



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL – BACHARELADO

RAILTON MORAIS OLIVEIRA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E PROPOSTA DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM
MATA CILIAR NO RIO TOCANTINS**

Imperatriz-MA
2024

RAILTON MORAIS OLIVEIRA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E PROPOSTA DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM
MATA CILIAR NO RIO TOCANTINS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Dr. Joabel Raabe.

Coorientador: Dalton Henrique Angelo

Imperatriz-MA

2024

O48d

Oliveira, Railton Moraes

Diagnóstico ambiental e proposta de restauração ecológica em mata ciliar no Rio Tocantins . / Railton Moraes Oliveira. – Imperatriz, MA, 2024.

26 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2024.

1. Impactos ambientais. 2. Urbanização. 3. Florestas Ripárias;. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 504.06

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Jennifer Rabelo Pires CRB13/987**


RAILTON MORAIS OLIVEIRA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E PROPOSTA DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM
MATA CILIAR NO RIO TOCANTINS**


Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Aprovado em: 12 / 08 / 2024


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **JOABEL RAABE**
Data: 14/08/2024 09:44:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Joabel Raabe
Doutor em Ciências Florestais
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **DALTON HENRIQUE ANGELO**
Data: 13/08/2024 17:52:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dalton Henrique Angelo
Mestre em Ciências Florestais e Ambientais
Coorientador

Documento assinado digitalmente
 **JAQUELINE MACEDO GOMES**
Data: 12/08/2024 17:21:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jaqueline Macedo Gomes
Doutora em Engenharia Florestal
(Membro 1)

Documento assinado digitalmente
 **CRISTIANE MATOS DA SILVA**
Data: 13/08/2024 11:49:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Cristiane Matos da Silva
Mestra em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental
(Membro 2)

Dedico este trabalho para minha família, em especial meu pai que infelizmente não está em vida para acompanhar esse momento. Mas como promessa é dívida, essa eu vou cumprir: seu filho vai se formar.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por ser minha fortaleza, alicerce e alento nas horas boas e de dificuldades ao longo dos anos. Agradeço a Ele por sempre ser meu alimento diário e o guiador dos meus passos, pois ilumina a minha vida hoje e sempre.

Agradeço a minha mãe Goreth Gonçalves Morais Oliveira por cuidar e se preocupar comigo, por ser apoio e se manter em toda essa jornada me incentivando. A minha irmã por ser amiga, companheira apesar das nossas muitas diferenças.

A Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão pela oportunidade de cursar o Ensino Superior e pelos programas de projetos de extensão e iniciação científica que contribuíram positivamente na minha jornada acadêmica.

O corpo docente do curso de Engenharia Florestal, a cada professor do curso e cada funcionário da instituição que de alguma forma somaram para minha formação acadêmica e profissional.

Ao meu orientador Joabel Raabe que foi um grande incentivador e referência no universo da pesquisa, além de contribuir para minha formação e aprendizado. Agradeço imensamente pelo apoio, dedicação e confiança depositada em mim mesmo quando não as correspondia.

Sou grato a Prof. Dr^a Chaiane Rodrigues Schneider e Prof. Dr. Dalton Henrique Angelo por tantas oportunidades que vocês me proporcionaram. Vocês viram em mim um potencial que nunca enxerguei, por isso não poderia deixar de honrá-los.

Aos meus amigos, parceiros do LATECMA (Laboratório de Anatomia e Tecnologia da Madeira) que sempre estiveram comigo, trabalhando arduamente para conclusão desse sonho. Apesar de toda pressão vivida até aqui, vocês me deram coragem.

RESUMO

O intenso processo de urbanização, abertura de estradas, queimadas e o avanço da fronteira agrícola no município de Imperatriz - MA, aceleraram a degradação das matas ciliares às margens do Rio Tocantins, gerando impactos ambientais com potencial para causar danos significativos ao meio natural. Este estudo tem como objetivo diagnosticar e propor técnicas de restauração para áreas ciliares próximas à Ponte Dom Felipe Gregory, avaliando as características do ambiente. Os impactos foram identificados por meio de um *checklist* em campo, registrados em fotos e posteriormente analisados para estabelecer redes de interações. Identificou-se impactos negativos, como desmatamento, erosão do solo, poluição com resíduos sólidos e contaminação biológica de espécies exóticas invasoras. Como medidas de mitigação, sugere-se o isolamento da área contra fatores de degradação, interromper depósitos inadequados de lixo, orientar o acesso humano com finalidade recreativa e erradicar espécies exóticas. Além disso, técnicas para a restauração ecológica, como plantio de mudas, transposição de solo, dragagem, reflorestamento e terraceamento aliado à bioengenharia de solos.

Palavras-chave: Avaliação de impacto ambiental; Florestas Ripárias; Recuperação ambiental.

ABSTRACT

The intense process of urbanization, road construction, wildfires, and the expansion of the agricultural frontier in the municipality of Imperatriz - MA, have accelerated the degradation of riparian forests along the Tocantins River, generating environmental impacts with the potential to cause significant harm to the natural environment. This study aims to diagnose and propose restoration techniques for riparian areas near the Dom Felipe Gregory Bridge, assessing the environmental characteristics. Impacts were identified through a field checklist, documented in photos, and later analyzed to establish interaction networks. Negative impacts such as deforestation, soil erosion, pollution with solid waste, and biological contamination from invasive exotic species were identified. Mitigation measures include isolating the area from degradation factors, discontinuing improper waste disposal, guiding human access for recreational purposes, and eradicating exotic species. Additionally, ecological restoration techniques, such as planting seedlings, soil transposition, dredging, reforestation, and terracing coupled with soil bioengineering, are recommended.

Keywords: Environmental Impact Assessment; Riparian Forests; Environmental Recovery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Delimitação da área estudada às margens do Rio Tocantins, Imperatriz – MA.....	14
Figura 2. Áreas desmatadas às margens do Rio Tocantins, Imperatriz – MA.....	18
Figura 3. Áreas degradadas com solo exposto (A), pequenas erosões (B), com presença de voçorocas e assoreamento (C), às margens do Rio Tocantins, Imperatriz – MA.....	19
Figura 4. Presença de lixo às margens do Rio Tocantins, Imperatriz – MA.....	20
Figura 5. Impactos ambientais identificados no diagnóstico e medidas mitigadoras para restauração ecológica do trecho de mata ciliar do Rio Tocantins, Imperatriz – MA.....	24

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Caracterização dos impactos ambientais conforme resolução do CONAMA nº 001/86.....	15
Quadro 2. Classificação dos parâmetros ambientais e as ações impactantes às margens do Rio Tocantins, Imperatriz – MA.....	17

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
3.1 Diagnóstico Ambiental.....	16
3.2 Medidas mitigadoras e técnicas de restauração.....	20
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
REFERÊNCIAS.....	24

1 INTRODUÇÃO

As matas ciliares, reconhecidas como matas de galerias, florestas ripárias ou florestas ribeirinhas, são zonas de cobertura vegetal nativa situada em faixas às margens de rios e outros corpos de água, em torno de lagos, nascentes, represas artificiais ou naturais (Castro *et al.*, 2017). Elas cumprem papéis elementares para manter a qualidade da água, evitar assoreamento de rios e reabastecer o lençol freático. Além disso, é vital na sobrevivência da fauna, pois servem como abrigo, fornecem água e alimento, e facilitam o fluxo gênico entre espécies (Castro; Mello; Poester, 2012; Freitas, 2023).

Pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa, Lei N° 12.651/12, as matas ciliares são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP), independentemente de estarem cobertas por vegetação nativa. O objetivo ambiental é preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade e estabelecer diretrizes para sua gestão e conservação. Assim, os proprietários de terra, possuidor ou ocupante a qualquer título, têm o dever de manter e recuperar matas ciliares, enquanto as autoridades governamentais devem fiscalizar o cumprimento da lei (Brasil, 2012).

O rio Tocantins, desde seu nascimento em Goiás até desaguar no Amazonas, é exemplo de rara beleza cênica e relevância ecológica. Sua singularidade, influenciada pelas matas ciliares, ajudam na regulação hídrica, prevenção de erosão, inundação do leito e no aporte de nutrientes aos ecossistemas aquáticos (Castro; Mello; Poester, 2012). Apesar disso, como resultado da ocupação desordenada e exploração indiscriminada de recursos naturais pelo homem a degradação dessas áreas de vegetação é gradual (Oliveira; Pereira; Vieira, 2011).

Frequentemente, zonas ribeirinhas ao curso d'água desse rio sofrem com processos de perturbações naturais e antropogênicos. Entre os fatores físicos locais, se destacam as mudanças no solo e na topografia, influenciadas pelas características específicas da bacia hidrográfica (Campos; Souza, 2002; Nebel *et al.*, 2001; Correia *et al.*, 2001).

Adicionalmente, a pressão antrópica da urbanização afeta o ecossistema com desmatamentos e incêndios na vegetação ciliar (Martins, 2001), o que somado a uma gestão ambiental inadequada, acelera a degradação de Áreas de Preservação Permanente (APP) e diminui a qualidade dos ecossistemas fluviais (Silva; Medeiros,

2017). Em consequência, ocorre a perda de biodiversidade, contaminação das águas do Tocantins por sedimentos, erosões intensas (voçorocas), empobrecimento do solo e poluição do rio e mananciais (Marroquim *et al.*, 2023; Ribeiro, 2013; Silva *et al.*, 2010).

Nesse sentido, o diagnóstico ambiental é essencial diante da degradação paulatina da bacia hidrográfica do rio Tocantins pela ação humana, posto que ajuda a compreender os elementos e a sua qualidade ambiental específica (Rodrigues *et al.*, 2015). Com ele, é possível elaborar estratégias de restauração ecológica com objetivo de resgatar aspectos estruturais e funcionais dos ecossistemas ripários e, assim, restabelecer processos ecológicos. Isso inclui técnicas como a eliminação de distúrbios, intervenções no solo, controle de espécies invasoras e introdução de espécies adequadas (Fonseca *et al.*, 2017).

Entretanto, a ocorrência de diagnósticos e avaliações ambientais sobre a vegetação ciliar do rio Tocantins é baixa, requerendo mais estudos técnicos e científicos sobre esse recurso hídrico. Logo, essa compreensão mais abrangente da situação da área facilita o processo de implementação de medidas de recuperação e ajuda a restabelecer o equilíbrio do ambiente, sobretudo, do sistema hidrográfico (Lourenço *et al.*, 2016).

Desta forma, este estudo tem como objetivo conduzir um diagnóstico ambiental de uma porção da mata ciliar próxima à ponte Dom Felipe Gregory, em Imperatriz, para propor ações mitigadoras e técnicas de restauração. Uma síntese de técnicas propostas na literatura existente e aplicáveis à realidade da região do estudo de forma prática e fundamentada, destacando-se como uma valiosa fonte de informações para pesquisadores, gestores ambientais e comunidades locais.

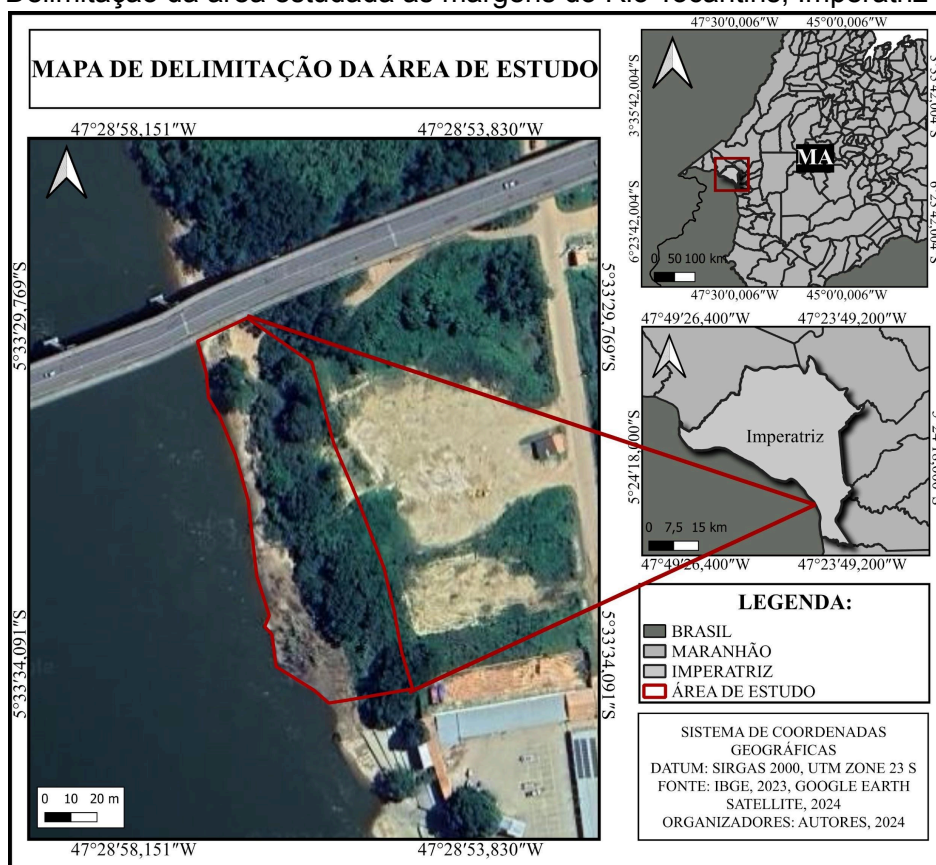
2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área de mata ciliar às margens do rio Tocantins, na zona urbana de Imperatriz, no trecho da Ponte Dom Felipe Gregory (5°33'31.76"S e 47°28'56.37"W). A seleção dessa área de estudo levou em consideração critérios que incluem, o tamanho da área, o grau de degradação e proximidade com áreas abandonadas dos canteiros de obras da ponte. Adicionalmente, a proximidade e ação contínua da população em geral para uso como área de recreação, especialmente durante a estação seca.

O local é categorizado como região de tensão ecológica com predominância de Cerrado, fitofisionomia de Mata Ciliar e manchas de fitofisionomia Floresta Estacional Semidecidual Aluvial da Amazônia (IBGE, 2011; Spinelli-Araujo *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2016). Se destaca pela sua relevância e representatividade para o estudo das matas ciliares, contudo, é exemplo emblemático dos desafios enfrentados por esses ecossistemas devido às atividades agropecuárias e urbanas.

Sua estação de chuva ocorre de novembro a maio, em precipitação de 1300 mm com período de estiagem no segundo semestre do ano (IBGE, 2017; Costa *et al.*, 2023) e o solo que predomina no local é o NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico (Santos *et al.*, 2011). A área analisada está localizada ao sul da ponte ao chegar em Imperatriz, e abrange cerca de 170 m à montante do rio Tocantins com diferentes graus de degradação (Figura 1).

Figura 1. Delimitação da área estudada às margens do Rio Tocantins, Imperatriz – MA



Fonte: Autor (2024).

O diagnóstico ambiental foi conduzido através de investigação em campo, registrando um conjunto de fotografias. Utilizou-se um GPS e o software QGIS 3.34.3, para delimitar a área de pesquisa, medir distâncias e elencaram-se os

aspectos ambientais observados no terreno, identificando os principais impactos. Foram realizadas quatro visitas técnicas à área de estudo durante julho e agosto de 2022, com uma frequência semanal de 15 dias para cada mês. Durante essas visitas, foram adotados pontos fixos de observação, estrategicamente posicionados para capturar diferentes perspectivas e áreas-chave da mata ciliar, sendo utilizado o próprio celular, para registrar suas condições ambientais.

Esse levantamento ocorreu por meio da aplicação de *checklist* descritivo. A descrição e análise das condições atuais da área foram feitas com base nas principais ações impactantes observadas *in loco*, com o uso de uma lista simples. Para tal, foram seguidas as diretrizes estabelecidas na Resolução do CONAMA nº 001/86, com os parâmetros descritos por Rodrigues *et al.* (2015).

Os impactos ambientais foram identificados sob os aspectos descritos no Quadro 1, seguido da construção de uma rede de interação de impactos e a combinação e ponderação de atributos (critérios qualitativos) com as ações mitigadoras e técnicas de recuperação propostas, fundamentadas na literatura de Sánchez (2006).

Quadro 1. Caracterização dos impactos ambientais conforme resolução do CONAMA nº 001/86

Aspecto	Parâmetro de Avaliação	Símbolo	Descrição
Efeito	Negativo	N	Dano à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental.
	Positivo	P	Melhoria de um fator ou parâmetro ambiental.
Ordem	Nulo	0	Fator cujos efeitos inexistem.
	Direto	D	Simple relação de causa e efeito.
	Indireto	I	Ação secundária, ou quando é parte de uma cadeia de reações.
Tempo	Cíclico	CL	Efeitos se fazem sentir de forma cíclica ou periódica.
	Curto	C	A ação permanece em um curto espaço de tempo.
	Médio	M	A ação pode ser cessada após um tempo.
	Longo	L	O efeito ainda permanece muito tempo após ter-se dado à ação.

Dinâmica	Estratégico	E	Efeito assume reflexo estadual ou nacional.
	Temporário	T	O efeito do impacto permanece por um determinado tempo e depois desaparece.
	Permanente	Pe	Os efeitos não cessam de se manifestar em um horizonte temporal conhecido.
Plástica	Reversível	R	O local pode voltar a ter a paisagem original.
	Irreversível	IR	Após a ação impactante, mesmo com medidas mitigadoras, o local não volta a ter a paisagem original.
Frequência	Baixa	1	Sem danos ou com danos mínimos ao meio ambiente.
	Média	2	Leve alteração quanto à sua paisagem, porém de forma inexpressiva.
	Alta	3	A ação altera toda a paisagem.
Significância	Não Significativa	1-3	Não altera a qualidade de vida do meio ou do homem.
	Moderada	4-6	A área lesionada pela ação, quando negativa, pode ser recuperada e quando positiva, apresenta uma melhoria razoável na qualidade de vida.
	Significativa	7-9	Apresenta uma significativa evolução benéfica ao meio ambiente, quando positiva, e uma perda na qualidade de vida quando negativa.

Fonte: Adaptado de Rodrigues *et al.* (2015).

A partir da conclusão das metodologias, propuseram-se técnicas de restauração da mata ciliar. Durante o monitoramento do ambiente entre julho e agosto, identificaram-se as causas dos impactos, subsidiando a formulação de estratégias de intervenção embasadas na literatura (livros, teses, dissertações e artigos científicos) sobre restauração ecológica e conservação de matas ciliares.

Neste sentido, as estratégias seguiram critérios de sobrevivência das espécies plantadas, redução da erosão do solo, recuperação da cobertura vegetal e

aumento da biodiversidade, levando em conta suas condições ambientais específicas e aspectos de viabilidade socioambiental.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Diagnóstico Ambiental

Foram observadas as ações impactantes na área de estudo a partir do *checklist*, sendo elas: retirada de vegetação nativa (desmatamento); erosão do solo e assoreamento dos rios; construções inadequadas no local; presença de vegetação exótica; e deposição indevida de resíduos sólidos (Quadro 2).

Quadro 2. Classificação dos parâmetros ambientais e as ações impactantes às margens do Rio Tocantins, Imperatriz – MA

Parâmetros Ambientais/ Ações impactantes	Desmatamento	Exposição do solo	Assoreamento dos corpos hídricos	Construções irregulares na área da APP	Presença de espécies exóticas	Deposição inadequada de resíduos sólidos
Efeito	N	N	N	N	N	N
Ordem	D	I	I	D	I	D
Tempo	L	L	L	L	M	M
Dinâmica	Pe	Pe	Pe	Pe	Pe	Pe
Plástica	R	R	R	R	R	R
Frequência	2	3	3	3	1	2
Significância	5	7	7	6	4	6

N = Negativo; D = Direto; I = Indireto; L = Longo; M = Moderado; Pe = Permanente; R = Reversível; Frequência = Baixa (1); Moderada (2); Alta (3); Significância = Não significativa (1-3); Moderada (4-6); Significativa (7-9).

Fonte: Autores, 2023 (adaptado de Sánchez, 2006).

Na Figura 2 destacam-se trechos onde a cobertura vegetal foi removida, um efeito negativo e de ordem direta que reflete outros problemas ambientais (Quadro 2). Essa supressão da vegetação no local, com aproximadamente 2300 m², compromete a capacidade da zona ripária em manter a estabilidade geológica, a biodiversidade, a vegetação e os recursos hídricos (Souza; Gonzalez, 2023), validando, assim, o critério de dinâmica permanente.

Adicionalmente, Silva *et al.* (2016) enfatiza que o desmatamento da mata ciliar é uma das razões mais comuns para o início dos processos erosivos com a

exposição dos solos, o que favorece a ação do assoreamento do curso d'água e afugentamento da fauna. Corroborando, Nabhan *et al.* (2016) destaca que por observação in loco a degradação é constante em toda a margem do rio Tocantins que circunda o município de Imperatriz.

Figura 2. Áreas desmatadas às margens do Rio Tocantins, Imperatriz – MA

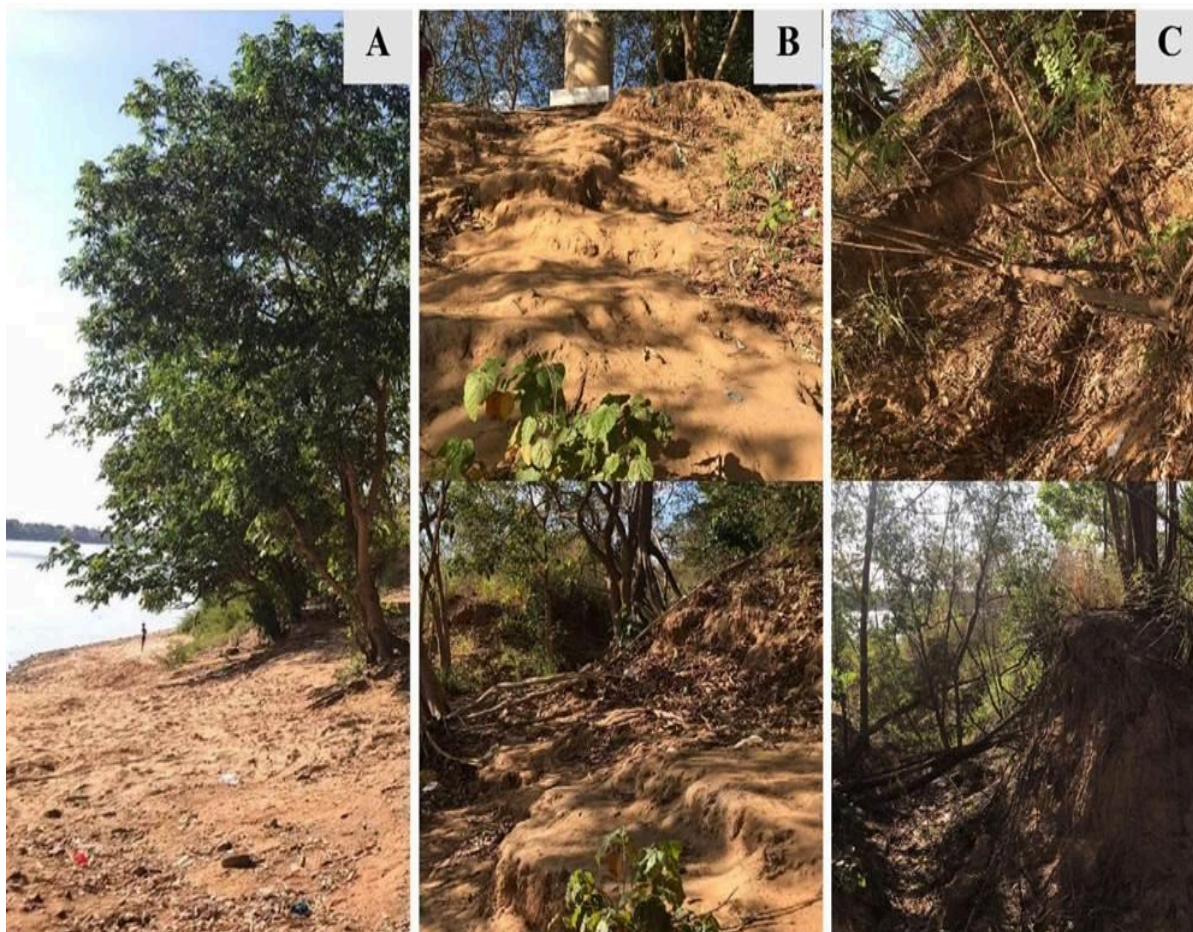


Fonte: Autores (2022).

Outra ação impactante observada e a mais evidente do local foi a exposição do solo e o assoreamento do rio, devido aos graus de degradação. Em alguns espaços evidenciou-se deterioração do solo, com característica arenosa de perda das propriedades físicas, nutricionais e com pouca matéria orgânica (Azevedo, 2021), enquanto em outros, o solo está exposto a pequenos focos erosivos e altos graus de degradação com assoreamento e presença de voçorocas (Figura 3).

Devido a esses fatores, foi classificada com efeitos negativos e de natureza indireta (Quadro 2). Esses impactos refletem uma dinâmica regional, caracterizada como permanente, de longo prazo e com possibilidade de reversão por meio de ações de recuperação e minimização do impacto, semelhante ao estudo de Lima *et al.* (2017).

Figura 3. Áreas degradadas com solo exposto (A), pequenas erosões (B), com presença de voçorocas e assoreamento (C), às margens do Rio Tocantins, Imperatriz – MA



Fonte: Autores (2022).

Concomitantemente, a erosão no trecho estudado se apresenta sob formas laminares, sulcos e voçorocas, comprometendo a capacidade de produção vegetativa do solo, resultando no assoreamento e contaminação dos recursos hídricos (Andrade, 2014). Conforme Lourenço *et al.* (2016), em estudo do diagnóstico ambiental similar de um fragmento do rio Tocantins, as erosões do tipo voçoroca emergem como uma das mais desafiadoras, devido à significativa perda de solo que é transportado pelo vento e pela água das chuvas para o leito do rio, um efeito que pode desencadear o assoreamento na região.

Como resultado, perturba o equilíbrio da preservação das condições naturais dos corpos hídricos, o que leva à formação de bancos de areia em seus leitos e causando prejuízos à biodiversidade local (Silva *et al.*, 2018). Segundo Gonçalves *et al.* (2016), a exposição do solo acelera o carregamento de materiais orgânicos, inorgânicos e fragmentos soltos do solo para a água.

Por conseguinte, no Quadro 2 verifica-se que a deposição inadequada de resíduos sólidos gera impactos negativos diretos, com características locais de prazo moderado, dinâmica permanente e reversível. Logo, o manejo inadequado de resíduos urbanos causa contaminação dos recursos hídricos, inundações, disseminação de vetores de doenças, poluição visual e ambiental, entre outros problemas (Figura 4) (Pimenta *et al.*, 2016).

Figura 4. Presença de lixo às margens do Rio Tocantins, Imperatriz – MA



Fonte: Autores (2022).

Durante a visita de campo, identificou-se ainda a presença de gramíneas exóticas de gênero *Brachiaria ssp.* com extensão de 75 m ao longo do rio Tocantins. Esse impacto ambiental é considerado negativo, direto, de alcance local e médio prazo, com caráter permanente, mas reversível (Quadro 2). Essas espécies provavelmente foram levadas à região pelas chuvas, transportando materiais de outras áreas que desaguam no leito do rio (Lima *et al.*, 2017).

A construção irregular de imóveis também tem impacto significativo e desperta preocupações, pois ocorre a apenas 42 metros da margem do rio, em contradição às diretrizes da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (nº 12.651/12).

Uma situação também denunciada por Lourenço *et al.* (2016) e que deveria estar fora da faixa dos 200 metros da Área de Preservação Permanente (APP), a depender da largura do rio nessa região (570 a 590 metros) (Silva-Neto *et al.*, 2016).

No entanto, a falta de fiscalização adequada por parte das autoridades é evidente, e facilita a remoção da vegetação nativa nessas áreas. Essa falta de controle contribui para a degradação ambiental e coloca em risco a preservação do ecossistema local, o que gera efeitos negativos de longo prazo com dinâmica permanente, apesar de reversíveis.

Conforme Lima *et al.* (2017), diversas pesquisas empregam redes de interações para quantificar impactos ambientais em variados cenários, com destaque para Áreas de Preservação Permanente (APP) e cursos d'água. Essas redes estabelecem ligações sequenciais entre as ações de um empreendimento e os impactos resultantes, abrangendo desde implicações primárias até ordens subsequentes que deixam de ser consideradas significativas, como a segunda ordem (Sanchez, 2020).

O uso do *Checklist* e da rede de interação revelou a degradação na região do rio Tocantins, necessitando de ações mitigadoras. Inclusive, diversos autores descrevem a enorme importância da recuperação das áreas degradadas às margens dos recursos hídricos (Dias, 2021; Vaz; Orlando, 2012; Mariano; Aquino; Junior, 2022).

3.2 Medidas mitigadoras e técnicas de restauração

Uma das problemáticas observada na área de estudo foi a supressão da vegetação, que é um dos processos onde ocorre a retirada ou destruição da vegetação em uma área específica (RCA, 2020), com o intuito de usar a área antes ocupada pela vegetação para outros fins.

Segundo Rodrigues *et al.* (2015) em seu estudo no Córrego Pouso do Meio em Gurupi-TO, a remoção da vegetação pode ser atenuada por meio de medidas compensatórias, como a inserção de espécies vegetais com o plantio de mudas para restabelecer a flora local e a criação de viveiros para espécies nativas. Nesse contexto, para aumentar a viabilidade das espécies, é recomendado realizar o plantio no início do período chuvoso (novembro), caso isso não seja viável,

demanda-se a irrigação das mudas durante os primeiros três meses após o plantio (Lima *et al.*, 2017).

Outra observação por meio do diagnóstico feito na área, incluiu a exposição do solo e o assoreamento dos rios, que por sua vez foram os mais recorrentes. Uma abordagem para atenuar esse problema é a aplicação da técnica de transposição de solo superficial, como proposta por Solera *et al.* (2014).

O autor destaca que essa técnica envolve a transferência da camada superficial do solo, que abrange o horizonte A e parte do horizonte B, juntamente com o plantio de árvores. Esse processo promove a regeneração natural, aumenta a diversidade biológica no ecossistema, protege o solo e controla a erosão. A transposição de solo superficial é especialmente indicada para áreas planas e é utilizada principalmente para fins de restauração ecológica.

Para mitigar esses impactos, Lima *et al.* (2017) ainda propõe a remoção da areia do leito do rio por dragagem e o reflorestamento das áreas desmatadas. A dragagem é considerada uma solução prática para interromper o ciclo de assoreamento, pois possibilita o desenvolvimento da anatomia original da calha do rio e elimina ou no mínimo mitiga os problemas causados por este fenômeno (Santos, 2020). Por outro lado, o reflorestamento reduz a intensidade dos processos erosivos, oferece proteção ao solo e atenua a fragilidade do meio (Sutil; Gonçalves; Vieira, 2020).

Além disso, a bioengenharia de solos e técnicas de terraceamento também oferecem meios para reduzir os impactos da erosão. A técnica de terraceamento quebra a velocidade de escoamento da água, o processo erosivo, que acarreta na diminuição dos efeitos do assoreamento (Back *et al.*, 2021). Adicionalmente, a inclusão da vegetação na área, pois a técnica de bioengenharia é aplicada para estabilizar taludes e controlar a erosão, uma vez que suas raízes aumentam a resistência ao cisalhamento do solo (Barbosa; Lima, 2013).

A aplicação de biomantas ou geotêxteis, que envolve a utilização de materiais inertes com mantas compostas por fibras vegetais, oferece uma abordagem para a estabilização do solo. Holanda *et al.* (2009) examinaram a eficácia do geotêxtil na estabilização e contenção de sedimentos no Rio São Francisco, e constataram que essas estruturas fortalecem o solo, reduzem as forças de cisalhamento e estabilizam o talude, resultando no desenvolvimento da vegetação ribeirinha ao longo das

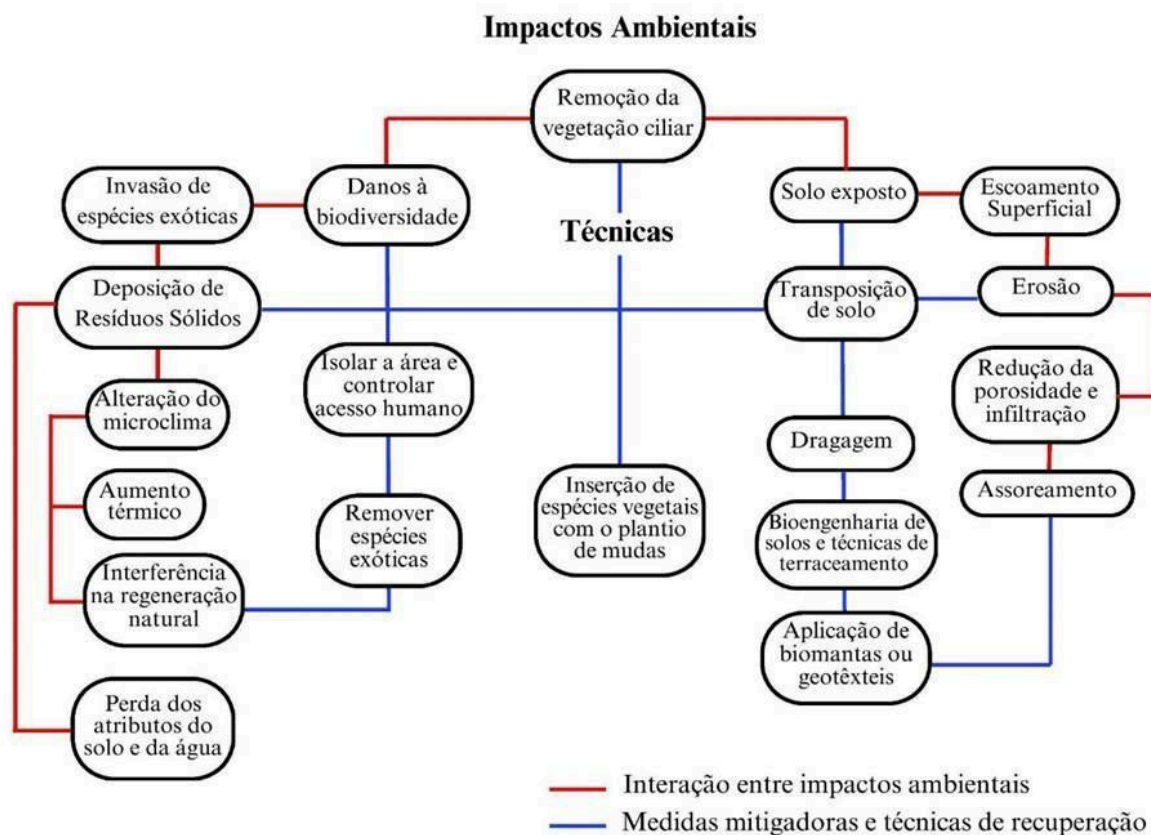
margens do rio. Isso contribui para o combate da erosão e promove a saúde do ecossistema ribeirinho.

Entretanto, vale enfatizar a importância das medidas preliminares antes de iniciar a restauração na área. O processo de recuperação da Área de Preservação Permanente (APP) envolve isolar a região de fatores de degradação, cessar depósitos inadequados, controlar o acesso humano para lazer e remover espécies exóticas. Nesse contexto, dado que partes da vegetação da APP ao longo do rio Tocantins permanecem parcialmente preservadas, com a presença de espécies nativas e sementes para a reabilitação das áreas afetadas, é crucial implementar uma gestão adequada do solo e estimular a regeneração natural para enriquecer a região.

De acordo com os impactos identificados no diagnóstico ambiental, é sugerido isolar a área e controlar o acesso da população para reduzir o descarte de resíduos, bem como remover espécies exóticas. Adicionalmente, para remediar a erosão, sugere-se aplicar uma variedade de técnicas, desde o plantio de vegetação até a transposição do solo superficial, dragagem, reflorestamento, terraceamento e bioengenharia de solos (Figura 5).

Apesar da propícia eficiência das técnicas de restauração propostas na área de estudo, a implementação é desafiadora em razão da logística complexa devido à topografia e acessibilidade, exigindo recursos financeiros substanciais para ações como dragagem e instalação de geotêxteis. Além disso, o desinteresse sobre o uso da terra e a ineficiência de coordenação entre diferentes *stakeholders*, como comunidades locais e gestores ambientais, inviabilizam a execução. A sobrevivência das mudas também pode ser comprometida por condições climáticas adversas e escassez de água para irrigação durante períodos secos, dificultando a eficácia das medidas de recuperação.

Figura 5. Impactos ambientais identificados no diagnóstico e medidas mitigadoras para restauração ecológica do trecho de mata ciliar do Rio Tocantins, Imperatriz – MA



Fonte: Autores (2024).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diagnóstico ambiental revelou degradação considerável da mata ciliar ao longo do Rio Tocantins, com a supressão significativa que desencadeou múltiplos impactos ambientais negativos, como desmatamento, erosão do solo, poluição com resíduos sólidos e contaminação biológica de espécies exóticas invasoras.

Como medidas de mitigação, sugere-se o isolamento da área contra fatores de degradação, interromper depósitos inadequados de lixo, orientar o acesso humano com finalidade recreativa e erradicar espécies exóticas no local. Além disso, dado os grandes impactos erosivos do solo e assoreamento, sugerem-se técnicas para a restauração, como plantio de mudas, transposição de solo, dragagem, reflorestamento e terraceamento aliado à bioengenharia de solos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. G. *et al.* **Manejo de solo, água, planta e resíduo para o controle da erosão e recuperação de áreas degradadas.** in: I Seminário de água: desafios para sustentabilidade da agricultura. CPRM: URCA, Rio de Janeiro, 2014.
- AZEVEDO, J. **Solo arenoso: o que é e características.** Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/solo-arenoso/>. Acesso em: 09 ago. 2023.
- BACK, A. J. *et al.* O reconhecimento do terraceamento como prática de agricultura conservacionista em Santa Catarina, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 119048-119066, 2021.
- BARBOSA, M. C. R; LIMA, H; M. de. Resistência ao cisalhamento de solos e taludes vegetados com capim vetiver. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p.113-120, 2013.
- BRASIL. 2012. Código Florestal. Lei nº 12.651 de 25 de maio. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 12 de out. de 2023.
- CAMPOS, J. B.; SOUZA, M. C. Arboreous Vegetation of na Alluvial Riparian Forest and Their Soil Relations: Porto Rico Island, Paraná River, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. p. 137-149, 2002.
- CASTRO, D.; MELLO, R. S. P.; POESTER, G. C. **Práticas para restauração da mata ciliar.** Porto Alegre: Catarse – Coletivo de Comunicação, p. 60, 2012.
- CASTRO, J. L. S. *et al.* Mata ciliar: Importância e funcionamento. *In: VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, Campo Grande/MS. 2017.
- CONAMA. Brasília, 1986. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº001/1986. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>.
- CORREIA, J. R. *et al.* Influência de fatores edáficos na distribuição de espécies arbóreas em matas de galeria na região do cerrado: uma revisão, p. 51-76, 2001. *In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUZA-SILVA, J. C. Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria.* Planaltina, Embrapa/Cerrados, 2001.
- COSTA, K. M. S. *et al.* Morphometric analysis of tree species from the central region of Imperatriz-MA municipality. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 17, p. 1-18, 2023.
- DIAS, L. B. **Avaliação dos resultados de uma execução de projeto de recuperação da nascente e área de preservação permanente do Corrêgo Jucão em Piracanjuba-GO**, 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2021.
- FONSECA, D. A. *et al.* Avaliação da regeneração natural em área de restauração ecológica e mata ciliar de referência. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 521-534, 2017.

FREITAS, D. A. A importância das matas ciliares: um estudo de florística e fitossociologia. **Studeies in Encironmental and Animal Sciences**, v. 4, n. 1, p. 65-70, 2023.

GONÇALVES, D. S. *et al.* Diagnóstico ambiental e proposta de plano de recuperação da APP, Fazenda Santa Juliana, Cariri do Tocantins. **Nucleus**, v. 13, n. 1, p. 261-276, 2016.

HOLANDA, F. S. R. *et al.* Estabilização de taludes marginais com técnicas de bioengenharia de solos no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.6, p.570–575, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro Geografia e Estatística. **Panorama Cidade de Imperatriz – Maranhão**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/ma/imperatriz/panorama>. Acesso em: 20 de abr. de 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro Geografia e Estatística. **Vegetação por Estado | Mapa por estado - Maranhão**, 2011. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/unidades_da_federacao/ma_vegetacao.pdf. Acesso em: 23 de nov. de 2023.

LIMA, A. L. *et al.* Diagnóstico Ambiental e proposta de plano de recuperação da APP do córrego Sussuapara, Palmas-TO. **Nucleus**, v. 14, n. 1, 2017.

LOURENÇO, S. *et al.* Diagnóstico ambiental de um fragmento de mata ciliar do Rio Tocantins. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, 2016.

MARIANO, N.; AQUINO, M. D. H.; JUNIOR, E. F. A importância da recuperação de áreas degradadas: uma forma de conservação ambiental. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 1, p. 185-197, 2022.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2001.

MARROQUIM, P. M. G.; FERREIRA, R. A.; GAMA, D. C.; DUARTE, J. M. M.; ALMEIDA, E. S. Análise da vegetação em área de mata ciliar no Baixo São Francisco, em Sergipe. **Advances in Forestry Science**, v. 10, n. 2, p. 2013-2029, 2023.

NABHAN, F. A. R. F. *et al.* Regulação e Conservação Ambiental: uma análise das margens do rio Tocantins no município de Imperatriz (MA). **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 12, n. 5, p. 373-402, 2016.

NEBEL, G.; KVIST, L. P.; VANCLAY, J. K.; CHRISTENSEN, H.; FREITAS, L.; RUÍZ, J. Structure and floristic composition of flood plain forests in the Peruvian Amazon I. Overstorey. **Forest Ecology and Management**. v. 150, n.1-2, p. 27-57, 2001.

OLIVEIRA, L. C.; PEREIRA, R.; VIEIRA, J. R. G. Análise da degradação ambiental da mata ciliar em um trecho do rio Maxaranguape–RN: uma contribuição à gestão dos recursos hídricos do Rio Grande do Norte-Brasil. **Holos**, v. 5, p. 49-66, 2011.

PIMENTA, R. H. O. *et al.* Diagnóstico ambiental em três trechos distintos do Córrego Capão, Regional Venda Nova, Município de Belo Horizonte/MG. **Revista Ipetra**. v. 2, n. 1, p. 153-173, jan./jul. 2016.

RIBEIRO, H. F. Caracterização das APP'S dos Córregos Inseridos no Perímetro Urbano da Cidade de Gurupi–TO. *In: 9º Seminário de Iniciação Científica da UFT*, v. 5, 2013, 2013.

RODRIGUES, A. J.; PEREIRA, M. A.; MARTINS, I. C. D. M.; SOUZA., P. A. D. Diagnóstico Ambiental de um trecho da Área de Preservação Permanente (APP), margens do Córrego Pouso do Meio, em Gurupi-TO. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 3103-3113, 2015.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 495, 2006.

SANCHEZ, L.E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2020.

SANTOS, R. L. **Deterioração dos rios devido a construção civil: assoreamento dos rios**. 2020. 12 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro Universitário UNIFACIG, Minas Gerais, 2020.

SANTOS, H. G. dos *et al.* **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 67 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/920267/o-novo-mapa-de-solos-do-brasil-legenda-atualizada>. Acesso em: 11 out. 2023.

SILVA, J. J. L. S.; MARQUES, M.; DAMÁSIO, J. M. Impactos do desenvolvimento do potencial hidroelétrico sobre os ecossistemas aquáticos do Rio Tocantins. **Ambi-Agua**, v. 5, n. 1, p. 189-203, 2010.

SILVA, J. *et al.* Diagnóstico ambiental como subsídio à restauração florestal e manutenção hidrológica da bacia do ribeirão dos pinheirinhos, Brotas – SP. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 1-13, jan.-mar., 2016.

SILVA F. B. *et al.* Evidências de Mudanças Climáticas na Região de Transição Amazônia Cerrado no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.31, p. 330-336, 2016.

SILVA-NETO, V. L.; FERREIRA JUNIOR, D. F.; SOUZA, P. A. D.; VIOLA, M. R. Diagnóstico Ambiental da Área de Preservação Permanente do Córrego Dois Irmãos em Gurupi-TO. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 470-486, 2016.

SILVA, C. de O. F.; MEDEIROS, G. A. Avaliação ambiental e morfométrica da bacia do rio Jundiá-Mirim: diagnósticos e subsídios para gestão ambiental. **Boletim Campineiro de Geografia**, v. 7, n. 2, p. 441-454, 2017.

SOLERA, M. L. *et al.* Bioengenharia de solos: aplicabilidade na recuperação de áreas mineradas e na oferta de serviços ambientais. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 34, p. 46-59, 2014.

SOUZA, W. A.; GONZALEZ, A. Z. D. Situação das Nascentes e Matas Ciliares da Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Caramujo-MT, Brasil. **Revista Geoaraguaia**, v. 13, n. Especial, p. 151-169, 2023.

ARAUJO, L. S. *et al.* **Conservação da biodiversidade do estado do Maranhão: cenário atual em dados geoespaciais**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016, p. 28. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1069715/conservacao-da-biodiversidade-do-estado-do-maranhao-cenario-atual-em-dados-geoespaciais>. Acesso em: 23 de nov. de 2023.

SUTIL, S. C.; GONÇALVES, J. A. C; VIEIRA, E. M. Análise comparativa da fragilidade ambiental da bacia do rio Piracicaba a partir da aplicação de dois modelos metodológicos: suporte para o estabelecimento e proposição de Corredores Ecológicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 06, p. 3060-3077, 2020.

VAZ, L.; ORLANDO, P. H. K. Importância das matas ciliares para manutenção da qualidade das águas de nascentes: Diagnóstico do Ribeirão Vai-Vem de Ipameri-GO. In: Encontro Nacional de Geografia Agrária, 21, 2012, Uberlândia-MG. **Anais eletrônico...** Uberlândia-MG: UFU. 2012.