

Protocolo de manejo da espécie exótica *Sonneratia apetala*

Este documento é o resultado de articulação interinstitucional, com vistas ao controle de espécie exótica *Sonneratia apetala* com potencial de bioinvasão em manguezais. Processo nº 02001.007302/2024-18 no Sistema eletrônico de informações (SEI) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e processo 020.00005743/2024-87 no SEI da Fundação Florestal (FF).

O protocolo foi elaborado e revisado por: Dra. Laís Coutinho Zayas Jimenez (FF/SEMIL/SP), Profa. Dra. Marília Cunha Lignon (Universidade Estadual Paulista - UNESP) e Julia Lima Monteiro de Carvalho (FF/SEMIL/SP).

O protocolo foi revisado por: Dra. Aline Borges do Carmo (IBAMA); MSc. Marcela Bergo Davanso (IBAMA) (Parecer Técnico nº 2/2024-UT-SANTOS-SP/Supes-SP, processo Ibama 02001.007302/2024-18).

Sumário

Protocolo de manejo da espécie exótica <i>Sonneratia apetala</i>	1
Introdução	1
Revisão metodológica para supressão da espécie vegetal	2
Recomendações para o Manejo de <i>S. apetala</i> nos Manguezais de Cubatão	3
Variáveis ambientais monitoradas	5
Tratamento dos resíduos	6
Área de aplicação do presente protocolo	7
Monitoramento contínuo	7
Modelo de ficha de campo	8
Referências	9

Introdução

A identificação da espécie vegetal *Sonneratia apetala* nos manguezais de Cubatão (litoral de São Paulo), área inserida nos limites da Zona de Amortecimento do Parque Estadual da Serra do Mar conforme o Plano de Manejo (PESM), suscita preocupações devido

ao iminente impacto negativo sobre a biodiversidade local e ao potencial de invasão biológica. Registros associados às características típicas dessa espécie vegetal em manguezais na China destacam seu potencial de invasão biológica (REN *et al.*, 2009; XIN *et al.*, 2013).

A espécie *Sonneratia apetala* é originária dos manguezais da região Indo-Malaia (KATHIRESAN, 2021). É uma espécie de mangue lenhosa, com alto potencial de sucesso de ocupação e espalhamento devido sua alta adaptabilidade (REN *et al.*, 2009). A espécie pode atingir altura média entre 15 e 20 metros e o diâmetro na altura do peito (DAP) entre 20 a 30 centímetros em indivíduos adultos. Em seu ambiente de ocorrência natural (região indo-malaia), a época de frutificação tem seu ápice entre os meses de junho e julho (ALURI, 2022). A espécie foi introduzida na China em 1985 para sua utilização em restaurações de mangue, mas se tornou uma bioinvasora (REN *et al.*, 2009).

Os primeiros registros de sua ocorrência no Brasil datam de fevereiro de 2024, com 86 espécimes registrados (EYSINK; HATAMURA; SCHAEFFER-NOVELLI, 2023). É uma árvore de maior desenvolvimento estrutural (porte superior) às espécies de mangue nativas do país, o que aponta para possíveis vantagens competitivas.

Considerando a Detecção Precoce e Resposta Rápida (DPRR) indicada no manejo de espécies exóticas invasoras (EEI), definido do âmbito da Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras (Resolução CONABIO 07/2018), é crucial estabelecer estratégias eficazes para identificar e localizar focos iniciais de invasão e delimitar a estratégia de manejo adequada (JORGE; SAMPAIO; GUIMARÃES, 2019).

Neste sentido, o presente protocolo propõe diretrizes e orientações para a supressão adequada da espécie vegetal exótica com alto potencial invasor encontrada nos manguezais de Cubatão (Baixada Santista, SP), com vistas à sua erradicação. As ações de monitoramento de outras áreas nos manguezais paulistas serão realizadas no âmbito do programa estadual MONITORABIO (Portaria Normativa FF/DE nº 369/2022). Este protocolo visa fornecer orientações práticas e eficazes para o manejo dos espécimes de *S. apetala* em manguezais, considerando tanto a eficácia na remoção das espécies invasoras quanto a conservação do ecossistema manguezal e das espécies nativas. Sua aplicação deve ser revisada e adequada às condições específicas de cada área, levando em conta as melhores práticas de conservação ambiental, o que inclui o Princípio da Precaução e as Soluções Baseadas na Natureza (SBN).

Revisão metodológica para supressão da espécie vegetal

A presente etapa do roteiro metodológico é de crucial relevância, diante do ineditismo do desafio a ser enfrentado no Brasil. Para tanto, buscou-se apoio na produção acadêmica existente, priorizando estudos aplicados, que tenham sido realizados em campo e no contexto de combate à bioinvasão.

O objetivo é fornecer diretrizes sólidas para a gestão adequada dessas espécies em ambientes de manguezal, especialmente em áreas afetadas por degradação ambiental, como a região de Cubatão, em São Paulo.

Cubatão é conhecida por sua importância ambiental, com áreas classificadas como de importância biológica extremamente alta (MMA, 2023), e desafios significativos relacionados à pressão antrópica sobre os recursos ambientais e degradação de ecossistemas, incluindo áreas de manguezal (MOSCHETTO; RIBEIRO; DE FREITAS, 2021).

Diante disso, este protocolo adota o Princípio da Precaução, priorizando métodos de remoção que minimizem impactos adversos no ambiente, com a adoção de Soluções Baseadas na Natureza (SBN). O Princípio da Precaução (Princípio 15), da Declaração do Rio 92 sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável foi definido como "a garantia contra os riscos potenciais que, de acordo com o estado atual do conhecimento, não podem ser ainda identificados" (Rio Declaration, 1992). Sobre as SBN, pode-se considerar ações que utilizam processos naturais para reduzir impactos ambientais e promover a resiliência dos ecossistemas e que vem sendo adotado em diferentes iniciativas de ações de recuperação de áreas degradadas e restabelecimento das funções ecológicas (KEESSTRA *et al.*, 2018; LAFORTEZZA *et al.*, 2018; LILLI *et al.*, 2020).

O principal estudo de referência sobre métodos de controle e manejo da espécie *S. apetala* disponível foi realizado por Tang (2009). O estudo avaliou a eficácia de diferentes métodos de remoção de *S. apetala* em manguezais na China, testando 07 (sete) tratamentos para retirada de árvores de *S. apetala*, considerando: Remoção manual completa das plantas jovens; Corte completo das árvores adultas (corte raso); Corte e cobertura dos tocos com lama; Corte e cobertura com saco plástico; Corte e aplicação de herbicida; Anelamento; Corte e injeção de herbicida.

Dentre os resultados de Tang (2009), destacou-se: para plantas jovens (< 1,5m de) a eficiência da metodologia de remoção manual completa; para árvores adultas, o método de "corte raso" (sem nenhum tratamento no toco) mostrou-se ineficaz no controle da *S. apetala*, já que a taxa de rebrota foi de 25%, enquanto o método de "corte e cobertura com lama" foi o mais eficiente (taxa de rebrota de 0%), resultando na mortalidade de todas as plantas manejadas ao final dos 18 meses de monitoramento.

Os métodos de "corte e aplicação de herbicida (glifosato)" e de "corte e cobertura com saco plástico" também se mostraram promissores, impedindo completamente a rebrota dentro do período de 18 meses analisado (TANG, 2009). Embora os três métodos demonstrem eficácia, a prioridade será dada àquele que cause menos impacto ambiental sobre o ecossistema. Assim, a cobertura com lama será o primeiro método a ser aplicado.

O presente protocolo também utilizou as informações do "Guia de orientação para o manejo de espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais" (ICMBIO, 2019), especialmente as recomendações para manejo e tratamentos mecânicos e/ou químicos e a chave decisória sobre uso de controle químico para plantas exóticas invasoras.

Recomendações para o Manejo de *S. apetala* nos Manguezais de Cubatão

Com base na revisão das metodologias e considerando o contexto específico de Cubatão e outras áreas de manguezal em São Paulo, são feitas as recomendações a seguir.

Supressão da vegetação de plântulas (<1,5 m):

Recomenda-se a retirada manual completa das plantas jovens (<1,5 m) para eliminar e evitar sua expansão/dispersão e desenvolvimento descontrolados. O tratamento e destinação dos resíduos da retirada manual das plântulas são apresentados neste item específico deste protocolo.

Supressão da vegetação de árvores adultas (>1,5m):

Indica-se a remoção mecânica, por corte raso, que consiste no corte na base do tronco, visando a erradicação da bioinvasão (BISWAS *et al.*, 2018) seguido de tratamento dos tocos com cobertura com lama (TANG, 2009), conforme descrito abaixo. Também são apresentadas estratégias para o manejo dos frutos.

- **Corte raso:** a árvore deverá ser identificada, caracterizada (altura, circunferência na altura do peito-CAP) e georreferenciada; o corte deverá ser realizado entre 15 à 20 cm de altura a partir da base do tronco, com o uso de uma motosserra. A queda da árvore deverá ser conduzida, e o local de queda da copa também deverá ser georeferenciado, para inclusão no monitoramento.
- **Tratamento dos tocos:** de acordo com metodologia de Tang (2009) e The Conservancy Association (2020), após o corte raso das árvores adultas, recomenda-se recobrir os tocos com uma camada espessa de solo (lama) para sufocar qualquer mecanismo de rebrota (Figura 1).



Figura 1: Recobrimento de toco com solo do manguezal, com vistas ao sufocamento e prevenção de eventual rebrota.

- **Retirada dos frutos:** importante ação para evitar a disseminação das sementes e reintrodução da espécie. Estudos indicam que, preferencialmente, o manejo deve ser realizado fora da fase de frutificação da espécie, evitando que o processo de dispersão seja acelerado. No entanto, cada caso deverá ser avaliado. Diante do contexto atual, no qual a identificação da ocorrência da espécie se deu em 2022 mas a comunicação foi encaminhada apenas em 2024, se recomenda ação imediata, independente do estágio reprodutivo dos indivíduos. A época de floração e frutificação da *S. apelata* costuma ocorrer entre julho e novembro, segundo Aluri (2022). No entanto, durante vistoria realizada pela Fundação Florestal e IBAMA em março de 2024 (Relatório de Vistoria nº 21/2024-UT-SANTOS-SP/Supes-SP, SEI! Ibama nº 18650672), todas as árvores visitadas estavam frutificando. A short-communication de EYSINK et al. (2023) indica árvores frutificando em maio e em agosto de 2023. Assim, recomenda-se que as ações de manejo sejam feitas tão logo possível, independente de janela ambiental de frutificação, acompanhadas de etapa de retirada manual de frutos e monitoramento do polígono de ocorrência dos espécimes. Os frutos deverão ser recolhidos do local, quantificados e acondicionados em embalagens próprias e identificadas, devendo ser trazidos para terra para posterior destinação. A destinação dos frutos é tratada em um item específico deste protocolo.

Dentre as recomendações gerais para o manejo, indica-se que a supressão das plantas e cobertura com lama dos tocos não deverá ser realizada em dia e/ou períodos chuvosos, e deverão ser preferencialmente realizados em marés de quadratura. Se porventura ocorrer algum evento climático que possa vir a afetar a cobertura com solo dos tocos (fortes chuvas ou aumento do nível das marés) na semana de realização das ações de manejo, a cobertura com lama deverá ser refeita no próximo ciclo de monitoramento, de modo a não deixar o toco exposto.

A cobertura dos tocos com sacos plásticos **não é indicada** na fase inicial de manejo uma vez que apresentam a desvantagem de introduzir materiais artificiais no ambiente natural e o risco de virem a se fragmentar resultando em microplástico. Poderão ser exceção dessa recomendação, espécimes alvo de estudos de campo com vistas à avaliação das melhores metodologias aplicáveis para o contexto local (algumas parcelas para pesquisa de melhores práticas, que serão monitoradas mais frequentemente).

Sobre a possibilidade de manejo utilizando herbicida, a aplicação nos tocos após a supressão das árvores adultas também **não é indicada**. A utilização de herbicida, glifosato (41%), derramado sobre o toco fresco dentro de 30 segundos após o corte se fez eficiente para evitar a rebrota em estudo de comparação de diferentes formas de manejo (CRONK; FULLER, 2014). No entanto, a recomendação de evitar o uso de herbicida se justifica devido ao potencial impacto que podem causar na flora e fauna nativas do ecossistema manguezal e de áreas adjacentes, especialmente em se tratando de ambiente sob condição de frequentes inundações pelas marés e potencializando a dispersão deste material (KATHIRESAN & BINGHAM, 2001; SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 2000).

A decisão de dar início ao manejo sem a aplicação de herbicida é reforçada considerando o contexto histórico de degradação e vulnerabilidade dos manguezais da Baixada Santista (PINHEIRO *et al.*, 2012; MACHADO *et al.*, 2016; BANCI *et al.*, 2017; GILLAM; CHARLES, 2019;), e a ausência de conhecimento sobre potenciais riscos ambientais e efeitos sinérgicos de herbicidas em contato com os contaminantes já presentes neste ambiente.

Além disso, a literatura disponível indica que a eficiência do método de manejo sem utilização de químicos e com a utilização de agrotóxico é a mesma, não havendo justificativa neste caso para a priorização do uso de herbicida. Assim, recomenda-se que não seja autorizado uso de herbicida para o manejo da espécie em áreas de manguezal, devendo ser priorizada a remoção e tratamento mecânicos, uma estratégia de Solução Baseada na Natureza com eficiência verificada (TANG, 2009).

Solicitações para uso de herbicidas devem ser indicadas em último caso, acompanhadas de justificativa técnica e método de controle dos impactos, apenas se o manejo mecânico não for eficiente em médio prazo. No caso de Cubatão, o número de espécimes identificadas até o presente (cerca de 200 indivíduos) reforça ainda que o esforço de campo será suficiente para controle da dispersão e efetiva remoção.

Registro de Dados Ambientais (Monitoramento)

Indica-se a necessidade de registros simples das características locais bem como da fisiologia da espécie vegetal a ser retirada com vistas ao embasamento de estudos posteriores e refinamento do presente protocolo. Abaixo são listados as principais variáveis e parâmetros a serem monitorados em campo.

Caracterização dos espécimes (>1,5m):

- Coordenadas Geográficas do exemplar (usar DATUM SIRGAS 2000 e coordenadas UTM);
- Diâmetro à altura do peito (DAP): com o auxílio de uma de fita métrica de costura, medir a circunferência da árvore na altura do peito (CAP, em centímetros) - no Brasil, a altura do peito representa 1,30m de altura em relação ao nível do solo (Figura 2-A). O DAP é calculado a partir da equação $DAP = CAP/\pi$.
- Altura aproximada da árvore: a medição de altura das árvores deverá ser realizada com o uso de telêmetro (Figura 2-C) ou método similar;
- Estágio Reprodutivo: deve ser registrado o estágio reprodutivo de cada espécime adulto manejado, de acordo com a seguinte escala - sem estruturas reprodutivas aparentes, em floração, frutificando, liberação recente de frutos (ALURI, 2022).
- Número aproximado de frutos: cálculo a ser realizado por amostragem de 10% das árvores suprimidas.
- Distância aproximada do curso d'água mais próximo: medida a partir da base do tronco com auxílio de trena, em metros.

Caracterização da área de manejo

- Coordenadas de desembarque e esforço de campo: obtidas com uso de GPS e sistema de registro de trajeto de campo (usar DATUM SIRGAS 2000 e coordenadas UTM);
- Salinidade da água intersticial (Refratômetro analógico portátil simples - Figura 2-B);
- Data e horários de início e fim dos trabalhos;
- Maré;
- Condições meteorológicas (cobertura do céu).



Figura 2: Ilustração da coleta de variáveis de apoio: Medição de circunferência na altura do peito (A); Medição de salinidade com o uso do refratômetro (B); Altura das copas com o telêmetro (C).

Tratamento dos resíduos

Para o tratamento e destinação dos resíduos oriundos do manejo da espécie para supressão/erradicação serão recomendadas as seguintes ações:

- **Plântulas:** após a remoção manual as plântulas deverão ser deixadas na superfície do manguezal. Essa estratégia é condizente com a literatura, uma vez que, apesar da alta capacidade de germinação de sementes de *S. apetala* (ALURI, 2022), não há estudos que indiquem que ocorra rebrota por plântulas.
- **Tronco, galhadas e folhas:** após a supressão indica-se a deposição dos resíduos de poda na superfície do solo. Dessa forma, o carbono proveniente da biomassa aérea será potencialmente incorporado no solo dos manguezais. A *S. apetala* é uma espécie de flora de mangue com destacada capacidade de sequestro e estoque de carbono em sua biomassa aérea (HAI et al., 2013; YU et al., 2020; ZHU et al., 2021).
- Ressalta-se que não há registro de rebrota de *S. apetala* a partir de troncos e resíduos de poda, razão pela qual somente os tocos deverão passar por tratamento posterior ao corte raso.
- **Frutos:** A espécie apresenta alto número de frutos com abundância de sementes, uma das características que favorece seu estabelecimento vegetativo que indica sua capacidade de bioinvasão (HONG et al., 2021). Diante da condição tardia de registro da ocorrência da espécie e do ineditismo da mesma no Brasil, a remoção deverá se dar independentemente do estágio reprodutivo dos espécimes. Caso o indivíduo esteja em fase de frutificação, será necessária a remoção manual dos frutos. Os frutos recolhidos deverão ser acondicionados em embalagens identificadas, quantificados e transportados para terra firme, devendo ser devidamente classificados e destinados de acordo com as normas ABNT e em observância aos requisitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/12).

Área de aplicação do presente protocolo

A área de intervenção situa-se entre as coordenadas geográficas de 23°52'42.5" e 23°54'36.0" de latitude sul e 46°22'57.1" e 46°24'45.5" de longitude a oeste de Greenwich. As coordenadas do polígono da área de intervenção já mapeada são apresentados no quadro 1, abaixo.

A área de ocorrência é predominantemente nas margens do Rio Perequê, próximo ao bairro da Piaçaguera, no estuário do Rio Cubatão, distribuído em uma área de pouco mais de 10 hectares.

Quadro 1. Coordenadas georreferenciadas dos 12 vértices do polígono da área de intervenção.

Ponto	EPSG:31983- SIRGAS 2000 / UTM zone 23S
Ponto 1	357000.7,7358710.6
Ponto 2	357353.4,7358582.5
Ponto 3	358225.4,7357693.7
Ponto 4	358191.9,7357220.8
Ponto 5	359246.1,7356743.9
Ponto 6	359749.6,7355892.6
Ponto 7	359514.1,7354655.1
Ponto 8	356599.6,7353709.3
Ponto 9	355513.9,7354414.7
Ponto 10	355106.0,7355171.4
Ponto 11	355139.5,7355794.1
Ponto 12	355525.7,7357390.3

(fonte: Ofício IO/USP - documento SEI! Ibama n° 18625150 - processo Ibama 02001.007302/2024-18).

Monitoramento

No momento da retirada da árvore deverão ser registrados os pontos dos espécimes alvo de manejo, bem como do ponto de queda da copa das árvores.

Após a ação de supressão da vegetação, tanto os tocos quanto o ambiente no entorno, deverão ser monitorados com vistas à detecção rápida de espécimes na fase de plântulas e de rebrota.

Para a avaliação em campo das florestas onde encontram-se as plantas manejadas, indica-se o estabelecimento de um raio de 12 m do toco, e um raio de 12 m do ponto registrado como a copa da árvore caída, além de vistoria em transecto entre esses dois pontos.

A periodicidade dessa vistoria deverá ser semestral, iniciando-se 15 dias após a ação de manejo no primeiro ano, e uma vez ao ano após decorrido um ano da ação de supressão.

Indica-se a necessidade de monitoramento contínuo por ao menos 3 anos após a supressão da vegetação.

Em mesma medida, outras áreas de manguezal que não sejam alvo dessa primeira ação de manejo deverão ser monitoradas com vistas à eventual detecção de mais espécimes. Para tanto a Fundação Florestal irá incluir a *S. apetala* entre os alvos de monitoramento a ser realizado nos manguezais contidos em unidades de conservação estaduais no âmbito do MONITORABIO SP (Portaria Normativa FF/DE nº 369/2022).

Uma vez registrada a ocorrência de novos espécimes, o presente protocolo de manejo deverá ser seguido, com eventuais ajustes realizados para adequá-lo às condições locais.

Cronograma Previsto

O cronograma apresentado foi baseado na área de intervenção e no número de espécimes estimado para o manejo e tempo mínimo para monitoramento. Poderá haver alterações, considerando os recursos empregados.

Quadro 1. Cronograma de implementação do protocolo - manejo e monitoramento

Atividades	1° sem.	2° sem.	3° sem.	4° sem.	5° sem.	6° sem.	7° sem.
Mapeamento dos espécimes	X						
Aplicação medidas de controle e manejo	X	X*	X*		X*		X*
Relatório Técnico de Aplicação de Medidas de controle**		X					
Monitoramento		X	X	X	X	X	X
Relatório Monitoramento			X		X		X
Relatório final Manejo							X

* reaplicação das medidas de manejo, caso necessárias - recobrimento de toco, retirada de plântulas, corte de novos espécimes que venham a ser identificados. No último caso, o cronograma de monitoramento deverá ser revisado, garantindo monitoramento de 3 anos do manejo realizado.

****Conteúdo mínimo previsto no Relatório Técnico de Aplicação de Medidas de Controle, a ser elaborado pela empresa contratada para etapa de manejo e supressão da vegetação exótica:**

- Número de árvores cortadas;
- Coordenadas dos espécimes e do ponto de queda da copa;
- Identificação dos tocos (1, 2, 3,...);
- Se houve cobertura por lama nos tocos;
- Data e horários de início e fim dos trabalhos;
- Caracterização das condições ambientais (vento, cobertura do céu, e outras variáveis relevantes).
- Peso de 10% dos sacos de frutos retirados
- Registro da destinação dos resíduos
- Quaisquer outras informações que considerarem relevantes

Recursos para implementação do protocolo

Os recursos básicos para a implementação das medidas de manejo e controle são listados abaixo.

Tabela 1. Lista de materiais e equipamentos para implementação do protocolo.

Descrição	Quantidade	Atividade
Fita métrica de costura	01 unidade	mapeamento e monitoramento
GPS	01 unidade	mapeamento, manejo e monitoramento
Balança de precisão para campo (50 kg)	01 unidade	manejo
Refratômetro de campo	01 unidade	manejo e monitoramento
Telêmetro	01 unidade	mapeamento, manejo e monitoramento
Prancheta de campo/Material para registro (ou similar).	01 unidade	mapeamento, manejo e monitoramento
Máquina fotográfica (ou similar)	01 unidade	mapeamento, manejo e monitoramento
Motoserra	01 unidade	manejo

Corda 10 mm	20 metros	mapeamento, manejo e monitoramento
Furadeira manual portátil	01 unidade	manejo
Facão com bainha	02 unidades	manejo
Tesoura de poda	02 unidades	manejo
Pá de jardinagem (recobrimento do toco)	02 unidades	manejo
Enxada	02 unidades	manejo
EPI (botas, luvas, calças, etc)	01 conjunto/membro da equipe	manejo
Sacos rafia para transporte e destinação dos resíduos (frutos) - 50 kg	450 unidades	manejo
Lacre para malote numerado	500 unidades	manejo
Prancha de madeira com corda para manejo em áreas lamosas/lodosas (1,20 X 0,80m)	02 unidades	manejo e monitoramento
Embarcação para operação em águas rasas (c/ capacidade p/ mínimo de 8 pessoas)*	01 equipamento	mapeamento, manejo e monitoramento

* A embarcação deverá ter capacidade também para a retirada dos resíduos de campo (frutos); ** material estimado para manejo de 200 árvores adultas.

Referências

ALURI, J. S. R. A Review of the Reproductive Ecology of Mangrove Plant Species. **Mangroves: Biodiversity, Livelihoods and Conservation**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. p. 33–70. DOI 10.1007/978-981-19-0519-3_3. Available at: https://link.springer.com/10.1007/978-981-19-0519-3_3.

BANCI, K. R. da S.; MORI, G. M.; OLIVEIRA, M. A. de; PAGANELLI, F. L.; PEREIRA, M. R.; PINHEIRO, M. A. A. Can environmental pollution by metals change genetic diversity? *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) as a study case in Southeastern Brazilian mangroves. **Marine Pollution Bulletin**, vol. 116, no. 1–2, p. 440–447, 2017. DOI 10.1016/j.marpolbul.2017.01.039. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.039>.

BISWAS, S. R.; BISWAS, P. L.; LIMON, S. H.; YAN, E.-R.; XU, M.-S.; KHAN, M. S. I. Plant invasion in mangrove forests worldwide. **Forest Ecology and Management**, vol. 429, no. July, p. 480–492, Dec. 2018. DOI 10.1016/j.foreco.2018.07.046. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.046>.

BRASIL, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília-DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

CRONK, Q. C. B.; FULLER, J. L. **Plant invaders: the threat to natural ecosystems**. [S. l.]: Routledge, 2014.

EYSINK, G. G. J.; HATAMURA, E.; SCHAFFER-NOVELLI, Y. First occurrence in mangroves of South America of the exotic species *Sonneratia apetala* Buch.-Ham. from the Indo-Malayan region. **Biota Neotropica**, 2023. vol. 23, p. e20231575, 2023.

GILLAM, C.; CHARLES, A. Community wellbeing: The impacts of inequality, racism and environment on a Brazilian coastal slum. **World Development Perspectives**, vol. 13, no. February, p. 18–24, Mar. 2019. DOI 10.1016/j.wdp.2019.02.006. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2019.02.006>.

HONG, P.; WEN, Y.; XIONG, Y.; DIAO, L.; GU, X.; FENG, H.; YANG, C.; CHEN, L. Latitudinal gradients and climatic controls on reproduction and dispersal of the non-native mangrove *Sonneratia apetala* in China. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, vol. 248, no. October 2019, p. 106749, Jan. 2021. DOI 10.1016/j.ecss.2020.106749. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106749>.

ICMBio, 2019. Guia de orientação para o manejo de espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBio, 3a. versão, Brasília, 136p.

JORGE, R. S. P.; SAMPAIO, A. B.; GUIMARÃES, T. C. S. Guia de orientação para o Manejo de Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais. **ICMBio**, no. Espécies Invasoras, p. 1–136, 2019. .

KATHIRESAN K.; BINGHAM B. L. **Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems**. [S. l.: s. n.], 2001. vol. 40, .

KATHIRESAN, K. Mangroves: Types and Importance. **Mangroves: Ecology, Biodiversity and Management**. Singapore: Springer Singapore, 2021. p. 1–31. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2494-0_1.

KAUFFMAN, J. B.; DONATO, D. **Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests**. Bongor, Indonesia: CIFOR, 2012. <https://doi.org/10.17528/cifor/003749>.

KEESSTRA, S.; NUNES, J.; NOVARA, A.; FINGER, D.; AVELAR, D.; KALANTARI, Z.; CERDÀ, A. The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. **Science of The Total Environment**, vol. 610–611, p. 997–1009, Jan. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.077>.

LAFORTEZZA, R.; CHEN, J.; VAN DEN BOSCH, C. K.; RANDRUP, T. B. Nature-based solutions for resilient landscapes and cities. **Environmental Research**, vol. 165, p. 431–441, Aug. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.11.038>.

LILLI, M. A.; NERANTZAKI, S. D.; RIZIOTIS, C.; KOTRONAKIS, M.; EFSTATHIOU, D.; KONTAKOS, D.; LYMBERAKIS, P.; AVRAMAKIS, M.; TSAKIRAKIS, A.; PROTOPAPADAKIS, K.; NIKOLAIDIS, N. P. Vision-Based Decision-Making Methodology for Riparian Forest Restoration and Flood Protection Using Nature-Based Solutions. **Sustainability**, vol. 12, no. 8, p. 3305, 18 Apr. 2020. <https://doi.org/10.3390/su12083305>.

MACHADO, W.; SANDERS, C. J.; SANTOS, I. R.; SANDERS, L. M.; SILVA-FILHO, E. V.; LUIZ-SILVA, W. Mercury dilution by autochthonous organic matter in a fertilized mangrove wetland. **Environmental**

Pollution, vol. 213, p. 30–35, Jun. 2016. DOI 10.1016/j.envpol.2016.02.002. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.02.002>.

MMA, 2023. Áreas prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima-MMA, 2a. atualização, Brasília, 404p.

MOSCHETTO, F. A.; RIBEIRO, R. B.; DE FREITAS, D. M. Urban expansion, regeneration and socioenvironmental vulnerability in a mangrove ecosystem at the southeast coastal of São Paulo, Brazil. **Ocean & Coastal Management**, vol. 200, p. 105418, Feb. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105418>.

PROCESSO IBAMA 02001.007302/2024-18 - Registro da Bioinvasão da espécie exótica invasora *Sonneratia Apetala* em manguezais de Cubatão/SP. Acessado em 11/06/2024.

PINHEIRO, M. A. A.; SILVA, P. P. G. e; DUARTE, L. F. de A.; ALMEIDA, A. A.; ZANOTTO, F. P. Accumulation of six metals in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucididae) and its food source, the red mangrove *Rhizophora mangle* (Angiosperma: Rhizophoraceae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, vol. 81, p. 114–121, 2012. DOI 10.1016/j.ecoenv.2012.05.004. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651312001546>. Accessed on: 22 Apr. 2017.

REN, H.; LU, H.; SHEN, W.; HUANG, C.; GUO, Q.; LI, Z.; JIAN, S. *Sonneratia apetala* Buch.Ham in the mangrove ecosystems of China: An invasive species or restoration species? **Ecological Engineering**, vol. 35, no. 8, p. 1243–1248, Aug. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.05.008>.

REN, H.; CHEN, H.; LI, Z.; HAN, W. Biomass accumulation and carbon storage of four different aged *Sonneratia apetala* plantations in Southern China. **Plant and Soil**, vol. 327, no. 1–2, p. 279–291, 6 Feb. 2010. DOI 10.1007/s11104-009-0053-7. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s11104-009-0053-7>.

Rio Declaration on Environment and Development, United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brasil, 3-14 de junho de 1992.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; SOARES, M. L. G.; DE-ROSA, T. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, vol. 3, no. 4, p. 561–570, 1 Dec. 2000. DOI 10.1016/S1463-4988(00)00052-X. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146349880000052X>. Accessed on: 12 Mar. 2018.

SOARES, C.P.B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Universidade Federal de Viçosa-UFV, 1ª Edição, 2006, ISBN 8572692304, 276p.

TANG, W. S. **The distribution, ecology, potential impacts and management of exotic plants, *Sonneratia apetala* and *S. caseolaris*, in Hong Kong mangroves**. 2009. City University of Hong Kong, 2009.

The Conservancy Association. **Management and study of invasive mangroves *Sonneratia sp.* @Sham Wat, Lantau Island**. 2020. disponível em: <https://www.cahk.org.hk/en/work/ShamWat/>

XIN, K.; ZHOU, Q.; ARNDT, S. K.; YANG, X. Invasive capacity of the mangrove *Sonneratia apetala* in hainan island, china. **Journal of Tropical Forest Science**, vol. 25, no. 1, p. 70–78, 11 Apr. 2013. .

YU, C.; FENG, J.; LIU, K.; WANG, G.; ZHU, Y.; CHEN, H.; GUAN, D. Changes of ecosystem carbon stock following the plantation of exotic mangrove *Sonneratia apetala* in Qi'ao Island, China. **Science of The**

Total Environment, vol. 717, p. 137142, May 2020. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.137142. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137142>.

ZHU, D.; HUI, D.; WANG, M.; YANG, Q.; LI, Z.; HUANG, Z.; YUAN, H.; YU, S. Allometric growth and carbon storage in the mangrove *Sonneratia apetala*. **Wetlands Ecology and Management**, vol. 29, no. 1, p. 129–141, 19 Feb. 2021. DOI 10.1007/s11273-020-09772-7. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11273-020-09772-7>.

ANEXO 1

Modelo de ficha de campo

FICHA DE CAMPO MANEJO DE *Sonneratia apetala*

Equipe:

Data:

Horário de início:

Horário de término:

Condições meteorológicas:

Local aproximado do bosque (coordenadas geográficas):

Salinidade da água intersticial:

Número de plântulas retiradas:

Número de Árvores adultas retiradas:

ID	Coordenadas	CAP (cm)	Altura (m)	Distância do rio (m)	Estágio reprodutivo*	Quantificação dos frutos (Kg)	Corte raso	Aplicação de lama no toco

OBS:

* legenda estágios reprodutivos avaliados: A-sem estruturas reprodutivas aparentes; B-em floração; C-frutificando; D- liberação recente de frutos.

ANEXO 2

Chave Decisória Sobre Uso De Controle Químico Para Plantas Exóticas Invasoras (ICMBIO, 2019)

Abaixo se apresenta a aplicação da chave decisória para a ocorrência da espécie de *Sonneratia apetala* nos manguezais de Cubatão/SP.

- *Questão 1 – A espécie alvo tem capacidade de rebrota após corte (caule ou raiz)?* Sim

- *Questão 2 – A espécie alvo tem capacidade de rebrotar, mas é viável controlar os indivíduos mecanicamente repetidas vezes?* Sim, de acordo com o referencial teórico disponível sobre o tema e as informações e justificativas apresentadas no protocolo, é viável o controle mecânico nesta fase da bioinvasão. É importante destacar que, além da bioinvasão estar em estágio inicial (aproximadamente 200 espécimes), a Fundação Florestal está implementando um programa de monitoramento contínuo de UCs e Zonas de amortecimento, e irá incluir a área de intervenção no programa (MONITORABIO SP, Portaria Normativa FF/DE nº 369/2022).

- *Questão 3 – Para aspersão foliar a área é próxima de corpos d'água (<8m)?* Sim, a área é alagável, potencializando a dispersão de produtos químicos que venham ser aplicados.

- *Questão 4 – A área invadida é maior do que o possível de ser controlado manual ou mecanicamente (p. ex. 5000m²)?* Não. Apesar do polígono da área a ser investigada/monitorada ser em torno de 10 hectares, a área de intervenção é significativamente menor, pois há registros de apenas 200 espécimes concentrados às margens do estuário.

- *Questão 5 – Há risco de erosão pelo controle mecânico (revolvimento de solo, corte de motosserra, roçada)?* Não.

- *Questão 6 – As áreas a serem controladas são inacessíveis ou de difícil acesso (várias horas de caminhada)?* Não. O acesso é facilitado por embarcação e a bioinvasão se concentra às margens do estuário. Além disso, a área foi incluída no programa de monitoramento ambiental de Instituição Estadual, no caso a Fundação Florestal/SP, solicitante da autorização para manejo e elaboradora do protocolo em análise.

- *Questão 7 – A declividade é maior que 20%?* Não.

- *Questão 8 – Há presença significativa de plantas nativas (>30% de cobertura da área a ser manejada) que podem ser impactadas pelo controle mecânico?* Não, apesar da presença de espécies nativas maior que 30%, área de intervenção, as nativas arbóreas são facilmente identificadas, sendo que o controle mecânico com seletividade é possível, sem impacto à vegetação nativa.

- *Questão 9 – A planta forma banco de sementes ou plântulas?* Há registro de plântulas e frutos, de forma que o protocolo indica o tratamento mecânico (recolhimento dos frutos e remoção das plântulas) com a devida destinação. Importante destacar que o controle químico do toco para inibir o rebrotamento não evita a propagação das sementes, sendo necessário a remoção manual e destinação dos frutos e plântulas, e monitoramento da área, inevitavelmente.

- *Questão 10 – A planta apresenta estruturas subterrâneas de propagação vegetativa (p.ex. rizoma, bulbo, estolão)?* Não.

- *Questão 11 – A planta quebra no arranquio (ervas, subarbustos e plântulas)?* Não.

- *Questão 12 – Há indício de alelopatia (não existem outras plantas observadas crescendo embaixo da planta invasora)?* Não há registro de alelopatia. Durante vistoria, foram observadas plântulas de mangue branco (*Laguncularia racemosa*), espécie nativa, crescendo na área.

- *Questão 13 – A planta tem espinhos ou outra característica que dificulte muito o controle manual ou mecânico?* Não.