

Restauração ecológica de mata ciliar em região ecótono do Maranhão

Restoration ecology of riparian forest in the ecotone region of Maranhão

DOI: 10.34188/bjaerv7n1-002

Recebimento dos originais: 05/12/2023

Aceitação para publicação: 04/01/2024

Dalton Henrique Angelo

Doutorando em Ciências Florestais na Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO
Instituição: Universidade Estadual do Centro Oeste / Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais
Departamento de Engenharia Florestal
Endereço: Rua Professora Maria Roza Zanon de Almeida, CEP 84505-677. Bairro Engenheiro Gutierrez – Irati – PR
E-mail: dalton_florestal@outlook.com

Chaiane Rodrigues Schneider

Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná – UFPR
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL
Endereço: Avenida Agrária, 100 - Residencial Colina Park, Imperatriz – MA, 65900-001
E-mail: chai.rodriguesschneider@gmail.com

Julia Cerqueira Lima

Engenheira Florestal pela Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL
Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL
Endereço: Avenida Agrária, 100 - Residencial Colina Park, Imperatriz – MA, 65900-001
E-mail: juliacerqueira247@gmail.com

Sebastião da Silva Machado

Graduando em Engenharia Florestal pela Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL
Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL
Endereço: Avenida Agrária, 100 - Residencial Colina Park, Imperatriz – MA, 65900-001
E-mail: machadosabastiao147@gmail.com

Jaqueline Macedo Gomes

Doutora em Ciências Florestais pela Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL
Endereço: Avenida Agrária, 100 - Residencial Colina Park, Imperatriz – MA, 65900-001
E-mail: jaquelinemacedogomes@hotmail.com

Joabel Raabe

Doutor em Ciências Florestais pela Universidade de Brasília – UnB
Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL
Endereço: Avenida Agrária, 100 - Residencial Colina Park, Imperatriz – MA, 65900-001
E-mail: joabel.raabe@emasul.edu.br

Julio Eduardo Arce

Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná.
Instituição: Universidade Estadual do Centro Oeste / Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais
Departamento de Engenharia Florestal
Endereço: Rua Professora Maria Roza Zanon de Almeida, CEP 84505-677. Bairro Engenheiro Gutierrez – Irati – PR
E-mail: ppgf@irati.unicentro.br

RESUMO

As nascentes, rios e suas matas ciliares desempenham um papel fundamental no desenvolvimento tecnológico, alimentar e do bem-estar da sociedade, além de contribuir para a formação das bacias hidrográficas e a conservação da biodiversidade. O objetivo do presente estudo foi diagnosticar e avaliar os impactos e as metodologias de restauração ecológica em uma nascente degradada, no município de Buritirana – MA. A metodologia consistiu na avaliação dos impactos por uma tabela de interações básica da nascente, e com isso implantar um projeto de restauração ecológica com associação de distintos métodos e técnicas. Os resultados demonstraram uma área encontra-se com elevado grau de degradação, especialmente pelos impactos negativos indiretos observados. Em relação à restauração ecológica, o plantio resultou em uma baixa sobrevivência de mudas, associado ao período de estiagem prolongado e a falta de cercamento da área de estudo. Recomenda-se que o entendimento sobre a importância das matas ciliares deve ser melhor explorado com os proprietários das áreas a serem restauradas. Além disso, recomenda-se o uso de *Senna alata* (L.) Roxb., *Bauhinia cheilantha*, *Inga edulis* Mart., *Libidibia ferrea* (Mart. Ex Tul.) L.P. Queiroz, *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard., como espécies resistentes às condições adversas semelhantes a este estudo, além do planejamento do plantio com uso do *hidrogel*, ou com a frequência já estabelecida de precipitação pluviométrica na área.

Palavras-chave: Adensamento, Diversidade, Área de Preservação Permanente.

ABSTRACT

Springs, rivers and their riparian forests play a fundamental role in technological development, food and the well-being of society, in addition to contributing to the formation of river basins and the conservation of biodiversity. The objective of the present study was to diagnose and evaluate the impacts and ecological restoration methodologies in a degraded spring, in the municipality of Buritirana – MA. The methodology consisted of evaluating the impacts using a basic interaction table of the spring, and with this implementing an ecological restoration project with the association of different methods and techniques. The results demonstrated that the area is experiencing high levels of degradation, especially due to the indirect negative impacts observed. In relation to ecological restoration, the planting resulted in low seedling survival, associated with the prolonged dry period and the lack of fencing in the study area. It is recommended that understanding the importance of riparian forests should be better explored with the owners of the areas to be restored. Furthermore, it is recommended to use *Senna alata* (L.) Roxb., *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., *Inga edulis* Mart., *Libidibia ferrea* (Mart. Ex Tul.) L.P. Queiroz, *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard., as species resistant to adverse conditions similar to this study, in addition to planting planning using hydrogel, or with the already established frequency of rain in the area.

Keywords: Densification, Diversity, Protected areas.

1 INTRODUÇÃO

A busca pela melhoria da qualidade de vida da sociedade sempre esteve intrinsecamente ligada à exploração dos recursos naturais. No entanto, nos dias atuais, testemunhamos uma intensidade e velocidade de exploração muito maior do que a capacidade de regeneração desses recursos pelo meio ambiente. Como resultado, enfrentamos desafios significativos relacionados à degradação ambiental e à escassez de recursos naturais, em especial, decorrentes da supressão de

vegetação para uso alternativo do solo, incluindo áreas protegidas por lei, como por exemplo, as matas ciliares.

O processo histórico de desmatamento no Brasil tem sido influenciado pela intensificação e expansão das atividades agropecuárias, disputas territoriais e étnicas, além do avanço das atividades imobiliárias, mineração, energia e indústrias urbanas (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015). A exploração predatória de produtos madeireiros e não madeireiros, além das queimadas, resultam em uma redução nos recursos naturais renováveis e não renováveis, afetando a forma, a dinâmica e, principalmente, a qualidade do ambiente (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2007). Não obstante, no estado do Maranhão também enfrenta os impactos decorrentes desse histórico de desmatamento, como a substituição de grande parte de sua vegetação original por práticas agropecuárias tradicionais, sem qualquer manejo de conservação do solo ou preservação dos recursos naturais, e em vista apenas na obtenção de produtos (Secretaria de Estado da Agricultura e Pecuária – SAGRIMA, 2019).

Como consequência, a ocorrência de longos períodos de estiagem, a alteração do regime hídrico e de habitats, da propagação de pragas e doenças, são mais frequentes pelo desequilíbrio ambiental incidente (MACCARINI; SILVA, 2016). Além disso, tais fatos contribuem diretamente ao aumento da temperatura global e a diminuição da produção agropecuária a longo prazo (WANG et al., 2021; ORTIZ-BOBEA et al., 2021; ZABEL et al., 2021). Ao mesmo tempo, contrapõe compromissos internacionais para a recomposição de doze milhões de hectares de áreas e degradadas até 2030, perante a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI, 2020).

As nascentes e suas matas ciliares são áreas que formam rios, lagos e caracterizam as bacias hidrográficas, provendo água doce para o meio urbano e rural, para atividades diárias, agropecuárias e produção industrial, portanto, indispensáveis para a sustentabilidade e o bem-estar. Desempenham funções vitais na redução da erosão do solo, na regulação dos fluxos hídricos e na prevenção do assoreamento, fundamentais para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas (ROSA, 2011), bem como a polinização, dispersão de frutos e sementes, regulação térmica e evapotranspiração. Do contrário, além da diminuição da disponibilidade hídrica, resulta em prejuízos consideráveis de natureza econômica, ambiental e social, e muitas vezes acarreta custos emergenciais para o governo, tanto na infraestrutura quanto na área de saúde pública (MACCARINI; SILVA, 2016).

Diante de um cenário de degradação das matas ciliares, devem ser adotadas metodologias e técnicas de restauração ecológica (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015), que visa o restabelecimento do ambiente natural em composição e estrutura semelhantes à fitogeografia

original, além de contribuir à conservação e valorização ecológica, econômica e social (SEVERIEN; SARCINELLI; MATSUDA, 2020).

Entre as legalidades que contribuem para a proteção das matas ciliares e a prática de restauração ecológica, é a Lei de Proteção da Vegetação Nativa, Lei Nº 12.651 de 2012, pois define os limites de vegetação para as margens dos cursos d'água – matas ciliares nas áreas rurais e urbanas, conhecidas como Áreas de Preservação Permanente (APP) (BRASIL, 2012a). Adicionalmente, programas e políticas públicas foram desenvolvidas para regularizar a área recompondo a vegetação, como o programa de regularização ambiental (PRA) atrelada ao cadastro ambiental rural (CAR), que garante benefícios múltiplos aos proprietários como nulidade sanções administrativas, apoio técnico e incentivos financeiros (BRASIL, 2012a; BRASIL, 2012b, BRASIL, 2014).

Porém, antes da implantação de um projeto de restauração ecológica, é necessário realizar um levantamento diagnóstico. Primeiramente, são identificados os impactos ambientais as interferências causadoras dos impactos negativos e positivos, e o grau de preservação da vegetação no entorno da nascente (PINTO et al., 2004; GOMES et al., 2005). Atreladas às informações de localização, qualidade de solo, relevo e demais aspectos de sítio, é possível estabelecer as metodologias e técnicas de restauração ecológica.

Entre as metodologias disponíveis está o plantio de mudas de espécies nativas ou a condução da regeneração natural. Uma associação destas pode ser aplicada, dependendo do diagnóstico obtido. Entre as técnicas mais adotadas nos plantios, é o uso de espécies de preenchimento e/ou enriquecimento, além da nucleação. Na condução da regeneração natural, são mais comuns aplicações de práticas silviculturais, como a remoção de espécies invasoras e coroamento das mudas arbóreas (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, 2021). Em geral, a escolha das técnicas mais adequadas depende do tipo e grau de degradação da área em questão, bem como das características do ecossistema local (World Wide Fund for Nature – WWF Brasil, 2014).

Ressalta-se, no entanto, dois pontos extremamente importantes em um projeto de restauração ecológica, como: o cercamento da área e a escolha correta das espécies utilizadas (quando por plantios). O cercamento, impede o acesso de animais domésticos e de criação, que muitas vezes se alimentam das mudas plantadas e compactam a camada superficial do solo, impedindo a regeneração natural (MARTINS, 2013). Já a escolha das espécies, deve consistir na preferência por espécies regionais e adequadas para cada fitofisionomia, resilientes às inversas condições do ambiente degradado (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015). Ou seja, com características dendrológicas adequadas ao ambiente como a tolerância à sombra, a capacidade de fixação de nitrogênio, a eficiência do sistema radicular, a produção de sementes e a dispersão eficaz,

crescimento e capacidade de armazenamento de água e nutrientes, bem como a resistência a pragas e doenças (SCHULZE et al., 2018; WALTERS et al., 2018; SANTANA, 2019; RODRIGUES, 2020).

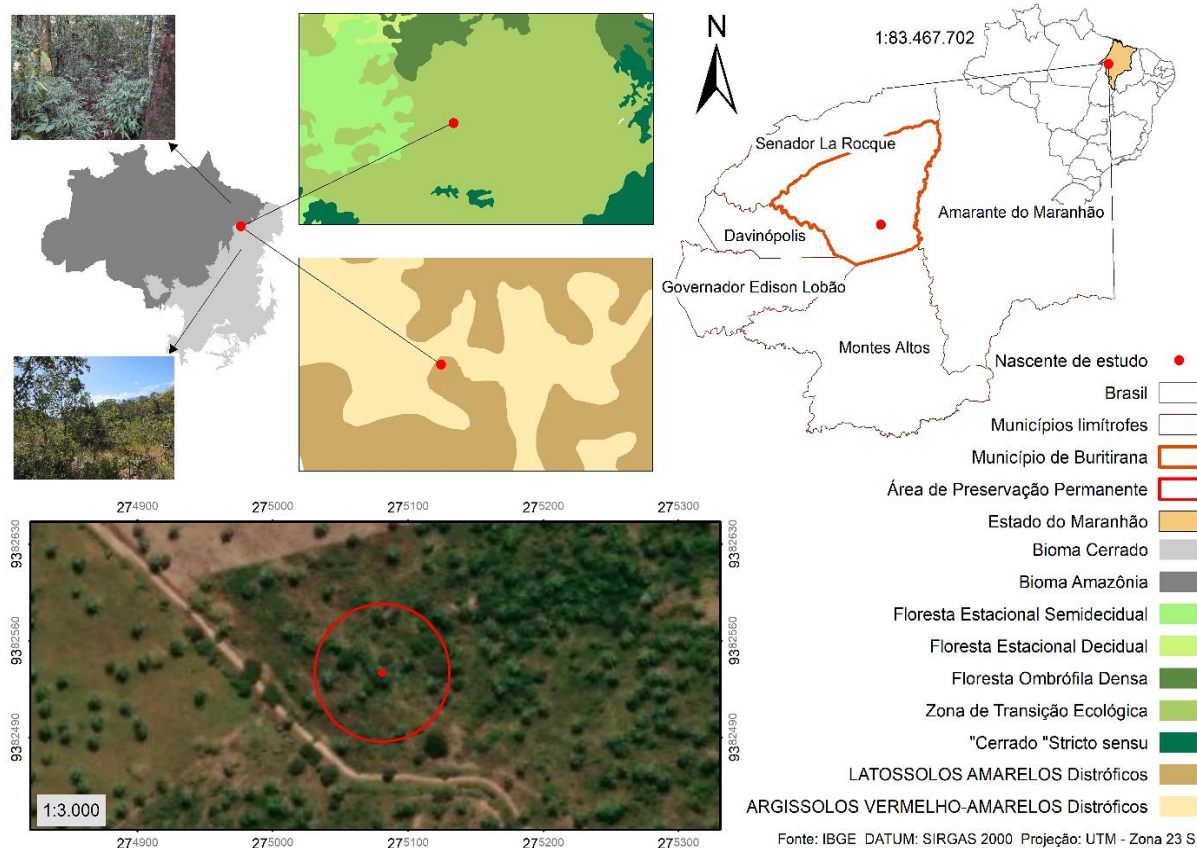
O objetivo deste estudo foi diagnosticar e avaliar os impactos ambientais para um projeto de restauração ecológica com plantio de espécies nativas de nascente degradada em Buritirana – MA.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Buritirana, estado do Maranhão, sob coordenadas 5° 35' 57,96" S e 47°02'12,81" O, e compreende uma nascente degradada de uma fazenda particular do município (Figura 1). A vegetação predominante é formada por área de ecótono, também denominada área de tensão ecológica ou zona de transição ecológica, entre o bioma Amazônia e Cerrado, e, portanto, de elevado interesse para a biodiversidade (Ab'SABER, 2003).

Figura 1: Localização, fitofisionomia e pedologia de solos, da nascente degradada em Buritirana – MA.



Fonte: os autores (2023).

Nos solos da região podem ser encontrados LATOSSOLO AMARELOS Distrófico, e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos (IBGE, 2011; ARAÚJO; DIAS; CATUNDA, 2019). A região se encontra sob elevação de 200 a 300 metros de altitude em relação ao nível do mar, com temperatura média anual maior que 26 °C, precipitação média de 1300 a 1600 mm anuais, classificando-a, de acordo com a Köppen, como clima tropical úmido (*Aw*), predominantemente quente, com um inverno seco e período chuvoso de novembro a maio, seguido de um período seco, de junho a outubro (ALVARES et al., 2013).

O estado do Maranhão abriga três regiões hidrográficas, a do Atlântico Nordeste Ocidental (Resolução n. 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos), a do Tocantins-Araguaia e a do Parnaíba. O município de Buritirana encontra-se às margens da região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, com influência das bacias hidrográficas do Tocantins e do Pindaré, segundo os dados do IMESC (2008). Está predominantemente inserido na bacia hidrográfica do rio Pindaré, que juntamente com os rios Munim, Itapecuru e Mearim, constitui um conjunto de bacias hidrográficas que deságua no Golfão Maranhense (CORREIA FILHO, 2011).

2.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

A metodologia de Gomes; Melo e Vale (2005) foi utilizada para identificação dos principais parâmetros que afetam as condições ecológicas da nascente, classificadas em: interferências diretas, que podem ser observadas na água e afetam sua composição química (esgoto, óleos, resíduos etc.); e interferências indiretas, relacionadas à estrutura do ecossistema, sua proteção e agentes externos (vegetação, proteção e ações antrópicas na área).

Cada parâmetro recebeu pontuação de 1 a 3, onde 1 ponto indica o pior cenário de conservação; 2 pontos indicam cenário mediano, apenas com marcas de interferência, e 3 pontos indicam cenário ideal de conservação da área. Assim, o impacto foi classificado quanto ao somatório dos pontos da observação dos parâmetros macroscópicos: Classe A (ótima), com pontuação entre 37 e 39; Classe B (boa), com pontuação entre 34 e 36; Classe C (razoável), com pontuação entre 31 e 33; Classe D (ruim), com pontuação entre 28 e 30; e, Classe E (péssima), com pontuação inferior a 28 pontos.

2.3 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

O projeto de restauração ecológica foi elaborado a partir do diagnóstico realizado, com uso das metodologias apresentadas por Brancalion, Gandolfi e Rodrigues (2015). Simultaneamente, foram observadas as orientações descritas na Portaria SEMA N° 27 de abril de 2021 e na Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei N° 12.651/2012).

As espécies selecionadas são nativas dos biomas Cerrado e Amazônia, e com as características sucessionais para realização do plantio em diferentes tratamentos, perfazendo seis famílias botânicas e vinte espécies (Tabela 1). As mudas foram doadas pelo CESTE – Consórcio Energia Estreito, com rustificação concluída. Os nomes científicos, e as demais características ecológicas, como estágio sucessional, síndrome de dispersão e categorias de ameaça, foram consultados na literatura de Harri Lorenzi, Paulo Hernani Carvalho, e na Flora do Brasil (<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/>).

Tabela 1: Relação de espécies utilizadas. ES-estágio de sucessão; PI-pioneira; SI-secundária inicial; ST-secundária tardia; CL-clímax. T-tratamento; PL-plantio; P-preenchimento; E-enriquecimento. CA-categorias de ameaça; LC- menos preocupante; NT-quase ameaçada; VU-vulnerável; CR-criticamente em perigo; EN-em perigo; NE-não avaliado. SD-síndrome de dispersão; AUT-autocórica; ANE-anemocórica; HID-hidrocórica; ZOO-zocórica.

Família	Nome científico	ES	T	PL	SD	CA
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	ST	A/C	E	ANE	LC
Annonaceae	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	SI	A/C	E	ZOO	NE
Arecaceae	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	CL	A/B/C	E	ZOO/AUT/HID	NE
	<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	CL	A/B/C	E	ZOO/AUT/HID	NE
	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	CL	A/B/C	E	ZOO/AUT/HID	NE
Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	SI	A/C	E	ANE	NT
	<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC.	SI	A/C	E	ANE	NE
Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	PI	A/C	P	AUT	NE
	<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul	PI	A/C	P	AUT	NE
	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	PI	A/C	P	AUT	LC
	<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	PI	A/B/C	P	AUT/ZOO	NE
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	SI	A/C	P	AUT/ZOO	LC
	<i>Inga edulis</i> Mart.	PI	A/C	P	HIC/ZOO	NE
	<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	PI	A/C	P	AUT/ZOO	LC
	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	SI	A/C	P	AUT	NE
	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth.	PI	A/C	P	AUT	LC
	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	PI	A/B/C	P	AUT	NE
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	PI	A/C	P	ZOO	NE
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	SI	A/C	E	ANE	VU
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	ST	A/C	E	AUT	LC

Fonte: Adaptado pelos autores de: literatura de Harri Lorenzi, Paulo Hernani Carvalho, e na Flora do Brasil.

O plantio foi realizado no mês de outubro, em uma área de 0,785 ha, para um raio de 50 m a partir do olho da água. Este raio foi demarcado com uso de balizas, fitas métricas e bússola nas direções norte, sul, leste e oeste, e resultou em quatro quadrantes adjacentes à nascente, das quais serviram como linhas mestras para o plantio (Figura 2). Não foram realizados revolvimento do solo, adubação e calagem. As covas para plantio nos quadrantes foram realizadas em tamanho 20 x 20 x 30 cm de profundidade, com remoção de gramíneas exóticas presentes no entorno, quando necessário. Em cada um dos quadrantes foram aplicados tratamentos diferentes, sendo eles:

- Quadrante 1 = Remanescente (R): quadrante nordeste com presença de vegetação remanescente, passível de regeneração natural, sem plantio;
- Quadrante 2 = Tratamento A (TA): plantio de 18 espécies em espaçamento 3 x 3 m;
- Quadrante 3 = Tratamento B (TB): plantio de 5 espécies em espaçamento 3 x 3 m;
- Quadrante 4 = Tratamento C (TC): plantio de 18 espécies em espaçamento 2 x 2 m.

A delimitação da área de preservação permanente (APP), foi realizada simultaneamente às atividades de plantio para cercamento posterior, a ser realizado pelo proprietário da área. Tal fato, não ocorreu, sendo, portanto, parte dos resultados deste estudo.

2.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS DO PLANTIO

A partir da data de plantio, foram realizadas duas medições de sobrevivência, uma no final do mês de dezembro e outra em maio do ano seguinte, após o término do período chuvoso, considerou-se a taxa de sobrevivência, como razão entre o número de mudas vivas e o número total de mudas, em porcentagem (DISARZ, 2011). Na segunda e terceira avaliação, foram mensurados a altura total, diâmetro do coleto, com fita métrica e paquímetro digital, respectivamente, além do número de folhas das espécies sobreviventes (SILVA et al., 2016). Para as mensurações, dada a ausência de repetições dos tratamentos, foi realizado apenas uma estatística descritiva, para observação e comparação dos tratamentos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

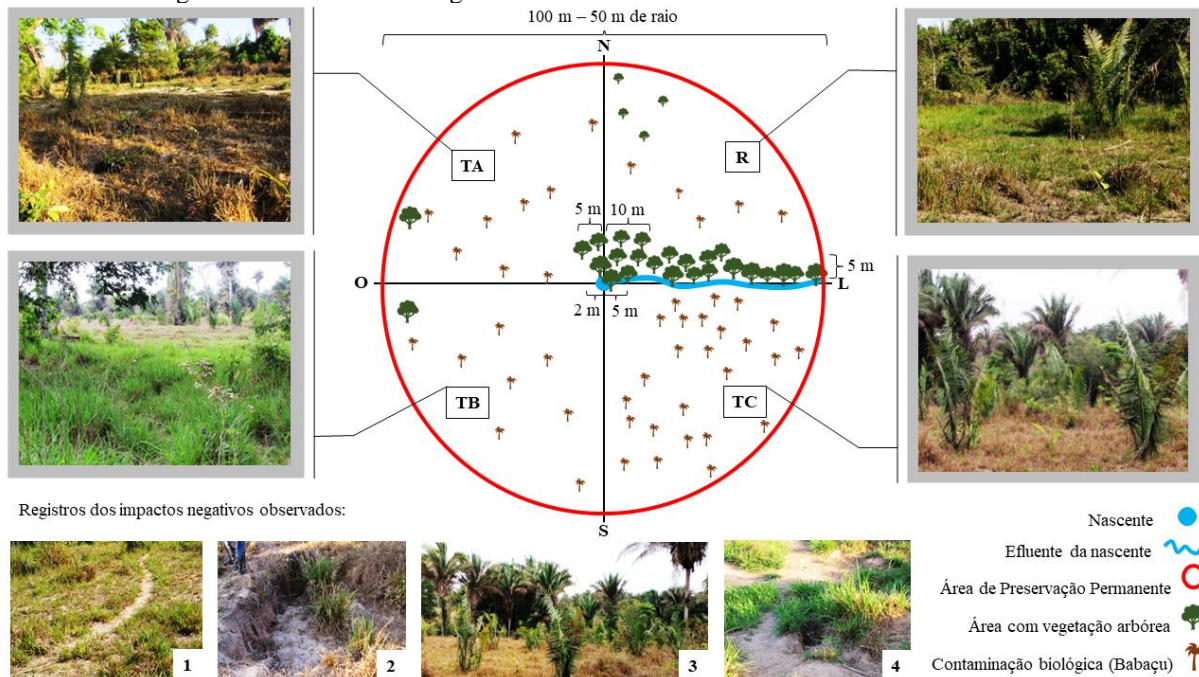
3.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA NASCENTE

O afloramento de água estudado possui escoamento superficial durante todo o ano, sendo mais abundante em sua vazão no período das chuvas. Apresenta um relevo levemente ondulado, em que nos primeiros 50 metros segue um canal central fixo com 50 cm de profundidade. Após esta distância segue uma distribuição difusa, com carreamento de solo em atenuações de cota topográfica, formando um charco raso com material orgânico e predominância de capim predominantemente exótico, descaracterizando o curso da água subsequente. Desse modo, o afloramento pode ser classificado como nascente ou olho d'água, sem acúmulo inicial, e surge naturalmente em um único ponto do solo para a superfície (PEREIRA et al., 2011). É, portanto, uma nascente fixa, perene, pontual e em canal (FELIPPE, 2013).

A vegetação natural não apresenta conformidade com as características intrínsecas à biodiversidade das matas ciliares e das exigências legislativas em vigor. As matas ciliares, especialmente de áreas de ecótono, apresentam interfaces com outros tipos de vegetação, como do bioma Cerrado e Amazônia, e, estão sujeitas a influências florísticas de impressionante diversidade, não observadas na nascente de estudo (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2004). Quanto à legalidade, essencialmente, é a ausência de vegetação nativa no raio mínimo de 50 metros, de acordo com a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Nº 12.651/2012), no capítulo II, artigo 4º IV: “as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros”.

Adicionalmente, o remanescente existente é antropizado e ocorre somente nos primeiros 10 metros de raio nordeste da nascente, diminuindo à medida que se afasta do olho d'água, e ausente nas demais direções cardeais da mesma. A evidência de antropização é confirmada não apenas pela ausência de vegetação nativa, como também pela contaminação biológica do babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.), comum em pastos degradados nesta região devido ao uso alternativo do solo (Figura 2-3).

Figura 2: Levantamento diagnóstico na mata ciliar da nascente em Buritirana – MA.



No Bioma Amazônia e Cerrado, muitas espécies de palmeiras fazem parte da paisagem. No entanto, observa-se grande densidade em áreas degradadas como pasto que não foram manejadas adequadamente. Neste sentido, a incidência dessas plantas bioindicadoras de ambientes alterados, como o babaçu, com forte tendência a aumentar sua densidade em áreas pertinentes às consequências dos impactos ambientais (MIRANDA, 2001; CHAVES, 2006; SILVA 2008). Predominantemente, o gênero *Orbignya* spp., compreendem espécies perenifólias, com característica heliófila, o que contribui para um grupo de sucessão pioneiro, bem como para uma regeneração abundante, especialmente em áreas abertas considerada como espécie invasora em pastagens (LORENZI, 1992).

Com a classificação de impactos proposta por Gomes, Melo e Vale, 2005 (2005), a APP se encontra na classe de preservação péssima (classe E), com total de 24 pontos para os parâmetros macroscópicos observados (Tabela 2). Tal classificação é especialmente atribuída a falta de impactos positivos observados, que levou a uma baixa pontuação sob os aspectos ambientais.

Percebe-se que a intensidade de impactos diretos negativos é menor do que às interferências indiretas observadas, ao considerar as pontuações menos interessantes à mata ciliar (1 e 2).

Tabela 2: Parâmetros macroscópicos para diagnóstico ambiental na nascente em Buritirana – MA.

Parâmetros macroscópicos	Pontuação					
	1		2		3	
<i>Interferência Direta</i>						
Coloração	Escura	1	Clara	0	Incolor	0
Odor	Forte	0	Fraco	0	Ausente	3
Material Flutuante	Muito	0	Pouco	0	Ausente	3
Espuma	Muita	0	Pouca	0	Ausente	3
Óleo	Muito	0	Pouco	0	Ausente	3
Esgoto Doméstico	Presente	0	Superficial	0	Ausente	3
Sub Total	1		0		15	
<i>Interferência Indireta</i>						
Resíduos Sólidos	Muito	0	Pouco	2	Ausente	0
Degradação da vegetação	Alta	1	Baixa	0	Preservada	0
Uso por animais	Presentes	1	Rastros	0	Ausentes	0
Uso antrópico	Presentes	1	Rastros	0	Ausentes	0
Proteção do local	Ausente	1	Presente c/ acesso	0	Presente s/ acesso	0
Construções	< 50 m	0	50 a 100 m	0	> 100 m	0
Tipo de área de inserção	Irregular	0	Privada	2	Pública	0
Sub Total	4		4		0	
Total	5		4		15	
			24			

Fonte: Adaptado de Gomes; Melo e Vale (2005).

Neste sentido, considera-se a atividade principal do proprietário, voltada para a pecuária de corte, que atrelada a falta de cerceamento da área em questão, promoveu o pisoteio do solo pelos animais (gado). Embora o acesso dos animais de produção seja proibido nas áreas de matas ciliares, salvo exceções de baixo impacto ambiental, com planejamento, comumente, estes têm acesso a estas áreas para dessedentação, incluindo o frágil olho da água. Por consequência, estendem-se a herbivoria da regeneração natural, e do uso alternativo do solo intensivo para pastagem com capim exótico invasor, como a braquiária (*Urochloa spp.*) (Figura 2-4), como observado pelas marcas de uso antrópico recente.

O pisoteio ocasionou a exposição do horizonte O, e a compactação do horizonte A, com a formação de caminhos que permitem a erosão hídrica e desestruturação do solo úmido (Figura 2-1 e 2), descaracterizando o canal de água, à medida que a vegetação remanescente desaparece. A erosão hídrica formou os charcos de matéria orgânica no brejo local, formada pela deposição de sedimentos e matéria orgânica oriundos de serrapilheira e horizonte A do solo, transportado pela água superficial no período chuvoso, que aliado a herbivoria, não permite o desenvolvimento da regeneração natural na área (Figura 2). Tal fato contribuiu para o tom escuro da água em sua superfície, caracterizadas pela erosão e vegetação insuficiente para proteção do solo, tanto próximo

ao olho da água como ao longo do curso da água, evidência de que a coloração da água é oriunda de impactos indiretos.

De posse destas informações, considerando ainda a falta de conectividade da paisagem desta nascente com remanescentes e/ou fragmento florestais maiores na região, a degradação da mata ciliar figura como maiores responsáveis indiretos, o isolamento da área para restauração passiva, ou seja, a condução da regeneração natural compreende um método insuficiente, sendo necessário a intervenção humana intencional para acelerar o processo natural de sucessão ecológica por meio de plantio de mudas nativas, e o monitoramento, com práticas silviculturais de remoção do capim exótico e do babaçu, até estabelecimento da vegetação.

A partir do diagnóstico realizado, o plantio das mudas foi realizado de maneira distinta em cada quadrante da mata ciliar de preservação permanente, a fim de atender todas as demandas para acelerar o processo de restauração ecológica da área. No quadrante 1, onde haviam pequenos aglomerados de arbóreas remanescentes, evitou-se realizar o plantio, direcionando estes esforços para os demais quadrantes, para remediar os impactos negativos indiretos observados.

Deste modo, no quadrante 2, 3 e 4 foram realizados plantios de adensamento. No tratamento A (TA), o plantio de 18 espécies no espaçamento 3 x 3 m, pois a camada de matéria orgânica do solo era maior em relação aos demais quadrantes de plantio. No tratamento B (TB), o mesmo espaçamento foi aplicado com plantio de cinco espécies. A menor riqueza foi atribuída a maior menor disponibilidade de matéria orgânica, e a elevada dominância de braquiária o que tornou necessário o plantio de espécies mais competitivas com o capim exótico. Por fim, o tratamento C (TC), foi delineado pelas evidências mais expressivas de erosão do solo, bem como a maior densidade de regenerantes do babaçu, com o plantio de 18 espécies em espaçamento 2 x 2 m.

3.2 PROJETO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

3.2.1 Sobrevivência

Os resultados evidenciaram baixa taxa de sobrevivência dos indivíduos devido a diversos fatores, como condições climáticas adversas com um período prolongado de estiagem, a ausência de cercamento da área por parte do proprietário, e infestação por lagartas. De acordo com os percentuais de sobrevivência obtidos, o TA, obteve maior taxa de sobrevivência, possivelmente associado a maior disponibilidade de matéria orgânica do solo, que permitiu maior umidade entre as primeiras chuvas mais esparsas neste evento de estiagem (MONITOR DE SECAS, 2022).

Tabela 3: Relação de sobrevivência

Tratamentos	TA	TB	TC
Nº de mudas plantadas	215	222	490
Nº de mudas sobreviventes (1º medição)	66	47	2
Nº de mudas sobreviventes (2º medição)	15	2	9
Sobrevivência por tratamento (%)	6,98	0,90	1,84
Sobrevivência total (%)	2,80		

Fonte: os autores (2023).

No TA, das 215 mudas plantadas, apenas 66 sobreviveram na primeira avaliação, devido ao déficit hídrico nos meses de outubro e novembro, com chuvas esporádicas de 20 mm em média em intervalos de 15 dias. No TB, das 222 mudas plantadas, 47 sobreviveram até a primeira avaliação, entre elas: *Senna alata*, *Clitoria fairchildiana* e *Euterpe oleraceae*. Já no TC, plantio mais adensado com notório déficit hídrico, apenas dois indivíduos sobreviveram na primeira avaliação, que subiu para nove leguminosas na segunda avaliação, com o aumento gradativo das chuvas e emissão de brotações.

O período de estiagem contribuiu para a mortalidade das espécies em geral, uma vez que as chuvas regulares somente foram observadas a partir de janeiro, quando a mortalidade já era alta, não sendo suficientes para assegurar a sobrevivência e desenvolvimento dos indivíduos, com crescimento de braquiária, em competição, acentuando a mortalidade mesmo com o estabelecimento regular da precipitação.

3.2.2 Desenvolvimento das mudas nos tratamentos

Os tratamentos que apresentaram maiores médias para o diâmetro de coleto (DC), foram TB (11,25 mm), seguido do TC (8,30 mm) e TA (6,46 mm) (Tabela 4). O diâmetro do coleto é a variável que melhor prediz o desempenho das mudas após o plantio, de modo que representa um sistema radicular abundante quanto maior for o diâmetro, o que favorece o estabelecimento das plantas em condições de mato-competição (RITCHIE et al., 2010; CARGNELUTTI FILHO et al., 2012).

Tabela 4: Estatística descritiva obtida para o diâmetro do coleto (DC), altura total (HT) e número de folhas (NF).

Parâmetros / Tratamentos	DC (mm)			HT (cm)			NF		
	TA	TB	TC	TA	TB	TC	TA	TB	TC
Média	6,46	11,25	8,30	59,00	53,00	55,81	17,47	4,50	19,56
Erro padrão	0,58	0,00	1,00	6,15	1,00	7,93	2,43	0,50	4,15
Desvio padrão	2,26	0,01	2,99	23,83	1,41	23,78	9,41	0,71	12,46
Variância	5,13	0,00	8,92	567,71	2,00	565,62	88,55	0,50	155,28
Coefficiente de Variação (%)	35,10	0,10	36,00	40,40	2,70	42,60	53,90	15,70	63,70
Mediana	6,15	11,25	6,82	59,00	53,00	58,00	16,00	4,5	19,00
Mínimo	2,89	11,24	5,11	27,00	52,00	1,28,00	4,00	4,00	5,00
Máximo	10,21	11,25	13,35	98,00	54,00	84,00	34,00	5,00	39,00
Nº (indivíduos)	15	2	9	15	2	9	15	2	9

Fonte: os autores (2023).

A variância observada para o TC foi maior que para o TB, dada a menor quantidade de mudas sobreviventes em TB. Neste sentido, comparando a variância obtida para TC e TA, observa-se a mesma tendência, corroborando para influência da matéria orgânica e do espaçamento perante os tratamentos aplicados. Ao se tratar da altura total (HT), o cenário muda pouco, com médias maiores para o TA (59 cm), seguido de TC (55,81 cm) e TB (53 cm), o que reforça a necessidade de maior disponibilidade de matéria orgânica para as mudas. Para o número de folhas (NF), a melhor média pode ser observada para o TC (19,56), seguido de TA (17,47), provavelmente associado ao processo de fotossíntese, e das demais características mensuradas (DC, HT).

No entanto, ressalta-se que estas informações devem ser melhores aferidas com uma análise de variância com maior número de repetições dos tratamentos, que contribui inclusive para resultados mais desejáveis para o coeficiente de variação que notoriamente demonstrou baixa precisão experimental (GOMES, 1990).

3.2.3 Desenvolvimento por espécie

As mudas das espécies sobreviventes com melhor resposta às adversidades de plantio foram *Euterpe oleracea*, *Senna allata*, *Inga edulis*, *Libidibia ferra*, *Bauhinia cheilantha* e *Clitoria fairchildiana*. Para as variáveis observadas, nota-se que os maiores diâmetros de coleto são atribuídos a *E. oleraceae* e *C. fairchildiana*; as alturas, *Senna allata* e *Inga edulis*, para sobrevivência a *B. cheilantha*, e para o número de folhas *I. edulis*.

Tabela 5: Desenvolvimento das espécies sobreviventes plantadas para restauração ecológica da nascente. DC-diâmetro de coleto; HT-altura total; S-sobrevivência; NF-número de folhas.

Nome popular	Nome científico	DC (mm)	HT (cm)	S (%)	NF
Açaí	<i>Euterpe oleracea</i>	10,21	53,00	5,00	4,00
Fedegoso	<i>Senna alata</i>	6,61	67,80	2,80	16,80
Ingá	<i>Inga edulis</i>	6,34	67,50	6,30	24,50
Jucá	<i>Libidibia ferrea</i>	3,88	44,00	6,30	15,00
Pata de vaca	<i>Bauhinia cheilantha</i>	6,64	56,00	9,70	19,00
Sombreiro	<i>Clitoria fairchildiana</i>	7,69	62,80	1,10	24,25

Fonte: os autores (2023).

A espécie *E. oleraceae* foi a única sobrevivente da Família Arecaceae. Este resultado pode estar atrelado a preferência de plantio nas áreas sombreadas próximas ao olho da nascente e do canal hídrico subsequente. Entre as características da espécie, esta sua ocorrência naturalmente, em solos de várzea, sob regime hídrico com desenvolvimento satisfatório ao de até três dias sem água (OLIVEIRA et al., 2002; SILVA et al., 2023).

O restante das espécies sobreviventes pertence à família Fabaceae, atrelada ao elevado grau de adaptação nos mais diversos ecossistemas brasileiros, e sua associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium* spp., que ajudam na fixação do nitrogênio (STOFFEL, 2013). A única espécie

não pioneira, *L. ferrea*, aferindo menor diâmetro e altura, e menor número de folhas entre as espécies de Fabaceae. Adicionalmente, observa-se um decréscimo em altura, devido à seca de ponteira, com emissão de brotações laterais. No entanto, pela espécie fazer parte da pequena corte de espécies que sobreviveu, em situações de estresse adversos são de fundamental importância, para o planejamento e desenvolvimento de mudas direcionadas aos plantios de revegetação e preservação ambiental (GUEDES et al., 2011).

A difícil tarefa de implantação e estabelecimento de plantios de espécies arbóreas em florestas secundárias, remete a necessidade de aferir indicadores, como as taxas de sobrevivência das mudas, os aspectos fitossanitários, densidade e crescimento, bem como a escolha de espécie, e estes são fundamentais para a caracterização do potencial biológico de espécies nativas (CORDEIRO et al., 2021).

4 CONCLUSÃO

A prática da restauração ecológica de áreas protegidas é fundamental para a manutenção dos ecossistemas, no entanto, ainda enfrenta desafios significativos sobre a sobrevivência das mudas, e neste caso, sobre o entendimento da importância de cercamento da área por parte do proprietário. O diagnóstico ambiental se mostrou uma ferramenta válida para aferir as condições ambientais da nascente, e evidenciou elevada antropização e interferência negativa indireta na nascente estudada.

A estiagem prolongada afetou a sobrevivência e desenvolvimento das mudas em todos os tratamentos aplicados, bem como a competição com braquiária no estabelecimento de chuvas, no entanto, espécies da família Fabaceae conseguiram superar as adversidades e são recomendadas para uso na restauração em ecossistemas semelhantes: *Senna allata*, *Inga edulis*, *Libidibia ferrá*, *Bauhinia cheilantha* e *Clitoria fairchildiana*. *Euterpe oleraceae*, por sua vez, foi favorecida pelo plantio próximo a nascente em solo úmido, fato realizado de acordo com as necessidades da espécie.

Recomenda-se que em novos projetos de restauração ecológica alguma atividade de extensão seja realizada junto ao proprietário e seus colaboradores, para efetividade do cercamento da área e inserção de corredores de dessedentação, quando necessário, em locais de menor fragilidade ambiental. Para os plantios, recomenda-se sua realização após o estabelecimento da frequência de precipitação ou uso de hidrogel, com manutenções periódicas até o estabelecimento do plantio. Estas recomendações são voltadas ao aumento da sobrevivência e desenvolvimento dos indivíduos.

REFERÊNCIAS

- ALVARES C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, E. P. de; DIAS, L. B. da S.; CATUNDA, P. H. de A. **Relatório Técnico de Pedologia do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão (ZEE)**. São Luís: IMESC, 2019. 88 p.
- ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de áreas degradadas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Portal da legislação. Brasília, DF 2012a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm>. Acesso em: nov. 2023.
- BRASIL. Decreto Nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental. Brasília, 2012b. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7830.htm>. Acesso em: nov. 2023.
- BRASIL. Decreto Nº 8.235, de 5 de maio de 2014. Estabelece normas gerais complementares aos Programas de Regularização Ambiental. Brasília, 2014. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/decreto/d8235.htm>. Acesso em: nov. 2023.
- BRANCALION, P. H.S; GANDOLFI, S; RODRIGUES, R.R. **Restauração florestal**. São Paulo: Oficina de textos, 2015. 86 p.
- CHAVES, L. da S. **Indicadores palinológicos do babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) Arecaceae em ecossistemas antrópicos e naturais na Amazônia Central**. 78 f. Dissertação (Mestrado), UFAM/INPA, Manaus, 2006.
- CORREIA FILHO, F. L. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Buritirana**. CORREIA FILHO, F. L.; GOMES, E. R.; NUNCES, O. O.; LOPES FILHO, J. B. Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; ARAUJO, M. M.; GASPARIN, E.; AVILA, A. L. Dimensionamento amostral para avaliação de altura e diâmetro de mudas de *Cabralea canjerana*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.7, p.1204-1211, 2012.
- CORDEIRO, I. M. C. C.; SCHWARTZ, G.; ROCHA, J. E. C.; NEVES, R. L. P.; COIMBRA, L. A. Crescimento e sobrevivência de espécies nativas plantadas em florestas em diferentes estágios de sucessão após pastagem. **Natural Resources**, v. 11, n. 3, p. 20-32, 2021. DOI:10.6008/CBPC2237-9290.2021.003.0004
- DISARZ, R. **Desenvolvimento tecnológico em bioengenharia de solo aplicável a programas de restauração ecológica na Amazônia Ocidental, Amazonas, Brasil**. 60 p. Dissertação (Mestrado Ciências Florestais Tropicais), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 2011.

FELIPPE, M. F. **Gênese e dinâmica de nascentes: contribuições a partir da investigação hidrogeomorfológica em região tropical**. 253 p. Tese (Doutorado) em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2013

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: São Paulo, p. 468, 1990.

GOMES, P. M.; MELO, C. de; VALE, V. S. do. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: Análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, p.103-120, 2005.

GUEDES, R.S., ALVES, E.U., DE OLIVEIRA, L.S.B., DE ANDRADE, L.A., GONÇALVES, E.P. & DE MELO, P.A.R.F. Envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Dalbergia nigra*(Vell.) Fr. All.Semina: **Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, p. 443-450, 2011.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Em dia com a natureza**: manual para projetos de recuperação nativa. __ Coordenadores: Emerson Luiz Servello, André Gustavo Narde, Ricardo Ribeiro Rodrigues. Brasília: IBAMA, 2021. 107 p

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estado do Maranhão. 2011. Disponível em< <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-estaduais.html> >. Acesso em: nov. 2023.

IMESC – INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. Perfil do Maranhão 2006/2007. São Luís: IMESC, 2008. v.1.

IMESC – INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. **Relatório Técnico de Recursos Hídricos Superficiais**: hidrografia e hidrologia do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão (ZEE) - Etapa Bioma Amazônico. SANTOS, J. de R. C. dos; DIAS, L. J. B. da; CATUNDA, P. H. de A. (coord.). São Luís: IMESC, 2019. 96 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1992.

MACCARINI, T .B; SILVA, A. A relação entre o código florestal brasileiro e os desastres naturais. **Ordem Pública**, v. 9, 2016. 11 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. 2. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2013. 207 p

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES, 2020. Quarta comunicação nacional do Brasil à UNFCCC. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/images/BUR/2020_12_22_4CN_v5_PORT_publicada.pdf>. Acesso em: nov 2023.

MIRANDA, I. P. DE A.; RABELO, A; BUENO, C. R.; BARBOSA, E. M.; RIBEIRO, M. N. S. **Frutos de Palmeiras da Amazônia**. INPA/MANAUS/MCT, 2001, 120 p.

MONITOR DE SECAS. Outubro/2022. Disponível em < <https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=10&ano=2022>>. Acesso em: nov 2023.

OLIVEIRA, M. do S. P. de; CARVALHO, J. E. U. de; NASCIMENTO, W. M. O. do; MÜLLER, C. H. **Cultivo do Açaizeiro para produção de frutos**. EMBRAPA: Circular técnica 26, Belém, PA, 2002.

OLIVEIRA FILHO, A. T. de; RATTER, J. A. Padrões florísticos das matas ciliares da região do cerrado e a evolução das paisagens do Brasil Central durante o quaternário tardio. *In: Matas ciliares: conservação e recuperação*. RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. 2 ed. 1. São Paulo: Editora: Universidade de São Paulo, Fapesp, 2004.

ORTIZ-BOBEA, A.; AULT, T. R.; CARRILLO, C. M.; CHAMBERS, R. G.; LOBELL, D. B. Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. **Nature Climate Change**, v. 11, p. 306-312, 2021. DOI: 10.1038/s41558-021-01000-1

PEREIRA, P. H. V.; PEREIRA, S. Y.; YOSHINAGA, A.; PEREIRA, P. R. B. Nascentes: análise e discussão dos conceitos existentes. Fórum ambiental da Alta Paulista. **Periódico eletrônico**, v. 7, n. 2, p. 139-151, 2011.

PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 197-206, 2004.

RITCHIE, G. A.; LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. Assessing plant quality. *In: The container tree nursery manual*, v. 7, Seedling Processing, Storage, and Outplanting. Washington, DC: Agric. Handbk. p. 19 - 81. 2010.

RODRIGUES, A. B. Dendrologia Aplicada: Árvores Nativas do Brasil. **Revista de Ecologia Florestal**, v. 1, n. 1, p. 03-36, 2020.

ROSA, D. M. A relevância ambiental das áreas de preservação permanente e sua fundamentação jurídica. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 3, p. 83-95, 2012.

SAGRIMA, **Perfil da agropecuária Maranhense**, 2019, MA, 2019. 36 p.

SANTANA, P. Guia de Identificação de Espécies Florestais: Dendrologia na Amazônia. **Revista Botânica Tropical**, p. 08-27, 2019.

SCHULZE, K.; KNIGHTS, K.; COAD, L.; GELDMANN, J.; LEVERINGTON, F.; EASSOM, A.; MARR, M.; BUTCHART, H. M.; HOCKINGS, M.; BURGESS, N. D. An assessment of threats to terrestrial protected areas. **Conservation Letters**, v. 11, n. 3, e12435. DOI: 10.1111/conl.12435

SILVA, C. G. B. **Estado de conservação dos fragmentos florestais na área de proteção ambiental – APA estadual cachoeira do urubu (PI) e avaliação de indicadores para monitoração ambiental**. 103 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de PósGraduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal do Piauí, 2008.

SILVA, J. R.; SANTOS, M. L. Dendrologia e diversidade de espécies florestais na Amazônia. **Revista Florestal Brasileira**, v. 15, n. 2, p. 45-62, 2022.

SILVA, K. de A.; MARTIN, S. V.; MIRANDA NETO, A.; DEMOLINARI, R. de A.; Lopes, A. T. Restauração florestal de uma mina de bauxita: avaliação do desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 309-319, 2016.

SILVA, R. C. da; AGUIAR, B. A. C.; LOPES, T. de S.; VASCONCELOS, W. A.; LOPES, V. R.; SARAIVA, K. F.; LOPES, F. A. C.; SOUZA, P. B. de. Efeito do déficit hídrico no crescimento inicial eutérpe *Oleracea* Mart. (açáí) sob as condições climáticas da região sul do Tocantins. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 1-9, e03775, 2023.

STOFFEL, S. C. G. et al. Eficiência de nodulação e fixação de nitrogênio por rizóbios em leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de áreas degradadas pela atividade de mineração de carvão em Criciúma, SC. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (**Anais ...**), Florianópolis, SC. 2013. Disponível em: < eventosolos.org.br/cbcs2013/ >. Acesso em: jul. 2023.

WALTERS, D. M.; OTTER, R. R.; KRAUS, J. M.; MILLS, M. A. Polychlorinated biphenyl concentrations and lipid content in riparian spiders at the Ashtabula River Area of Concern, USA. **USGS Data Release**, 2018. DOI:10.5066/P9SX2FCX.

WANG, C. et al. Occurrence of crop pests and diseases has largely increased in China since 1970. **Nature Food**, v. 3, p.57-65, 2022. DOI: 10.1038/s43016-021-00428-0

WWF – WORLD WIDE FUND FOR NATURE. Restauração ecológica no Brasil: desafios e oportunidades. 2014. WWF BRASIL. Disponível em: <https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/restauracao_ecologica_1.pdf >. Acesso em: nov 2023.

ZABEL, F. et al. Large potential for crop production adaptation depends on available future varieties. **Global Change Biology**, v. 27, n. 16, p. 3870-3882, 2021. DOI: 10.1111/gcb.15649