

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id4985>

ARTIGO ORIGINAL

Diagnóstico ambiental e recomendações para recuperação de área degradada em Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil

RESUMO: O aumento gradativo de impactos no meio ambiente, decorrentes da exploração não planejada de recursos naturais, acarreta modificações intensas e até mesmo irreversíveis. O município de Aquidauana, Mato Grosso do Sul (MS) se torna propenso a processos de degradação devido a determinados fatores abióticos, principalmente à tipologia de solos e ao relevo, como também em virtude de ações antrópicas como a urbanização e a pecuária, principal atividade econômica da região. Este estudo teve como objetivo realizar um diagnóstico ambiental de uma área degradada no município de Aquidauana, com a finalidade de propor um plano de recuperação da área. Para a elaboração do diagnóstico, foi realizado um levantamento do histórico da degradação ambiental e estado atual da área, por meio de caracterizações do meio físico e biótico, especialmente do solo e relevo, além de avaliação da qualidade da água e análises fitossociológicas. Mesmo com apontamentos positivos do diagnóstico ambiental, fatores históricos da área, assim como outros relacionados à textura e ao relevo, propiciaram elevadas perdas de solo na área de estudo, formando voçorocas e prejudicando nascentes. Portanto, ações imediatas propostas para a recuperação da área devem ser implantadas a fim de se minimizar a degradação ambiental em decorrência da exploração inadequada dos recursos naturais.

Palavras-chave: Cerrado; impacto ambiental; PRAD; recomposição ambiental.

Environmental diagnosis and recommendations for recovery of the degraded area in Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brazil

SUBMETIDO 05/10/2020

APROVADO 23/09/2021

PUBLICADO ON-LINE 29/09/2021

PUBLICADO Junho de 2022

EDITOR ASSOCIADO

Ane Cristine Fortes da Silva

 Jéssica Maia Alves Pimenta [1]

 Ana Luiza Rati dos Santos [2]

 Damaris Elias Vera [3]

 Luzia Barcelos Deknes [4]

 Thiago Woiciechowski [5]

[1] jessica.alves.pimenta@gmail.com.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil.

[2] al_rati@outlook.com. Universidade
Federal de Mato Grosso (UFMT), Brasil.

[3] damaris_vera@outlook.com.

[4] luziadeknes@outlook.com.

[5] thiagowoic@gmail.com. Universidade
Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS),
Brasil.

ABSTRACT: *The increase in impacts on the environment, resulting from the unplanned exploitation of natural resources, causes intense or irreversible changes. The city of Aquidauana, Mato Grosso do Sul (MS), becomes prone to degradation processes due to certain abiotic factors, mainly the soil typology and the relief, as well as due to anthropic actions, such as urbanization and livestock, the main economic activity in the region. This study aimed to carry out an environmental diagnosis of a degraded area in the municipality of Aquidauana, to propose a recovery plan for the area. For the elaboration of the diagnosis, a survey of the history of environmental degradation and the current state of the area was carried out using characterizations of the physical and biotic environment, especially the soil and relief, in addition to the evaluation of water quality and phytosociological analyzes. Even with positive notes of the environmental diagnosis, historical factors of the area and others related to the texture of the soil and the relief provided high losses of soil in the study area, forming gullies and damaging springs. Therefore, immediate actions proposed for the recovery of the area must be implemented to minimize environmental degradation due to the inadequate exploitation of natural resources.*

Keywords: *Cerrado; DARP; environmental impact; environmental recovery.*

1 Introdução

O aumento de impactos no meio ambiente, decorrentes da exploração não planejada de recursos naturais, acarreta modificações intensas ou irreversíveis (LAVINA *et al.*, 2016). Nesse sentido, as atividades humanas são os principais agentes causadores da degradação dos solos. O desmatamento é o princípio desse processo, quando a vegetação natural dá lugar à pastagem, ao cultivo agrícola ou à construção de obras voltadas para edificação de estradas, edifícios e barragens. Além disso, o uso excessivo de componentes químicos e a falta de práticas conservacionistas do solo são fatores de degradação ambiental (SALOMÃO; BARBOSA; CORDEIRO, 2020).

Área degradada pode ser descrita como aquela que sofreu alteração de suas características em decorrência de causas naturais ou oriundas de ação antrópica, perdendo sua capacidade de resiliência, ou seja, a capacidade de retornar ao seu estado original (MARTINS, 2016). Pode ser descrita também como modificações aos ecossistemas naturais, degradando as características físicas, químicas e biológicas, comprometendo assim a camada fértil do solo e causando alterações no sistema hídrico (SALOMÃO; BARBOSA; CORDEIRO, 2020).

As elaborações de estudos ambientais em áreas degradadas incluem o diagnóstico ambiental e o Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), em que o primeiro é base para o segundo e tem por finalidade descrever e analisar a situação ambiental atual de áreas naturais que sofreram alterações (GOMES *et al.*, 2017). À vista disso, a erosão hídrica torna-se um dos principais fatores causadores da degradação e deterioração da qualidade ambiental, sendo esta acelerada pelo uso e manejo inadequado do solo. Os prejuízos sociais e ambientais advindos da erosão são altos; além de reduzir a capacidade produtiva das terras, há também uma redução de áreas para exploração agrícola, refletindo no aumento dos custos de produção (FERREIRA, 2015).

Nesse sentido, devido a determinados fatores abióticos, a região se torna propensa a processos de degradação ambiental. Portanto, tendo em vista a importância e necessidade de reparação dos impactos ambientais, este estudo teve como objetivo realizar um diagnóstico ambiental de uma área no município de Aquidauana (MS), com a finalidade de estabelecer protocolos e recomendações para um plano de recuperação da área degradada.

2 Referencial teórico

O Cerrado, considerado um dos *hotspots* mundiais, é uma das regiões com maior biodiversidade do mundo, sendo um dos domínios mais ricos e ameaçados devido a expansão das atividades agropecuárias, construção de rodovias e obras sem planejamento (COLLI.; VIEIRA; DIANESE, 2020; MYERS *et al.*, 2000).

Embora a implementação dos empreendimentos citados favoreça o desenvolvimento socioeconômico da região, a ausência de avaliação prévia de impacto para sua construção pode afetar futuramente a área de forma significativa, já que, ao se realizar as alterações necessárias para sua implementação, estas podem acarretar modificações no relevo, na física do solo, nos cursos naturais de drenagem e no escoamento das águas pluviais (ALMEIDA *et al.*, 2019).

A presença de áreas degradadas em todo o Brasil é consequência do uso indiscriminado e intensivo do solo. A remoção da vegetação original, o uso de agrotóxicos, o pisoteio excessivo de animais e o emprego de mecanização pesada são fatores que intensificam os impactos ambientais, favorecendo a degradação do solo, a contaminação dos recursos hídricos e a ampliação dos processos erosivos (ALMEIDA, 2016; CHAVES *et al.*, 2012).

Quando há alterações significativas na cobertura vegetal, o equilíbrio ambiental é rompido e, com isso, processos erosivos são acelerados (MOURA *et al.*, 2017), provocando o empobrecimento do solo e a perda de nutrientes e matéria orgânica, podendo causar níveis elevados de degradação. Ainda, em terrenos com declividade acentuada, a concentração da água na enxurrada forma sulcos que podem progressivamente se expandir e se aprofundar, removendo sedimentos ao longo do curso, e, assim, formar canais ou ravinas. Se, ano após ano, grande quantidade de enxurradas passarem pelo mesmo sulco e expandirem esses canais de modo que atinjam profundidade superior a 0,5 m e largura maior que 1 m, ocorrerá a formação de voçorocas (MARTINS, 2016). Esta é considerada o estágio mais avançado da erosão. Sua recuperação está associada ao controle dos processos erosivos, à análise do seu entorno e à eliminação dos fatores de degradação com técnicas de conservação (MARTINS, 2016).

Os prejuízos da erosão hídrica do solo devida à ação antrópica são consideráveis quando ocasionam tanto consequências socioeconômicas (MOURA *et al.*, 2017) quanto interferência nos processos geomorfológicos e na fisionomia da paisagem. Consoante ao Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989, essas práticas são vistas como degradação, pois causam a deterioração e o esgotamento dos recursos naturais, além da redução da qualidade e capacidade produtivas (BRASIL, 1989).

Uma série de medidas legais foram tomadas nos últimos tempos com o objetivo de garantir a preservação, melhoria e recuperação dos recursos naturais e, sobretudo, visando assegurar o desenvolvimento socioeconômico. Entre elas, o sistema de licenciamento ambiental conferido pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e regulamentado pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, por meio do qual o órgão competente licencia a localização, instalação e ampliação de atividades e empreendimentos potencialmente causadores de degradações ambientais (LAVINA *et al.*, 2016). Além disso, com a finalidade de orientar a elaboração do Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD),

foram criadas a Instrução Normativa do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) nº 04, de 13 de abril de 2011, bem como a Instrução Normativa do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) nº 11, de 11 de dezembro de 2014, que estabelecem as exigências mínimas para a elaboração do PRAD.

Para elaborar um plano de recuperação de áreas degradadas, é recomendado executar previamente um diagnóstico ambiental na área pretendida. Segundo Sanches (2006), um diagnóstico ambiental pode ser definido como a descrição das condições ambientais encontradas em determinada área e a avaliação da situação atual de um determinado local, feita através de levantamentos de componentes e processos do meio ambiente físico, biótico e antrópico e de suas interações (GONÇALVES *et al.*, 2016).

3 Método da pesquisa

O estudo foi realizado na fazenda da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, em Aquidauana (MS). A fazenda possui 806 hectares e está localizada na Rodovia Graziela Maciel Barroso (MS-450), km 12, sentido distrito de Camisão (MS), entre as coordenadas geográficas 20°27'36" S e 55°40'25" O. A área de estudo (Figura 1) na qual foi realizada a proposta do plano de recuperação de área degradada possui 13 hectares.

Figura 1 ▶
Localização da área de estudo. Fonte: dados da pesquisa



O clima da região é do tipo Aw, com verão quente e úmido e inverno seco, com temperaturas amenas e precipitação pluviométrica anual entre 1200 mm e 1600 mm (ALVARES *et al.*, 2013), sendo os meses de novembro, dezembro e janeiro aqueles em que ocorrem precipitações máximas e os meses de julho, agosto e setembro os mais secos do ano. A temperatura média anual é de 24 °C, com máximas diárias de 36 °C durante a primavera e mínimas de 12 °C no inverno, sendo rara a ocorrência de geadas.

De acordo com o Mapa de Biomas do Brasil, o qual foi elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), a área de estudo se caracteriza como bioma Cerrado (IBGE, 2004). Com base no Sistema Brasileiro de Classificação da Vegetação Brasileira, a área pode ser caracterizada como Savana de Cerrado *sensu stricto*, devido à predominância de formação de domínio de

gramíneas, contendo uma proporção de vegetação lenhosa aberta e árvores associadas (IBGE, 2012).

Na área de estudo foram observados vestígios e presença de animais e aves, tais como dejetos e pegadas de capivaras, além do aparecimento de cervo campeiro, confirmando que a fauna presente na área é atuante em diferentes processos ecológicos.

A área de estudo possui uma declividade de 0% a 12% e, segundo a tabela de classificação de declividade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), é considerada como uma área plana a suavemente ondulada (EMBRAPA, 2008).

A propriedade está estabelecida na Região Hidrográfica do Rio Paraguai, pertencente à Bacia do Paraguai, e na sub-bacia do Córrego Fundo, que drena terrenos do Planalto de Maracaju/Campo Grande em direção à depressão do Rio Aquidauana.

Ainda na área de estudo há uma lagoa natural, que nos períodos de alta pluviosidade tem sua vazão induzida por um monge (sistema de esvaziamento) para o Córrego Fundo. Ademais, em parte da sua superfície ocorre o afloramento do lençol freático, ou seja, o surgimento de um grande número de pequenas nascentes espalhadas por todo o terreno.

3.1 Análise fitossociológica

A análise fitossociológica foi realizada conforme proposto por Felfili *et al.* (2013) para áreas do Cerrado. O estudo foi realizado na subárea de vegetação remanescente de 3,02 ha. Dessa forma, foram delimitadas parcelas de 1000 m² (20 m x 50 m), por representarem melhor a heterogeneidade estrutural e florística da vegetação. A área amostral foi composta por 31 parcelas potenciais, sendo selecionadas aleatoriamente 4 parcelas fixas, nas quais foram mensurados indivíduos com diâmetros a 30 cm do solo (DAS ≥ 5 cm).

Para cada indivíduo amostrado, foram anotadas suas informações botânicas para identificação taxonômica por meio de consultas à literatura específica, como Lorenzi (2002) e Vieira *et al.* (2017).

Com base nos autores Farias *et al.* (1994) e Scolforo e Mello (1997), foram analisados os descritores fitossociológicos de frequência, densidade, dominância, índices de valor de importância e o valor de cobertura de cada espécie amostrada, permitindo uma melhor interpretação da vegetação e delimitação de estratégias para recuperação da área degradada.

3.2 Análise da qualidade da água

Foram coletadas amostras de água em três pontos distintos, denominados de P1, P2 e P3, distribuídos pela extensão da lagoa, sendo coletadas no mesmo dia, no período da manhã. Durante as coletas, foi obtida a temperatura ambiente dos pontos. Posteriormente, as amostras foram transferidas para recipientes plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Qualidade da Água-UEMS, em Aquidauana (MS).

Foram avaliados os seguintes parâmetros de qualidade da água: pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), fósforo total e nitrogênio total, seguindo a classificação e parâmetros da Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005) e da Deliberação CECA/MS nº 36/2012.

3.3 Análise toxicológica da água

O teste de toxicidade com *Lactuca sativa* teve como base as metodologias descritas por Dutka (1989), e nele foi realizada a solubilização do resíduo seguindo a metodologia descrita na NBR 10.006 (ABNT, 2004). Foram preparadas 21 amostras com 20 sementes de *Lactuca sativa* em cada *gerbox* com 3 repetições e 7 tratamentos. Cada amostra recebeu 8 mL de sobrenadante de solução de elutriato a 100%, posteriormente diluída em diferentes dosagens de 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% e 0%, mais uma solução de controle negativo NaCl 5g L⁻¹ 1N, as quais foram mantidas em B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*), em fotoperíodos de 12 h e em temperatura de ± 20 °C por 72 horas.

Posteriormente, foi avaliada a toxicidade da água da lagoa por meio da capacidade de germinação de sementes de *Lactuca sativa*, alface do grupo Aurélia (Manteiga).

3.4 Análise do solo

Seguindo as recomendações de Cantarutti, Alvarez e Ribeiro (1999), a seleção da área de amostragem foi subdividida em glebas homogêneas, sendo as subáreas inundável e seca. Percorrendo em ziguezague cada gleba, foram coletadas, com um trado holandês, 20 amostras simples de 0,0 m a 0,2 m de profundidade. Posteriormente, essas amostras foram transferidas para baldes plásticos e homogeneizadas, retirando-se duas amostras compostas de 500 g de solo de cada gleba. Estas foram encaminhadas para o laboratório Sial Solo – Análises Laboratoriais Ltda., em Campo Grande.

Foram determinados pH (CaCl₂) e acidez potencial (pH SMP) por potenciometria determinada na suspensão do solo, após agitação e decantação; matéria orgânica pelo método de Walkley-Black; P (Melich) por espectrofotômetro ultravioleta visível; K por fotômetro de chama; e Ca, Mg e Al por titulometria. Na análise física do solo foi realizada a análise granulométrica, pelo método da pipeta. Após, foram obtidos parâmetros de fertilidade do solo, como a capacidade de troca catiônica (CTC), além da saturação por bases e por alumínio.

Para a classificação do tipo de solo presente na área de estudo foi utilizado o levantamento realizado pela Embrapa (2014).

4 Resultados da pesquisa

O histórico de degradação da área de estudo se iniciou na década de 1990, com a expansão urbana e pavimentação da atual rodovia MS-450 (PAIXÃO; JOIA, 2019). Devido à cobertura de cascalhos e à divisão pela camada asfáltica, ocorreu provavelmente o impedimento da drenagem das águas pluviais advindas dos morros adjacentes. Ainda, possivelmente, devido à ausência de canaletas laterais na rodovia, a drenagem adjacente ocasionou maior escoamento da água pluvial para a área em estudo, contribuindo em parte para o início do processo erosivo.

Atualmente, os projetos de pavimentação devem considerar alguns fatores, entre eles o impacto ambiental da atividade em si e de seus sistemas de drenagem, orientados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). A Norma DNIT 070/2006 contempla a instalação de um sistema de drenagem específico para cada local e, quando necessário, de um sistema de contenção de erosão específico e/ou de estabilização, entre outros. Além disso, estudos prévios sobre as condições do solo e sobre fenômenos

como a erosão e o assoreamento, recalques diferenciais, efeitos da drenagem alterada e nível do lençol freático devem ser realizados na área onde será instalada a pavimentação da rodovia. Quando medidas mitigadoras de impactos ambientais na construção de estradas não são plenamente consideradas, estas podem elevar os impactos causados na forma de processos erosivos, em concomitância com variáveis meteorológicas, edáficas, topográficas e antrópicas.

Além disso, a supressão vegetal realizada no decorrer dos anos, na área de estudo, provavelmente contribuiu para o aumento de processos erosivos em consequência da exposição do solo, dando origem a uma das atuais voçorocas presentes na área.

Embora a precipitação pluviométrica máxima da região de Aquidauana ocorra entre os meses de janeiro a março (ALVARES *et al.*, 2013), a topografia do terreno, que varia entre 0% e 12% de declividade, e o sistema de drenagem inadequado da rodovia MS-450 também favorecem a condução do escoamento das águas pluviais para a área de estudo, beneficiando a formação dos processos erosivos.

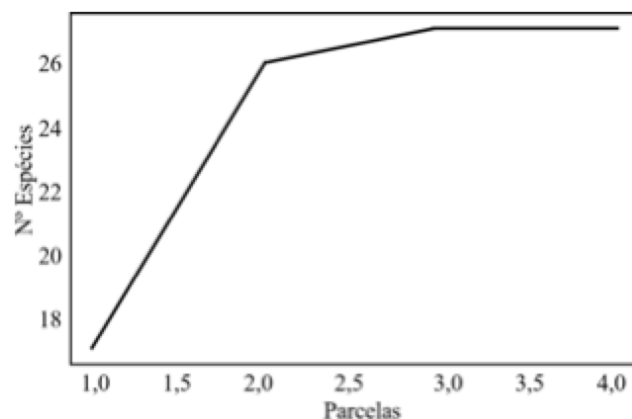
Ademais, o tipo de solo é outro fator que favoreceu a formação dos processos erosivos na área. O solo, classificado como um argissolo vermelho-amarelo distrófico (EMBRAPA, 2014), apresentou baixa fertilidade e acidez natural, ocasionando maior propensão para processos erosivos devido à sua textura franco-arenosa, o que implica em diferenças de infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais.

4.1 Diagnóstico ambiental da área a ser recuperada

Embora sejam recorrentes os processos de degradação do solo, a área apresenta remanescentes florestais e regenerantes, sendo classificada com potencial médio de regeneração natural (VIEIRA *et al.*, 2017). Dessa forma, estudos fitossociológicos contribuem para a base teórica do planejamento da preservação e para o uso de recursos naturais na recuperação de áreas ou fragmentos de vegetação degradados, contribuindo significativamente para seu manejo (CARIELO *et al.*, 2019).

Com base na suficiência amostral das parcelas pelo método da curva coletora (Figura 2), houve um padrão com maior número de espécies na primeira unidade amostral e, posteriormente, diminuição nas demais até a estabilização, comprovando os padrões conhecidos para o Cerrado (FELFILI *et al.*, 2013) e indicando que a amostra de 0,4 ha foi representativa da vegetação remanescente.

Figura 2 ►
Método da curva coletora para a suficiência amostral na área de estudo. Fonte: dados da pesquisa



No levantamento fitossociológico foram identificadas 27 espécies e 15 famílias botânicas (Quadro 1). Dessas, apenas seis espécies obtiveram maiores valores de VI (valor de importância relativa): *Curatella americana* L. (23,2%), *Myracrodruon urundeuva* Allemão (7,0%), *Genipa americana* L. (6,47%), *Magonia pubescens* Hil. (6,2%), *Machaerium acutifolium* Vogel (6,0%) e *Vatairea macrocarpa* (Benth) Ducke (4,9%), sendo responsáveis por aproximadamente 54% de VI e 61% de dominância relativa. Desse modo, a comunidade é formada por poucas espécies, o que é comum na vegetação do Cerrado *sensu stricto*, onde há a concentração de riqueza em poucas famílias na flora arbórea (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Quadro 1 ▶
Levantamento
fitossociológico da área
de estudo. Fonte: dados da
pesquisa

Família	Nomes científico e comum	Família	Nomes científico e comum
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão (aroeira) <i>Astronium graveolens</i> Jacq. (gonçalo)	Clethraceae	<i>Clethra scabra</i> Pers. (carne-de-vaca)
Annonaceae	<i>Annona tomentosa</i> R.E.Fr. (araticum-do-Cerrado)	Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart. (capitão-do-campo)
Apocynaceae	<i>Peschiera fuchslaefolla</i> (leiteira)	Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L. (lixeira)
Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd.Mart. ex Mart. (bocaiuva)	Fabaceae	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan (angico-vermelho) <i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart (farinha-seca) <i>Dipteryx alata</i> Vogel (cumbaru) <i>Bauhinia variegata</i> L. (pata-de-vaca) <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. (copaiba) <i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville (barbatimão) <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel (jacarandá-do-cerrado) <i>Hymenaea courbari</i> L. (jatobá) <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke (angelim-do-cerrado)
Bignoniaceae	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (caroba) <i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos (ipê-amarelo) <i>Tabebuia avellaneda</i> Lorentz ex Griseb. (ipê-roxo)	Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek (cabriteira)
Boraginaceae	<i>Cordia glabrata</i> (Mart.) A.DC. (louro-preto)	Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L. (jenipapo)

Cecropiaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul. (embaúba)	Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam. (mamica-de-porca)
		Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil. (timbó)

A *Curatella americana* L. foi a espécie que apresentou os maiores valores nos parâmetros em frequência relativa (7,3%), em densidade absoluta (220 ha⁻¹) e em dominância absoluta (4,52 m² ha⁻¹). Segundo Lamprecht (1990), essa combinação de elevados valores representa a espécie mais importante na estrutura da comunidade. A *Curatella americana* L. é uma espécie conhecida popularmente como lixeira e pertencente à família Dilleniaceae, possui ampla distribuição e maior predominância no Cerrado, além de ser uma espécie com capacidade de adaptação a condições ambientais adversas (MENEZES FILHO, 2021).

No entanto, 22 espécies amostradas demonstraram baixa densidade absoluta (três ou menos indivíduos por hectare), entre as quais estão *Jacaranda cuspidifolia* Mart., *Annona tomentosa* R.E., *Handroanthus albus* (Cham.) Mattos, *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. e *Cordia glabrata* (Mart.) A.DC. Essa baixa representatividade pode afetar o sucesso reprodutivo dessas espécies, devendo ser considerada no plano de estratégia de recuperação da área. Sendo assim, devem-se introduzir mudas das respectivas espécies na área.

O índice de diversidade de Shannon-Wiener atribui um peso maior às espécies raras (ODUM, 1988), o que leva a deduzir que, quanto menor o valor do índice de Shannon-Wiener, menor é a diversidade. No entanto, o índice de Shannon-Wiener obtido foi de 2,4 – considerado um valor médio –, possivelmente em virtude da abundância de algumas poucas espécies, como *Curatella americana* L., *Myracrodruon urundeuva* Allemão e *Magonia pubescens* A. St. Hil. Desse modo, as influências antrópicas na área de estudo, como a supressão vegetal para implantação de pastagens, e também no entorno, pelo escoamento superficial em virtude da pavimentação asfáltica, podem ter afetado a abundância de algumas espécies, favorecendo a alta dominância de outras.

Segundo Felfili *et al.* (2002), áreas do Cerrado são ocupadas com poucas espécies dominantes e, portanto, no plano de manejo e recuperação de áreas degradadas, devem ser inseridas espécies com máxima diversidade, além de outras de ocorrência local/regional, em especial as que expressam menor densidade. Na seleção das novas espécies, deve-se considerar sua adaptabilidade em áreas com solos secos e solos úmidos e se são atrativas para avifauna, para, assim, potencializar a recuperação ambiental.

Além do estrato arbóreo, foi verificada na área a presença de espécies nativas do Cerrado nos estratos arbustivos e herbáceos, como a *Bromelia pinguin* Bertol. (caraguatá) e o *Paspalum plicatulum* Michx. (capim felpudo). Ainda, observou-se também a presença de espécies exóticas como *Paspalum notatum* (forquilha) e *Brachiaria decumbens* (braquiárinha).

A água é importante para todas as formas de vida e está presente em diversos processos físicos, químicos e biológicos (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013). Contudo, a intensificação da degradação ambiental tem comprometido a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos. Isto devido à destruição de áreas alagadas, à supressão da vegetação de matas ciliares, ao despejo de resíduos contaminantes (dejetos, efluentes domésticos e industriais, fertilizantes, herbicidas) e ao escoamento de sedimento superficial urbano ou rural, que afetam a qualidade e a quantidade dos corpos hídricos (BARRETO *et al.*, 2013; TUNDISI, 2003).

A lagoa de 0,45 ha, presente na área de estudo, está localizada dentro da bacia hidrográfica do Córrego Fundo de Aquidauana. Em virtude da declividade do terreno, grande parte do escoamento superficial de sedimentos, solo, matéria orgânica e dejetos dos animais acaba despejado diretamente nela. Além disso, boa parte da lagoa se encontra coberta por plantas aquáticas como *Typha domingensis* (taboa) e *Eichhornia azurea* (camalotes), que são espécies caracterizadas como despoluidoras, indiciando certo desequilíbrio nesse ambiente aquático.

Todas essas características podem interferir diretamente na qualidade do corpo d'água. Assim, os resultados do teste de qualidade de água (Tabela 1) foram comparados com os valores de referência na Resolução CONAMA nº 357/2005 e na Deliberação CECA nº 36/2012, referentes à classe 3 de classificação dos corpos de água doce. Entretanto, foi observado que o corpo hídrico não está eutrofizado, principalmente pela baixa concentração de P, como também que os demais parâmetros analisados estão de acordo com a resolução supracitada.

Tabela 1 ▶
Parâmetros físico-químicos de qualidade da água na lagoa presente na área de estudo. Fonte: dados da pesquisa

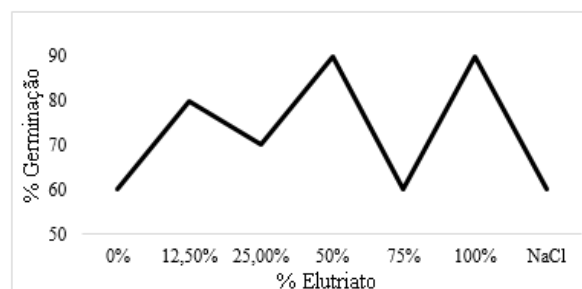
Parâmetros físico-químicos da água	Média dos resultados	CECA - Resolução nº 36/2012
pH	6,97	6,0 a 9,0
Condutividade	88,2	50 $\mu\text{S cm}^{-1}$
OD*	> 5,0	> 4,0 mg/L O ₂
Nitrogênio Total	0,22	20 mg/L
Fósforo Total – Lêntico	0,011	0,05 mg L ⁻¹ P
Nitrito (NO ₂ ⁻)	< Limite detecção do método	1,0 mg L ⁻¹ N
Nitrato (NO ₃ ⁻)	0,3	10,0 mg L ⁻¹ N

*OD – Oxigênio Dissolvido

O ensaio toxicológico da água da lagoa teve por objetivo determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos, visando avaliar o potencial de risco à saúde humana.

Após a análise, foram obtidos os dados presentes na Figura 3, os quais demonstram que a água presente no corpo hídrico não é tóxica devido ao grande número de sementes germinadas. Portanto, com a análise é possível verificar que a água possui teores de matéria orgânica que favoreceram a germinação das sementes em diferentes tratamentos. Essa matéria orgânica é oriunda das plantas aquáticas, sendo recomendada a retirada destas, pois já realizaram sua função despoluidora e essa retirada favorecerá a oxigenação do corpo d'água.

Figura 3 ▶
Germinação, em %, das sementes submetidas ao teste de toxicidade da lagoa presente na área de estudo. Fonte: dados da pesquisa



Ainda, foi observada na área a presença de nascentes e olhos-d'água em estágio de degradação, devido à escassez de vegetação e à presença de voçorocas no entorno. Essas nascentes são classificadas como perenes, pelo fluxo de água ser constante, e como difusas, em virtude de as nascentes apresentarem vários olhos-d'água (CASTRO; GOMES, 2001).

Segundo o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), nascentes são afloramentos naturais do lençol freático que apresentam perenidade e dão início a um curso d'água. Já os olhos-d'água são afloramentos naturais do lençol freático, mesmo que intermitentes. Portanto, consideram-se áreas de preservação permanente as áreas situadas nas nascentes e nos olhos-d'água, qualquer que seja sua situação topográfica, devendo essas áreas de preservação ter um raio mínimo de cinquenta metros (BRASIL, 2012).

Com relação aos atributos químicos e à textura do solo (Tabela 2), foi observada similaridade entre os resultados nas subáreas. Entretanto, a saturação por bases levou a classificar o solo como eutrófico na área úmida e como distrófico na área seca. Esse resultado reflete uma maior disponibilidade de bases trocáveis no solo da área úmida. Os demais parâmetros estão de acordo com a fertilidade de solos do Cerrado, mais ácidos e com baixa fertilidade natural (HARIDASAN, 2008).

Tabela 2 ▶

Resultados analíticos da fertilidade e da textura do solo em duas áreas – úmida e seca – na área de estudo.

Fonte: dados da pesquisa

Atributos*	Unidade	Área seca	Área úmida
pH		4,4	4,6
Matéria orgânica	g.dm ³	8,3	4,7
P	mg.dm ³	4,0	4,0
K		0,1	0,3
Ca		0,5	0,9
Mg	cmolc.dm ³	0,3	0,6
H+Al		2,0	1,4
Al		0,3	0,2
CTC		2,9	3,2
V		32	56
M		26	10
Areia	%	11	12
Argila		78	71
Silte		11	17

*CTC: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: saturação por bases; M: saturação por alumínio

Devido a fatores como a posição do solo na paisagem, o relevo do terreno que acarreta o transporte de argila e materiais grosseiros, a fertilidade, a grande retirada de solo e a exposição deste sem qualquer cobertura vegetal, formou-se uma voçoroca (Figura 4) medindo aproximadamente 51,4 m de comprimento por 53 m de largura.

Figura 4 ▶

Formação de voçoroca na área de estudo.

Fonte: arquivo dos autores



4.2 Proposta de implantação de um projeto para recuperação da área degradada

A recuperação da área de preservação permanente da nascente foi proposta com base no Manual para recuperação da vegetação do Cerrado (DURIGAN, 2003). Assim, serão indicadas espécies florestais adaptadas às condições de umidade do solo, com o intuito de que as árvores aumentem a infiltração da água da chuva no solo e, portanto, auxiliem na redução do soterramento da nascente.

Primeiramente, deverá ocorrer o isolamento da área, impedindo a entrada de gado bovino e cavalos, os quais causam grande pisoteio, intensificando o grau de erosão na área, dificultando o sucesso da recuperação. A área deverá ser isolada com cercas de arame liso (CHAVES *et al.*, 2012).

Haverá a necessidade de desvio da água pluvial que escoar pela superfície da área. Sendo assim, deverão ser implantados canais de drenagem com o intuito de minimizar a quantidade e a velocidade da água oriunda da rodovia, que escorre pela superfície da área devido ao fato de a rodovia não possuir sistemas de drenagem e bacias de retenção de água da chuva (MARTINS, 2016).

Dentro da área, a partir de três metros após a cerca, deverão ser instaladas canaletas de drenagem com o objetivo de redirecionar a trajetória do curso da água pluvial até a lagoa, minimizando os processos erosivos (MARTINS, 2016).

Para os canais de drenagem, é indicado o uso de canaletas verdes em forma trapezoidal com 60 cm de profundidade, revestidas de biomantas que possuem o objetivo de estabilizar as paredes dos canais a partir da associação com espécies vegetais. Posteriormente, deverá ser semeado *Aristida setifolia* Kunth. para a formação de proteção vegetal, visando minimizar o impacto da água e impedir o desbarrancamento das canaletas (MARTINS, 2016).

A voçoroca é o estágio mais avançado da erosão, sendo difícil o controle. Em virtude disso, são necessárias instalações de barreiras físicas para diminuir os impactos da água da chuva, reduzir o seu escoamento, conter os sedimentos e promover revegetação do local. De acordo com Martins (2016), os usos dessas práticas são importantes, pois somente a revegetação nem sempre é suficiente para controlar a erosão.

As paliçadas são estruturas montadas no interior das voçorocas com o objetivo de quebrar a força da enxurrada e reter os sedimentos, impedindo que eles sejam transportados pela água (EMBRAPA, 2006). Com a finalidade de aumentar a eficiência da retenção de sedimentos e reduzir a velocidade da água, a indicação é que as paliçadas sejam construídas com bambus e pneus usados, no caso do estudo, e também que estacas sejam alocadas e amarradas com arame de aço, formando paredes preenchidas com terra e cobertas com sacos de aniagem.

A utilização de pneus para esse fim é uma alternativa satisfatória do ponto de vista econômico e ambiental; além disso, por ser um material inerte à degradação biológica, apresenta pouco risco de contaminação do meio ambiente (SILVA JUNIOR; SILVA, 2011).

Vários métodos na recuperação de áreas degradadas vêm sendo testados no decorrer do tempo. O que diferencia basicamente esses métodos é sua eficiência quanto ao processo de cobertura do solo, controle erosivo e seus custos de implantação e manutenção.

Posteriormente, deverá ser realizada a revegetação utilizando sacos de aniagem, visto que apresentam bons resultados devido ao seu baixo custo e por serem biodegradáveis. Além disso, facilitam a introdução da vegetação rasteira e arbustiva, proporcionando proteção inicial do substrato contra o impacto das gotas de chuva. Também garantem uma redução na variação da temperatura, retenção de umidade e facilitam a germinação das sementes, auxiliando no crescimento das plântulas (MARTINS, 2016).

Nesse caso, é indicado utilizar os sacos de aniagem no interior da voçoroca juntamente com os pneus, preenchendo os espaços internos, com o intuito de impedir que o processo erosivo se intensifique, e assim iniciar o processo de revegetação.

Dessa forma, deverão ser utilizados 30 sacos de aniagem de dimensões 0,54 m x 0,90 m, preenchidos com uma mistura de solo, adubação química de NPK 4-14-8 (MARTINS, 2016) e sementes de espécies arbóreas, arbustivas e rasteiras; indica-se utilizar as seguintes espécies: *Andropogon selloanus* (Hack.); *Aristida setifolia* Kunth.; *Andropogon bicornis* L.; *Bowdichia virgilioides* Kunth.; *Dipteryx alata* Vog.; *Hymenaea stigonocarpa* Mart.; *Jacaranda cuspidifolia* Mart.

No Brasil, há muita diversidade de ecossistemas tropicais e uma vasta variedade e heterogeneidade florística. Até em pequenas áreas onde ocorra relevo, presença ou não de corpos d'água, entre outros elementos, é possível observar essa variedade, devido ao fato de a vegetação se adaptar a tais variações (MARTINS, 2016).

Na recuperação de áreas degradadas, a escolha das espécies a serem implantadas envolve diversos critérios, como: escolher preferencialmente espécies nativas ou que ocorram naturalmente na região ou ecossistema; optar por diversidade de espécies, desde que esta ocorra no ecossistema; optar pela coleta de sementes de matrizes remanescentes na área para garantir a diversidade genética na produção de mudas; combinar a escolha de espécies pioneiras de rápido crescimento com espécies secundárias tardias e clímax; plantar espécies que sejam atrativas à fauna; observar a tolerância de umidade do solo permitida por cada espécie e destiná-las a suas áreas de correspondência; de preferência escolher espécies que possuam o potencial de fixação de nitrogênio no solo, como as fabáceas (MARTINS, 2016).

A área em estudo foi dividida em três módulos distintos, visando implantar as espécies mais recomendadas para cada ambiente a ser recuperado e destinando as operações apropriadas para cada plantio. Nesse sentido, as espécies indicadas foram divididas conforme a área em que serão implantadas, sendo área úmida (4 m da nascente), área seca e uma área ao redor da nascente (Quadro 2).

Quadro 2 ▶

Indicação de espécies para o plantio na área em estudo subdivida em seca e úmida.

Fonte: dados da pesquisa

Espécies da área seca	Espécies da área úmida
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd.	<i>Tapirira guianensis</i> (Aubl.)
<i>Annona tomentosa</i> R.E.	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.)
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.)	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	<i>Hedyosmum brasiliense</i> Miq.
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.)
<i>Cordia glabrata</i> (Mart.) A.DC.	<i>Croton urucurana</i> (Baill.)
<i>Miconia burchellii</i> Triana	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth.	
<i>Dipteryx alata</i> Vog.	
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.	
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.)	
<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	
<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook.)	
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	

As espécies escolhidas para a recomposição florística da área seca possuem adaptação a solos bem drenados de baixa fertilidade e acidez elevada. Entre elas, estão algumas espécies da família Fabaceae, indicadas para áreas degradadas devido ao seu potencial de fixar nitrogênio no solo. As espécies foram escolhidas com base em um guia de espécies arbóreas para a recomposição da vegetação no bioma Cerrado (VIEIRA *et al.*, 2017).

O espaçamento a ser realizado deverá ser de 4 m entre as linhas e de 3 m entre plantas na linha, conforme proposto por Durigan (2003). Deverão ser plantadas 3000 mudas, distribuídas (em quantidade e em posição) entre pioneiras e não pioneiras, com o intuito de que o sombreamento das pioneiras favoreça o crescimento das não pioneiras e iniba as espécies invasoras.

Em seguida, o plantio de mudas deverá ocorrer em apenas uma etapa, ou seja, todas as ações desde a marcação das mudas a campo até o plantio serão realizadas de uma vez. Essa etapa será feita na estação com maior concentração de chuvas na região – de novembro a dezembro – para que haja umidade suficiente para o desenvolvimento das mudas. Nessa área, as mudas das espécies citadas serão implantadas em linhas, sendo que, para o correto delineamento das linhas de plantio, serão estabelecidos pontos de controle através de imagens de satélite; a partir desses pontos, o espaçamento poderá ser medido de forma manual em campo.

O plantio em módulos é o mais indicado quando a área a ser recuperada possui heterogeneidade, como é o caso da área em estudo. Assim, as espécies a serem implantadas

são combinadas de acordo com os aspectos adaptativos ou sucessionais observados na área (MARTINS, 2016).

Para a área úmida, é indicada a utilização de espécies (Quadro 2) escolhidas devido a sua adaptabilidade a terrenos úmidos. Nessa área serão implantadas 300 mudas, e o plantio deverá ser realizado de forma aleatória para promover o equilíbrio e a preservação do ambiente e do lençol freático.

Por outro lado, as espécies a serem implantadas para recuperação das nascentes serão: *Hedyosmum brasiliense* Miq.; *Magnolia ovata* (A.St.-Hil.) Spreng.; *Croton urucurana* Baill.; *Cecropia pachystachya* Trécul; *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.; *Siparuna guianensis* Aublet; *Copaifera langsdorffii* Desf.; *Chrysophyllum marginatum* (Hook. & Arn.) Radlk.; *Handroanthus albus* Cham. (UBERABA, 2007). Nessa área serão implantadas 50 mudas, distribuídas no raio de 50 metros.

Anteriormente ao coveamento, deverá ser realizada a limpeza da área através de roçada manual, com o objetivo de retirar as vegetações subarbustivas e herbáceas daninhas que possam competir com as mudas nos períodos iniciais do seu desenvolvimento, sendo que os restos vegetais serão mantidos como forma de proteção. Essa roçada será direcionada a fim de formar o coroamento 0,8 m a 1 m ao redor das futuras mudas.

Após o coroamento, deverá ser realizada a abertura das covas para plantio. Martins (2016) indica que, em áreas onde haja maior compactação, é ideal que a cova tenha as dimensões de 0,40 m x 0,40 m x 0,40 m.

A área úmida também deverá passar por limpeza. Essa roçada será direcionada a fim de formar o coroamento 0,8 m a 1 m ao redor das futuras mudas. Após o coroamento será realizada a abertura das covas para plantio, nas dimensões de 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m.

Na área destinada à recuperação das nascentes, que possui um raio de até 50 m ao redor destas, as espécies indicadas anteriormente deverão ser alocadas de forma aleatória, sendo primeiramente mais próximo ao curso d'água, onde o solo é mais encharcado; posteriormente entre a área encharcada e a área drenada; e por último na área drenada. Para o plantio das mudas, será realizada abertura das covas nas dimensões de 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m.

O Cerrado se destaca em muitos fatores que lhe tornam um bioma único e muito peculiar; entre estes está seu solo. Os solos do Cerrado são corriqueiramente citados na literatura como solos pobres em fertilidade, ácidos e com altas concentrações de alumínio. Isso lhe proporciona um ecossistema único envolvendo a biota presente no solo e sua vegetação, que com o passar do tempo tornou-se resistente a esses solos (MIRANDA, 1986; SILVA, 2019).

Em áreas degradadas, o não uso de fertilizantes químicos e calcário tem por objetivo fornecer às mudas um comportamento semelhante ao ambiente de regeneração natural (MARTINS, 2016). A calagem, por exemplo, muitas vezes acaba interferindo na biota do solo. Organismos que convivem em simbiose com as raízes das árvores, como as micorrizas, se desenvolvem melhor em solos com pH ácido, favorecendo o crescimento de espécies invasoras.

Devido à escassez de literatura que indique recomendações específicas para cada espécie de árvore nativa, sugere-se o uso de formulações comerciais que auxiliarão no arranque inicial e desenvolvimento das mudas a serem implantadas. Portanto, será indicada a utilização de 200 g de fertilizante mineral NPK de formulação comercial 4-14-8 para cada cova na área seca. Não será recomendada adubação para as áreas úmidas e para a área destinada à recuperação de nascentes, devido a esta ser considerada uma Área

de Preservação Permanente e não serem necessárias técnicas de adubação (MARTINS, 2016).

Entre os modelos de restauração florestal, a nucleação se apresenta como uma das alternativas usuais em projetos de recuperação de áreas degradadas, devido às suas diversas metodologias de abordagem e ao seu custo reduzido de implementação. O modelo se baseia em núcleos de expansão vegetal, sendo que esses núcleos geralmente são formados pela vegetação remanescente e possuem o objetivo de acelerar o processo de sucessão ecológica na área degradada (MARTINS, 2016).

A transposição de galharia oriunda de resíduos vegetais, advindos de supressões vegetais, tratos culturais ou restos de florestas adjacentes à área degradada, pode ser uma forma de implantação de núcleos ou ilhas de vegetação. Esses resíduos podem ser fontes de sementes de diversas formas de vegetação, assim como de nutrientes e matéria orgânica. O uso dessa técnica promove melhores condições para o estabelecimento de novas plântulas (MARTINS, 2016).

A transposição de galharia deverá ser utilizada na área com o intuito de auxiliar seu processo de revegetação. Os resíduos vegetais deverão ser oriundos de supressões vegetais obtidas de propriedades da região de Aquidauana, pelo fato de o material lenhoso ser descartado ou até mesmo queimado.

Assim que coletados, parte dos resíduos deverão ser acondicionados em pilhas com área de 2 m x 2 m e com 0,5 m de altura, dispostas na voçoroca em cima dos sacos de aniagem e das paliçadas com pneus. A outra parte será acondicionada em pilhas menores, de 1 m x 1 m, sobre o solo desnudo e raízes expostas, na parte superior, entre as plantas.

Outras etapas, relacionadas à manutenção e ao monitoramento de áreas degradadas, são importantes para o sucesso da recomposição dessas áreas (MARTINS, 2016). Portanto, o controle de invasoras é um fator determinante para o estabelecimento das mudas e para o processo de regeneração, pois reduz a competição por luz, umidade, nutrientes, além de favorecer a germinação do banco de sementes. Consequentemente, deverá ser realizado controle mecânico por meio da roçada do capim exótico e de vegetação subarborescente daninha. O controle ambiental também ocorrerá na lagoa, devido à grande quantidade populacional de plantas aquáticas como o *Eichhornia azurea* e a *Typha domingensis*.

Outro ponto importante é o combate às formigas cortadeiras e aos cupins, pois essas pragas florestais podem provocar sérios danos às mudas, principalmente nos primeiros anos, podendo haver taxas de mortalidade elevadas. Ainda, é de extrema importância realizar o combate antes de qualquer atividade de preparo do solo na área, devido ao fato de que o revolvimento do solo pode atrapalhar a identificação dos trileiros na aplicação de iscas e esconder os olheiros, por onde é possível averiguar o grau da infestação (MARTINS, 2016).

O combate deverá ser realizado em área total, sem diferença metodológica para áreas secas ou úmidas, devido a novas tecnologias de iscas que não se degradam tão facilmente ao contato com umidade (CORREA, 2009; MARTINS, 2016).

Os produtos mais recomendados e eficientes no combate desses insetos são os compostos à base de Fipronil e Sulfuramida (MARTINS, 2016). Nesse caso, para as formigas o recomendado será o levantamento dos principais olheiros e formigueiros na propriedade, utilizando-se 10 g de iscas granuladas por m² de terra solta ao redor destes. Já para os cupinzeiros acima da superfície do solo é recomendada a perfuração deste com ajuda de uma vara de metal até atingir a porção mais interna e subterrânea – chamada de câmara de células – e a aplicação do produto com auxílio de bomba insufladora no interior do cupinzeiro (CORREA, 2009; MARTINS, 2016).

No monitoramento da área, deverá ser desenvolvido um conjunto de ações e procedimentos destinados a avaliar o sucesso ou avanço da sua recuperação. O principal objetivo é verificar se as metas delineadas estão sendo atingidas e se existem aspectos que devam ser reavaliados ou ajustados para que, dessa forma, se obtenha um diagnóstico sobre o processo de recuperação.

Uma vez iniciada a execução do projeto, deverão ser elaborados relatórios de monitoramento e avaliação, visando informar sobre a execução das medidas propostas, justificando as medidas não realizadas, informando os sucessos e insucessos da recuperação, com base nos parâmetros monitorados, e apontando e propondo correções para possíveis falhas do processo de recuperação da área (IBAMA, 2011).

No processo de monitoramento deverão ser utilizados indicadores qualitativos e quantitativos. Os indicadores qualitativos são aqueles obtidos de forma não mensurável, com base na observação dos seguintes parâmetros: se o isolamento da área está sendo mantido; se há ocorrência de fatores de degradação; se a área de ocorrência da voçoroca está reduzindo ou aumentando de tamanho, com o auxílio de imagens de satélite e fotográficas (IBAMA, 2011).

Já os indicadores quantitativos se valem da mensuração de determinados parâmetros descritivos da área em processo de restauração (IBAMA, 2011). Primeiramente, serão padronizadas parcelas potenciais que abrangem toda a área a ser avaliada, sendo parcelas de 50 m x 20 m fixas, nas quais serão avaliados os seguintes parâmetros: mortalidade do plantio; regeneração natural; presença de invasoras; riqueza, diversidade e florística das espécies presentes.

5 Considerações finais

O estudo apontou processos de degradação do solo, mesmo a área apresentando remanescentes florestais e regenerantes observados pelos índices de diversidade, além de resultados satisfatórios para qualidade da água da lagoa e para parâmetros químicos do solo, típicos do Cerrado. No entanto, o diagnóstico ambiental relevou a presença de voçorocas próximas a nascentes e olhos-d'água devido à vegetação mais escassa no entorno e topografia favorável.

Assim, algumas ações imediatas para a recuperação da área devem ser tomadas: realizar o isolamento da área; implantar ações de controle dos processos erosivos; implantar métodos de controle das voçorocas; promover a restauração da vegetação nas áreas afetadas pelos processos erosivos; realizar o plantio de espécies arbóreas para recuperação e preservação das nascentes, além de manutenções na área; e, por fim, monitorar esta, avaliando sua efetiva recuperação.

Portanto, o levantamento do diagnóstico ambiental da área degradada em consonância com a proposta de ações de recuperação é importante para a efetivação do Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), objetivando minimizar a degradação ambiental causada pela ação antrópica, em decorrência da exploração inadequada dos recursos naturais.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ALMEIDA, A. N.; RODRIGUES, N. G.; VIEIRA, L. C. G.; COUTO JUNIOR, A. F. Problemas nos estudos de impacto ambiental de rodovias e ferrovias. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 12, p. 129-136, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21438/rbgas.061210> .

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3. ed. rev. e aum. Ilhéus: Editus, 2016. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402.pdf>. Acesso em: 6 maio 2020.

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. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507> .

BARRETO, L.; BARROS, F.; BONOMO, P.; ROCHA, F.; AMORIM, J. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/eutrofizacao.pdf>. Acesso em: 9 maio 2020.

BRASIL. **Decreto nº 97.632, de 10 abril de 1989**. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97632.htm. Acesso em: 4 maio 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Código Florestal Brasileiro. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 4 maio 2020.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.930>.

CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ, V. V. H.; RIBEIRO, A. C. Amostragem do solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (org.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG, 1999. p. 13-20.

CARIELO, P.; CAMPOS, L. B.; PEREIRA, V. T. Y.; HENRIQUES, N. P. Levantamento fitossociológico do fragmento da trilha “capitão do campo” no parque estadual do Aguapeí, estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 29881-29896, dec. 2019. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n12-128>.

CASTRO, P. S.; GOMES, M. A. Técnicas de conservação de nascentes. **Revista Ação Ambiental**, Viçosa, v. 4, n. 20, p. 24-26, 2001.

CECA – CONSELHO ESTADUAL DE CONTROLE AMBIENTAL/MS. **Deliberação CECA/MS nº 36, de 27 de junho de 2012**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais e estabelece diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as diretrizes, condições e padrões de lançamento de efluentes no âmbito do Estado do Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. Campo Grande: Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul, 2012. Disponível em: <https://www>.

imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2015/06/Delibera%C3%A7%C3%A3o_CECA_MS_N%C2%BA36_DE_27_de_junho_de_2012__Enquadramento..pdf. Acesso em: 10 maio 2020.

CHAVES, T. A.; ANDRADE, A. G.; LIMA, J. D. S.; PORTOCARRERO, H. **Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural**. Niterói, RJ: Programa Rio Rural, 2012. 21 p. (Manual Técnico, 34). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/950896>. Acesso em: 4 maio 2020.

COLLI, G. R.; VIEIRA, C. R.; DIANESE, J. C. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, p. 1465-1475, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01967-x>.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 142, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=58&data=18/03/2005&totalArquivos=192>. Acesso em: 10 maio 2020.

CORREA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado**. Brasília, DF: Universa, 2009.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES . Ministério dos transportes. **Norma DNIT 070/ 2006 – PRO**: Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/dnit_070_2006_pro.pdf. Acesso em: 10 maio 2020.

DURIGAN, G. Métodos para análise de vegetação arbórea. *In*: CULLEN JUNIOR, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PÁDUA, C. (org.). **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: Editora UFPR; Fundação Boticário de Proteção à Natureza, 2003. p. 455-480.

DUTKA, B. J. Shortterm root elongation toxicity bioassay. *In*: DUTKA, B. J. **Methods for toxicological analysis of waters, wastewaters and sediments**. Ottawa: National Water Research Institute Environmental Canada, 1989. p. 60-90.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Curso de recuperação de áreas degradadas**: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 4. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 353 p.
EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas de produção**: recuperação de voçorocas em áreas rurais. Seropédica: Embrapa, 2006.

FARIAS, J. A. C.; TEIXEIRA, I. F.; PES, L.; ALVAREZ FILHO, A. Estrutura fitossociológica de uma Floresta Estacional Decidual na região de Santa Maria, RS.

Ciência Florestal, v. 4, n. 1, p. 109-128, 1994. DOI: <https://doi.org/10.5902/19805098301>

FELFILI, J. M.; NOGUEIRA, P. E.; SILVA JÚNIOR, M. C.; MARIMON, B. S.; DELITTI, W. B. C. Composição florística e fitossociologia do Cerrado sentido restrito no município de Água Boa - MT. **Acta Botânica Brasilica**, v. 16, n. 1, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062002000100012>.

FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRANETO, J. A. A. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 556 p. (v. I).

FERREIRA, R. M. R. Recuperação de voçorocas de grande porte. *In*: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE RAVINAS, VOÇOROCAS, EROSÃO HÍDRICA DO SOLO E MOVIMENTOS DE MASSA, 2015, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1025952>. Acesso em: 4 maio 2020.

GOMES, N. A.; LEITE, J. C. A.; FARIAS, C. A. S.; SILVA, A. P. O.; ISMAEL, F. C. M. Diagnóstico ambiental qualitativo no “lixão” da cidade de Pombal, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 61-67, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v12i1.4560>.

GONÇALVES, D. S.; SOUZA, P. A.; OLIVEIRA, A. L.; MARTINS, T. S. Diagnóstico ambiental e proposta de plano de recuperação da APP, Fazenda Santa Juliana, Cariri do Tocantins–TO. **Nucleus**, v. 13, n. 1, p. 261-276, 2016. Disponível em: <http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/1562>. Acesso em: 6 maio 2020.

HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 183-195, sept. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202008000300003>.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Instrução Normativa IBAMA nº 04, de 13 de abril de 2011**. Estabelece procedimentos para elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da execução de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada – PRAD. Brasília, DF: IBAMA, 2011. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=118064>. Acesso em: 15 jun. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 94 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: 16 maio 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Biomas do Brasil: primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

ICMBIO – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Instrução Normativa ICMBio nº 11, de 11 de dezembro de 2014**. Estabelece procedimentos para elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da execução de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada – PRAD. Brasília,

DF: ICMBIO, 2014. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2014/in_icmbio_11_2014_estabelece_procedimentos_prad.pdf. Acesso em: 15 jun. 2020.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Rossdorf: Zusammenarbeit, 1990. 343 p.

LAVINA, L. N.; LINS, G. A.; COSTA, E.; ROCHA, D. C.; SILVA, E. R.; ALMEIDA, J. R. Proposta de um plano de recuperação de área degradada por atividade de mineração. **Revista Internacional de Ciências**, v. 6, n. 1, p. 123-135, 2016. DOI: <https://doi.org/10.12957/ric.2016.25001>.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. 4. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2016. 266 p.

MENEZES FILHO, A. C. P. *Curatella americana* uma espécie característica do Cerrado pouco conhecida: características da sistemática, fenologia, fitoquímica e fitomedicinal. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 3, n. 1, p. 330-344, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/4287>. Acesso em: 16 jun. 2020.

MIRANDA, J. C. C. **Utilização de micorrizas na agricultura**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1986. 15 p.

MOURA, M. M. S.; ARAÚJO NETO, J. R.; PALÁCIO, H. A. Q.; BATISTA, F. J. A.; SOUSA, M. M. M. Vulnerabilidade à erosão quanto aos aspectos solo e vegetação em uma bacia hidrográfica no semiárido. **Revista Entorno Geográfico**, n. 13, p. 100-113, 2017. DOI: <https://doi.org/10.25100/eg.v0i13.6033> .

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, Feb. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1038/35002501> .

ODUM, E. P. **Ecologia**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434 p.

OLIVEIRA, L. M.; SANTOS, A. F.; TAVARES, M. E. F.; GANASSOLI, E.; GIONGO, M. Flora, estrutura diamétrica, hipsométrica e grupos ecológicos de um fragmento de Cerrado do Cariri, Tocantins. **Vértices**, v. 20, n. 1, p. 18-28, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v20n12018p18-28> .

PAIXÃO, A. A.; JOIA, P. R. Transporte rodoviário e organização espacial na microrregião geográfica de Aquidauana (MS). **Ciência Geográfica**, v. 23, n. 2, p. 498-511, jan.-dez. 2019. Disponível em: https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIII_2/agn_xxiii_2_web/agn_xxiii_2-11.pdf. Acesso em: 16 jun. 2020.

SALOMÃO, P. E. A.; BARBOSA, L. C.; CORDEIRO, I. J. M. Pasture degraded areas recovery: a brief review. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, p. 57922057, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i2.2057> .

SANCHES, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário Florestal**. Lavras: UFLA/Faepe, 1997. 341 p.

SILVA, C. M. A face infértil do Brasil: ciência, recursos hídricos e o debate sobre (in) fertilidade dos solos do cerrado brasileiro, 1892-1942. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 26, n. 2, p. 483-500, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702019000200007> .

SILVA JUNIOR, É. D.; SILVA, K. A. Análise da aplicabilidade do uso de pneus na recuperação de voçorocas por diferentes técnicas de disposição. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-2, jan. 2011. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/4551>. Acesso em: 6 maio 2020.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400018. Acesso em: 16 jun. 2020.

UBERABA. Secretaria do Meio Ambiente. **Manual de recuperação de nascentes**. Uberaba: Prefeitura Municipal de Uberaba, 2007.

VIEIRA, D.; SAMPAIO, A. B.; SKORUPA, L.; ARCO-VERDE, M. F.; CAMPELLO, E.; MORAES, L. F. D.; DURIGAN, G. **Espécies arbóreas e estratégias para a recomposição da vegetação nativa no bioma Cerrado**. Folheto. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1098121/especies-arboreas-e-estrategias-para-a-recomposicao-da-vegetacao-nativa-no-bioma-cerrado>. Acesso em: 10 jun. 2020.