



Flávia Rebelo Mochel
(Organizadora)

Gerenciamento Costeiro e Gerenciamento Portuário 2

Atena
Editora
Ano 2019

Flávia Rebelo Mochel
(Organizadora)

Gerenciamento Costeiro e Gerenciamento Portuário 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Rafael Sandrini Filho
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.ª Dr.ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
G367	Gerenciamento costeiro e gerenciamento portuário 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Flávia Rebelo Mochel. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Gerenciamento Costeiro e Gerenciamento Portuário; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-620-1 DOI 10.22533/at.ed.201191109 1. Portos – Administração. I. Atena Editora. CDD 387.1
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Gerenciamento Costeiro e Gerenciamento Portuário 2” é uma coletânea de trabalhos científicos que situa a discussão sobre tópicos do desenvolvimento e seus impactos socioambientais em diversas localidades da zona costeira brasileira, de maneira interdisciplinar e contextualizada.

Os capítulos abordam resultados de investigações, estudos de caso, aplicações de tecnologias, modelagens e protocolos de pesquisa, nos campos das Ciências Ambientais e Sociais, Geociências, Engenharia Ambiental, Planejamento e Gestão de atividades socioeconômicas.

Neste segundo volume, o objetivo essencial foi difundir o conhecimento adquirido por diferentes grupos de pesquisa e apresentar o que está sendo desenvolvido nas instituições de ensino e pesquisa do país no tocante às aplicabilidades desse conhecimento para a gestão das áreas costeiras e portuárias. A demanda crescente por áreas para o estabelecimento de indústrias, terminais, embarcadouros, expansão das cidades, para o incremento da economia, geração de emprego e renda, desemboca nos desafios de gerir atividades conflitantes e nas consequências sobre a sociedade e o meio ambiente. Somam-se à ocupação humana, a dinâmica natural da zona costeira, influenciada por uma indissociável interação oceano-atmosfera, por movimentos sísmicos e eustáticos, modelando ambientes de alta e baixa energia, alterando o nível dos mares e reestruturando o litoral e as populações que aí vivem.

A complexidade dos fatores intrínsecos à uma zona de interface entre moduladores continentais e marinhos remete à importância de políticas públicas específicas de gerenciamento socioambiental, debatidas e construídas em consonância com a sociedade.

Conteúdos apresentados aqui se propõem a contribuir com o conhecimento de educadores, pesquisadores, estudantes e todos os interessados na zona costeira em seus aspectos metodológicos, conceituais e operacionais, ambiente esse frágil e heterogêneo vital para a manutenção da economia, da sociedade e da vida.

A Atena Editora investe na relevância da divulgação científica ao oferecer ao público uma obra que contém registros obtidos por diversos grupos de pesquisa comprometidos com a sustentabilidade e exposta de maneira objetiva e educativa.

Flávia Rebelo Mochel

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
COMPACTAÇÃO DE PRAIS ARENOSAS: EFEITOS DE ESPIGÕES COSTEIROS E TRÁFEGO DE VEÍCULOS, ILHA DO MARANHÃO – BRASIL	
Janiussom da Costa Botão	
Brunno Jansen Franco	
Daniel de Matos Pereira	
Jordan Syllas Saraiva Leite	
Saulo Santiago de Albuquerque	
Thais da Silva Melo	
Valléria Vieira Pereira	
Leonardo Gonçalves de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.2011911091	
CAPÍTULO 2	13
AVALIAÇÃO DO CLIMA DE ONDAS <i>SWELL</i> NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO MARANHÃO E SEU COMPORTAMENTO SOB CONDIÇÕES EXTREMAS	
Gustavo Souza Correia	
Cláudia Klose Parise	
DOI 10.22533/at.ed.2011911092	
CAPÍTULO 3	26
APLICABILIDADE DO MODELO HABITAT RISK ASSESSMENT DO INVEST PARA GESTÃO DE ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	
Laura Dias Prestes	
Julia Nyland do Amaral Ribeiro	
Milton Lafourcade Asmus	
Tatiana Silva da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.2011911093	
CAPÍTULO 4	36
ESTIMATIVA DAS TAXAS DE TRANSPORTE SEDIMENTAR AO LONGO DA COSTA BRASILEIRA	
Tháisa Beloti Trombetta	
William Correa Marques	
Ricardo Cardoso Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.2011911094	
CAPÍTULO 5	48
A PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL COSTEIRO E O PROGRAMA DE VISITAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ILHA DO CAMPECHE	
Gabriela Decker Sardinha	
Camila Andreussi	
Diego Melo Arruda Rodrigues	
Fernanda Cirello	
DOI 10.22533/at.ed.2011911095	
CAPÍTULO 6	59
ABORDAGEM INTEGRADA PARA A RECUPERAÇÃO DE MANGUEZAIS DEGRADADOS EM ÁREAS PORTUÁRIAS COM ESTUDO DE CASO EM SÃO LUÍS, MARANHÃO	
Flávia Rebelo Mochel	
Ivanilson Luiz Alves Fonseca	
DOI 10.22533/at.ed.2011911096	

CAPÍTULO 7	72
ROUTE BRASIL: UMA ROTA DE SOLUÇÕES PARA O PROBLEMA DO LIXO NO MAR	
<p>Simao Filippe Pedro da Costa Tony de Carlo Vieira Nicole Machado Correa Julia Nyland do Amaral Ribeiro</p>	
DOI 10.22533/at.ed.2011911097	
CAPÍTULO 8	75
MONTAGEM, VALIDAÇÃO E INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA SENSOR ULTRASSÔNICO DE BAIXO CUSTO PARA MEDIÇÃO DE NÍVEL FREÁTICO EM AMBIENTES COSTEIROS	
<p>Bento Almeida Gonzaga Deivid Cristian Leal Alves Jean Marcel de Almeida Espinoza Miguel da Guia Albuquerque Tatiana de Almeida Espinoza</p>	
DOI 10.22533/at.ed.2011911098	
CAPÍTULO 9	85
MORPHODYNAMICS AND MACROFAUNA COMMUNITIES IN 12 SANDY BEACHES OF BRAZIL NORTHEAST: A SEMIARID TROPICAL STUDY	
<p>Liana Rodrigues Queiroz Cristina de Almeida Rocha-Barreira</p>	
DOI 10.22533/at.ed.2011911099	
CAPÍTULO 10	107
OS OBJETIVOS DA AGENDA AMBIENTAL PORTUÁRIA COMO INSTRUMENTOS DE ARTICULAÇÃO ENTRE GESTÃO AMBIENTAL PORTUÁRIA E GERENCIAMENTO COSTEIRO: AÇÕES DESENVOLVIDAS NO PORTO DE SUAPE (PERNAMBUCO)	
<p>Sara Cavalcanti Wanderley de Siqueira Danielle Cássia dos Santos Thaís de Santana Oliveira Ingrid Zanella Andrade Campos Daniele Laura Bridi Mallmann Matheus Aragão de Melo Gusmão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.20119110910	
CAPÍTULO 11	114
ANÁLISE POR SENSORIAMENTO REMOTO DE ÁREAS SOB EROÇÃO EM MANGUEZAIS E SISTEMAS COSTEIROS NO MUNICÍPIO DE APICUM AÇU, ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL-APA- DAS REENTRÂNCIAS MARANHENSES, BRASIL	
<p>Flávia Rebelo Mochel Cássio Ibiapina Cardoso Ivanilson Luís Alves Fonseca</p>	
DOI 10.22533/at.ed.20119110911	
SOBRE A ORGNIZADORA	126
ÍNDICE REMISSIVO	127

ABORDAGEM INTEGRADA PARA A RECUPERAÇÃO DE MANGUEZAIS DEGRADADOS EM ÁREAS PORTUÁRIAS COM ESTUDO DE CASO EM SÃO LUÍS, MARANHÃO

Flávia Rebelo Mochel

Departamento de Oceanografia e Limnologia,
Universidade Federal do Maranhão, Centro de
Recuperação de Manguezais- CERMANGUE \
Laboratório de Manguezais- LAMA
São Luís – Maranhão

Ivanilson Luiz Alves Fonseca

UMI SAN Serviços de Apoio à Navegação
Vila Velha – Espírito Santo

RESUMO: A restauração de uma área de manguezal foi executada de 2009 à 2012 em uma área degradada por atividades de dragagem. Mudanças produzidas em viveiro de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* foram plantadas e atributos estruturais e funcionais foram registrados e monitorados em parcelas durante 4 anos. Foram obtidos a altura da planta, diâmetro da base (DAB), fenologia, desenvolvimento foliar, herbivoria e mortalidade tanto no viveiro como no sítio de recuperação. De outubro de 2009 e abril de 2012 a altura média de *L. racemosa* aumentou 18,5 vezes (11 para 203,5 cm) e a média do DAB aumentou 6,5 vezes. Em *A. germinans* a altura média aumentou 5,6 vezes (32,3 cm a 181,6) e a média do DAB aumentou 2,7 vezes. *R. mangle* apresentou aumento na altura média de 3,7 vezes (36,25 a 136,44 cm) e na média do DAB de 2,2 vezes. As primeiras

inflorescências em *A. germinans* ocorreram em setembro de 2010, *L. racemosa* floresceu em novembro de 2010 e *R. mangle* em fevereiro de 2011. A herbivoria foi baixa e quando ocorreu foi mais intensa nas folhas de *R. mangle* (média de 1,56%) seguida por *L. racemosa* (0,63%) e *A. germinans* (0,12%). Os valores foram baixos para mortalidade com as menores perdas para *A. germinans* (11,1%), seguida por *R. mangle* (12,5%). *L. racemosa* apresentou a maior mortalidade (14,8%) bem como o maior ganho estrutural. Os resultados mostraram que o ecossistema atingiu o estado de ecossistema recuperado após 4 anos das mudas plantadas.

PALAVRAS-CHAVE: restauração de manguezais, terminal portuário, restauração ecológica.

INTEGRATING FRAMEWORK FOR MANGROVE RESTORATION IN PORT AREAS WITH A CASE STUDY IN SÃO LUÍS, MARANHÃO

ABSTRACT: Mangrove restoration was carried out from 2009 to 2012 in a mangrove area damaged by dredging activities. Nursery grown seedlings of *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* and *Laguncularia racemosa* were planted and structural and functional attributes were registered in monitoring plots along 4

years. Plant height, diameter at the base (DAB), phenology, leaf herbivory and plant mortality were measured and quantified. From October 2009 to April 2012 the mean plant height for *L. racemosa* increased 18.5 times from 11 to 203.5 cm and mean DAB increased 6.5 times. The mean plant height for *A. germinans* increased 5.6 times from 32.3 to 181.6 cm and mean DAB increased 2.7 times. For *R. mangle* the mean plant height increased 3.7 times from 36.25 to 136.44 cm and mean DAB increased 2.2 times. *A. germinans* first flowers appeared in September 2010, while *L. racemosa* flourished in November 2010 and *R. mangle* in February 2011. Herbivory was low throughout the restoration period and when occurred was more intense on *R. mangle* leaves (mean of 1.56%) than on *L. racemosa* (0.63%) and *A. germinans* (0.12%). Results showed low mortality values and *A. germinans* presented the lowest losses with 11.1% of mortality, followed by *R. mangle* with 12.5% while *L. racemosa* showed the highest mortality values with 14.8%. *L. racemosa* presented the highest structural gain as well the highest mortality as a function of reducing density. The data show that the mangrove restoration plots have reached a reference ecosystem state after 3 years of planted seedlings.

KEYWORDS: mangrove restoration, port áreas, restoration ecology,

1 | INTRODUÇÃO

Este artigo traz uma abordagem sintética dos aspectos mais relevantes a serem considerados na recuperação de manguezais degradados, com exemplos de estudo de caso em uma área portuárias brasileira.

A recuperação de áreas degradadas está prevista na Constituição Federal do Brasil de 1988 e na Lei Lei n. 6.938/81 regulamentada pelo Decreto-Lei Decreto-Lei n. 97.632/89 como parte integrante e obrigatória do Relatório de Impacto Ambiental e deve ser orientado por um planejamento técnico chamado Plano de Recuperação de Área Degradada, PRAD (ALMEIDA, 2016). No PRAD os objetivos da recuperação de uma determinada área degradada devem atender requisitos e critérios específicos e o nível desejado da recuperação deve estar explícito de maneira clara (GRIFFITH, 1980). A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 distingue dois conceitos o de recuperação e o de restauração ecológica, entendendo por recuperação a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original, enquanto que a restauração é entendida como a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original (MMA, 2019). Segundo CAIRNS, 1988 e VIANA, 1990 o termo recuperação compreende duas categorias: a restauração e a reabilitação. Por restauração entende-se uma série de tratamentos que buscam recuperar a forma original do ecossistema, isto é, sua estrutura original, dinâmica e interações biológicas, anteriores a intervenção. O termo reabilitação é empregado a uma série de tratamentos que buscam a recuperação de uma ou mais funções

do ecossistema. Essas funções podem ser ambientais, sociais e/ou econômicas. A Sociedade Internacional de Restauração Ecológica a define como “o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído” (SER, 2004)

Os manguezais são valiosos ecossistemas no fornecimento de bens e serviços ambientais, econômicos e socioculturais para as populações que vivem em zonas costeiras (MOCHEL, 2016) bem como promovem abrigo para muitas espécies ameaçadas de extinção (MOCHEL *et al.*, 2002) e regulação climática e hidrológica (MOCHEL, 2011). Apesar de sua importância eles estão enfrentando grandes danos e perdas ao longo dos últimos 50 anos e uma demanda para a restauração de manguezais está aumentando em todo o mundo (WORTLEY *et al.*, 2014; WALTON, *et al.*, 2006). Entre as perdas socioeconômicas e ecológicas, o desmatamento dos manguezais promove o incremento do assoreamento, dificultando a navegação e aumentando a necessidade de dragagens nas áreas portuárias.. Por sua resiliência, capacidade de se recobrem naturalmente após sofrerem impactos diversos, os manguezais podem voltar a crescer em áreas anteriormente degradadas (FIELD, *et al.*, 1997) porém, muitas vezes, a nova vegetação pode ser diferente na composição, estrutura e funcionamento das espécies diminuindo suas funções ecossistêmicas, como a produtividade. Geralmente, isso ocorre porque a degradação modifica as condições ambientais e altera os padrões que existiam antes do agente causador do impacto, favorecendo o acúmulo de detritos no substrato, a mudança nos fluxos hidrológicos, a competição por espécies vegetais invasoras oportunistas, entre várias outras possibilidades. Além disso, o tempo de recuperação de um manguezal que é deixado por sua própria conta e risco geralmente é mais longo do que quando a recuperação do ecossistema é criteriosamente monitorada, diminuindo-se as taxas de mortalidade de mudas e plântulas, os riscos de perda de terreno para plantas invasoras e facilitando-se o crescimento bem sucedido das espécies de mangue. Portanto, a recuperação ecológica de manguezais degradados passa, obrigatoriamente, pela restituição das melhores condições ambientais e biológicas possíveis que favoreçam o seu estabelecimento e melhor desenvolvimento estrutural e funcional.

No Brasil, os manguezais cobrem uma área aproximada de 13.000 Km². Os estados do Maranhão, Pará e Amapá, juntos, apresentam a maior área contínua de manguezais do mundo, sendo que 50% desse total estão no Maranhão (KJERFVE, *et al.*, 2002; MOCHEL *et al.*, 2007). As espécies arbóreas existentes nos manguezais do litoral brasileiro são *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa*, *Rhizophora harrisonii*, que constituem o grupo chamado popularmente de mangue vermelho; *Avicennia germinans* e *Avicennia schaueriana* que compõem o grupo popularmente conhecido por siriba, siriúba ou mangue negro; *Laguncularia racemosa*, chamada como tinteira, mangue manso ou mangue branco; e *Conocarpus erectus*, essa última, com o nome popular de mangue-de-botão, é considerada, por alguns pesquisadores, como uma espécie associada. A costa amazônica, formada pelos Estados do Maranhão, Pará e

Amapá, é a região brasileira que apresenta todas essas 7 espécies (MOCHEL, 2011).

2 | PRINCÍPIOS PARA A RECUPERAÇÃO DE MANGUEZAIS

O Plano de Recuperação de Área Degradada – PRAD é o instrumento que acompanhará os procedimentos até o restabelecimento do ecossistema na área e deverá incluir os princípios, critérios, técnicas e ações para adequação do ambiente e das espécies (LEWIS, 2009).

A partir de resultados bem sucedidos com a recuperação de manguezais degradados, fornecemos alguns princípios para nortear as ações de recuperação e devem ser adequados para cada tipo de bosque, área geográfica e comunidade de espécies. Alguns exemplos das bases para a recuperação de manguezais e seus métodos, são: (1) Conhecimento da ecologia de cada espécie individualmente (autoecologia) e da ecologia da comunidade (sinecologia), com especial atenção aos padrões reprodutivos, distribuição de propágulos e estabelecimento de plântulas; (2) Conhecimento dos padrões hidrológicos, climáticos e oceanográficos vigentes que controlam a distribuição, o estabelecimento e o crescimento das espécies de manguezal; (3) Avaliação prévia dos tensores, problemas e alterações que impedem a sucessão secundária natural; (4) Seleção de local apropriado que seja tanto tecnicamente passível de recuperar um manguezal saudável, quanto leve em consideração o manejo e a conservação a longo prazo; (5) Elaboração de PRAD que, além de incorporar os itens anteriores, recupere os fluxos hidrológicos e sedimentares; (6) Adoção de produção de mudas em viveiro, após a consideração dos itens anteriores, quando a recuperação natural não se fizer efetiva no estabelecimento de plântulas, no crescimento de propágulos já estabelecidos, ou nos aspectos quantitativos (densidade, etc.).

3 | RECUPERAÇÃO NATURAL ASSISTIDA E RECUPERAÇÃO INDUZIDA: CONCEITOS E ESTRATÉGIAS

As estratégias a serem adotadas para a recuperação de um manguezal degradado deverão seguir uma avaliação prévia da área para se determinar quais os problemas que afetaram, ou ainda estão afetando, o ecossistema (MOCHEL, 2016). Para a execução dos estudos de caso realizados estabeleceram-se as estratégias e os conceitos de Recuperação Natural Assistida e Recuperação Induzida, bem como um modelo conceitual para a tomada de decisões (Figura 1).

Há situações em que um bosque de manguezal é parcialmente danificado e suas árvores remanescentes mantem sua capacidade reprodutiva, liberando propágulos saudáveis e em quantidade suficiente para a recolonização (recrutamento) da área, iniciando naturalmente a recomposição do bosque por novos indivíduos. A recuperação natural assistida consiste na estratégia principal de otimizar o esforço do ecossistema,

facilitando e acompanhando ativamente a recolonização do ambiente por meio de ações específicas como, por exemplo, a retirada de resíduos, o controle de espécies oportunistas invasoras no sítio de recuperação, entre outras. Na recuperação natural assistida o acompanhamento da recolonização (recrutamento) da área envolve a identificação e composição específica das plantas que estão se estabelecendo, sua densidade populacional, desenvolvimento estrutural, ataque por herbívoros, entre outros parâmetros.

Em muitos casos, a degradação do manguezal leva ao desmatamento e retirada significativa do bosque, às vezes total, de modo que a população de espécies remanescentes, quando existe, não dá conta de produzir propágulos saudáveis e suficientes para a recolonização natural, ou se faz necessário lançar mão de propágulos de árvores doadoras do bosque mais próximo à área desmatada. A recuperação induzida é a estratégia de promover a recomposição florestal por meio de produção e plantio de mudas, geralmente com a construção de viveiros e técnicas de manejo e controle do desenvolvimento das espécies. Na recuperação induzida estão envolvidos processos e técnicas de seleção e coleta de propágulos, produção de mudas em viveiro, controle da herbivoria e de parâmetros físicos e químicos, tanto no viveiro como no local de plantio (sítio de recuperação), entre outros.

As atividades envolvidas na recuperação natural assistida e na recuperação induzida requerem acompanhamento criterioso e adequado aos métodos empregados. As variáveis biológicas, físicas e químicas devem ser monitoradas em todas as etapas do processo englobando o viveiro de mudas, as fases de estabelecimento de propágulos e plântulas, e as fases de crescimento até o vegetal ter-se consolidado produzindo suas primeiras gerações de propágulos. Como plantas invasoras oportunistas entende-se, de maneira geral, aquelas oriundas de outra região ou bioma, e que se adaptam e proliferam eficientemente no novo ambiente, competindo com as espécies nativas por nutrientes, luz solar e mesmo por espaço físico. Em manguezais degradados onde a salinidade foi alterada verifica-se a colonização da área aberta por espécies terrestres, de água doce ou de ambientes hipersalinos.

O modelo conceitual apresentado na Figura 1 mostra, de forma sucinta, os principais passos envolvidos a partir da constatação da degradação do manguezal, a avaliação de viabilidade da recuperação do ecossistema até a tomada de decisão sobre qual estratégia seguir, se recuperação natural assistida ou recuperação induzida.

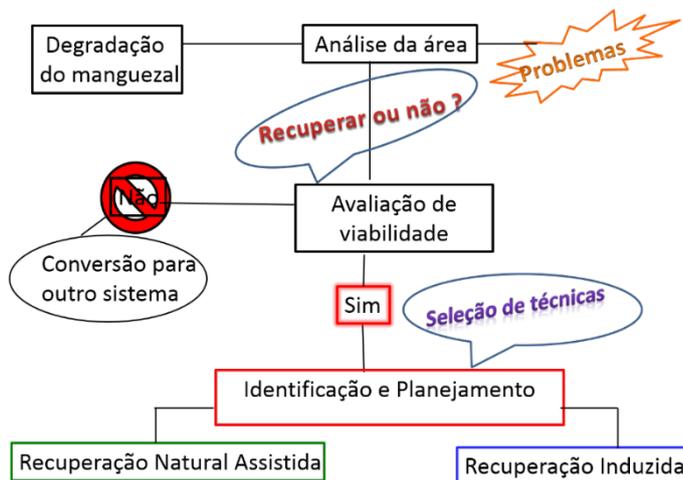


Figura 1. Modelo conceitual para tomada de decisão a partir da constatação da degradação do manguezal.

Fonte: a Autora.

A fase de Identificação e Planejamento é comum às duas estratégias e constitui-se na identificação dos estresses e agentes estressores anteriores e posteriores à degradação, na setorização do sítio de recuperação em polígonos que receberão tratamentos específicos, na determinação de parcelas-controle onde são realizadas e monitoradas as medições locais em cada setor, entre outros.

Ao se decidir pela Recuperação natural assistida deverão ser considerados os melhoramentos e manutenção sítio de recuperação, como coleta e destinação final de resíduos sólidos, de construção civil, isolamento da área destinada ao PRAD, o acompanhamento e medições locais do recrutamento e crescimento dos propágulos, o controle de espécies alvo (manguezal) e invasoras oportunistas, monitoramento de parâmetros físicos, químicos e biológicos como salinidade, pH, herbivoria, entre outros.

A decisão pela Recuperação Induzida, na qual o comprometimento do ecossistema é maior e pode se dar, além das perdas biológicas, por alterações nos padrões hidrológicos, geomorfológicos, de sedimentação, nas correntes de marés, envolve melhoramentos tecnológicos no sítio de recuperação. Essas ações permitem dar, também, segurança às equipes de trabalho. Entre os melhoramentos tecnológicos, podem ser essenciais análises geotécnicas, geoquímicas, oceanográficas, climáticas e o uso de equipamentos e materiais para contenção de deslizamentos, perda de sedimentos, reestabelecimento da circulação hídrica, interrupção de efluentes nocivos, cujas necessidades dependem dos fatores causadores da degradação. Nessa estratégia há o estabelecimento de viveiro para produção de mudas, plantios e monitoramento de variáveis bióticas e abióticas.

Nesse trabalho, considera-se o ecossistema recuperado, em concordância com os parâmetros estabelecidos pela Sociedade de Restauração Ecológica (SER, 2004), quando se verifica o seguinte conjunto de atributos: (1) as espécies nativas,

desenvolvidas a partir de mudas plantadas, geram e exportam seus próprios propágulos nas marés, indicando que o manguezal submetido à recuperação passou de receptor à doador de propágulos para outras áreas; (2) retorno gradativo da biodiversidade nativa da fauna de vertebrados e invertebrados, indicando a recolonização e uso dos variados habitats e nichos do manguezal. As teias alimentares se restabelecem como indicação da recuperação do ecossistema; (3) retorno das atividades exercidas por usuários locais e comunidades tradicionais especialmente no que se refere às atividades pesqueiras e ao lazer; (4) eliminação ou mitigação ao mínimo possível das ameaças à integridade do ecossistema restaurado.

Em todas as etapas da recuperação do manguezal e após, recomendam-se ações de Educação Ambiental para gestores, equipes de trabalho, comunidades usuárias que vivem no entorno do manguezal degradado. Recomenda-se, também, o monitoramento de longo prazo da área como forma de acompanhamento do ecossistema.

4 | ESTUDO DE CASO: RECUPERAÇÃO DE MANGUEZAIS EM UMA ÁREA PORTUÁRIA DO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS, MA

A perda de uma área de 1,5 hectares de manguezal, por deslizamento de talude ocorrido setembro de 2006 durante dragagens para aprofundamento do calado num terminal portuário no Rio dos Cachorros, sudoeste da Ilha de São Luís (Figura 2) provocou o deslocamento dos sedimentos comprometendo o sistema radicular das árvores, e conseqüentemente, levando à mortalidade dos indivíduos. Elaborou-se um criterioso plano de recuperação do manguezal degradado (PRAD manguezal) incluindo a remoção das árvores danificadas no local do deslizamento. O PRAD manguezal foi executado a partir de 2007 para a estabilização física do talude e de 2009 a 2012 foram realizadas as atividades de recuperação induzida.

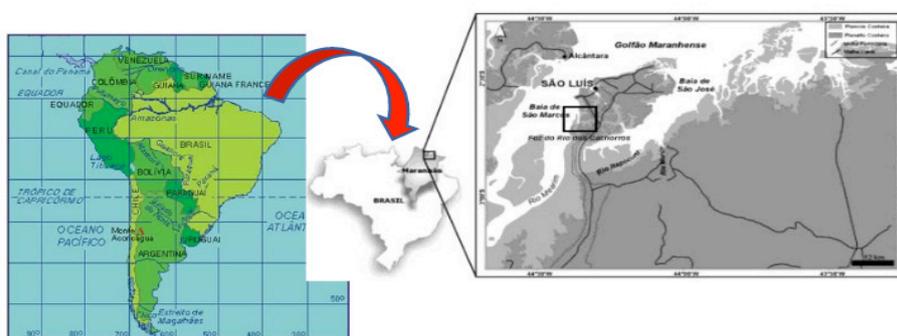


Figura 2. Localização da área submetida à recuperação do manguezal na Ilha de São Luis, Maranhão.

Fonte: a Autora.

4.1 Metodologia

Para a estabilização do talude comprometido pela dragagem foram realizadas

ações de remoção e reintrodução do material lenhoso danificado em áreas de manguezais adjacentes; resgate da fauna e transferência dos animais resgatados para manguezais do entorno; estudos geotécnicos, geoquímicos e de engenharia; implantação de um geotêxtil (geocélulas) para estabilização de talude com programa de monitoramento das estruturas e fundações.

Foram realizados estudos de estrutura, função e dinâmica dos bosques de manguezais próximos à área degradada para verificar o desenvolvimento estrutural natural na região e a seleção de árvores doadoras de propágulos. Construiu-se um viveiro de mudas de 15m x 20m com *plallets* e sombrite para a manutenção dos sacos de mudas. Procedeu-se à setorização da área de recuperação a partir de estudos e modelagens de frequência de inundação, velocidade de correntes e deposição de sedimentos pelas marés (Figura 3).



Figura 3. Vista do manguezal antes (ano:2006) e após (ano:2009) a degradação, com a setorização da área para as atividades de recuperação ecológica.

Fonte: a Autora.

Para a produção de mudas no viveiro procedeu-se à mistura de lama e areia obtidas no local (sítio de recuperação) colocada em sacos apropriados para mudas vegetais. Os propágulos de *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* e *Rhizophora mangle*, foram selecionados e plantados separadamente (Figura 4). Os controles realizados como borrifação das mudas com água de salinidades variáveis (0 à 30), seguiram o descrito em MOCHEL (2016). As mudas produzidas em viveiro foram transferidas para o sítio de recuperação e plantadas sobre as geocélulas.



Figura 4. Produção de mudas das espécies *Laguncularia racemosa* (1), *Avicennia germinans* (2) e *Rhizophora mangle* (3) e viveiro para recuperação de manguezal.

Fonte: a Autora.

No viveiro e no sítio de recuperação foram medidos e quantificados a altura de planta, diâmetro na base do caule (DAB), fenologia, desenvolvimento foliar, herbivoria, mortalidade e sobrevivência das espécies, bem como efetuados o controle de herbívoros, espécies invasoras e a remoção de resíduos sólidos aportados pelas marés. O monitoramento no sítio de recuperação foi realizado em parcelas de 2m x 2m dentro dos setores, ao longo de 3 anos de acompanhamento. Entre os parâmetros abióticos mediram-se a frequência anual de inundação, precipitação pluviométrica, temperatura do ar, umidade relativa, salinidade, pH nas águas e sedimentos das mudas em viveiro e no sítio de recuperação. Ações de educação ambiental foram conduzidas ao longo da execução do PRAD manguezal incluindo gestores, lideranças e funcionários das empresas na área portuária, as comunidades do entorno e órgãos públicos e de fiscalização.

4.2 Resultados

De outubro de 2009 e abril de 2012 a média das alturas das mudas de *L. racemosa* aumentou 9,8 vezes (de 40 para 390 cm) e a média do DAB aumentou 6,5 vezes. A média da altura de *A. germinans* aumentou 5,6 vezes (de 80 a 450 cm) e a média do DAB média aumentou 3,7 vezes. A espécie *R. mangle* apresentou um incremento na média da altura de 5,3 vezes (de 70 a 370 cm) e a média de DAB média aumentou 3,2 vezes. (Figura 5). As primeiras inflorescências nas árvores originadas a partir das mudas plantadas apareceram em setembro de 2010 em *A. germinans*, novembro de 2010 em *L. racemosa* e em fevereiro de 2011 em *R. mangle*.

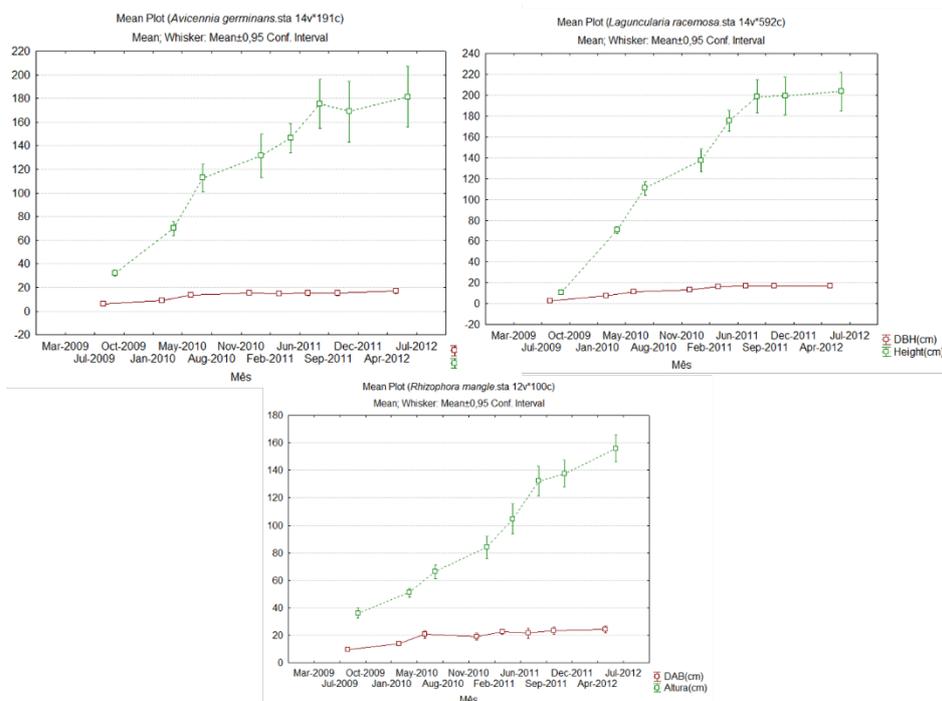


Figura 5. Desenvolvimento estrutural de mudas de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* nas parcelas-controle no sítio de recuperação, no período de 2009 a 2012.

Os principais eventos que afetaram o desenvolvimento das mudas no período de 2009 a 2012 foram a hipersalinidade na estação seca e a herbivoria na estação chuvosa. A temperatura de ar e precipitação total no viveiro variaram de um ano para outro. O ano de 2011 correspondeu ao evento La Niña explicando a maior quantidade de chuva do que nos demais anos, de 2009 a 2012 (Tabela 1). No viveiro, os valores de salinidade do substrato dentro de sacos de mudas mostraram diferenças maiores entre as médias das máximas e das mínimas, especialmente em 2012, apesar das médias anuais terem apresentado pequenas diferenças ao longo dos 4 anos. A precipitação ao longo do ano afetou a salinidade dos sedimentos dentro de sacos de mudas e a ocorrência de herbívoros e herbivoria. No sítio de recuperação a mortalidade das espécies em desenvolvimento também correspondeu ao aumento da salinidade no substrato (Figura 6).

Ano	Precip.(mm)	Temp. (°C)		Salinidade do sedimento das mudas			
	Precip. Total	Média Annual	Desv. padrão	Média anual	Média máx.	Média min.	Desv. padrão
2009	1.550,0	29,7	1,9	15,9	26,6	5,6	5,1
2010	1.645,5	29,7	1,4	19,6	30,8	6,3	6,5
2011	2.290,8	30,1	1,0	17,5	34,0	0,0	4,7
2012	1.462,0	31,5	1,9	24,7	26,6	5,6	6,7

Tabela 1. Precipitação pluviométrica anual e valores médios, máximos e mínimos para a temperatura do ar e salinidade do substrato das mudas de manguezal.

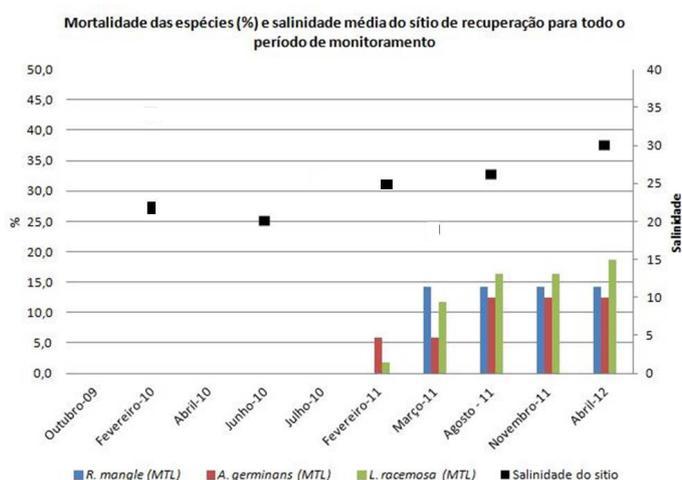


Figura 6. Mortalidade de mudas de *A. germinans*, *L. racemosa* e *R. mangle* e salinidade média nas parcelas-controle no sítio de restauração do manguezal, no período de 2009 à 2012.

A herbivoria foi baixa durante o período da restauração e quando ocorreu foi mais intensa nas folhas de *R. mangle* (média de 1,38 %) do que em *L. racemosa* (0,53%) e *A. germinans* (0,12%).

Os resultados mostraram em média valores baixos de mortalidade considerando os 4 anos. *A. germinans* apresentou as menores perdas com média de 6,2 %, sendo a mortalidade máxima de 11, 1 %, seguida por *R. mangle* com média de 4,6 % e

mortalidade máxima de 12,5. A espécie *L. racemosa* apresentou os maiores valores de mortalidade com média de 10,1 % e máxima de 14,0 % (Tabela 2).

Espécies de manguezal	Mortalidade (MORT) e sobrevivência (SOBR) para mudas plantadas no sítio de recuperação (%)					
	2010		2011		2012	
	SOBR.	MORT.	SOBR.	MORT.	SOBR.	MORT.
<i>Avicennia germinans</i>	88.9	11.1	94.44	5.56	98.2	1.8
<i>Laguncularia racemosa</i>	86.0	14.0	91.53	8.47	93.1	7.9
<i>Rhizophora mangle</i>	87.5	12.5	100	0.0	98.8	1.2

Tabela 2. Sobrevivência e mortalidade das mudas plantadas no sítio de recuperação.

Os principais herbívoros encontrados predando as mudas foram principalmente insetos e caranguejos, destacando-se Lepidoptera (lagartas de *Junonia evarete*), Hymenoptera (*Acromyrmex* sp), Odonata (*Argia* sp), Orthoptera (Acrididae), Diptera e caranguejos *Aratus pisonii* e *Ucides cordatus*. A gestão e o controle da salinidade e de herbívoros mostraram-se eficientes, reduzindo os eventos de herbivoria e controlando a mortalidade nos anos de 2011 e 2012.

O desenvolvimento estrutural das espécies plantadas é condizente com os valores de fitomassa encontrados para o bosque adjacente (FONSECA, et. al., 2016). A biodiversidade faunística que retornou ao sítio de recuperação em 2012 constituiu-se de invertebrados e vertebrados, entre alguns consumidores-topo de cadeia (MOCHEL, 2016). A evolução da recuperação do manguezal de 2009 à 2012 pode ser vista na Figura 7.



Figura 7. Evolução da recuperação do manguezal degradado no período de 2009 a 2012. Vista parcial do setor 1 com viveiro de mudas ao fundo.

4.3 Conclusões

O manguezal atingiu o estado de ecossistema recuperado após quatro (4) anos das atividades de recuperação induzida. Todas as 3 espécies floresceram e forneceram

propágulos em menos de 2 anos das mudas produzidas. O incremento na estrutura para o porte arbóreo (acima de 2,5 m de altura) ocorreu após 2 anos das mudas plantadas, com árvores atingindo até 5,5 m.

A salinidade e a herbivoria foram os fatores preponderantes na mortalidade de mudas em viveiro e no sítio de recuperação. A técnica de correção da salinidade por borrifação foi eficiente tanto para o controle do sedimento quanto para a prevenção de herbívoros e da herbivoria. A abordagem integrada e as técnicas empregadas mostraram-se viáveis para a recuperação do manguezal. O sucesso dos controles empregados foi constatado pelos baixos percentuais de herbivoria e mortalidade e por elevada sobrevivência das mudas. Os resultados alcançados contribuem para estabelecer alguns procedimentos básicos para a produção de mudas em viveiro bem como para a recuperação ecológica do ecossistema manguezal.

AGRADECIMENTOS

Às equipes de operações e logísticas da Magnética Vitae, Atlântica, Sempreverde, Camargo Correia, LPS, ASA pela instalação das geocélulas, operação de embarcações, e pela força de trabalho em geral. À CAPES/NUFFIC e ao Departamento de Oceanografia e Limnologia da UFMA.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. S. Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD). In: **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3rd ed., p. 140-158, Ilhéus, BA: Editus, 2016
- CAIRNS, J. Increasing diversity by restoring damaged ecosystems. In: E.O. Wilson (ed.), **Biodiversity**. p. 333-334, National Academic Press, 1988
- FIELD, C (Ed.) **La restauración de ecosistemas de manglar**. ITTO/ISME, 278 p., Managua, Editora Arte, 1997.
- FONSECA, I.L.A.; MOCHEL, F.R. Fitomassa aérea de um manguezal no estuário do Rio dos Cachorros, São Luís, Maranhão, Brasil. *Bol. Lab. Hidrobiol.*, v. 26, p. 17-25, 2016
- GRIFFITH, J. J. Recuperação conservacionista de superfícies mineradas: uma revisão de literatura. *Viçosa, Boletim Técnico SIF (2)*, 51p., 1980.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>. Acesso em 13 de maio de 2019.
- KJERFVE, B., PERILLO, G. M., GARDNER, L. R., RINE, J. M., DIAS, G. T. M. & MOCHEL, F.R. *Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America* In: Healy, T., Wang, Y & Healy, J.-A. (eds.) *Muddy coasts of the world: Processes, deposits and functions*. Elsevier Science, pp.:479-532, 2002.
- LEWIS III, R.R. Methods and criteria for successful mangrove forest restoration. In: Gerardo M. E. Perillo, Eric Wolanski, Donald R. Cahoon, Mark M. Brinson, editors, *Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach*, Chapter 28, p. 787- 800, Elsevier B.V., 2009.

MOCHEL, F.R. Manguezais da Amazônia Maranhense: conservação e recuperação ecológica. In: **Tierra, paisajes, suelos y biodiversidad** Garcia, M. & Seabra G. (orgs.) , p. 602-618, Ed. Universidad Central de Chile, Santiago de Chile, 2016

MOCHEL, F. R. Manguezais amazônicos: status para a conservação e a sustentabilidade na zona costeira maranhense. In: Marlúcia Bonifácio Martins; Tadeu Gomes de Oliveira. (Org.). Amazônia Maranhense. Diversidade e Conservação. Belém: Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, v. 1, p. 93-118, 2011.

MOCHEL, F.R. & PONZONI, F.J. Spectral characterization of mangrove leaves in the Brazilian Amazonian Coast: Turiaçu Bay, Maranhão State. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 79(4): 683-692, 2007.

MOCHEL, F. R., CORREIA, M. M. F., CUTRIM, M. V. J., IBANEZ, M. S. R. Degradação dos manguezais da Ilha de São Luís (MA): processos naturais e antrópicos. In: Ecossistemas costeiros: impactos e gestão ambiental. 1 ed. Belém : Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, v.1, p. 113-131, 2002.

WALTON, M.E.M.; SAMONTE-TAN, G.P.B.; PRIMAVERA, J. H.; EDWARDS-JONES, G.; LE VAY, L. Are mangroves worth replanting? The direct economic benefits of a community-based reforestation . Environmental Conservation 33 (4): 335–343, 2006 .

WORTLEY, L.; HERO, J.M.; HOWES, M. Evaluating ecological restoration success: a review of the literature. Restoration Ecology, vol. 21, n. 5, 537- 543, 2014.

SER . Society for Ecological Restoration, Report, 52p., Maddison, Wisconsin, 2014

SOBRE A ORGANIZADORA

FLÁVIA REBELO MOCHEL Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, mestrado em Zoologia - Museu Nacional / UFRJ , doutorado em Geociências pela Universidade Federal Fluminense e pós doutorado em Wageningen University, Holanda, com Recuperação de Manguezais. Atualmente é professora associada do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão, responsável pelo LAMA- Laboratório de Manguezais e fundadora/coordenadora do CERMANGUE- Centro de Recuperação de Manguezais na UFMA. Possui experiência na área de Ecologia e Oceanografia Biológica, com ênfase em Ecologia e Recuperação Ecológica de Manguezais e em Educação Ambiental e Oceanografia Social, com ênfase em Sustentabilidade de Ecossistemas, atuando em ensino, pesquisa e extensão, principalmente nos seguintes temas: manguezais, macrofauna bêntica, sensoriamento remoto, ecossistemas costeiros, interação natureza e sociedade, educação ambiental e produção de materiais lúdico-pedagógicos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Arduino 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83

Áreas de Proteção Ambiental 26, 35

Atividade Turística 48, 53

C

CERC 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Clima de Onda Swell 13

Compactação de Praias 2

Conservação 16, 26, 27, 28, 34, 35, 38, 48, 49, 51, 53, 54, 55, 57, 62, 71, 111, 117, 124, 125

D

Dunas 1, 9, 10, 28, 83, 114, 117, 119

E

Educação Ambiental 54, 56, 65, 67, 72, 124, 126

Erosão Costeira 103, 105, 114

G

Gestão 11, 15, 26, 27, 28, 29, 32, 34, 35, 46, 48, 53, 55, 56, 57, 69, 71, 72, 75, 76, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 115, 117, 124, 125

Gestão Ambiental Portuária 107, 108, 110, 112

Gestão de Praia 72

I

Ilha do Campeche 48, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58

Invest 35

K

Kamphuis 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

L

Lixo no Mar 73

M

Macrobentos 86

Macrofauna Bentônica 86, 105, 106
Manguezais 2, 6, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 71, 109, 114, 115, 116, 117, 118, 122, 124, 125, 126
Medição de Alta Frequência 75
Modelagem Numérica de Ondas 45
Modelo SWAN 13, 15, 16, 17, 18, 24
Morfodinâmica 3, 4, 11, 46, 86, 103, 114, 115, 119, 121, 123
Morfodinâmica Costeira 3, 114, 121, 123

N

Nível do Lençol Freático 75, 78, 83

O

Ondas Swell 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24

P

Patrimônio Arqueológico 48, 51, 53, 57
Patrimônio Cultural Costeiro 48, 49
Permeabilidade 1, 2, 6, 9, 10
Plataforma Continental 13, 15, 17, 19, 23, 36, 41, 50
Plataforma Continental do Maranhão 13, 15, 17, 23
Poluição Marinha 72
Praias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 37, 41, 46, 72, 73, 86, 103, 105, 109, 114, 117, 118, 119, 121, 122, 124
Praias Arenosas 1, 2, 12, 86, 103, 105, 109
Praias Tropicais 86

R

Recuperação de Manguezais 59, 60, 62, 65, 114, 126
Restauração de Manguezais 59, 61
Restauração Ecológica 59, 60, 61, 64
Risco de Ecossistemas 26, 28, 34

S

Sedimentologia 2, 40
Sensores de Nível 75
Sensoriamento Remoto 35, 84, 114, 115, 124, 125, 126

T

Terminal Portuário 59, 65
Tipos de Praia 10, 86

TOMAWAC 36, 38, 39, 40, 41, 42

Transporte de Sedimentos 3, 7, 14, 36, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46

Transporte Sedimentar 36, 37, 39, 41, 43, 45

U

Unidades de Conservação 34, 51, 111

V

Visitação 48, 53, 54, 55, 56, 57

Z

Zonas Costeiras 36, 37, 48, 57, 61, 75, 83

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-620-1

