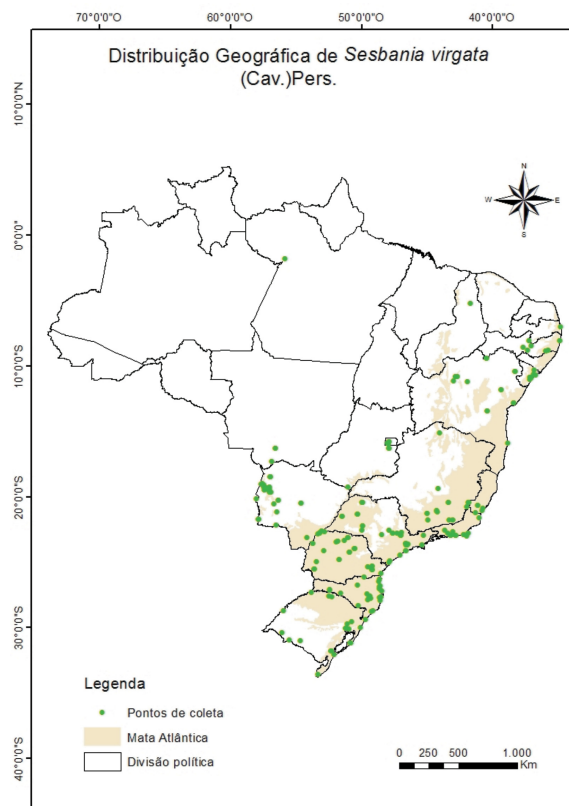
Biologia reprodutiva

Apresenta floração mais intensa em janeiro, abril, setembro e outubro, ao passo que a frutificação ocorre em janeiro, outubro e novembro. A planta produz grande quantidade de sementes viáveis, as quais apresentam taxa de germinação superior a 90%. Deve-se, entretanto, realizar tratamento pré-germinativo (escarificação mecânica ou ácida) para quebra da dormência tegumentar. A espécie também pode ser propagada vegetativamente por meio de estaquia em qualquer época do ano, apresentando vigoroso desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular. Deve-se ter especial atenção na escolha dos indivíduos para a coleta de estacas, posto que a espécie é comumente atacada por pragas, podendo comprometer a propagação vegetativa.

Ecologia

A espécie desenvolve-se em solos arenosos ou argilosos, sendo comumente encontrada em margens de estradas, terrenos baldios, cavas de extração de argila, locais próximos ao mar, campos alagáveis, terrenos úmidos e margens de rios, onde suporta as inundações e frequentemente forma população numerosa. Apesar da vida curta (8 a 9 anos), a planta é recomendada para a revegetação de áreas degradadas, inclusive em ambiente ciliar, tendo capacidade moderada de competir com gramíneas e rebrotar da cepa após corte ou queimadas. Apresenta rápida disseminação durante as cheias dos rios, pois suas sementes são carregadas para locais à jusante.

Distribuição geográfica



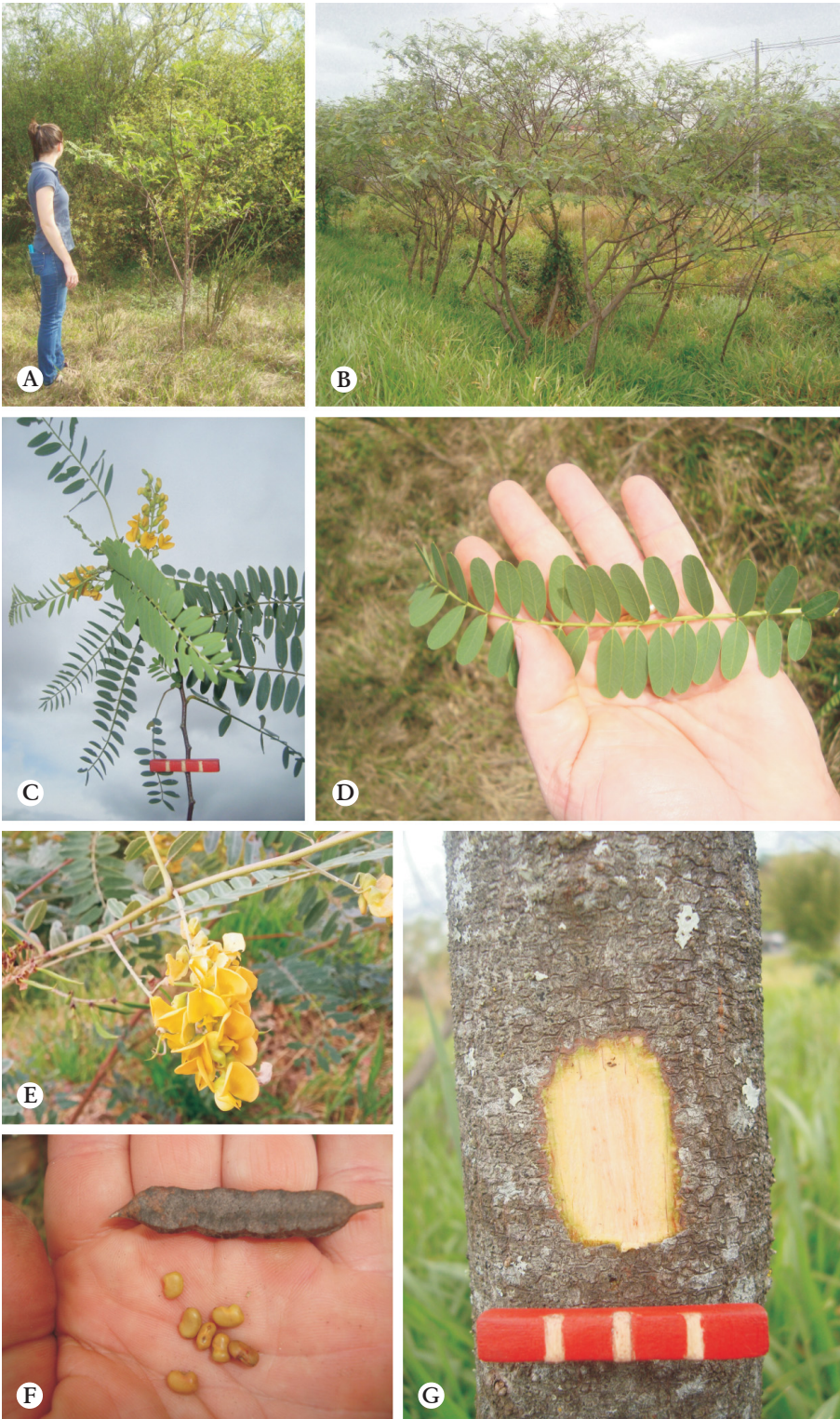


Figura 85:

Sesbania virgata:

A – Aspecto geral de uma planta jovem;
B – Agrupamento de vários indivíduos na margem de uma rodovia;
C – Ramo fértil;
D – Detalhes de uma única folha (do tipo composta), formada por numerosos pares de lâminas com margens inteiras e ápice mucronado;
E – Aspecto da inflorescência (conjunto de flores);
F – Legume com ápice pontiagudo e aspecto das sementes maduras;
G – Casca externa áspera, de coloração escura, e casca interna esverdeada.
Escala = 4cm.

A, B, C, D, F e G: Luciano Denardi.
E: Rita Sousa.

Características morfomecânicas

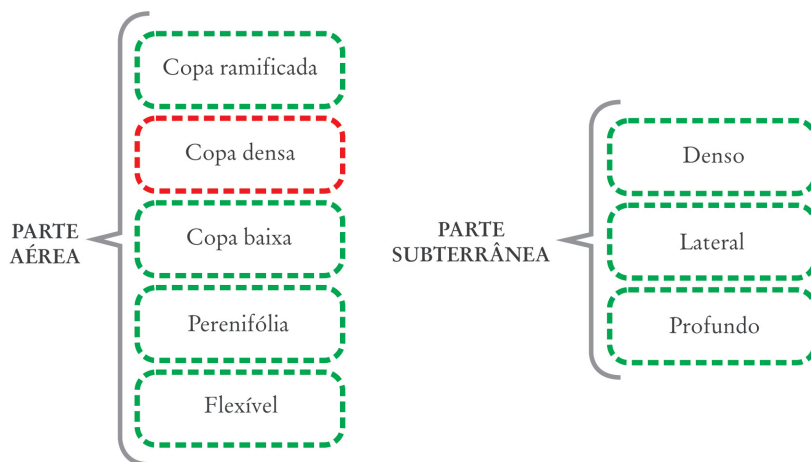


Figura 86: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

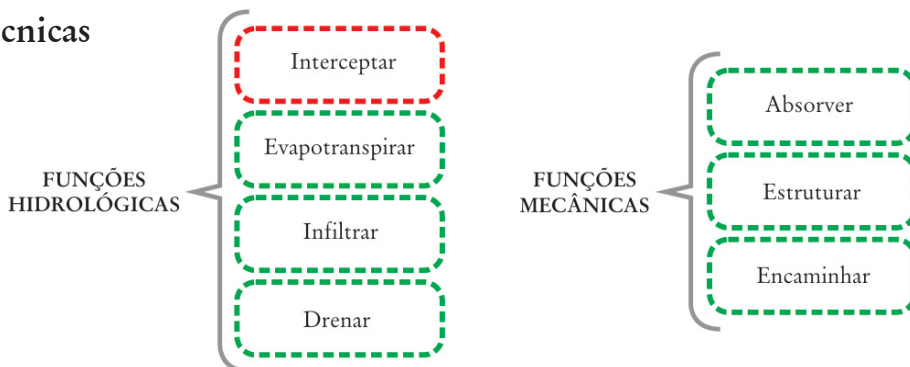


Figura 87: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

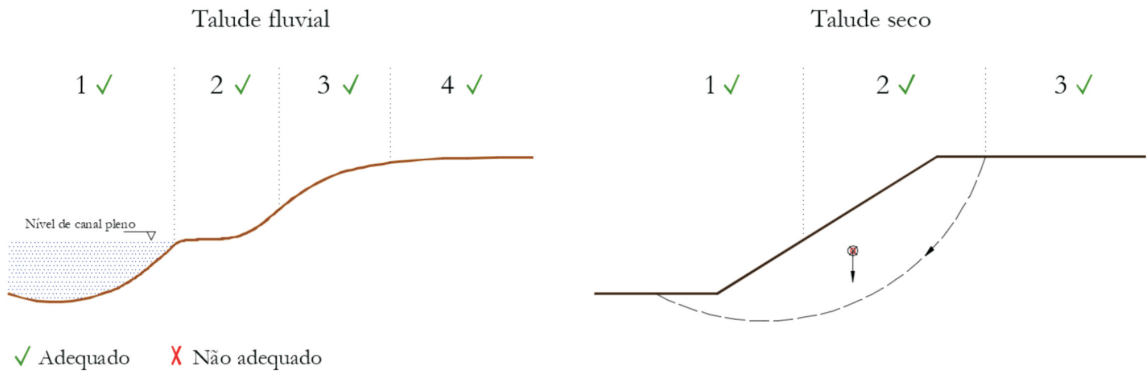
Funções Adicionais

Espécie autóctone de valor ecológico e ambiental para restauração da mata ciliar, promoção da conectividade ecológica e hidráulica de cursos de água e da estabilidade térmica da água. Desenvolve-se naturalmente em terrenos úmidos, adaptando-se a solos com baixa fertilidade. Trata-se de uma planta de interesse para revegetação de áreas degradadas e incorporação de nitrogênio ao solo, uma vez que associa-se com bactérias do gênero *Rhizobium*. Seus principais usos econômicos são o fornecimento de pasto apícola e forragem.

Campos de Aplicação

Espécie adequada para resolver problemas de instabilidade geotécnica e hidráulica nas margens e leito de cursos de água, bem como em taludes.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Semeadura manual; Hidrossemeadura; Estacaria viva; Entrançado vivo; Feixes vivos, Esteira viva; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Defletores; Grade viva; Parede krainer; Barragem de correção torrencial.

Referências bibliográficas

- ARAÚJO, E. C. *et al.* Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 26, n. 1, p. 105-110, 2004.
- COUTINHO, M. P. *et al.* Crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. plantadas em uma área degradada por extração de argila. *Floresta*, v. 35, n. 2, p. 231-239, 2005.
- FILARDI, F. L. R. *et al.* Espécies lenhosas de papilionoideae (leguminosae) na estação ambiental de volta grande, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, v. 58, n. 2, p. 363-378, 2007.
- GOIS, S. S. *Recomposição da floresta ripária na margem do rio São Francisco*. São Cristóvão: UFS. 2014. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, 2014.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Investigação biotécnica de espécies com potencial de uso em obras de Engenharia Natural*. 2017. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- LORENZI, H. *Plantas daninhas do Brasil*. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 640 p.
- POTT, A. & POTT, V. *Plantas do pantanal*. Brasília: EMBRAPASPL, 1994. 320 p.
- SAMÔR, O. J. M. *Comportamento de mudas de Sesbania virgata e Anadenanthera macrocarpa, produzidas em recipientes e substratos, destinadas à recuperação de áreas degradadas pela extração de argila*. Campos de Goytacazes, 1999. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1999.

Terminalia australis Cambess.

Combretaceae

Nomes populares

Sarandi, sarandi-amarelo, amarelo, amarelinho, tanimbú.

Características morfológicas

Arbusto ou árvore caducifolia de até 10m de altura, normalmente ramificada desde a base do tronco. Ramos finos e compridos (por vezes pendentes), formando copa pouco densa. Casca externa acinzentada ou marrom-claro, com fissuras pouco profundas; casca interna fortemente amarelada. Folhas simples e de margens inteiras, pilosas quando jovens e geralmente agrupadas no ápice dos ramos. Flores brancas ou amareladas, pequenas e pouco vistosas. Fruto seco e alado, marrom quando maduro, contendo uma única semente.

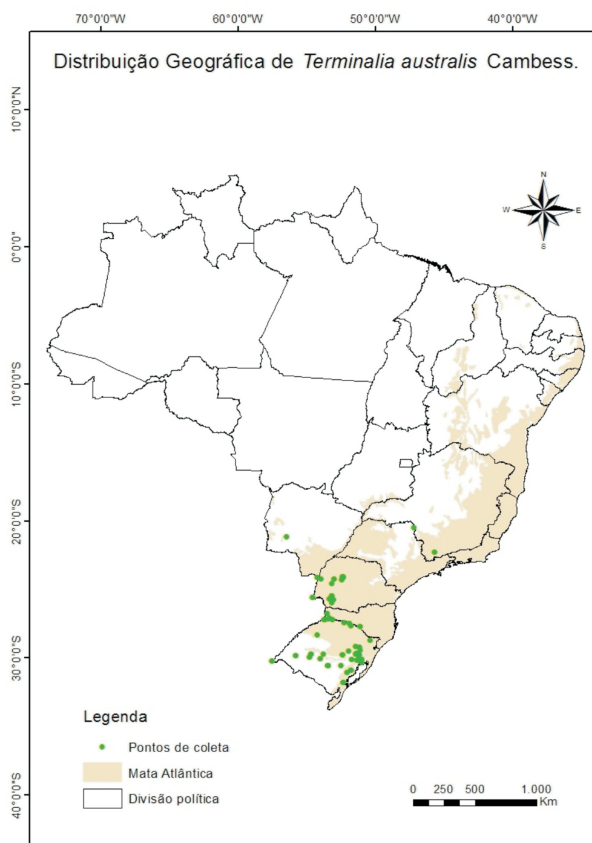
Biologia reprodutiva

A floração ocorre de maio a agosto, no Estado do Paraná, ao passo que no Rio Grande do Sul e Santa Catarina a floração tem início na primavera e a maturação dos frutos no verão. A coleta das sementes deve ser feita quando os frutos estiverem marrons. As sementes requerem tratamento pré-germinativo, devendo-se deixá-las submersas em água com temperatura ambiente por 24 ou 36 horas; a emergência tem início de 40 a 60 dias após a sementeira. A espécie apresenta capacidade de propagação vegetativa por estaquia, sendo que a época de coleta das estacas influencia significativamente seu enraizamento, devendo ser realizada no final do inverno/início da primavera quando seus ramos ainda estão sem folhas. A taxa de enraizamento das estacas é de até 60%, contudo em qualquer época do ano seu desenvolvimento inicial é lento. Recomenda-se que as mesmas sejam extraídas dos ramos terminais (mais jovens).

Ecologia

Trata-se de uma espécie reófila, muito comum nos taludes de rios sujeitos a inundações periódicas, chegando a formar densos agrupamentos. No Estado do Rio Grande do Sul, ocorre associada com *Pouteria salicifolia*, *Calliandra brevipes*, *Phyllanthus sellowianus* e *Gymnanthes schottiana*. A planta é heliófila, tolera baixas temperaturas e prefere solos com textura arenosa e areno-argilosa.

Distribuição geográfica



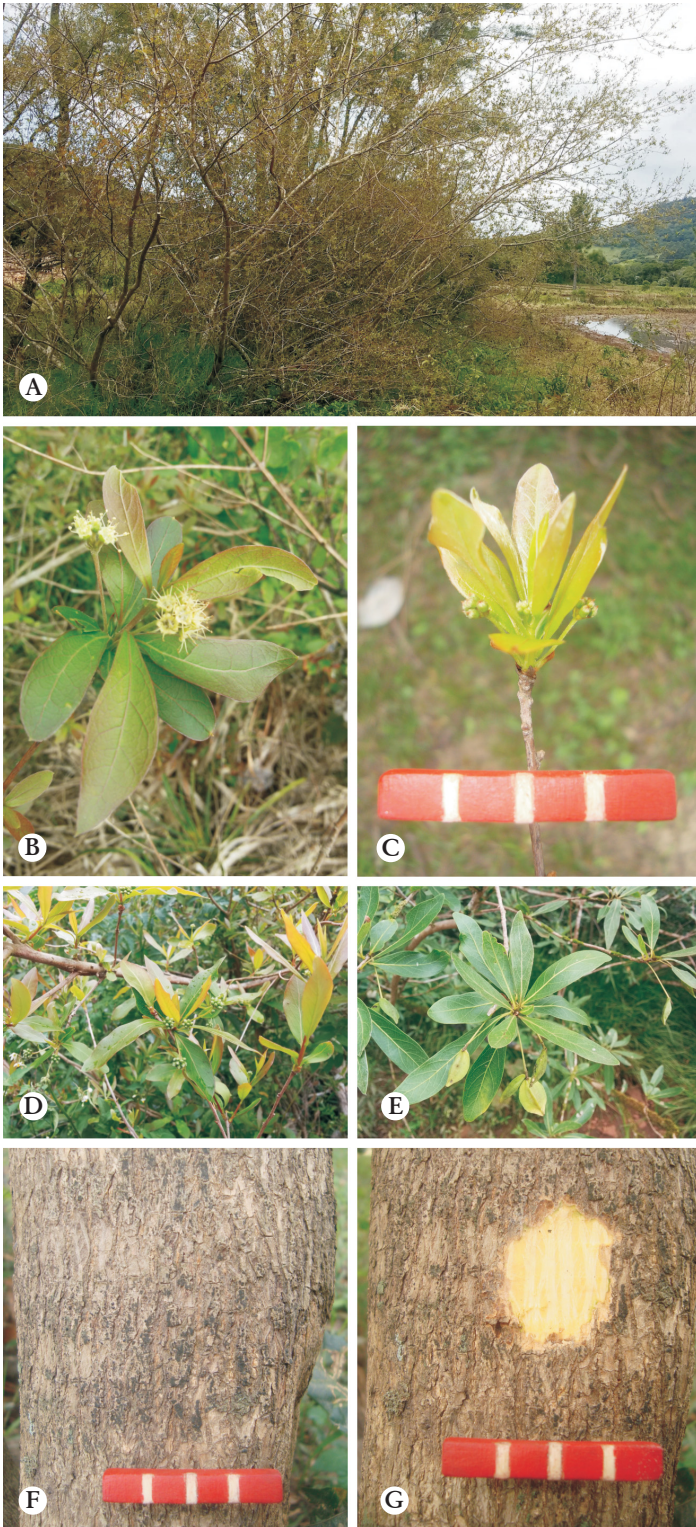


Figura 88:

Terminalia australis:

A – Aspecto geral da planta;
B – Detalhe das flores no
ápice de um ramo;
C, D – Folhas simples,
de margens inteiras, agrupadas
no ápice dos ramos;
E – Aspecto dos frutos secos
e alados;
F – Casca externa com
fissuras pouco profundas;
G – Casca interna fortemente
amarelada.
Escala = 4 cm.

A e B: Paula Kettenhuber.
C, F e G: Luciano Denardi.
D e E: Rita Sousa.

Características morfomecânicas

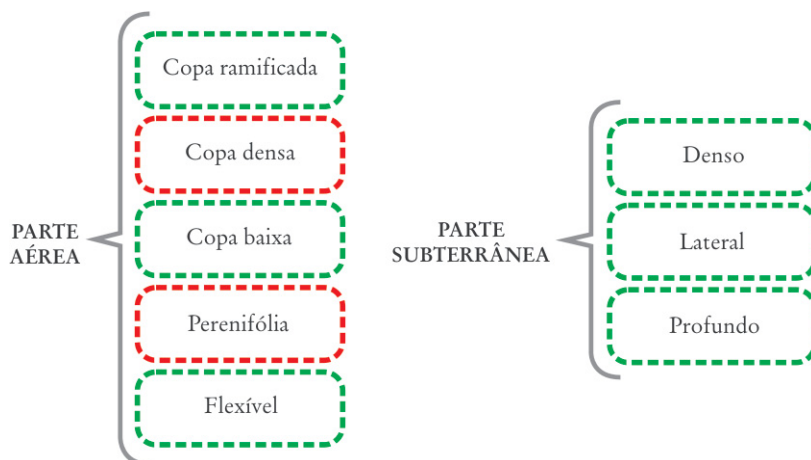


Figura 89: Fluxograma das características morfomecânicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

Funções técnicas

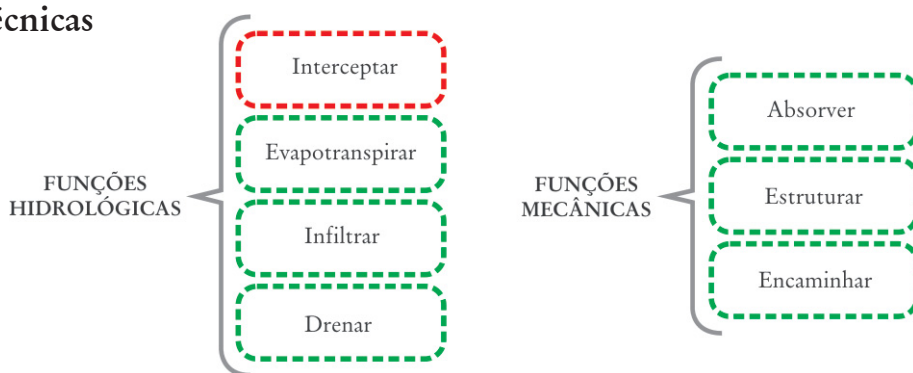


Figura 90: Fluxograma das funções técnicas (verde=presente; vermelho=ausente; preto=informação desconhecida).

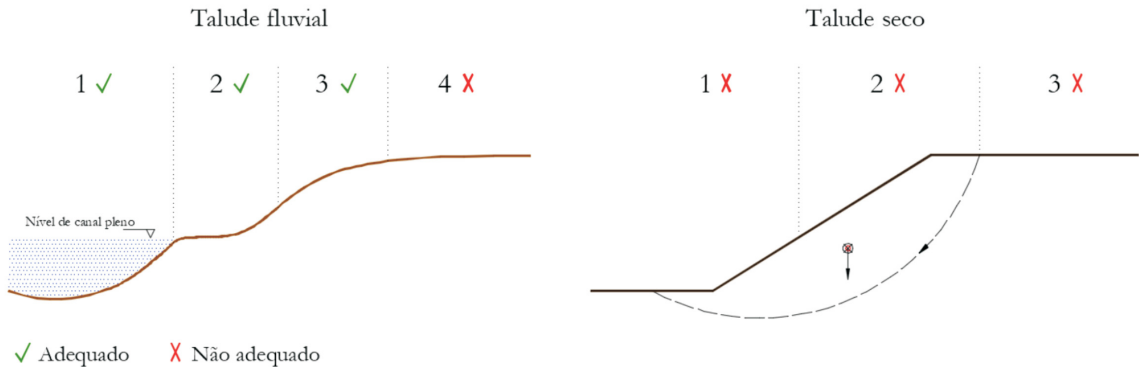
Funções Adicionais

Espécie autóctone de valor ecológico e ambiental para restauração da mata ciliar, promoção da conectividade ecológica e hidráulica de cursos de água e da estabilidade térmica da água. Fornece madeira muito valorizada esteticamente para confecção de laminados e objetos de luxo.

Campos de Aplicação

Recomenda-se para resolver problemas de instabilidade geotécnica e hidráulica, nas margens de cursos de água. Pode ser empregada para controlar a erosão superficial, devendo ser utilizadas densidades altas de plantio para garantir a cobertura do solo.

Local de Aplicação



Tipos de Intervenção

Estacaria viva; Entronçado vivo; Feixes vivos, Esteira viva; Banqueta vegetada; Enrocamento vivo; Defletores; Grade viva; Parede krainer; Barragem de correção torrencial.

Referências bibliográficas

- BACKES, P. & IRGANG, B. *Árvores do sul: Guia de identificação e interesse ecológico*. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2009. 332 p.
- CADONÁ, S. C. *et al.* Propagação vegetativa de *Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg. e *Terminalia australis* Cambess. In: *II Congress APENA – VII Congress AEIP – VI Congress EFIB*. Portugal, p. 19-22, september 2012.
- CARVALHO, P. E. R. *Espécies arbóreas brasileiras*. v. 3. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2008. 593 p.
- DURLO, M. A. & SUTILI, F. J. *Manejo biotécnico de cursos de água*. Porto Alegre: EST edições, 2005. 189 p.
- GOIS, S. S. *Recomposição da floresta ripária na margem do rio São Francisco*. São Cristóvão: UFS. 2014. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, 2014.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Distribuição geográfica de espécies do bioma Mata Atlântica com potencial de uso em obras de Engenharia Natural em travessias duto-viárias*. 2014. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- KETTENHUBER, P. L. W. *Investigação biotécnica de espécies com potencial de uso em obras de Engenharia Natural*. 2017. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- MARCHIORI, J. N. C & SOBRAL, M. *Dendrologia das angiospermas: Myrtales*. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1997. 304 p.
- REITZ, R. Combretáceas. In: REITZ, R. (Org.) *Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1967. 26 p.
- TORTORELLI, L. A. *Maderas y bosques argentinos*. 2. ed. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora, 2009. 576 p.

5. Glossário

Aculeado: Diz-se de qualquer órgão ou estrutura vegetal que possui acúleos.

Acúleo: Estrutura pontiaguda, à semelhança de um espinho, diferindo deste por ser relativamente fácil de ser desprendido da planta.

Alado: Diz-se de frutos, sementes ou outras estruturas com projeções laterais, a semelhança de uma asa.

Arbusto: Planta lenhosa (ou então herbácea), com altura inferior a 5 metros, provida de várias ramificações desde a sua base, não formando tronco único.

Árvore: Planta lenhosa, normalmente com altura superior a 5 metros, provida de um tronco único (não ramificado desde a base).

Asa: Termo utilizado para representar todo e qualquer tipo de expansão laminar elevando-se da superfície de frutos e sementes.

Áspera: Diz-se da casca externa do caule que apresenta superfície rugosa, irregular, porém não marcada por fissuras.

Axila: Termo utilizado para designar o ângulo formado entre o pecíolo (“cabinho” da folha) e o caule/ramo.

Copa: Conjunto de ramificações do caule e folhagem de uma árvore. Sua forma e densidade podem variar consideravelmente em diferentes fases do desenvolvimento da planta.

Copa densa: Expressão utilizada para designar uma copa que apresenta muitas folhas ou que proporciona grande sombreamento. É o oposto de “copa paucifoliada”.

Copa paucifoliada: Expressão empregada para designar uma copa que apresenta poucas folhas ou que proporciona pouca sombra. É o oposto de “copa densa”.

Casca externa: Conjunto de tecidos mortos que revestem a porção mais externa de caules, ramos e raízes.

Casca interna: Conjunto de tecidos vivos situados internamente à casca externa de caules, ra-

mos e raízes. Na prática de campo, é facilmente distinguida da casca externa por ser úmida (tecidos vivos) e por vezes brilhante. Para a visualização da casca interna deve-se remover suavemente, com o auxílio de uma faca ou canivete, a casca externa.

Classificação do fluxo em cursos de água¹:

Nível normal – ocorre em 95% dos dias do ano.

Nível médio – igualado ou excedido em 30% dos dias do ano. Corresponde a 1/3 do canal pleno.

Nível de canal pleno – igualado ou excedido duas vezes em 3 anos ou com período de retorno médio de 1,5 anos.

Nível de cheia – igualado ou excedido a cada 10 anos.

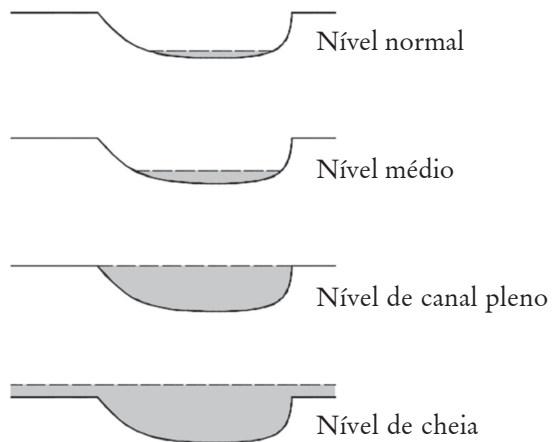


Figura 91: Classificação do nível de água em rios ou cursos de água.

Classificação dos tipos de raízes: Figura 92.

Decumbente: Diz-se de uma planta (ou de seu caule) que não consegue suportar o próprio peso. Desta forma, com exceção do ápice, todo o caule restante encontra-se deitado sobre o substrato.

Esciófita (Umbrófito): Planta tolerante à sombra, adaptada a se desenvolver em ambientes sombreados ou semi-sombreados.

Estrias: Refere-se à presença de linhas longitudinais, que podem ser causadas por pigmentos ou por diferenças na superfície do órgão ou estrutura vegetal.

Falcado: Diz-se de folhas ou outras estruturas vegetais em formato de foice.

Filete: Estrutura normalmente cilíndrica (fio delgado). Em botânica o termo corresponde a uma das partes da estrutura reprodutiva masculina da flor.

Fissurada: Diz-se da casca externa do caule que apresenta fissuras longitudinais (sentido raiz-folha), conferindo-lhe um aspecto sulcado.

Flexuoso: Refere-se a um ramo sinuoso, em forma de “zig-zag”.

Folha: Órgão aéreo de coloração normalmente verde, cuja principal função é a fotossíntese. Uma folha é formada basicamente por uma ou mais lâminas (porção achatada) e pelo pecíolo (cabinho que sustenta a lâmina).

Folha simples: Tipo de folha que apresenta uma única lâmina. Ex: Alamanda-amarela (*Allamanda cathartica*), sarandi (*Phyllanthus sellowianus*), sal-seiro (*Salix humboldtiana*).

Folha composta: Tipo de folha que apresenta várias lâminas. Ex: Quebra-foice (*Calliandra tweedii*), malícia-de-boi (*Mimosa pigra*), Maria-preta (*Senna alata*).

Heliófito: Planta que necessita de muita luz solar para se desenvolver e se reproduzir, planta de sol.

Higrófito: Planta adaptada a crescer em ambientes com muita umidade, aquáticos ou brejosos.

Índice de área foliar: O IAF ou leaf area index (LAI) é um parâmetro biofísico que caracteriza um dossel florestal. Expressa uma relação entre área da superfície foliar (apenas a parte superior) e a área projetada no solo (m^2/m^2).²

Lâmina: Porção achatada (laminar) de uma folha. É uma das estruturas vegetais com maior variação quanto à forma, textura e coloração.

Látex: Substância de aspecto normalmente leitoso liberada com o rompimento dos tecidos de caules, ramos, folhas e frutos de algumas espé-

cies. Apresenta coloração branca, mas outras cores podem ocorrer.

Legume: Fruto seco que encerra uma ou mais sementes. Sua forma e dimensões variam muito entre as diferentes espécies. O termo “vagem” é equivalente, porém normalmente é empregado quando estes frutos ainda estão verdes.

Lenhoso: Que tem a natureza e a consistência de madeira. Diz-se de árvores, arbustos e trepadeiras, por oposição às plantas herbáceas.

Lenticela: Trata-se de pequeno orifício, que normalmente aparece como protuberância e que funciona como canal de aeração para os tecidos mais profundos do tronco ou raiz. Sua forma, dimensões e abundância são extremamente variáveis conforme a espécie.

Lisa: Diz-se da casca externa do caule com superfície suave ao toque.

Margem: Em botânica, é o mesmo que bordo, a porção marginal das lâminas foliares.

Margem inteira: Diz-se das lâminas foliares cujo bordo é liso ou inteiro (sem reentrâncias).

Margem serrada: Diz-se das lâminas foliares cujo bordo possui reentrâncias (dentes), à semelhança de uma serra.

Mucronado: Diz-se de folhas ou outras estruturas que terminam numa pequena ponta.

Nó: Em botânica, refere-se a porção do caule onde surgem as folhas.

Oblonga: Diz-se das lâminas foliares, ou outras estruturas, com margens paralelas.

Ondulada: Diz-se da lâmina foliar, de margem inteira ou serrada, que apresenta sinuosidades bidimensionais, como se fossem ondas.

Pecíolo: É o “cabinho” da folha, ou seja, uma estrutura normalmente cilíndrica que faz a ligação entre a lâmina foliar e o caule/ramo.

Perenifólia: Diz-se das plantas cujas folhas são permanentes. É o oposto do termo caducifólia, em que folhas caem todas ao mesmo tempo, numa determinada época do ano.

Reófito: Planta adaptada às condições adversas do ambiente fluvial, capazes de suportar a correnteza das águas.

Trepadeira: Forma de vida vegetal cujo o caule não suporta o próprio peso, necessitando de outras estruturas como apoio para elevar-se verticalmente.

Velocidade limite de transporte: A velocidade necessária para colocar materiais em movimento ou, então, para mantê-los em movimento.³

Xerófita: Planta que é capaz de crescer em lugares áridos, em solos com pouca umidade disponível.

¹ LUNA, L. *A view of the river*. Cambridge: Harvard University Press, 1994.

² WATSON, D. J. Comparative physiological studies on growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany*, v. 11, p. 41-76, 1947 *apud* XAVIER, A. C.; SOARES, J. V. & ALMEIDA, A. C. de. Leaf area index changes with age among eucalypt clonal plantations. *Revista Árvore*, v. 26, n. 4, p. 421-427, ago. 2002.

³ DURLO, M. & SUTILI, F. *Bioengenharia – Manejo biotécnico de cursos de água*. 3ª ed. Santa Maria: Pallotti, 2014.

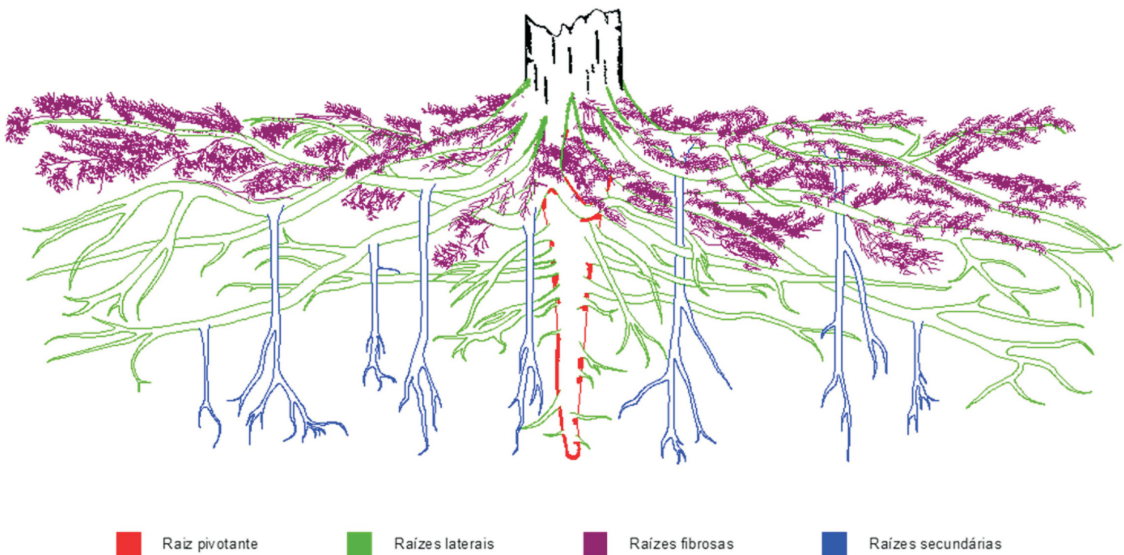


Figura 92: Classificação dos tipos de raízes de plantas: Raiz pivotante (*tap root*): Proporciona suporte e ancoragem da planta em profundidade; Raízes laterais (*lateral roots*): Auxiliam no suporte e ancoragem da planta lateralmente, podem alcançar distâncias maiores do que a projeção da copa; Raízes fibrosas (*fibrous roots*): Massa de raízes finas próximas à superfície do solo e Raízes secundárias (*inker roots*): Raízes descendentes que se desenvolvem a partir das raízes laterais.