

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - ICIAG

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA APP E DA ÁREA INUNDÁVEL
DO RIO PARANAÍBA EM PATOS DE MINAS/MG E DIRETRIZES
PARA RECUPERAÇÃO**

ENI APARECIDA DO AMARAL

UBERLÂNDIA - MG
2018

ENI APARECIDA DO AMARAL

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA APP E DA ÁREA INUNDÁVEL
DO RIO PARANAÍBA EM PATOS DE MINAS/MG E DIRETRIZES
PARA RECUPERAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. André Rossalvo Terra Nascimento

Co-orientador

Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva

**UBERLANDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

A485d Amaral, Eni Aparecida do, 1984
2018 Diagnóstico ambiental da APP e da área inundável do rio Paranaíba
em Patos de Minas/MG e diretrizes para recuperação / Eni Aparecida do
Amaral. - 2018.
79 p. : il.

Orientador: André R. Terra Nascimento.
Coorientador: Claudionor Ribeiro da Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.257>
Inclui bibliografia.

1. Qualidade ambiental - Teses. 2. Degradação ambiental - Teses. 3.
Sensoriamento remoto - Teses. 4. Impacto ambiental - Teses. I.
Nascimento, André R. Terra. II. Silva, Claudionor Ribeiro da. III.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Qualidade Ambiental. IV. Título.

CDU: 574

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

ENI APARECIDA DO AMARAL

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA APP E DA ÁREA INUNDÁVEL
DO RIO PARANAÍBA EM PATOS DE MINAS/MG E DIRETRIZES
PARA RECUPERAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental - Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 22 de fevereiro de 2018.



Prof. Dr. André R. Terra Nascimento - UFU
(Orientador)

Prof. Dr. Ângelo Evaristo Sirtoli - UFPR

Prof. Dr. Breno de Souza Martins - UFU

**UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pelas oportunidades e conquistas concedidas, dentre elas poder realizar e concluir o mestrado.

Agradeço à minha família: aos meus pais Everaldo e Celma, a quem dedico este trabalho; às minhas irmãs: Elaine, Alessandra e Lais; aos meus cunhados Lucas e Eli Carlos; ao meu sobrinho Miguel e ao meu namorado Oswaldo Júnior, que compreenderam minha ausência em vários momentos e que me incentivaram e me apoiaram incondicionalmente, durante esses dois anos de trajetória. Obrigada por toda compreensão, paciência e apoio prestado.

Agradeço aos meus colegas do mestrado pela amizade e convivência, em especial à Daniela, que se tornou uma grande amiga desde o primeiro dia de aula. E não poderia esquecer a Sheila, que assim como a Daniela, hospedou-me em Uberlândia - MG.

Agradeço ao Professor Dr. André R. Terra Nascimento pela orientação e contribuições a este trabalho. A ele o meu respeito e reconhecimento. Ao Professor Dr. Claudionor pela co-orientação, pelas contribuições e disposição em esclarecer todas as dúvidas relacionadas às técnicas de processamento digital de imagens, tratadas no presente estudo.

À banca examinadora: Prof. Dr. Ângelo Evaristo Sirtoli da Universidade Federal do Paraná - UFPR e Prof. Dr. Breno de Souza Martins da Universidade Federal de Uberlândia - UFU (membros titulares) pelo aceite em participar da banca examinadora e por fornecerem suas contribuições a este trabalho. Agradeço também pela disponibilidade dos membros suplentes: Prof. Dr. Claudinei Taborda da Silveira (UFPR) e Prof. Dr. Lísias Coelho, PhD. (UFU).

Ao LAB-SIGEO (Laboratório de Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica) da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo/MG, pela disponibilização do *software* ENVI utilizado para realização deste estudo.

À Prefeitura de Patos de Minas (SEPLAN e Diretoria de Meio Ambiente) pela disponibilização da imagem *Rapideye*, de documentos e arquivos municipais e ainda de equipamentos (veículo e câmera fotográfica) necessários aos trabalhos de campo.

Agradeço aos meus colegas da Prefeitura pelo incentivo e apoio: ao Diretor de Meio Ambiente César Caixeta, à engenheira florestal Sophia Vieira, às estagiárias Lorena Pereira e Isabella e em especial, ao fiscal de meio ambiente Fábio Pacheco e ao engenheiro ambiental Gabriel Rosa do Centro Universitário de Patos de Minas

(UNIPAM), que me auxiliaram nos levantamentos dos impactos ambientais na área de estudo e aferição das classes em campo e que se mostraram sempre disponíveis. Agradeço também ao arquiteto Marcelo Ferreira por sua prestatividade na disponibilização de documentos e arquivos municipais essenciais ao desenvolvimento deste trabalho.

Um agradecimento especial à empresa CEAL – Caixeta Engenharia de Agrimensura nas pessoas de João Wilson Caixeta, Leonardo Gonçalves e Matheus Henrique, que disponibilizaram o Gps *PRO XR L1/L2*, e o *software Pathfinder Office®*, bem como forneceram todas as instruções necessárias ao manuseio dos mesmos. Também quero agradecer ao Leuder Ribeiro pela revisão dos *Abstracts* da presente dissertação.

Por fim, agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental (PPGMQ) da Universidade Federal de Uberlândia e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação acadêmica ou para o desenvolvimento desta pesquisa.

“A vida está diretamente ligada ao meio ambiente. Trabalhar ideias a favor das florestas nos permite usufruir de uma qualidade de vida superior”.

Autor: Alisson Aparecido Ferreira

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iii
RESUMO GERAL	iv
ABSTRACT	v
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	4
CAPÍTULO 1	6
Resumo	7
Abstract	8
1 Introdução	9
2 Material e Métodos	13
2.1 Localização e caracterização da área de estudo	13
2.2 Aquisição da imagem <i>Rapideye</i>	16
2.3 Pré-processamento da imagem	16
2.4 Delimitação das áreas de APP e de inundação	17
2.5 Classificação supervisionada pela máxima verossimilhança	17
2.6 Classificação pela segmentação dos valores de NDVI	20
2.7 Acurácia das classificações – Índice <i>Kappa</i>	20
2.8 Confeção dos <i>layouts</i> finais	22
3 Resultados e Discussão	23
4 Conclusões	34
Referências	35
CAPÍTULO 2	39
Resumo.....	40
Abstract	41
1 Introdução	42
2 Material e Métodos	45
2.1 Área de estudo	45
2.2 Identificação e avaliação de impactos ambientais	45
2.3 Identificação das áreas críticas de degradação ambiental	48
3 Resultados e Discussão	49
4 Conclusões	63

Referências	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
ANEXO I	68
ANEXO II	70
ANEXO III	72
ANEXO IV	75
ANEXO V	76
ANEXO VI	78

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- FIGURA 1** - Localização de Patos de Minas e da das áreas de Preservação Permanente, com delimitação regida pelo Código Florestal e de inundação delimitada pela cota de 782 metros consideradas no presente estudo13
- FIGURA 2** - Inundações do rio Paranaíba, em Patos de Minas, que alcançaram a cota altimétrica de 780 metros em 1983 (a e b), e a cota 782 metros em 1992 (c e d)15
- FIGURA 3** - Imagem após a composição RGB: (a): *scroll*; (b): *image* (c) *zoom*.....16
- FIGURA 4** - Classes temáticas obtidas pela classificação pela máxima verossimilhança (MAXVER) para a área inundável do rio Paranaíba em seu trecho urbano no município de Patos de Minas/MG24
- FIGURA 5** - Classes temáticas obtidas pela classificação pela máxima verossimilhança (MAXVER) para a faixa de 50 metros de APP do rio Paranaíba em seu trecho urbano, no município de Patos de Minas/MG26
- FIGURA 6** - Classes temáticas obtidas para o uso e cobertura do solo na área inundável do rio Paranaíba em Patos de Minas, em seu trecho urbano, conforme parâmetros do NDVI29
- FIGURA 7** - Classes temáticas obtidas para o uso e cobertura do solo na faixa de 50 metros de APP do trecho urbano do rio Paranaíba em Patos de Minas, conforme parâmetros do NDVI.....31

Capítulo 2

- FIGURA 1** - Área de Preservação Permanente (APP) do rio Paranaíba (presente estudo) no município de Patos de Minas e localização dos pontos visitados em campo para levantamento dos impactos ambientais45
- FIGURA 2** - Distribuição da frequência dos impactos ambientais na APP do rio Paranaíba, Patos de Minas, MG49
- FIGURA 3** - Área crítica de degradação dentro da área de APP e leito do rio, no trecho do rio Paranaíba próximos aos bairros Santa Luzia, Santa Terezinha e Nossa Senhora Aparecida, em Patos de Minas / MG, onde verificou-se presença de desbaste, esgoto,

erosão, assoreamento, risco de deslizamento, lixo e espécies exóticas, além de ocupação antrópica e vias públicas com infraestrutura de asfalto, energia e água	56
FIGURA 4 - Área crítica de degradação dentro da área de APP e leito do rio, no trecho do rio Paranaíba onde deságua o ribeirão da Fábrica, em Patos de Minas/MG, onde verificou-se além de pastagem e solo exposto (erosão e assoreamento), esgoto, lixo, espécies exóticas/invasoras e indícios de bovinos	57
FIGURA 5 - Área crítica de degradação dentro da área de APP e leito do rio, no trecho do rio Paranaíba onde deságua o Córrego da Cadeia, em Patos de Minas/MG, onde verificou-se além de pastagem, presença de erosão, assoreamento, esgoto, lixo e espécies exóticas	58
FIGURA 6 - Área crítica de degradação dentro da área de APP e leito do rio, no trecho do rio Paranaíba próximo ao Bairro Laranjeiras e Sorriso, em Patos de Minas/MG, onde verificou-se presença de solo exposto, erosão, assoreamento, esgoto, indícios de fogo, lixo e espécies exóticas	60
FIGURA 7 - Área crítica de degradação dentro da área de APP e leito do rio, no trecho do rio Paranaíba próximo onde deságua o córrego Água Limpa, em Patos de Minas / MG, onde verificou-se pastagem, presença significativa de erosão e assoreamento, além de esgoto, lixo e espécies exóticas	61

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

TABELA 1 - Critérios para identificação das classes (amostras de treinamento) na imagem, após a composição RGB	18
TABELA 2 - Agrupamento qualitativo do coeficiente <i>kappa</i> , de acordo com o desempenho de uma classificação obtida	22
TABELA 3 - Uso e cobertura do solo na área de inundação do rio Paranaíba, no perímetro urbano, no município de Patos de Minas, obtida através da classificação supervisionada de máxima verossimilhança no <i>software</i> ENVI 4.8	23
TABELA 4 - Uso e cobertura do solo na faixa de 50 metros de APP do trecho urbano do rio Paranaíba em Patos de Minas, obtida através da classificação supervisionada de máxima verossimilhança no <i>software</i> ENVI 4.8	27
TABELA 5 - Uso e cobertura do solo na área de inundação do rio Paranaíba, no perímetro urbano, obtida através da segmentação dos intervalos de dados do NDVI no <i>software</i> ENVI 4.8.....	30
TABELA 6 - Uso e cobertura do solo na faixa de 50 metros de APP do rio Paranaíba, trecho urbano, obtida através da segmentação dos intervalos de dados do NDVI no <i>software</i> ENVI 4.8.....	32

Capítulo 2

TABELA 1: Atributos utilizados para determinação da magnitude e da importância dos impactos ambientais levantados na área de APP do rio Paranaíba (trecho urbano), em Patos de Minas - MG	46
TABELA 2 - Disposição dos eixos horizontal e vertical da matriz adaptada de Leopold et al. (1971) avaliando-se os impactos identificados na APP em estudo, quanto a sua magnitude e importância sobre um determinado componente ambiental	48
TABELA 3 - Matriz dos impactos ambientais identificados na APP do rio Paranaíba, avaliados quanto aos atributos: tempo de ação, ignição, reversibilidade, extensão, duração e intensidade	51
TABELA 4 - Matriz dos impactos ambientais identificados na APP do rio Paranaíba, avaliados quanto aos atributos: magnitude e importância	52

RESUMO GERAL

AMARAL, E. A. **Diagnóstico ambiental da APP e da área inundável do rio Paranaíba em Patos de Minas/MG e diretrizes para recuperação**. 2018. 79f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG¹.

As modificações em áreas de preservação ambiental têm influência ou são potencializadas pela ação antrópica, principalmente devido ao processo de urbanização não planejada e às práticas agropastoris intensivas que promovem o desmatamento, degradação e usos irregulares das mesmas. O presente estudo teve como objetivo realizar um diagnóstico ambiental da Área de Preservação Permanente e da área de inundação do trecho urbano do rio Paranaíba no município de Patos de Minas. Para isso, foram realizados métodos de classificação digital (máxima verossimilhança e segmentação de valores do NDVI) que determinaram a cobertura vegetal e os tipos de uso e ocupação do solo presentes na Área de Preservação Permanente, delimitada conforme parâmetros do Código Florestal Brasileiro e também na área que é considerada como de risco de inundação e de preservação no âmbito municipal (delimitada pela cota altimétrica de 782 metros). Além disso, foram levantados os principais impactos ambientais presentes, analisados através da matriz adaptada de Leopold (1971). Para o levantamento de impactos, considerou-se apenas a área de APP com limites estabelecidos pelo Código Florestal. A classificação pela máxima verossimilhança obteve o melhor índice *Kappa* (0,84) e acusou presença de mata ciliar em 34,01% da área de inundação, sendo que a pastagem foi a classe predominante em toda a área de inundação do rio (39,52%). O restante da área (26,47%) foi representado por água, edificações, solo exposto e *Eucalyptus* sp. Em relação à Área de Preservação Permanente, com limites definidos pelo Código Florestal, a vegetação nativa ocupou a maior parte da área (56,62%), sendo o restante das áreas (43,38%) ocupadas por outros usos, predominando a pastagem. Os principais impactos negativos, de origem antrópica, identificados na Área de Preservação Permanente do rio Paranaíba, foram: disposição de resíduos sólidos, presença de bovinos e equinos, presença de espécies exóticas ou invasoras, lançamento de efluentes domésticos e industriais, ausência ou ineficiência de dissipadores pluviais, erosão e assoreamento, trilhas internas, pescas e ainda, desbastes e incêndios. A análise conjunta das classes de cobertura e uso do solo, juntamente com o levantamento e avaliação de impactos ambientais permitiu apontar as áreas em conflito com a legislação ambiental e ainda degradadas e/ou com usos irregulares, indicando necessidades de regularização e recuperação.

Palavras-chave: Degradação, sensoriamento remoto, vegetação ripária, impactos ambientais.

¹ Comitê Orientador: André R. Terra Nascimento – UFU e Claudionor Ribeiro da Silva – UFU.

ABSTRACT

AMARAL, E. A. **Diagnóstico ambiental da APP e da área inundável do rio Paranaíba em Patos de Minas/MG e diretrizes para recuperação.** 2018. 79f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG¹.

Modifications in environmental preservation areas are often influenced or potentiated by anthropic action mainly because of unplanned urbanization process and intensive agricultural and pasture practices, which in turn cause deforestation, degradation and irregular land uses. This study aimed to carry out an environmental diagnosis of the Paranaíba River's Permanent Preservation Area and floodplain in its urban stretch located in Patos de Minas/MG. For this, digital classification methods (maximum likelihood and segmentation of NDVI values) were carried out in order to determine the native vegetal coverage and land use in the area defined as Permanent Preservation Area, according to the parameters of the Brazilian Forest Code and in the flood-prone area declared as permanent preservation at the municipal level (area bounded by the altimeter elevation of 782 meters). Moreover, the main environmental impacts were identified, and then, they were analyzed through the adapted matrix from Leopold (1971). For survey of impacts, only the APP area with limits established by Forest Code were considered. The classification by maximum likelihood obtained better Kappa index (0,84) and showed riparian forest in 34,01% of the floodable area. Pasture was the predominant class in the entire floodplain of the river (39,52 %). The remain area (26,47%) was represented by water, buildings, exposed soil and *Eucalyptus* sp. As far as the Permanent Preservation Area, with limits defined by the Forest Code is concerned, vegetation remnants occupied most of the area (56,62%), while remaining areas (43,38%) was occupied by other uses, pasture predominantly. The main negative impacts, of anthropogenic origin, identified in the Paranaíba River's permanent preservation area were: disposal of solid waste, presence of cattle and horses, presence of exotic or invasive species, release of domestic and industrial effluents, absence or inefficiency of energy sinks, erosion and deposition of sediments within the river, internal trails, fisheries, and slabs and fires. The joint analysis of the coverage and land use classes, together with the survey and evaluation of environmental impacts, allowed to identify the areas in conflict with environmental legislation, and still degraded and / or with irregular uses, indicating regularization and recovery needs.

Keywords: Degradation, remote sensing, riparian vegetation, environmental impacts.

¹ Comitê Orientador: André R. Terra Nascimento – UFU e Claudionor Ribeiro da Silva – UFU.

INTRODUÇÃO GERAL

A implantação de Áreas Protegidas no Brasil, por meio do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (Brasil, 2000) e da adoção do Código Florestal desde 1965, foi a principal estratégia visando a conservação ambiental no país, tendo grande influência sobre o uso da terra e dos ecossistemas (OLIVEIRA et al., 2017).

Com a revisão do Código Florestal Brasileiro, as Áreas de Preservação Permanente (APPs) são agora definidas e delimitadas pela Lei Federal nº 12.651 de 2012 e o grau de proteção que é conferido a elas, se deve às funções ambientais que as mesmas desempenham em proteger os recursos naturais, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, o solo e em garantir a estabilidade geológica (BRASIL, 2012).

As APPs podem ser de domínio público ou privado e os tipos mais comuns estão localizados junto aos cursos d'água, represas, lagos naturais, ao redor de nascentes, em topo de morros e em declividades maiores que 45° (BRASIL, 2012). Em se tratando de APPs fluviais, a presença de cobertura florestal diminui a frequência de cheias, uma vez que a vegetação estimula infiltração da água evitando que escoe pela superfície (HONDA e DURIGAN, 2017; RICE et al., 1969; MONTGOMERY et al., 2000; GLADE, 2003; RAMOS-SCARRÓN e MACDONALD, 2007; REUBENS et al., 2007; GARCIA-RUIZ et al., 2010).

De acordo com Alemu et al. (2017), a vegetação ripária (vegetação natural que margeia os cursos d'água) constitui uma zona de transição entre os ecossistemas aquáticos e terrestres e fornecem muitas funções, incluindo a redução do carregamento de sedimentos, o controle da erosão, além de fornecer sombra e habitat para organismos, sendo também essencial para diminuir os impactos negativos sobre o solo.

As zonas ripárias fornecem, de acordo com Hale et al. (2018), uma variedade de serviços ecossistêmicos, proporcionam o sequestro de carbono e ainda regulam a transferência de nutrientes e sedimentos em vias navegáveis, reduzindo o risco de eutrofização e perda de nutrientes em ambientes aquáticos. No entanto, essa vegetação é muitas vezes removida ao longo de córregos e rios para diversos fins, como o pastoreio, fornecimento de água para gado e ainda para produção de culturas (TANIWAKI et al., 2017).

As APPs são áreas ecologicamente sensíveis e vulneráveis, projetadas para a preservação (OLIVEIRA et al., 2017), o que significa que devem estar cobertas com sua vegetação nativa, não sendo permitido nenhum tipo de uso. As modificações ambientais

ocorridas nessas áreas têm influência ou são potencializadas por ação antrópica, como ocorre nos processos de urbanização não planejada e em práticas agropastoris intensivas que promovem o desmatamento, degradação e uso irregular das mesmas (BARBOSA, 2011).

As formas de uso e ocupação do solo no município de Patos de Minas, vêm comprometendo cada vez mais a integridade das APPs, especialmente na região dentro ou próxima à malha urbana, onde são visíveis os conflitos em torno da aplicação dos limites e preservação dessas áreas. Tal fato está vinculado às intervenções antrópicas e também à deficiência na fiscalização ambiental.

Para diagnósticos ambientais quanto ao uso e ocupação do solo em APPs, tem-se a utilização das geotecnologias que segundo Rosa (2005) se baseiam na coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica, sendo compostas por soluções em *hardware* e *software*, que juntas constituem importantes ferramentas para tomada de decisões. Neste contexto, destacam-se os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), o Geoprocessamento, o Sensoriamento Remoto e a Geoestatística.

Dentre as geotecnologias citadas, o uso de Sensoriamento Remoto tem representado um importante recurso para o planejamento urbano e a tomadas de decisões relacionadas ao meio ambiente, revelando-se como um instrumento de grande importância para o controle ambiental e para o monitoramento de áreas protegidas, permitindo a compreensão do uso e ocupação do solo, bem como a distribuição da cobertura de vegetação, atuando como um instrumento auxiliar no estudo do espaço urbano (GREEN, 1994; CINTRA e MACÊDO, 2016).

Diversos estudos utilizaram técnicas geoespaciais para investigar APPs em diversas partes do mundo. FU et al. (2016) utilizaram conjuntos de dados temporais de sensoriamento remoto, referentes ao uso da terra para valorar serviços ecossistêmicos e identificar fatores econômicos e ambientais impactantes em zonas ripárias do Rio Songhua, na China. Gasparini et al. (2013), Moreira et al. (2015) e Garcia et al. (2015) utilizaram geotecnologias para classificar o uso do solo e conflitos com a legislação vigente em áreas protegidas nos municípios de Seropédica- RJ, Muqui – ES e Perdeneiras/SP, respectivamente.

Por outro lado, Oliveira et al (2017) cruzaram mapas de uso do solo com os de APP para identificar situações de não conformidade com a legislação ambiental na

fronteira agrícola do oeste da Bahia para uma análise do desmatamento e simulação de cenários de corredores estruturais.

A avaliação de impacto ambiental em APPs por meio de matrizes de interação também constitui uma importante ferramenta de diagnóstico ambiental, que de acordo com SÁNCHEZ (2006) possibilita elencar as principais atividades ou ações antrópicas impactantes ao sistema ambiental, possibilitando assim dar suporte para proposição e implementação de medidas mitigadoras, bem de recuperação de áreas criticamente degradadas.

Mapear a cobertura vegetal e as classes de uso do solo, bem como levantar os impactos ambientais presentes em APPs e em regiões com risco de inundação, é de fundamental importância para compor um diagnóstico ambiental dessas áreas, fornecendo suporte para dos órgãos responsáveis pela gestão, monitoramento e fiscalização ambiental. O conhecimento acerca da situação ambiental de APPs e de áreas que estão sujeitas a inundações é necessário para subsidiar projetos e ações voltados para gerenciamento de riscos, preservação ou ainda para a recuperação ambiental das áreas que se encontram degradadas.

Assim, tendo em vista ampliar os conhecimentos sobre conflitos envolvendo a legislação, a delimitação e a conservação de APPs, bem como sobre potencialidades e necessidades de recuperação e preservação ambiental que apresentam, esta dissertação está estruturada em dois capítulos, sendo eles:

CAPÍTULO 1 – Análise espacial da Área de Preservação Permanente e da área inundável do rio Paranaíba em Patos de Minas- MG – apresenta a análise da cobertura vegetal nativa, bem como as classes de uso e ocupação do solo presentes na faixa de 50 metros de preservação em um trecho do rio Paranaíba e na área de inundação do mesmo, apresentando os possíveis conflitos com a legislação federal e municipal.

CAPÍTULO 2 – Avaliação de impacto ambiental na área de preservação do rio Paranaíba no município de Patos de Minas e diretrizes para recuperação, apresenta o levantamento dos principais impactos ambientais existentes na área de estudo, interpretados e analisados na forma da matriz de Leopold (1971) adaptada, o apontamento das áreas dentro da APP criticamente degradadas bem como a proposição de diretrizes para recuperação.

REFERÊNCIAS

- ALEMU, T. BAHRNDORFF, S. HUNDERA, K. ALEMAYEHU, E. AMBELU, A. Effect of riparian land use on environmental conditions and riparian vegetation in the east African highland streams. **Limnologia - Ecology and Management of Inland Waters**, v.3, 2017, p. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2017.07.001>
- BARBOSA, A.S.; ETCHEBEHERE, M.E.C.; SAAD, A.R. Análise da degradação das áreas de preservação permanente – APPS na microbacia cabosol, zona de defesa do núcleo Cabuçu, Guarulhos – SP. **Revista UnG - Geociências**, v.10, 2011, p. 36-63.
- BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF (2012 maio 25). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acessado em: 05set2016.
- BRASIL. Lei nº 9985 de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF (2012 maio 25). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acessado em: 05nov2017.
- CINTRA, G. V. MACÊDO, M. P. Cartografia Digital: Ferramenta auxiliar no estudo de áreas verdes em ambientes urbanos. In: SANTOS, F. R. dos; MACÊDO, M. P. **Ambiente e Sociedade: Condicionais e potencialidades no espaço goiano**. Jundiaí: Paco Editorial, p.165-186, 2016.
- FU, B. LI, Y. WANGC, Y. ZHANGA, B. YIND, S. ZHUE, H. XINGA, Z. Evaluation of ecosystem service value of riparian zone using land use data from 1986 to 2012. **Ecological Indicators**, v.69, 2016, p. 873-881. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.05.048>
- GARCIA, Y. M. CAMPOS, S. SPADOTTO, A. J. CAMPOS, M. Caracterização de conflitos de uso do solo em APPs na bacia hidrográfica do Córrego Barra Seca (Perdeneiras/SP). **Energia na Agricultura**, v.30, n.1, 2015, p. 68-73.
- GARCÍA-RUIZ, J.M. BEGUERÍA, S. ALATORRE, L.C. PUIGDEFÁBREGAS, J. Land cover changes and shallow landsliding in the flysch sector of the Spanish Pyrenees. **Geomorphology**, v.124, 2010, p. 250-259. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.03.036>
- GASPARINI, K. A. C. LYRA, G. B. FRANCELINO, M. R. DELGADO, R. C. JUNIOR, F. O. FACCO, A. G. Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicadas na Identificação de Conflitos do Uso da Terra em Seropédica-RJ. **Floresta e Ambiente**, v.20, n.3, 2013, p. 296-306. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2013.030>
- GLADE, T. Landslide occurrence as a response to land use change: a review of evidence from New Zealand. **Catena**, v.51, 2003, p. 297-314. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(02\)00170-4](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00170-4)

GREEN, K. The Potential and limitations of remote sensing and GIS in providing ecological information. In: Sample VA. (Ed.). **Remote sensing and GIS in ecosystem management**. Washington: Island Press, p. 327-336, 1994.

HALE, R. REICH, P. DANIEL, T. LAKE, P. S. CAVAGNARO, T. R. Assessing changes in structural vegetation and soil properties following riparian restoration. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.252, 2018, p. 22-29.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.036>

HONDA, E. A. DURIGAN, G. A restauração de ecossistemas e a produção de água. **Hoehnea**, v.44, n.3, 2017, p. 315-327. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-82/2016>

LEOPOLD, L. B., CLARKE, F. E., HANSHAW, B. B., e BALSLEY, J. R. A Procedure for Evaluating Environmental Impact. **Geological Survey Circular 645**, USGS, Washington, D. C. 1971. 13p.

MONTGOMERY, D. R. SCHMIDT, K. M. GREENBERG, H. M. DIETRICH, W.E. Forest clearing and regional landsliding. **Geology**, v.28, 2000, p. 311-314.
[https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2000\)28%3C311:FCARL%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2000)28%3C311:FCARL%3E2.0.CO;2)

MOREIRA, T. R. SANTOS, A. R. DALFI, R. L. CAMPOS, R. F. SANTOS, G. M.A.D.A. EUGENIO, F. C. Confronto do uso e ocupação da Terra em APPs no Município de Muqui, ES. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.2, 2015, p. 141-152.
<https://doi.org/10.1590/2179-8087.019012>

OLIVEIRA, S. N. JUNIOR, O.A. C. GOMES, R. A. T. GUIMARÃES, R. F. MCMANUS, C. M. Desflorestation analysis in protected areas and scenario simulation for structural corridors in the agricultural frontier of Western Bahia, Brazil. **Land Use Policy**, v.61, 2017, p. 40–52. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.046>

RAMOS-SCHARRÓN, C. E. MACDONALD, L. H. Measurement and prediction of natural and anthropogenic sediment sources, St. John, US Virgin Islands. **Catena**, v.71, 2007, p. 250-266.

REUBENS, B. POESEN, J. DANJON, F. GEUDENS, G. MUYS, B. The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture: a review. **Trees**, v.21, 2007, p. 385-402. <https://doi.org/10.1007/s00468-007-0132-4>

RICE, R.M. CROBETT, E.S. BAILEY, R.G. Soil slips related to vegetation, topography, and soil in southern California. **Water Resources Research**, v.5, 1969, p.647-659.
<https://doi.org/10.1029/WR005i003p00647>

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v.16, 2005, p. 81-90.

SANCHEZ, L.E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2006. 495p.

TANIWAKI, R. H. CASSIANO, C.C. FILOSO, S. FERRAZ, S. F. de B. CAMARGO, P. B. MARTINELLI, L. A. Impacts of converting low-intensity pastureland to high-intensity bioenergy cropland on the water quality of tropical streams in Brazil. **Science of the Total Environment**, v.584-585, 2017, p. 339-347.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.150>

CAPÍTULO 1

ANÁLISE ESPACIAL DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DA ÁREA INUNDÁVEL DO RIO PARANAÍBA EM PATOS DE MINAS- MG

RESUMO

Um dos problemas socioambientais de maior relevância no município de Patos de Minas está relacionado à degradação e aos usos irregulares da Área de Preservação Permanente (APP) e da área de inundação do rio Paranaíba, no perímetro urbano, ocasionando inundações periódicas (enchentes) e perdas de solo por processos erosivos. O objetivo deste estudo foi determinar a cobertura vegetal nativa e os tipos de uso do solo da Área de Preservação Permanente e da área inundável de um trecho do rio Paranaíba, no município de Patos de Minas, utilizando-se imagem *Rapideye* 2014. Para este propósito, foi realizada a classificação supervisionada pela máxima verossimilhança e a classificação por meio da segmentação de valores do NDVI, utilizando-se o *software* ENVI 4.8. Em relação à área de inundação, a classificação pela máxima verossimilhança apontou a existência de mata ciliar em 34,01% da área, predominado o uso de pastagem (39,52%), enquanto que na área de APP, com limites definidos pelo Código Florestal, a vegetação nativa ocupou a maior parte da área (51,40%), sendo o restante das áreas ocupadas por outros usos, predominando a pastagem. O NDVI variou entre -0,5124 e 0,7807, e a classificação por meio da segmentação dos seus valores apontou vegetação nativa ocupou 36,68 % da área inundável, sendo pastagem o uso predominante (47,92% de toda a área). Para a APP conforme Código Florestal, a vegetação nativa representou 52,2% da área, seguido de pastagem que representou 31,59%, e foi o uso predominante dentre as classes de não conformidade com o Código Florestal, ou seja, com ausência de floresta ripária. Em relação aos dois tipos de classificação digital utilizados, a máxima verossimilhança apresentou melhor nível de exatidão na classificação, conforme o valor de índice *Kappa*. Os resultados encontrados apontaram conflitos com a legislação ambiental vigente e a existência de áreas degradadas, identificando a necessidade de esforços para recuperação e reflorestamento. Os dados gerados fornecem bases para o diagnóstico de áreas de preservação e de risco ambiental no município de Patos de Minas.

Palavras-chave: urbanização, floresta ripária, uso do solo, conflitos.

ABSTRACT

One of the most relevant socioenvironmental problems in the municipality of Patos de Minas is related to the degradation and irregular uses of the floodplain and the Paranaíba River's permanent preservation area (PPA) in the urban perimeter, causing periodic flooding (floods) and losses of soil only by erosive processes. This paper aims to determine the native vegetal coverage and land use on the Paranaíba River's Permanent Preservation Area (PPA) and the floodplain, of an urban stretch of the river of Patos de Minas – MG, by using Rapideye's 2014 image. For this purpose, supervised classification by maximum likelihood estimate and segmentation of values brought forth in the NDVI were used, in the ENVI 4.8 software. As to the floodplain, classification through maximum likelihood indicated the presence of vegetation remnants in 34.01% of the total area, predominating pasture (39.52%), while in the PPA, with limits defined Brazilian Forest Code (50 meters), riparian forest occupied most of the area (51.40%), and the remaining of the areas are dedicated to other purposes, in which pasture is the predominant one. The NDVI ranged from -0.5124 to 0.7807, and the classification through of segmentation of values brought forth in the NDVI accused vegetation remnants occupying 36,68 % of the floodplain, being pasture (47,91%) the predominant use. In the case of protected areas with limits defined by Brazilian Forest Code, vegetation remnants represented 52,2% of the total area, followed by pasture (31,59% total area's PPA) and it was the predominant use among classes of non-compliance with the Forest Code, that is, with absence of riparian forest. As far as the two types of digital classification used, the maximum likelihood presented a better level of accuracy in the classification, according to the Kappa index value. The results showed conflicts with existing environmental legislation and the existence of degraded areas, identifying the need for recovery and reforestation efforts. The data generated provide the basis for the diagnosis of areas of preservation and environmental risk in the municipality of Patos de Minas.

Keywords: urbanization, riparian Forest, land's use, conflicts.

1 INTRODUÇÃO

Um dos problemas socioambientais de maior relevância no município de Patos de Minas está relacionado à degradação e aos usos irregulares da Área de Preservação Permanente (APP) e da área de inundação do rio Paranaíba, no perímetro urbano, ocasionando inundações periódicas (enchentes) e perdas de solo por processos erosivos, trazendo diversas consequências para o ambiente e para a sociedade.

De acordo com Croke (2017), é amplamente aceito na comunidade científica que a vegetação ripária, bem como sua estrutura, densidade e posição podem influenciar a vazão fluvial através do seu efeito sobre a velocidade do fluxo, gradiente de energia e altura de enchentes, ajudando a atenuar os problemas de inundação.

No entanto, a urbanização sem planejamento, as práticas agropastoris intensivas e a deficiência de fiscalização de áreas protegidas vêm causando desmatamento, conversão em usos irregulares e ainda degradação ambiental das mesmas (BARBOSA, 2011), conforme verificado por Oliveira et al. (2017), FU et al. (2016), Gasparini et al. (2013), Moreira et al. (2015) e Garcia et al. (2015) e tal como observado também em Patos de Minas, onde as formas de uso e ocupação do solo vêm comprometendo cada vez mais a integridade das zonas ripárias (AMARAL et al., 2013), causando desconformidades com a legislação ambiental vigente.

De acordo com o novo Código Florestal, para as APPs de cursos d'água naturais são pré-estabelecidas faixas de preservação, tanto nas zonas rurais quanto nas urbanas, desde a borda da calha do leito regular e em larguras mínimas que vão variar conforme a categoria de largura do corpo hídrico (BRASIL, 2012).

Além dos enquadramentos previstos, esta mesma lei considera em seu artigo sexto, inciso terceiro, como de preservação permanente, aquelas áreas declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas à proteção de várzeas de inundação, definidas como áreas marginais a cursos d'água sujeitas a enchentes e inundações periódicas. É o caso de Patos de Minas, onde a área inundável, delimitada pela cota altimétrica atingida pela máxima cheia do rio Paranaíba (782 metros), é considerada APP no âmbito municipal (PATOS DE MINAS, 1991; PATOS DE MINAS, 2008; BRASIL, 2012).

O conhecimento e as técnicas de sensoriamento remoto têm se mostrado importantes ferramentas para diagnósticos ambientais, no que se refere à visão de uso e ocupação de áreas de preservação permanente, bem como na distribuição da vegetação

nativa (CINTRA e MACÊDO, 2016), e desta forma, podem apontar possíveis conflitos com a legislação ambiental vigente.

De acordo com Meneses e Almeida (2012), o sensoriamento remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres. É constituído atualmente por uma razoável constelação de satélites que oferecem imagens para atender as necessidades de uma ampla demanda de usuários.

O uso de sensoriamento remoto tem representado um importante suporte para o planejamento e tomadas de decisões relacionadas ao meio ambiente (Green, 1994; Costa et al., 2016). Os limites de utilização dessas informações dependem da resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal dos dados (BITENCOURI e MESQUITA JR, 2005).

Considerando a largura dos rios e das faixas ocupadas pelo ambiente ciliar nas margens, seu estudo geralmente é feito com imagens de alta resolução espacial, que somadas à capacidade de processamento e análise de dados, tornam possível a verificação de áreas submetidas às restrições impostas pela legislação ambiental, suas irregularidades, bem como a possibilidade de recuperação que apresentam (PINCINATO, 2005; STURM, 2003).

O uso de imagens de alta resolução espacial provou ser útil não somente para o estudo da vegetação, mas também para o mapeamento das classes de uso e ocupação do solo. Dentre estas imagens, as multiespectrais (compostas por várias bandas e comprimentos de onda) ganham importância devido à possibilidade de discriminar melhor a vegetação pelo emprego de bandas como as do infravermelho (STURM, 2003).

A resolução espectral diz respeito ao número de faixas espectrais disponíveis no sistema do sensor, que pode variar de uma a centenas de faixas. A resolução radiométrica é o número de níveis de energia que o sistema é capaz de armazenar (número digital). No sensoriamento remoto essa resolução pode variar do preto ao branco, de 1 aos 16 bits (BITENCOURI e MESQUITA, JR, 2005).

A resolução temporal refere-se à frequência que o sensor revisita uma área e obtém imagens periódicas ao longo de sua vida útil. É fundamental para acompanhar ou detectar a evolução ou mudanças que ocorrem no uso da terra, principalmente para alvos mais dinâmicos, como o ciclo fenológico de culturas, desmatamentos, desastres ambientais, tendo forte impacto no monitoramento ambiental (MENESES e ALMEIDA, 2012).

De acordo com Junior e Silva (2014), as imagens *Rapideye* se destacaram no cenário nacional devido à larga utilização nos processos do Cadastro Ambiental Rural, o CAR, obrigatório para todas as propriedades rurais. Os convênios entre o Ministério do Meio Ambiente e as instituições e órgãos públicos, por meio de assinaturas de Termos de Compromisso Corporativo, possibilitaram também o uso gratuito das imagens *Rapideye*, para estudos e trabalhos de pesquisa diversos no âmbito ambiental.

As imagens do satélite *Rapideye* são ortorretificadas, com correção radiométrica e geométrica a partir das imagens SRTM, com uso de pontos de controle. Podem atingir exatidão de até 5 metros, ou seja, seu *pixel* está definido com 5 metros de resolução. Nestas imagens ortorretificadas, a faixa coberta pelo satélite é de 77,25 km, sendo que o tamanho da cena é de 25,0 por 25,0 km (ENGESAT, 2016).

Os índices de vegetação têm sido muito utilizados no monitoramento de áreas vegetadas, sendo que o índice de vegetação mais empregado é o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) que, ao realçar o contraste da radiação refletida nos intervalos espectrais do vermelho e infravermelho, que é diretamente proporcional à atividade fotossintética, favorece a distinção da vegetação (GOMES et al., 2012).

Isso ocorre em razão da vegetação, na região do visível, ter os valores de reflectância relativamente baixos, por causa da ação de pigmentos fotossintetizantes que absorvem a radiação eletromagnética incidente para a realização da fotossíntese. Já na região do infravermelho próximo, os valores de reflectância se mostram elevados, por causa do espalhamento sofrido pela radiação em função da disposição da estrutura morfológica foliar, aliado ao espalhamento múltiplo entre as diferentes camadas de folhas (PONZONI et al., 2012; BITENCOURI e MESQUITA, JR, 2005).

Outro método bastante utilizado no processamento digital de imagens para determinação de classes de cobertura e uso do solo é a classificação pela máxima verossimilhança, que é um método de classificação supervisionado e paramétrico que envolve parâmetros (vetor média e matriz covariância) da distribuição gaussiana multivariada estimados através das amostras de treinamento (LICZBINSKI e HAERTEL, 2008).

Neste sentido, o objetivo geral deste trabalho foi realizar a classificação do uso e cobertura do solo da Área de Preservação Permanente e da área de inundação do rio Paranaíba, no trecho que faz limite com o perímetro urbano do município de Patos de Minas/MG, utilizando-se imagem *Rapideye* e técnicas de sensoriamento remoto, com o propósito de apontar os conflitos existentes em relação às Leis ambientais municipais e o

Código Florestal Brasileiro em vigor, visando um maior conhecimento da situação ambiental dessas áreas. Para isto, foram utilizados e avaliados dois métodos de classificação digital: supervisionada pela estimativa da máxima verossimilhança e segmentação dos valores gerados no NDVI.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo (Figura 1) se concentra na região inundável (delimitada pela cota altimétrica de 782 metros) e APP com limites definidos conforme Código Florestal do rio Paranaíba, no trecho que margeia o perímetro urbano do município de Patos de Minas/MG, considerando o perímetro urbano atualizado em janeiro de 2016, sendo que a área de inundação do rio considerada neste estudo já é uma área delimitada pela Prefeitura Municipal no mapa planialtimétrico da área urbana (2013) e possui aproximadamente 700 hectares.

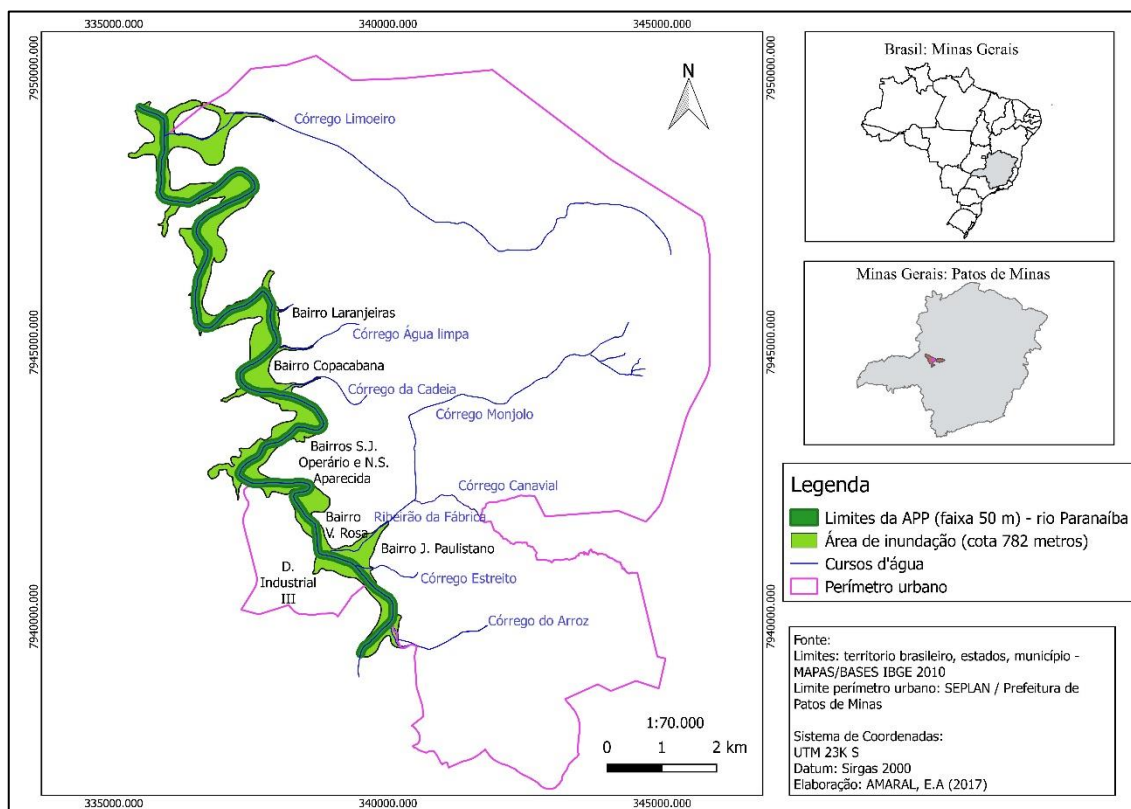


FIGURA 1 - Localização de Patos de Minas e das áreas de Preservação Permanente, com delimitação regida pelo Código Florestal e de inundação delimitada pela cota de 782 metros consideradas no presente estudo.

O município de Patos de Minas faz parte da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (Figura 1). A extensão territorial do município compreende uma área total de 3.189,771 km², com uma população estimada em 2017 de 150.893 habitantes (IBGE, 2010). O clima é tropical úmido (Aw) pela classificação de Köppen, apresentando inverno seco e verão chuvoso, e apresenta temperatura média anual de aproximadamente 21° C e

temperatura máxima de 28°C. O índice médio anual pluviométrico está em 1.473,75 mm e o período de maior pluviosidade ocorre de outubro a maio, correspondendo à estação chuvosa do ano. A pluviosidade é maior nos meses de janeiro, maio e novembro, e a maior precipitação dessa série foi de 140mm, já a menor precipitação foi de 1mm, justamente nos meses de inverno (PATOS DE MINAS, 2014).

O município está inserido nas bacias hidrográficas do Rio São Francisco e do Rio Paranaíba, sendo que a sede se situa inteiramente na bacia do rio Paranaíba (PATOS DE MINAS, 2014). Os afluentes diretos (Figura 1) que constituem as suas sub-bacias urbanas são: Córrego do Arroz, Córrego do Estreito, Ribeirão da Fábrica, Córrego da Cadeia, Córrego Água Limpa e córrego do Limoeiro (PATOS DE MINAS, 2014).

O rio Paranaíba nasce no município de Rio Paranaíba/MG e percorre aproximadamente 100 km quando alcança o perímetro urbano de Patos de Minas, sendo esse rio o manancial de captação de água e receptor de efluentes domésticos da cidade (PATOS DE MINAS, 2014). Neste trecho (Figura 1), a margem direita limita-se com a área urbanizada (bairros consolidados ou loteamentos em processo de implantação). E a margem esquerda, nesse mesmo trecho do rio, limita-se em sua maior parte, com propriedades rurais particulares, com exceção da região onde se instalou o Distrito Industrial III.

De acordo com o novo Código Florestal (Lei 12651/2012), a APP do rio Paranaíba deve possuir uma faixa mínima de preservação de 50 metros em cada margem, delimitada a partir do leito regular, por se tratar de rio de largura entre 10 e 50 metros.

Em Patos de Minas, a cota de altitude de 780 metros foi considerada uma área de risco de inundação e também Área de Preservação Permanente, pela Lei Municipal de Nº 2870 de 1991 que considerou a máxima cheia do rio Paranaíba ocorrida em 1983 nos bairros Jardim Paulistano, Vila Rosa, Santa Luzia, Nossa Senhora Aparecida e São José Operário (Figura 2a e 2b).

Porém, posteriormente à data de promulgação desta Lei, de acordo com a Secretaria de Planejamento da Prefeitura de Patos de Minas (SEPLAN, dados não publicados), houve uma enchente no período chuvoso em 1992 que alcançou a cota altimétrica de 782 metros, considerada historicamente a máxima cheia do rio Paranaíba, ocorrida no município (Figura 2c e 2d), atingindo principalmente os bairros Vila Rosa, Nossa Senhora Aparecida e São José Operário. Assim, para o rio Paranaíba, em Patos de Minas, a cota de 782 metros é considerada pelo município para fins de planejamento urbano, como a área de risco de inundação, sendo classificada como área não edificante

e de preservação ambiental, conforme a Lei de uso e ocupação do solo (PATOS DE MINAS, 2008).

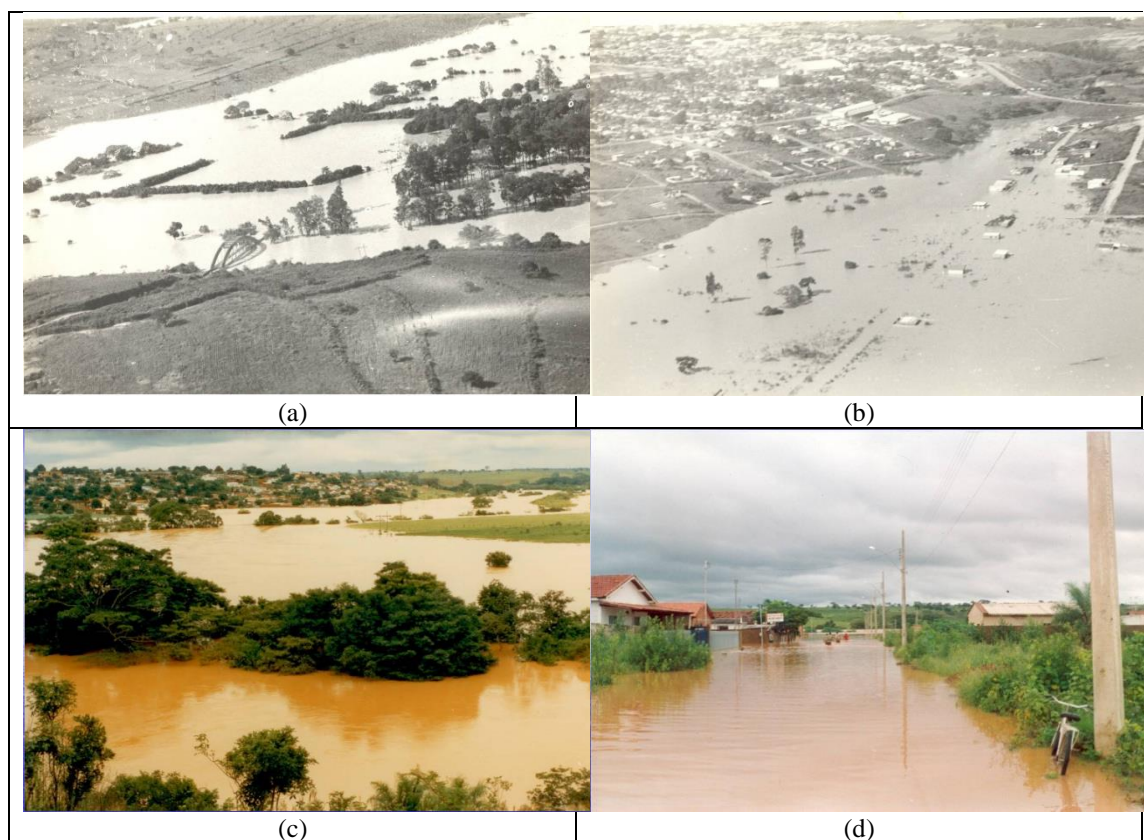


FIGURA 2 - Inundações do rio Paranaíba, em Patos de Minas, que alcançaram a cota altimétrica de 780 metros em 1983 (a e b), e a cota 782 metros em 1992 (c e d). Fonte: Arquivo Secretaria Municipal de Planejamento – SEPLAN.

No município de Patos de Minas, predominam os latossolos, que no geral apresentam baixa erodibilidade. Entretanto, quando submetidos à concentração de água proveniente da ocupação antrópica, podem desenvolver ravinas profundas e, quando interceptado o lençol freático, voçorocas (PATOS DE MINAS, 2014).

Parte dos meandros do rio Paranaíba estão inseridos sobre o domínio de superfícies aplainadas (planícies aluviais), que foram utilizadas para pecuária intensiva no pretérito. Atualmente estas áreas, inseridas na cota altimétrica de 782 metros, se encontram protegidas pela legislação municipal (PATOS DE MINAS, 2014).

O município de Patos de Minas está inserido no bioma Cerrado, havendo também áreas de transição com resquícios de Mata Atlântica. Ao longo de rios e ribeirões ocorrem matas galerias e vegetação ciliar, muitas vezes ocupando, inclusive, as partes mais altas das vertentes, protegendo nascentes de cursos de água (PATOS DE MINAS, 2014).

2.2 Aquisição da imagem *Rapideye*

A imagem do satélite *Rapideye*, contendo a área de estudo foi adquirida junto ao Ministério do Meio Ambiente, que a disponibilizou para a Prefeitura Municipal de Patos de Minas, através de um termo de compromisso corporativo com o Ministério do Meio Ambiente.

A imagem disponibilizada, obtida pelo satélite em 23 de maio de 2014, é ortorretificada (nível 3A) e georreferenciada na projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM), *datum* WGS 84 (*World Geodetic System*), fuso 23 Sul. Apresenta cinco bandas espectrais (azul, verde, vermelho, *red-edge* e infravermelho próximo) que cobrem uma grande faixa do espectro. A banda *red edge*, posicionada entre o vermelho e o infravermelho próximo, é especialmente incluída para auxiliar na discriminação da vegetação (SILVA e SANO, 2016).

2.3 Pré-processamento da imagem

A imagem adquirida passou por correções e realce no *software* ENVI CLASSIC (versão 4.8), disponível no Laboratório de Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica - LAB-SIGEO da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo/MG. Foi aplicado o realce linear 2% e posteriormente foi gerada uma composição RGB 342, falsa cor (Figura 3) com as bandas 3 (vermelho: 630-685 nm), 4 (*red-edge*: 700-750 nm) e 2 (verde: 520-590 nm), visualizada em três janelas: *scroll* (Figura 3a), onde se visualiza toda a imagem; *image* (Figura 3b) onde se visualiza a área delimitada em um retângulo vermelho na janela *scroll* e por fim *zoom* (Figura 3c), onde se visualiza a área delimitada na janela *image* com um retângulo vermelho.

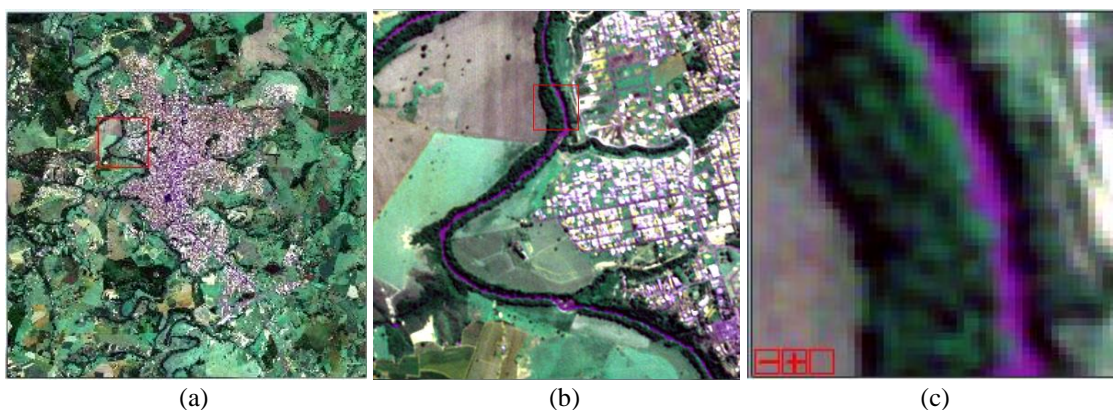


FIGURA 3 - Imagem após a composição RGB: (a): *scroll*; (b): *image* (c) *zoom*. Fonte: Imagem do sensor *Rapideye* (2014).

2.4 Delimitação das áreas de APP e de inundação

As áreas de interesse (APP conforme Código Florestal e Área inundável) foram processadas no *software* QGIS versão 2.18.12. Para delimitação da APP foi utilizada a rotina: *vetor* → *geoprocessamento* → *buffer de distância fixa*. Considerou-se neste estudo, a largura média de 25 metros para o rio Paranaíba no trecho estudado, enquadrando dessa forma dentro da categoria de cursos d'água com largura entre 10 e 50 metros, que, de acordo com o Código Florestal, devem ter faixa de APP a partir da margem do leito regular equivalente a 50 metros, para cada uma das margens. Como a camada de entrada para geração do *buffer* foi o vetor do curso d'água, situado no centro do leito, foi necessário acrescentar 12,5 metros na distância do *buffer* para que os 50 metros fossem a partir da margem regular do leito e não do centro. Assim, no campo *distância* foi preenchido 62,5 metros.

Para delimitação da área de inundação do rio Paranaíba na imagem, foi utilizado o mapa planialtimétrico (arquivo AutoCad formato dxf) da área urbana que possui curvas de nível com equidistância de 5 metros, escala 1:10.000, elaborado no ano de 2013, fornecido pela Prefeitura Municipal de Patos de Minas, de onde foi extraída a cota altimétrica de 782 metros, que delimita a faixa inundável do rio Paranaíba, no perímetro urbano, tida no âmbito municipal, como não edificante e de preservação ambiental. Utilizou-se o *software* QGIS versão 2.18.12 para conversão da referida cota altimétrica em polígono, através da rotina *vetor* → *geometria* → *linhas para polígono*.

2.5 Classificação supervisionada pela máxima verossimilhança

De acordo com Rosa (2009), a classificação supervisionada pela máxima verossimilhança (maxver), consiste em classificar a imagem *pixel a pixel*, usando o critério da máxima verossimilhança a partir de classes fornecidas pelo usuário, vindo a ser uma associação entre pontos de uma imagem a uma classe de grupo, ou ainda processo de reconhecimento de classes ou grupos cujos membros exibem características semelhantes feitas através de uma classificação rígida, ou seja, transformação de uma imagem quantitativa em qualitativa, forçando os *pixels* a pertencerem a um número restrito de classes temáticas sobre uma determinada cena.



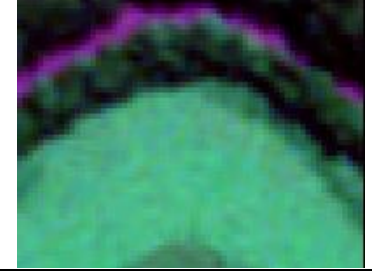
Assim, esse tipo de classificação baseia-se no reconhecimento de padrões espectrais que se faz com base em amostras fornecidas pelo analista, em que toda a

imagem é analisada estatisticamente, a partir das assinaturas espectrais geradas. Desta forma, o resultado é constituído por um mapa de *pixels* classificados, representados por símbolos gráficos ou cores (RICHARDS e JIA, 2006).

A classificação supervisionada foi efetuada no *software* ENVI, a partir da definição das classes de interesse, utilizando a rotina *basic tools* → *regions of interest* → *roi tool*. Foram selecionadas amostras de *pixels* (“*roi*”) de acordo com os tipos de uso do solo observados em diferentes pontos na imagem, na região da APP e área inundável ou regiões próximas, a fim de serem utilizadas como padrões espectrais pelo classificador do *software*.





As classes foram definidas com base em critérios de interpretação apresentados na Tabela 1, sendo elas: mata ciliar, que corresponde à vegetação nativa (floresta ripária) (2331 *pixels*), *Eucalyptus* sp.: (1130 *pixels*), solo exposto – que correspondiam a áreas de erosão, terraplanagem ou solo arado (4001 *pixels*), pastagem (3742 *pixels*), edificações (1635 *pixels*), e água (1194 *pixels*).

TABELA 1 - Critérios para identificação das classes (amostras de treinamento) na imagem, após a composição RGB

Classes	Critérios de identificação	Imagem <i>Rapideye</i> (Composição RGB: 3,4,2)
Mata ciliar	Cor verde escuro; sombras irregularmente distribuídas no dossel; Textura rugosa Formato irregular	
<i>Eucalyptus</i> sp.	Cor verde um pouco mais claro Textura média Formato mais regular	
Pastagem	Cor verde: clara ou outros tons dependendo do estado de degradação ou presença de arbustos como o assapeixe Textura fina ou lisa Formato misto	

continua...

TABELA 1, Cont.

Solo exposto	Cor marrom (solo preparado /arado) Formato regular Textura fina	
	Cor branca ou levemente amarelada (erosão, terraplanagens, ruas sem asfalto). Formato irregular (erosão; terraplanagens) e regular (ruas sem asfalto) Textura fina e lisa	
Edificações	Cores: heterogêneas - roxo claro / branca / cinza Textura: Rugosa Formato: Irregular	
Água	Cor: rosa arroxeado Textura: Lisa Formato: regular	

Fonte: elaborado pela autora.

A classificação foi então desenvolvida utilizando a rotina *classification* → *supervised* → *maximum likelihood*, em função da seleção das áreas de treinamento.

Posteriormente foram construídas e aplicadas as máscaras (construídas a partir dos arquivos vetoriais da APP de 50 metros e da cota de 782 metros) a fim de calcular a área e o percentual das classes resultantes especificamente para a área de APP e área inundável avaliadas. Para esta função, foi utilizada a rotina: *basic tools* → *masking* → *build mask*. Em sequência foi aplicada a máscara (*basic tools* → *masking* → *apply mask input file*) e em seguida a rotina: *classification* → *pos classification* → *class statistics*.

2.6 Classificação pela segmentação dos valores de NDVI

A classificação por meio do NDVI tem como base a resposta espectral dos alvos e para a composição e escalonamento da imagem de acordo com o índice de vegetação NDVI, foram utilizadas as bandas 3 (vermelho) e 5 (infravermelho) e aplicando a Equação 1, baseada em estudos pioneiros de Tucker (1979) e Rouse et al. (1974):

$$NDVI = \frac{(\rho_{IVP} - \rho_V)}{(\rho_{IVP} + \rho_V)} \quad (1)$$

Onde: ρ_{IVP} é a reflectância no infravermelho próximo;

ρ_V é a reflectância no vermelho

Os valores de NDVI gerados, que podem variar de -1 a 1 foram segmentados em intervalo de dados, utilizando a ferramenta *density slice*, associando com a imagem original, através da rotina *link displays (tools -> link -> link displays)*. Buscou-se para fins de comparação, segmentar os valores de NDVI em intervalos de dados correspondentes às mesmas classes anteriormente definidas nas amostras de treinamento da classificação pela máxima verossimilhança.

Também foram aplicadas as máscaras a fim de calcular a área e o percentual das classes resultantes da segmentação dos valores de NDVI para as regiões de APP e de inundação, aqui consideradas utilizando as mesmas ferramentas e rotinas descritas para classificação da máxima verossimilhança.

2.7 – Acurácia das classificações - índice *Kappa*

Após o processo de classificação, foi necessário validar os resultados, a fim de verificar a acurácia desse processo e a validação dos dois classificadores utilizados. Nesse sentido, foi realizado no período de agosto a setembro de 2017, visitas de campo na área de estudo com o intuito de obter os pontos de controle para aferição das classes definidas nas classificações digitais. Esses pontos serviram de referência na verificação da precisão, calculada por meio de métodos estatísticos.

Os pontos de controle foram obtidos e registrados com uso de um GPS PRO XR L1/L2, em seguida foram processados no *software GPS Pathfinder Office®*, que importa e faz a correção diferencial.

Posteriormente, os pontos com extensão dxf (*AutoCad*) foram selecionados individualmente e agrupados por categoria em planilha do EXCEL, formato CSV, e então importados para o *software* QGIS 2.18.12, onde foram convertidos em formato *shapefile*. Foram coletados um total de 161 pontos de controle, distribuídos nas seguintes classes (Anexo I): vegetação nativa (56), *Eucalyptus* sp. (4), pastagem (45), solo exposto (35), edificações (21).

Lançados os pontos na imagem *Rapideye* no *software* ENVI, foram coletadas amostras “*roi*” vetorizadas manualmente, tendo como base a fotointerpretação da imagem original apoiada por controle de campo. Então, foi obtido o índice *Kappa*, a partir da matriz de confusão, que mostra a acurácia das duas classificações temáticas testadas (supervisionada com a máxima verossimilhança e segmentação do Índice NDVI), em relação à verdade terrestre (fotointerpretação da imagem original apoiada por controle de campo).

De acordo com Cohen (1960) o coeficiente *Kappa* considera todos os elementos da matriz de erros ao invés de apenas aqueles que se situam na diagonal principal da mesma, ou seja, estima a soma da coluna e linha marginais. Ainda segundo Cohen (1960), o coeficiente *Kappa* mede o grau de concordância em escalas nominais assumindo que:

1. As unidades são independentes;
2. As classes ou categorias da escala nominal são independentes e mutuamente exclusivas;
3. O classificador e os pontos de referência operam de forma independente.

O índice *Kappa* (*K*) foi calculado conforme a equação 2 mostrada abaixo, sendo *X* o elemento considerado.

$$K = \frac{\sum X_{ij} - \sum X_i \cdot \sum X_j}{1 - \sum X_i \cdot X_j} \quad (2)$$

O índice *Kappa* é uma medida do quanto a classificação está de acordo com os dados de referência. O resultado obtido pelo coeficiente *Kappa*, varia no intervalo de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo a 1, melhor a qualidade dos dados classificados. Vários são os índices para agrupar esses dados quantitativos para qualitativos, entre eles, pode ser destacado o de Fonseca (2000), conforme destacado na Tabela 2.

TABELA 2 - Agrupamento qualitativo do coeficiente *kappa*, de acordo com o desempenho de uma classificação obtida.

Índice <i>Kappa</i>	Desempenho
< 0	Péssimo
$0 < K \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < K \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < K \leq 0,6$	Bom
$0,6 < K \leq 0,8$	Muito bom
$0,8 < K \leq 1$	Excelente

Fonte: Fonseca (2000).

2.8 – Confeção dos *layouts* finais

Os *layouts* finais foram produzidos utilizando o compositor de impressão do *software* QGIS 2.18.12. O sistema de referência de coordenadas (SRC) da imagem classificada no ENVI (WGS84) 23S, anteriormente salva em formato *Geo TIFF*, foi alterado para SIRGAS 2000 / 23S – Código ESPG: 31983.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação obtida usando a máxima verossimilhança para a área de inundação, definida como APP, no âmbito municipal (Figura 4) evidenciou seis diferentes tipos de uso e cobertura do solo: mata ciliar, *Eucalyptus* sp., solo exposto, pastagem, edificações/sombra e água. O índice de *Kappa*, gerado a partir da matriz de confusão das classes obtidas pelo método da máxima verossimilhança do ENVI foi de 0,84 sendo considerado excelente, conforme o agrupamento qualitativo proposto por Fonseca (2000).

A partir dos dados observados (Tabela 3), verifica-se que na região inundável do rio Paranaíba, no trecho estudado, delimitada pela cota de 782 metros, a pastagem é o uso predominante (39,52%), seguido de vegetação nativa (mata ciliar) em 34,01% da área.

TABELA 3 - Uso e cobertura do solo na área de inundação do rio Paranaíba, no perímetro urbano, no município de Patos de Minas, obtida através da classificação supervisionada de máxima verossimilhança no *software* ENVI 4.8.

Classe	Número de <i>Pixels</i>	Área (hectares)	Área (%)
Pastagem	111.621	279,052	39,52
Mata ciliar	96.069	240,172	34,01
Solo exposto	33046	82,689	11,72
Edificações	19.757	49,392	6,99
Água	13.529	33,822	4,79
<i>Eucalyptus</i> sp.	8.383	20,960	2,97
Total	282.435	706,087	100

De acordo com Rego (2014), a supressão de vegetação nativa de áreas inundáveis ocasiona menor infiltração da água da chuva, cujo volume chega com maior velocidade ao rio, intensificando as inundações, o que pode ser agravado quando existe ocupação humana nesses locais. Assim, a ausência de vegetação nativa na maior parte da área sujeita à inundação analisada no presente estudo, pode ter contribuído para a intensificação de desastres causados por enchentes nessa área, nos últimos anos. A predominância de pastagem, neste caso, e a presença de edificações na área pode estar associada ao fato de se tratar de uma área plana, o que favorece usos antrópicos.

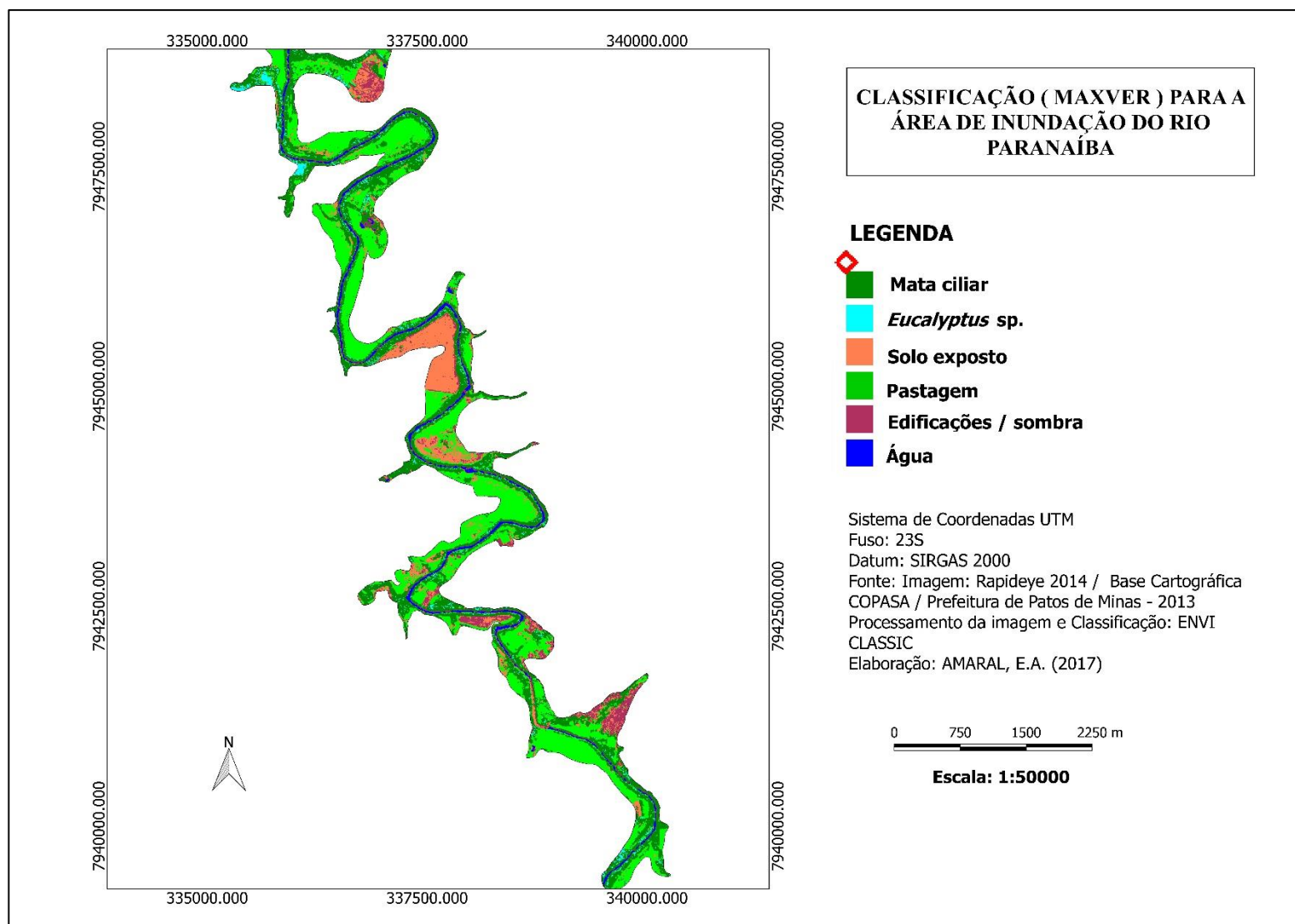


FIGURA 4 - Classes temáticas obtidas pela classificação pela máxima verossimilhança (MAXVER) para a área de inundação do rio Paranaíba em seu trecho urbano no município de Patos de Minas/MG.

Ainda na área inundável do trecho urbano do rio Paranaíba (Tabela 3), a classificação pela máxima verossimilhança apontou a presença de edificações em aproximadamente 7% da área. Em idas ao campo, verificou-se que tratavam tanto de construções irregulares sem infraestrutura, como também de edificações consolidadas com infraestrutura básica (serviços de iluminação pública, fornecimento de água, coleta de esgoto e pavimentação). Tais edificações encontram-se concentradas principalmente na região dos Bairros Jardim Paulistano e Vila Rosa. Para esta região está prevista a implantação de um parque linear pela Prefeitura de Patos de Minas, cujo projeto já foi aprovado pelo Ministério das Cidades, prevendo-se a retirada das famílias da área de risco, como forma de minimizar os efeitos das inundações.

Segundo Barros e Zavattini (2004), a ocupação irregular de áreas com risco de inundação ocorre principalmente pela população de baixa renda, a qual, muitas vezes sem acesso a moradia, passa a ocupar regiões impróprias à habitação, todavia, podem ser motivadas também pela aprovação de loteamentos urbanos, que às vezes incluem parte das áreas de preservação em suas glebas.

A presença de solo exposto em 11,72 % da área de inundação representou presença de solo arado, erosão e assoreamento. De acordo com Tundisi et al. (2015), a erosão produz substanciais alterações no sistema aquático, com diminuição da produção primária e prejuízos à biota em geral. Como resultado da erosão, a sedimentação altera substancialmente o fluxo de água, produzindo ilhas interiores e interferindo no sistema hidrológico e na navegação.

Ao se considerar a APP delimitada pelo Código Florestal (50 metros), a classificação da máxima verossimilhança, ilustrada pela Figura 5, aponta a mata ciliar e a pastagem como as classes de maior representatividade na APP (Tabela 4), com percentual de 56,62% e 15,9%, respectivamente. A área restante (27,48%) foi representada por outras classes: água, edificações, *Eucalyptus* sp. e solo exposto.

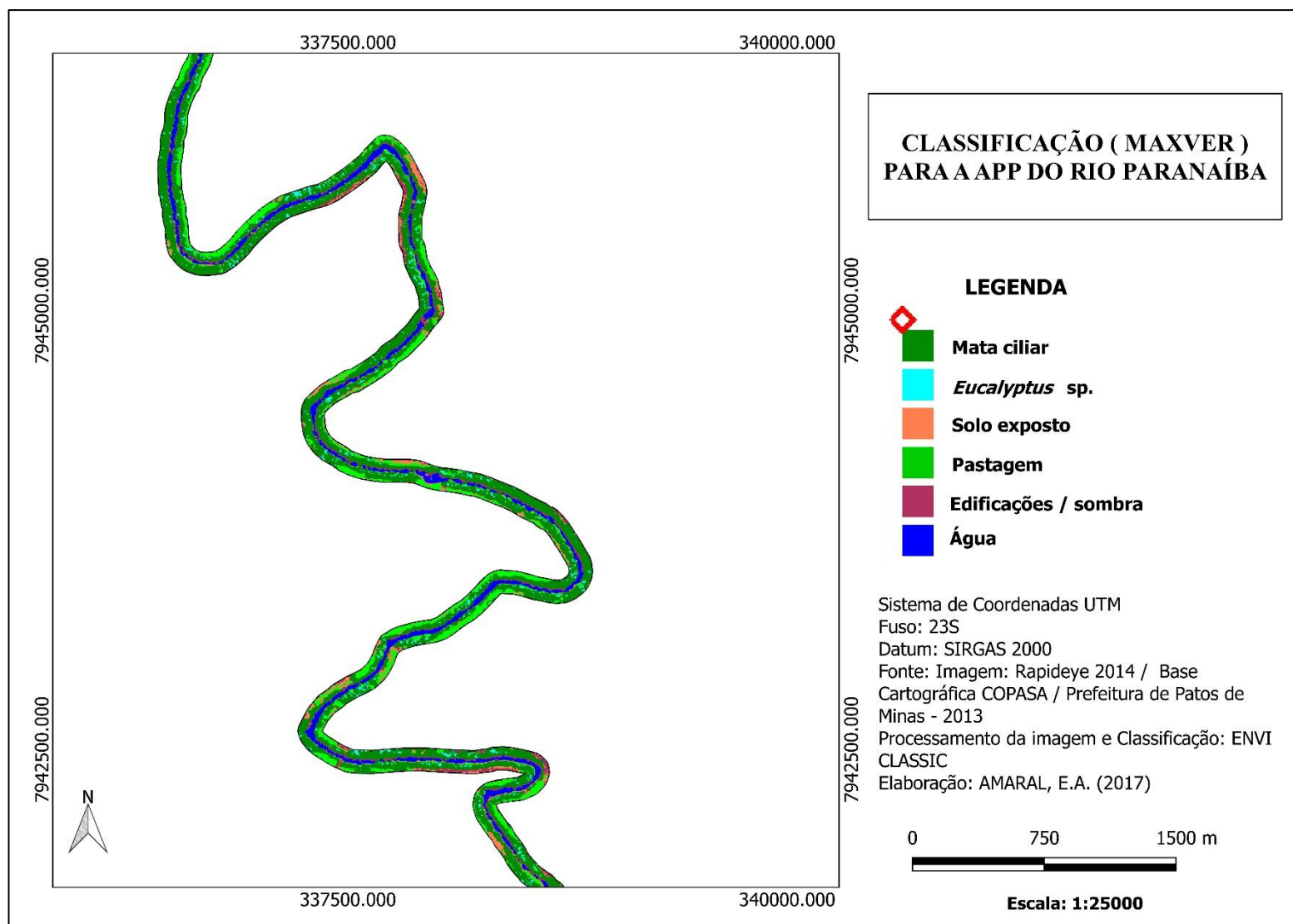


FIGURA 5 - Classes temáticas obtidas pela classificação pela máxima verossimilhança (MAXVER) para a faixa de 50 metros de APP do rio Paranaíba em seu trecho urbano, no município de Patos de Minas/MG.

Diferentemente da área inundável, na área referente à APP, delimitada por parâmetros do Código Florestal, houve um percentual mais significativo de floresta ripária (Tabela 4), o que pode ser atribuído ao relevo mais acidentado existente em parte da área, o que diminui a possibilidade de uso antrópico do solo. No entanto, em termos de legislação ambiental, toda a região delimitada como APP, deveria estar totalmente coberta com floresta ripária, fazendo jus à sua função ambiental. Assim, a presença de pastagem, solo exposto, e, ainda edificações, não constitui uma condição ideal para APPs, apresentando, portanto, conflito com tal legislação.

TABELA 4 - Uso e cobertura do solo na faixa de 50 metros de APP do trecho urbano do rio Paranaíba em Patos de Minas, obtida através da classificação supervisionada de máxima verossimilhança no *software* ENVI 4.8.

Classe	Número de <i>Pixels</i>	Área (hectares)	Área (%)
Mata ciliar	58.323	145,81	56,62
Pastagem	16.369	40,94	15,90
Água	12.989	32,47	12,61
Edificações	6.318	15,79	6,13
<i>Eucalyptus</i> sp.	4.640	11,59	4,50
Solo exposto	4.365	10,91	4,24
Total	103.004	257,508	100

A presença de pastagens (15,9%) na APP indica a existência de desmatamento para conversão de áreas florestais em pastagens para criação extensiva de gado, prática esta causadora de impactos ao meio ambiente e à biodiversidade, conforme descrito por Araújo et al. (2011). Esses impactos estão relacionados principalmente ao surgimento de barreiras para a regeneração natural, como a competição com as gramíneas.

De acordo com Nascimento et al. (2012), em florestas naturais, o rápido crescimento de determinadas espécies pioneiras pode certamente interferir na regeneração de espécies arbóreas devido à competição em nível de solo ou pelo fato da reprodução vegetativa ocorrer em uma escala de tempo consideravelmente mais curta do que as espécies arbóreas.

Em relação às escalas de valores estabelecidas pelo Índice de Vegetação (NDVI), o resultado foi um índice que variou entre -0,5124 e 0,7807, considerando que o NDVI é

um índice que pode variar de -1 a +1, foi possível, desta forma, discriminar áreas com e sem vegetação ripária.

O coeficiente *Kappa* obtido para a classificação a partir dos valores segmentados e editados do NDVI foi 0,62, estando dentro do nível considerado como muito bom, conforme o agrupamento qualitativo proposto por Fonseca (2000).

Os valores negativos apareceram evidenciando a presença de água e edificações/sombra. Já os valores próximos a zero indicaram a presença de solo exposto, podendo ser uma região de solo arado ou uma área degradada, conforme evidenciado também por Nunes e Roig (2015). Enquanto que os valores positivos se referem a diferentes tipos de vegetação, conforme Abduras et al. (2015), sendo que os valores positivos maiores de NDVI indicam vegetação mais densa, em semelhança ao que foi relatado por Pisani et al. (2012).

A confusão entre classes foi maior na classificação efetuada por parâmetros do NDVI, conforme apontou o índice *Kappa*. A confusão entre classes ocorreu principalmente com *pixels* de *Eucalyptus* sp., cujos *pixels* foram incluídos em sua maior parte, na classe de mata ciliar. Erros de inclusão também ocorreram para *pixels* de edificações classificados como solo exposto e também para água, cujos *pixels* (Anexo II), o que pode ser atribuído à semelhança espectral entre os alvos e ao fato das regiões não serem totalmente homogêneas.

Em alguns locais situados na margem mais próxima ao corpo hídrico, detectou-se valores de NDVI dentro do intervalo de valores correspondente à pastagem, o que pode ser atribuído à senescência da vegetação, déficit hídrico ou ainda presença de gramíneas, estando estas áreas provavelmente relacionadas à ocorrência de desmatamento ou conversão, conforme foi também relatado por Pisani et al. (2012) e Meera Gandhi et al. (2015). A classificação obtida através da segmentação dos valores de NDVI para a área de inundação do rio Paranaíba, está ilustrada na Figura 6.

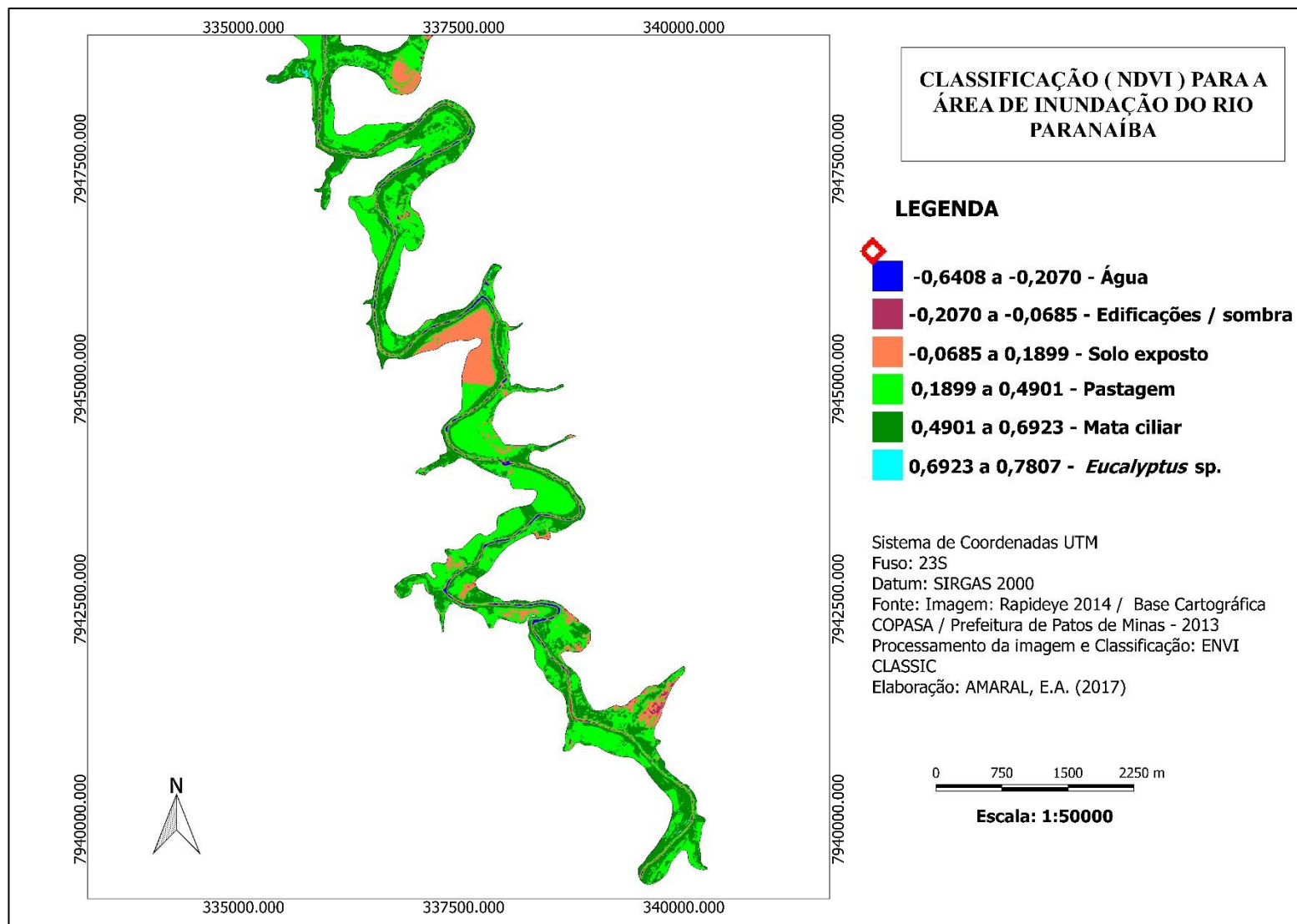


FIGURA 6 - Classes temáticas obtidas para o uso e cobertura do solo na área de inundação do rio Paranaíba em Patos de Minas, em seu trecho urbano, conforme parâmetros do NDVI.

As classes de uso e cobertura de solo com maior representatividade na área de inundação, com base em parâmetros do NDVI (Tabela 5) foram pastagem (47,92%) e mata ciliar (36,68%). O restante da área (15,4%) foi ocupado por outras classes: solo exposto, edificações água e *Eucalyptus* sp.

TABELA 5 - Uso e cobertura do solo na área de inundação do rio Paranaíba, trecho urbano, obtida através da segmentação dos intervalos de dados do NDVI no *software* ENVI 4.8.

Classe	Número de <i>Pixels</i>	Área (hectares)	Área (%)
Pastagem	135333	338,333	47,92
Mata Ciliar	103610	259,025	36,68
Solo exposto	33747	84,367	11,95
Edificações	5282	13,205	1,87
Água	3770	9,425	1,33
<i>Eucalyptus</i> sp.	693	1,732	0,25
Total	282.435	706,087	100

A análise da classificação por meio da segmentação dos valores do NDVI obtidos dentro da faixa de 50 metros da APP, conforme delimitação definida pelo Código Florestal, permitiu também verificar a falta de aplicação dessa legislação, uma vez que estas áreas não estão totalmente preservadas ao longo do rio Paranaíba no trecho em questão. A Figura 7 ilustra a imagem temática gerada através da segmentação dos valores de NDVI para a APP, conforme o Código Florestal.

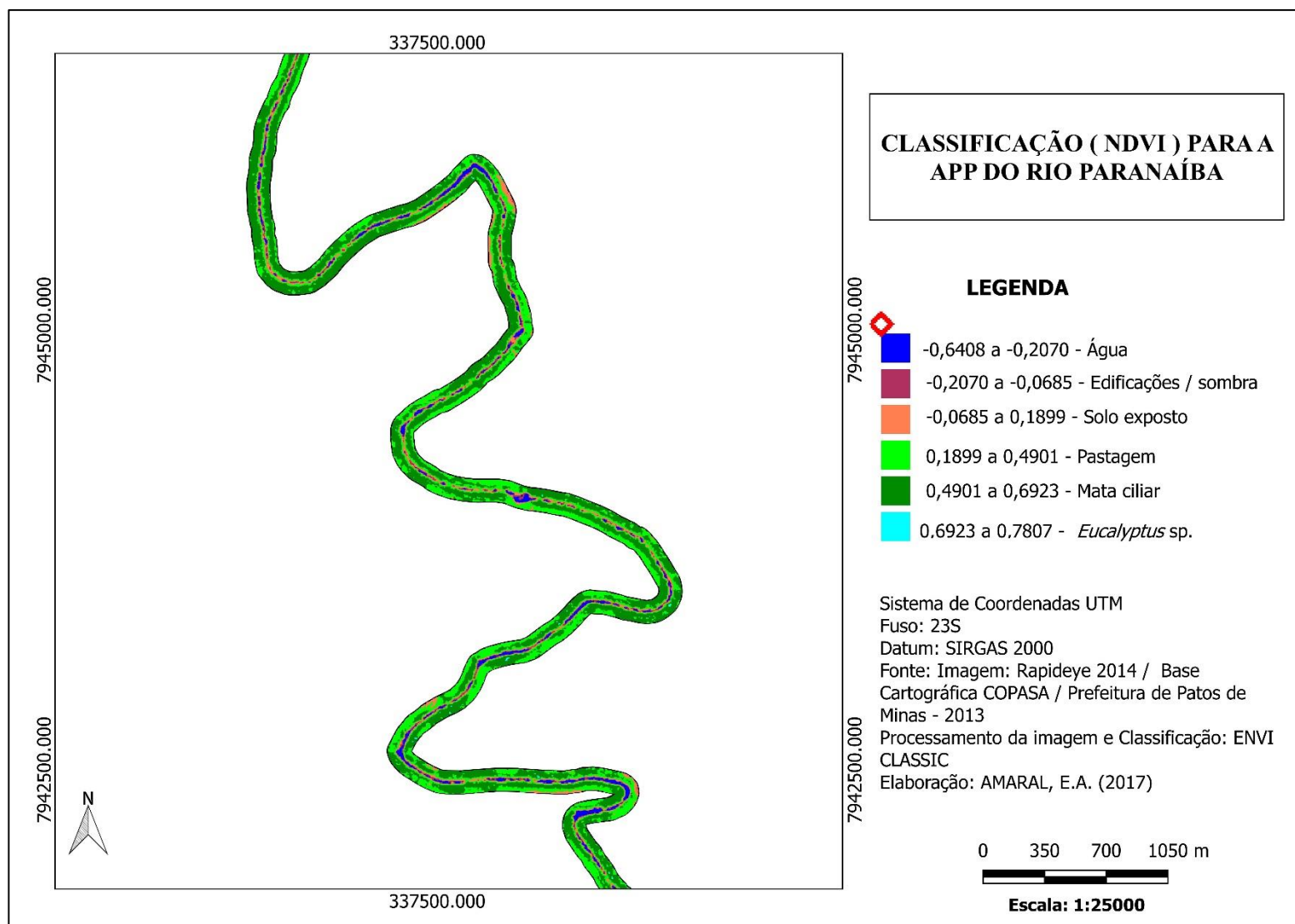


FIGURA 7 - Classes temáticas obtidas para o uso e cobertura do solo na faixa de 50 metros de APP do trecho urbano do rio Paranaíba em Patos de Minas, conforme parâmetros do NDVI.

O uso do NDVI detectou dentro do *buffer* da APP uma cobertura vegetal ripária em 52,20 % da área (Tabela 6), seguido de pastagem que representou 31,59% sendo este o uso predominante dentre as classes de não conformidade com o Código Florestal, ou seja, com ausência de floresta ripária. As demais classes presentes na APP foram solo exposto, edificações, água e *Eucalyptus* sp.

TABELA 6 - Uso e cobertura do solo na faixa de 50 metros de APP do rio Paranaíba, trecho urbano, obtida através da segmentação dos intervalos de dados do NDVI no *software* ENVI 4.8.

Classe	Número de <i>Pixels</i>	Área (hectares)	Área (%)
Mata ciliar	53765	134,412	52,20
Pastagem	32535	81,337	31,59
Solo exposto	8649	21,622	8,40
Edificações	4179	10,447	4,05
Água	3678	9,195	3,57
<i>Eucalyptus</i> sp.	198	0,495	0,19
Total	103004	257,508	100

Tanto a classificação supervisionada pela máxima verossimilhança quanto à classificação com base em parâmetros do NDVI, apresentaram resultados satisfatórios. Porém, o desempenho da classificação pela máxima verossimilhança apresentou resultados melhores conforme evidenciou o índice *Kappa*.

A aplicação do NDVI e a classificação temática supervisionada neste estudo apontaram na região inundável e de APP do rio Paranaíba, em seu trecho urbano, presença de usos diversos, principalmente pastagem, não havendo florestas ripárias em toda faixa de largura delimitada, o que, não constitui uma situação ideal para APPs nos termos de legislação ambiental. Portanto, essas áreas são consideradas áreas perturbadas ou degradadas, havendo necessidade de desenvolver ações de recuperação e restauração florestal, assim como relatado também por Dias et al. (2014), que identificou APPs com alta representatividade de vegetação herbácea na bacia do rio Tietê-Jacaré, no município de São Carlos/SP. Nesta bacia, a floresta ripária foi suprimida, e que por isso foram classificadas como degradadas, sendo indicada pelo autor a necessidade de restauração florestal. A restauração de áreas protegidas pode trazer benefícios em forma de bens e serviços ecológicos, tais como: melhoria da qualidade da água e aumento de sua

infiltração, sequestro de carbono e, ainda, a conservação da biodiversidade (FERREIRA e SANTOS, 2012).

Verificou-se ainda neste estudo que os limites da APP em alguns pontos estavam sendo infringidos, não chegando ao mínimo de 50 metros de margem havendo bairros antigos consolidados nessas áreas, o que dificulta a reversão e recuperação ambiental. Apesar desses pontos não constituírem regiões de risco de inundação devido á altimetria ser superior à cota 782 metros, pode haver o risco de deslizamentos.

Por fim, foi observada a existência de conflitos dentro da própria Lei municipal nº 2870/91, uma vez que o trecho urbanizado do rio aumentou, com a ampliação do perímetro urbano ocorrido ao longo dos últimos anos. Além disso, esta Lei cita a cota altimétrica 780 metros, ao passo que para fins de planejamento e ordenamento territorial, conforme a Lei de Uso e ocupação do solo do município (PATOS DE MINAS, 2008), a prefeitura adota a cota 782 metros, tendo como base a máxima cheia do rio Paranaíba ocorrida historicamente no município, havendo, portanto, a necessidade de revisão da Lei Municipal 2870/91.

4 CONCLUSÕES

O uso da classificação digital pela segmentação de valores do Índice de Vegetação NDVI e pelo método supervisionado da máxima verossimilhança permitiram mensurar a cobertura vegetal arbórea e os tipos de uso do solo existentes na área inundável e na APP do rio Paranaíba, no perímetro urbano de Patos de Minas, sendo que o método de classificação pela máxima verossimilhança apresentou melhores resultados, conforme índice *Kappa* obtido.

Os dados gerados identificaram além dos usos irregulares, áreas degradadas e em conflito com as legislações ambientais federal e municipal apontando a necessidade de esforços para recuperação e reflorestamento. Isso pode ser amenizado, em parte, com a implantação do parque linear, já proposto pela Prefeitura Municipal. Tais medidas devem garantir a manutenção dos serviços ambientais e ainda o espaço necessário para a contenção de cheias, minimizando assim, os efeitos das inundações, que muitas vezes resultam em graves danos pessoais e materiais.

Os resultados gerados podem subsidiar o planejamento urbano da gestão municipal, fornecendo bases para um diagnóstico das áreas de APPs e ainda para a avaliação e tomada de decisão quanto às áreas de conflito envolvendo as legislações ambientais municipais e federais.

REFERÊNCIAS

- ABDURAS, M.M.; ABDULLAH, S.H.; RAMLI, M.F.; ASH'AARI, A.H. Measuring land cover change in Seremban, Malaysia using NDVI index. **Procedia Environmental Sciences**, v.30, 2015, p. 238-243. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.043>
- ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S.; SILVA, I.R.; OLIVEIRA, E.K. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta amazônica**, v.41, n. 1, 2011, p.103-114. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672011000100012>
- AMARAL, E. A. PEREIRA, S.G. BORGES, D. C. S. Avaliação de Impactos Ambientais em uma Área de Preservação Permanente, no Bairro Céu Azul em Patos de Minas/MG. **Cerrado Agrociências – Revista do Centro Universitário de Patos de Minas**, n.4, 2013, p. 16-26.
- BARBOSA, A.S.; ETCHEBEHERE, M.E.C.; SAAD, A.R. Análise da degradação das áreas de preservação permanente – APPS na microbacia cabosol, zona de defesa do núcleo Cabuçu, Guarulhos – SP. **Revista UnG - Geociências**, v.10, n.1, 2011, p. 36-63.
- BARROS, J.R.; ZAVATTINI, J.A. O regime e as excepcionalidades do ritmo pluviométrico no Distrito Federal. In: GERARDI, L.H.O & LOMBARDO, M.A. (Orgs.). **Sociedade e natureza na visão da Geografia**. Rio Claro: AGETEO, 2004, p. 87-102.
- BITENCOURT, M.D.; MESQUITA JR., H.N. Análise Ambiental Espacializada da Gleba Pé-de-Gigante. In: PIVELLO, V.R. & VARANDA, E.M. (Orgs.). **O cerrado pé-de-gigante: ecologia e conservação - Parque Estadual Vassununga**. São Paulo: SMA, p.43 -50, 2005.
- BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF (2012 maio 25). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acessado em: 05set2016.
- CINTRA, G. V. MACÊDO, M. P. Cartografia digital: Ferramenta auxiliar no estudo de áreas verdes em ambientes urbanos. In: SANTOS, F. R. dos; MACÊDO, M. P (Eds.). **Ambiente e sociedade: condicionalidades e potencialidades no espaço goiano**. Jundiaí: Paco Editorial, p.165-186, 2016.
- COHEN, J.A. Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Measurement**, v. 20, n. 1, 1960, p. 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- COSTA, M.E; ANTUNES, M.A.H; DEBIASI, P.; ANJOS, L.H.C. Processamento de imagens Rapideye no mapeamento de uso do solo em ambiente de Mar de Morros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, 2016, p. 1417-1427. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900040>
- CROKE, J. THOMPSON, C. FRYIRS, K. Prioritising the placement of riparian vegetation to reduce flood risk and end-of-catchment sediment yields: Important

considerations in hydrologically-variable regions. **Journal of Environmental Management**, v.190, n.1, 2017, p. 9-19. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.046>

DIAS, R. M. SALVADOR, N. N. B. BRANCO, M. B. C. Identificação dos níveis de degradação de matas ripárias com o uso de SIG. **Floresta e Ambiente**, v.21, n.2, 2014, p. 150-161. <https://doi.org/10.4322/floram.2014.032>

ENGESAT. **RapidEye**, 2016. Disponível em: <<http://www.engesat.com.br/imagem-desatelite/rapideye/>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

FERREIRA, R. A., SANTOS, P. L. Direct Sowing: An alternative to the restoration of Ecosystems of Tropical Forests. In: SUDARSHANA, P., NAGESWARA-RAO, M., SONEJI, J. R. (editores). **Tropical Forests**. Rijeka: In Tech open science, 2012, p.333-348.

FONSECA, L.M.G. **Processamento digital de imagens**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p.

FU, B. LI, Y. WANG, Y. ZHANG, B. YIN, S. ZHANG, H. XING, Z. Evaluation of ecosystem service value of riparian zone using land use data from 1986 to 2012. **Ecological Indicators**, v.69, n.1, 2016, p. 873-881. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.05.048>

GARCIA, Y. M. CAMPOS, S. SPADOTTO, A. J. CAMPOS, M. Caracterização de conflitos de uso do solo em APPs na bacia hidrográfica do Córrego Barra Seca (Perdeneiras/SP). **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 1, 2015, p. 68-73.

GASPARINI, K. A. C. LYRA, G. B. FRANCELINO, M. R. DELGADO, R. C. JUNIOR, F. O. FACCO, A. G. Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicadas na Identificação de Conflitos do Uso da Terra em Seropédica-RJ. **Floresta e Ambiente**, v.20, n.3, 2013, p. 296-306.

GOMES, H. B. JUNIOR, R. S. S. DE PACI, F.T. LIMA, D.K.C. CASTRO, P. H. SANTOS, F. B. CABRAL, S.L. FERREIRA, R.A. Mapeamento Temático da Cobertura Vegetal na Microrregião do Sertão do São Francisco Alagoano, Utilizando Imagens TM LANDSAT 5. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.5, 2012, p. 1121-1132. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i5.232823>

GREEN, K. The Potential and limitations of remote sensing and GIS in providing ecological information. In: Sample VA. (Eds.). **Remote sensing and GIS in ecosystem management**. Washington: Island Press, p. 327-336, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Minas Gerais: Patos de Minas**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/patos-de-minas/panorama>. Acesso em: nov.2017.

JUNIOR, E. A. M. SILVA, J. S. V. Imagens de alta resolução (rapideye) para elaboração de mapas para planejamento e gerenciamento: estrada parque do Pantanal, MS. In: V Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2014, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2014. p.515 -522.

LICZBINSKI, C.; HAERTEL, V. A New Approach to Estimate a Priori Probabilities in Remote Sensing Digital Image Classification. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v.34, n.1, 2008, p. 135-142. <https://doi.org/10.5589/m08-015>

MEERA GANDHI, G.; PARTHIBAN, S.; THUMMALU, N.; CHRISTY, A. NDVI: Vegetation change detection using remote sensing and gis – A case study of Vellore District. **Procedia Computer Science**, v. 57, 2015, p. 1199-1210. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.415>

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. D. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012, 266 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Imagem RapidEye**. 2016. Disponível:< <http://geocatalogo.mma.gov.br/>>. Acesso em: 11 abr.2016.

MOREIRA, T. R. SANTOS, A. R. DALFI, R. L. CAMPOS, R. F. SANTOS, G. M. A. D. A. EUGENIO, F. C. Confronto do Uso e Ocupação da Terra em APPs no Município de Muqui, ES. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.2, 2015, p. 141-152.

NASCIMENTO, A. R. T.; ARAUJO, G. M.; GIROLDO, A. B.; SILVA, P. P. F. Gap Area and Tree Community Regeneration in a Tropical Semideciduous Forest. In: SUDARSHANA, P.; NAGESWARA-RAO, M.; SONEJI, J. R. (Eds.). **Tropical Forests**. Rijeka: In Tech open science, 2012, p.139-154. <https://doi.org/10.5772/30277>

NUNES, J.F.; ROIG, H.L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do Alto do Descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista Árvore**, v.39, n.1, 2015, p. 25-36. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000100003>

OLIVEIRA, S. N. JUNIOR, O.A. C. GOMES, R. A. T. GUIMARÃES, R. F. MCMANUS, C. M. Desflorestation analysis in protected areas and scenario simulation for structural corridors in the agricultural frontier of Western Bahia, Brazil. **Land Use Policy**, v.61, n.1, 2017, p. 40–52. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.046>

PATOS DE MINAS. **Lei Complementar nº 2870** de 02 de outubro de 1991. Declara de Preservação Permanente margens do rio Paranaíba. Câmara Municipal de Patos de Minas, 1991.

PATOS DE MINAS. **Lei Complementar nº 320** de 31 de dezembro de 2008. Institui a Revisão da Lei de Zoneamento, Uso e Ocupação dos Terrenos e Edificações no Município de Patos de Minas, e dá outras providências. Câmara Municipal de Patos de Minas, 2008.

PATOS DE MINAS. Prefeitura Municipal. Manejo de águas pluviais de drenagem urbana do município de Patos de Minas MG: estudo de concepção de gestão das águas pluviais, Arquivo público, Patos de Minas, 2014. 162p.

PINCINATO, Fábio Luciano. Sensoriamento remoto e SIG na análise da viabilidade de recuperação de áreas de preservação permanente irregulares em São Sebastião – SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 07.205, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p.232-330.

PISANI, R.J. Relações entre o método maxver e NDVI para classes de uso do solo na sub-bacia do Rio das Pedras Itatinga - SP. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 22, n.2, 2012, p. 1-12.

PONZONI, F. J. SHIMABUKURO, Y. E. KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.160p.

REGO, T.L. Inundações nas áreas de preservação permanentes em Goiânia - GO. In: Congresso Brasileiro de Geógrafos, 07, 2014, Vitória. **Anais...**Vitória: UFES, 2014.

RICHARDS, J. A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis: an introduction. Fourth Edition**. New York: Springer Verlag, 2006, 431p.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7.ed. Uberlândia: EDUFU, 2009, 264p.

ROUSE, J. W.; HAAS, J. A.; SEHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains whit ERTS. In: Third ERTS-1 Symposium, Washington, 1974. **Anais...**Washington: DC: NSASA, 1974. p. 309-317.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO – SEPLAN – da Prefeitura de Patos de Minas (dados não publicados).

SILVA, L. R.; SANO, E. E. Análise das imagens do satélite Rapideye para discriminação da cobertura vegetal do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.7, n.68, 2016, p. 1269 - 283.

STURM, S. ANTUNES, A. F. LINGNAU, C. BAHR, H. P. Análise da ocupação em Áreas de Preservação Permanente (APP) na área urbana do município de Matinhos utilizando a imagem Ikonos II. In: III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, Curitiba, 2003. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003. p. 0-14.

TUCKER, C.J.; Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v.8, n.2, 1979, p. 127-150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; ROCHA, O. Ecosistemas de águas interiores. In: BRAGA, B.; TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; CIMINELLI, V. S. T. (Orgs.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Editora Escrituras, 2015. p. 143-186.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL NA ÁREA DE PRESERVAÇÃO DO RIO PARANAÍBA NO MUNICÍPIO DE PATOS DE MINAS E DIRETRIZES PARA RECUPERAÇÃO

RESUMO

As Áreas de Preservação Permanente (APP), por meio da vegetação ripária exercem papel fundamental na rede de drenagem, estabilizando margens, formando corredores ecológicos, protegendo a biodiversidade e os mananciais, e ainda regulando o fluxo de água e nutrientes. A destruição da vegetação ciliar e a conversão dessas áreas em outros usos, e ainda as formas de manejo do solo dentro e no entorno das zonas ripárias, constituem as principais fontes de impactos e degradação ambiental. O presente estudo teve como objetivo avaliar os principais impactos ambientais de natureza negativa existentes na área de APP do rio Paranaíba (trecho urbano), no município de Patos de Minas, e a partir da análise dos dados espaciais obtidos no Capítulo 1 e dos impactos ambientais identificados, propor diretrizes para mitigação dos impactos e recuperação ambiental dessas áreas no âmbito municipal. Para isso, foi utilizada a matriz adaptada de Leopold com o intuito de avaliar os impactos ambientais quanto ao seus principais atributos e interferências nos meios físico, biótico e antrópico. A análise das classes de cobertura e uso do solo anteriormente obtidas no capítulo 1, juntamente com a pesquisa e avaliação de impactos ambientais permitiram identificar as áreas mais críticas de degradação. Os impactos negativos, de origem antrópica, identificados na APP do rio Paranaíba, foram: disposição de resíduos sólidos diversos, presença de bovinos/equinos, presença de espécies exóticas ou invasoras, lançamento de efluentes domésticos e industriais, ausência ou ineficiência de dissipadores, erosão e assoreamento, trilhas internas, pescas, desbastes e indícios de fogo. As áreas críticas de degradação e prioritárias para recuperação foram identificadas na confluência com afluentes urbanos (ribeirão da Fábrica e córregos: Cadeia e Água limpa), e ainda nos trechos próximos ao bairro Nossa Senhora Aparecida e Laranjeiras. Os resultados encontrados apontam a necessidade de recuperação nos trechos mais degradados e sem vegetação ripária da APP do rio Paranaíba, em seu trecho limitante com o perímetro urbano.

Palavras-chave: Distúrbios, zonas ripárias, degradação.

ABSTRACT

The permanent preservation areas (PPAs) through riparian vegetation play a fundamental role in the drainage network, stabilizing margins, forming ecological corridors, protecting biodiversity and water sources, and regulating the flow of water and nutrients. The destruction of riparian vegetation and the conversion of these areas into other uses, as well as the forms of soil management within and around the riparian zones, are the main sources of impacts and degradation environmental. The objective of this study was to evaluate the main negative environmental impacts of PPA of the Paranaíba river (urban stretch), in Patos de Minas/MG. In addition, based on the analysis of the spatial data obtained in Chapter 1 and the identified environmental impacts, to propose guidelines for mitigation of impacts and environmental recovery of these areas at the municipal level. This way, a Leopold-adapted matrix was used to evaluate the environmental impacts whit regards to main attributes and interferences in the physical, biotic and anthropic environments. The analysis of the coverage and land use classes previously obtained in chapter 1, along with the research and evaluation of environmental impacts allowed identifying the most critical areas of degradation. The negative impacts, of anthropogenic origin, identified in Paranaíba river's permanent preservation area were: disposal of solid waste, presence of cattle and horses, presence of exotic or invasive species, release of domestic and industrial effluents, absence or inefficiency of energy sinks, erosion and deposition of sediments within the river, internal trails, fisheries, thinning of trees and fires. Areas that are more degraded and are prioritized for recovery were identified at the confluence with urban tributaries (streams: Fábrica, Cadeia, and Água limpa) besides the in the region of PPA near the Nossa Senhora Aparecida and Laranjeira neighborhoods. The results indicate the need for recovery in the most degraded areas and without riparian vegetation stretches of the Paranaíba River's permanent preservation area, in its limiting stretch with the urban perimeter.

Keywords: Disturbances, riparian zone, degradation.

1 INTRODUÇÃO

Os processos de urbanização vêm sendo acompanhados por profundas alterações no uso e ocupação do solo, os quais resultam em impactos ambientais nas bacias hidrográficas principalmente em suas áreas de proteção. As transformações sofridas pelas bacias em fase de urbanização podem ocorrer muito rapidamente, e quando não há planejamento na gestão urbana, podem provocar desequilíbrio nos sistemas ambientais interferindo de forma negativa na qualidade de vida da população (ONO, 2008).

Dentro de uma bacia hidrográfica, as matas ripárias exercem papel fundamental na rede de drenagem, a destacar: sustentação do solo nas suas margens, formação de corredores ecológicos, manutenção da biodiversidade, proteção de mananciais, ciclagem de nutrientes e na regulação do fluxo de água (GONÇALVES et al., 2005; MORAIS et al., 2017).

De acordo com Morais et al. (2017), a vegetação ripária, por meio da serapilheira e das raízes das árvores fornecem resistência ao impacto das gotas das chuvas e do escoamento superficial, por proporcionarem maior infiltração da água, reduzindo assim processos de erosão e assoreamento. Essa vegetação funciona como um papel de filtro das águas que sobrevivem das partes mais altas da bacia impedindo ou dificultando o carreamento de sedimentos para o sistema aquático, contribuindo, dessa forma, para a manutenção da qualidade da água nas bacias hidrográficas.

Neste sentido, Taniwaki et al. (2017) também destaca essa função das matas ripárias, quando afirma que elas funcionam como uma zona tampão, reduzindo os efeitos negativos relacionados ao manejo das terras adjacentes. Assim, a destruição das matas ripárias e a conversão destas áreas em outros usos e ainda as formas de ocupação e manejo desordenado do solo no entorno dessas áreas, são as principais fontes de impactos e degradação dos ambientes ripários.

As matas ripárias constituem zonas denominadas Áreas de Preservação Permanente (APPs), cujos limites e extensão são definidos pelo Código Florestal Brasileiro, entretanto, muitas vezes em áreas urbanas, tais limites são infringidos (MORAIS et al, 2017; BRASIL, 2012; GONÇALVES et al, 2005), o que contraria a própria legislação, uma vez que qualquer intervenção ou a supressão de vegetação nativa em APPs somente poderia ocorrer nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto, nos casos caracterizados na referida lei (BRASIL, 2012).

A aplicabilidade da preservação integral de APPs situadas próximas ou em áreas urbanas normalmente é dificultada, principalmente pela degradação e o impacto que elas sofrem, causados principalmente pela ação antrópica. A degradação dessas áreas ocorre de várias formas, por exemplo, através de deposição de resíduos, lançamento de efluentes e construções irregulares (LACORTE e ALMEIDA, 2015). Outros indicadores potenciais de degradação florestal incluem: incêndio, desmatamento, fragmentação, dominância de espécies exóticas ou invasoras (REDDY et al., 2016).

Diante disso, torna-se pertinente identificar e mensurar os principais impactos ambientais de natureza negativa (que causam danos à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental) presentes em Áreas de Preservação Permanente, que deveriam estar conservadas e destinadas à preservação de suas funções ambientais. Dentre as metodologias de diagnósticos ambientais existentes, a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é uma importante ferramenta de diagnóstico, constituindo uma abordagem sistemática utilizada na identificação e avaliação de impactos benéficos e nocivos sobre os componentes físicos, biológicos e socioeconômicos do ambiente, que podem surgir a partir da implementação de projetos, planos, programas ou políticas públicas (SÁNCHEZ, 2006; GILBUENA JR, 2013).

A Resolução CONAMA 01/86 define impacto ambiental como sendo qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Existem diversas definições de AIA. Uma é o conceito que engloba um conjunto de métodos e técnicas relacionado com o conhecimento técnico e científico sobre o ambiente, a ação e suas inter-relações (ALMEIDA, 2008). Por outro lado, Sánchez (2006) afirma que através da AIA é possível elencar as principais atividades ou ações antrópicas impactantes ao sistema ambiental, possibilitando assim dar suporte para proposição e implementação de medidas mitigadoras, bem como de recuperação de áreas criticamente degradadas.

Por outro lado, Toro et al. (2013) ressalta que dentre as técnicas de AIA, a matriz de interação é um dos métodos mais usados. Este método tem como base a “Matriz de Leopold” (Leopold et al., 1971) e corresponde a uma listagem bidimensional para identificação de impactos ambientais, sendo de fundamental importância para etapas

posteriores do processo de AIA, no que tange à proposta de mitigação desses impactos identificados.

De acordo com Josimovic et al. (2014), a matriz Leopold é bastante geral. Essa é uma vantagem, pois aponta para a sua aplicação mais ampla, bem como o fato de que o método pode acomodar tanto dados quantitativos quanto qualitativos. Além disso, é bastante eficaz na comunicação dos resultados por fornecer uma exibição visual em um único diagrama de representação.

Jebelli et al. (2017) afirmam que as matrizes de interação são particularmente úteis, pois refletem os impactos provenientes de interações entre as atividades antrópicas e os componentes ambientais. Apesar dessas vantagens, as matrizes também possuem limitações, pois suas previsões são efetuadas parcialmente com base em julgamentos subjetivos convertidos em números empíricos, mas ainda assim é um método válido e amplamente utilizado na abordagem para a avaliação de impactos ambientais (TORO et al., 2013).

Nesse sentido, é importante ressaltar que distúrbios antrópicos, dependendo de sua intensidade e magnitude, são indicadores potenciais de degradação e podem provocar tanto a perturbação e um ecossistema como a sua degradação efetiva (ABUQUERQUE, 2010).

De acordo com Martins (2014) um ecossistema torna-se degradado quando diminui ou perde sua capacidade de recuperação natural após distúrbios, sendo necessário a intervenção usando técnicas de restauração ecológica para sua recuperação ambiental. Nestas condições de intensa degradação, é importante a adoção de técnicas e de modelos de recuperação visando restabelecer a vegetação ciliar que proteja o solo e o curso d'água.

Nessa perspectiva, o objetivo do presente estudo foi avaliar os principais impactos ambientais de natureza negativa existentes na área de APP do rio Paranaíba, no município de Patos de Minas, e partir da análise dos dados espaciais (Capítulo 1) e dos possíveis conflitos identificados com a legislação ambiental vigente (Código Florestal Brasileiro), também propor diretrizes para mitigação dos impactos e para a recuperação ambiental dessas áreas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado na APP de um trecho do rio Paranaíba (Figura 1). Foi considerado para delimitação da APP, os parâmetros legais do Código Florestal Brasileiro, correspondente à uma faixa de 50 metros a partir da borda do leito regular. O rio Paranaíba, no trecho estudado, está inserido ou delimita o perímetro urbano da sede de Patos de Minas – MG (Figura 1).

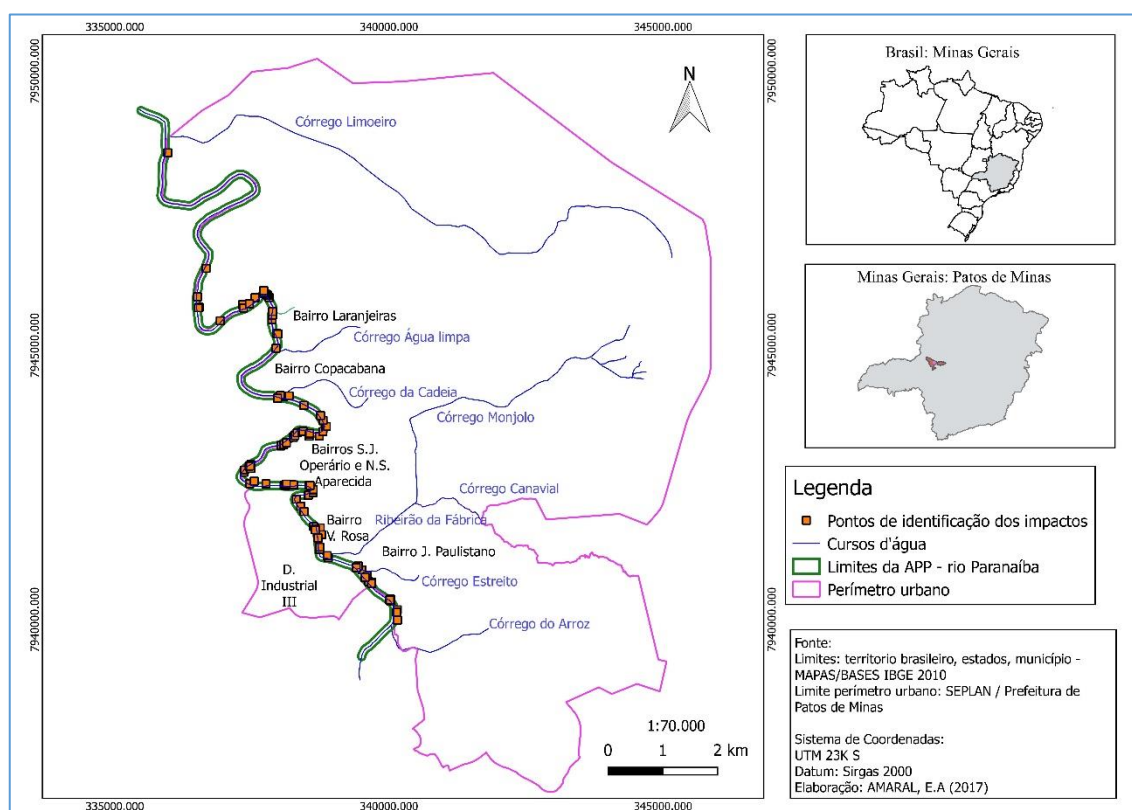


FIGURA 1 - Área de Preservação Permanente (APP) do rio Paranaíba (presente estudo) no município de Patos de Minas e localização dos pontos visitados em campo para levantamento dos impactos ambientais.

2.2 Identificação e avaliação de impactos ambientais

Para esta análise, foram realizadas visitas a campo entre os meses de agosto e setembro de 2017 (estação seca), onde foram coletados pontos com GPS *PRO XR L1/L2* e câmera digital *Sony W830, 20.1 mp*, para levantamento de fatores e impactos ambientais presentes na área de APP considerada. Em cada ponto visitado (Figura 1) foram

identificados e listados os impactos presentes, baseando-se na literatura de Sánchez (2006) e na Resolução CONAMA Nº 001/86 (CONAMA, 1986).

A análise dos impactos levantados foi feita por meio da matriz de interação de impactos ambientais, adaptada de Leopold et al. (1971). Em seu eixo horizontal foram dispostos os impactos ambientais de origem antrópica observados na APP, e em seu eixo vertical, os componentes ambientais sobre os quais esses impactos interferem, sendo eles: meio físico, meio biótico e meio antrópico.

Os impactos ambientais primeiramente foram interpretados e valorados em função dos seguintes atributos e pesos (Tabela 1) e dispostos em uma matriz geral, com seis quadrículas para cada impacto avaliado.

TABELA 1: Atributos e valoração utilizados para determinação da magnitude e da importância dos impactos ambientais levantados na área de APP do rio Paranaíba (trecho urbano), em Patos de Minas – MG.

Atributos	Valor		
	1	2	3
Tipo de ação	Enésima: relação enésima em relação à ação.	Secundária: quando faz parte de uma reação secundária em relação à ação, fazendo parte de uma cadeia de reações.	Primária (Direta): simples reação de causa e efeito.
Ignição (tempo para se manifestar)	Longo prazo: quando o efeito se manifesta com uma longa defasagem de tempo em relação à ação.	Médio prazo: quando o efeito se manifesta com certa defasagem de tempo em relação à ação	Imediata: o efeito do impacto surge simultaneamente com a ocorrência da ação
Duração (permanência)	Curto prazo: os efeitos dos impactos permanecem no ambiente somente enquanto durar a ação ou em no máximo 1 ano após ocorrer a ação.	Médio Prazo: os impactos ou seus efeitos permanecem no ambiente de 1 a 10 anos.	Longo Prazo: os impactos ou seus efeitos permanecem no ambiente por tempo desconhecido ou ilimitado, ou ainda, superior a 10 anos.
Extensão (Abrangência)	Local: o alcance do impacto é no próprio local da ação.	Regional: quando a abrangência ou consequência do impacto se estende à uma além do local onde houve a ação.	Global: impacto que pode ter abrangência ou consequência global.
Reversibilidade	Reversível: quando cessada a ação causadora, as condições ambientais originais são totalmente restabelecidas	Reversível parcialmente: quando cessada a ação causadora, as condições ambientais originais são parcialmente restabelecidas	Irreversível: mesmo após cessada a ação causadora, o componente ambiental afetado não retorna para as condições originais, pelo menos em um horizonte de tempo aceitável pelo homem

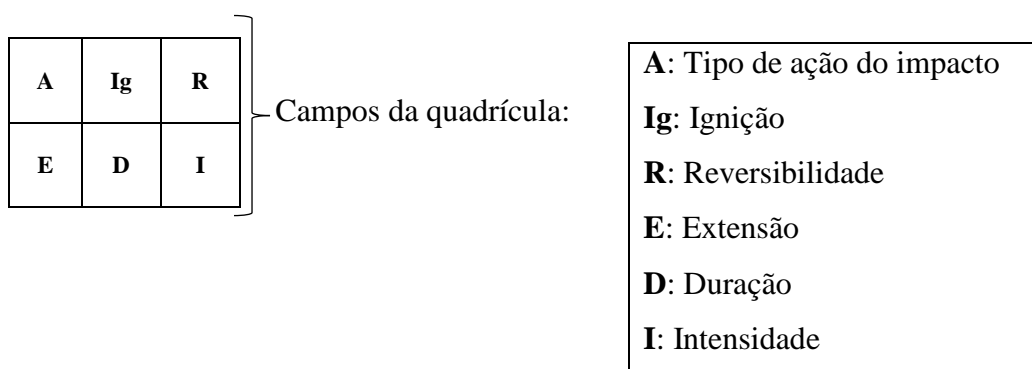
...continua...

TABELA 1, cont.

Intensidade (Quantificação da ação impactante)	Baixa: baixo nível de alteração da característica/componente ambiental; baixo grau de modificação.	Média: nível médio de alteração da característica/componente ambiental; baixo grau de modificação.	Alta: alto grau de modificação do componente ambiental; efeito devastador.
---	---	---	---

Fonte: Almeida et al. 2008, adaptada.

O preenchimento de cada quadrícula para cada impacto avaliado em função de um fator causador, foi na ordem e posição, como demonstrado abaixo:



Os valores ponderados para os atributos dos impactos (Tabela 1) foram posteriormente utilizados para a determinação da magnitude e importância dos impactos. A magnitude é definida como a medida de gravidade da alteração do valor de um parâmetro ambiental (ALMEIDA et al., 2008; BISSET, 1980), sendo mensurada pela soma dos valores determinados para os atributos: extensão, permanência e intensidade, sendo utilizada a seguinte escala de valores, adaptados para este estudo e baseado em Almeida et al. (2008) e Leopold et al. (1971) – baixo: (3) e (4) / médio: (5) e (6) / alto (7), (8) e (9).

A importância do impacto, corresponde segundo BISSET (1980), à medida da significância do mesmo e foi calculada com base na adaptação da fase matricial de Almeida et.al (2008) a partir da matriz de Leopold et al. (1971), sendo o resultado da soma dos valores de magnitude e dos atributos: tipo de ação, ignição e reversibilidade. Sua escala, adaptada para o presente estudo contém os respectivos valores: baixo: (6), (7), (8), (9) e (10) / médio: (11), (12) e (13) / alto: (14), (15), (16), (17) e (18).

Assim, a partir da valoração da magnitude e da importância dos impactos ambientais, que, de acordo com Leopold et al. (1971) são os atributos principais a serem avaliados e que devem ser considerados na análise final, foi montada então uma matriz final e sintetizada, disposta conforme Tabela 2.

TABELA 2 - Disposição dos eixos horizontal e vertical da matriz adaptada de Leopold et al. (1971) avaliando-se os impactos identificados na APP em estudo, quanto a sua magnitude e importância sobre um determinado componente ambiental.

		Impactos ambientais observados na APP	
		Causa	a
Componentes ambientais: MF; MB; MO	Efeito		
	b	$m_{a,b}$	$i_{a,b}$

Significado: MF: meio físico; MB: meio biótico; MA: meio antrópico; $m_{a,b}$: valor atribuído à magnitude do impacto correspondente à ação de “a” sobre o componente “b”; $i_{a,b}$: valor atribuído à importância do impacto correspondente à ação de “a” sobre o componente “b”. Fonte: (BRAGA et al., 2002, adaptada).

2.3 Identificação das áreas críticas de degradação ambiental

A definição dos pontos mais críticos de degradação teve em vista a análise conjunta da classificação da cobertura e uso do solo e o levantamento pontual de impactos ambientais identificados *in loco*. As classes consideradas foram aquelas obtidas pelo método da máxima verossimilhança (Capítulo 1), que obteve melhor índice *Kappa* (0,84).

Considerou-se como críticas de degradação aquelas áreas dentro da APP, onde a classificação digital apontou conflitos com a legislação ambiental (Código Florestal): solo exposto, pastagem ou edificações onde deveria estar presente a mata ciliar e que ainda apresentaram um maior número de impactos de alta magnitude e importância, quando visitadas *in loco*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais impactos negativos de origem antrópica identificados na APP do rio Paranaíba, no trecho estudado, foram: disposição de resíduos sólidos diversos (plásticos, pneus, resíduos da construção civil e de demolição, latas de tintas, papéis), presença de bovinos/ equinos, presença de espécies exóticas e/ou invasoras, lançamento de efluentes domésticos e industriais, ausência ou ineficiência de dissipadores pluviais, erosão / assoreamento, trilhas internas, desbastes, pescas e presença ou indícios de fogo.

Dentre os impactos observados na APP (n =10), a erosão/assoreamento, a introdução de espécies exóticas e o lançamento de resíduos e esgoto foram os mais significativos, com maior frequência (%) dentre as ocorrências de impactos (Figura 2).

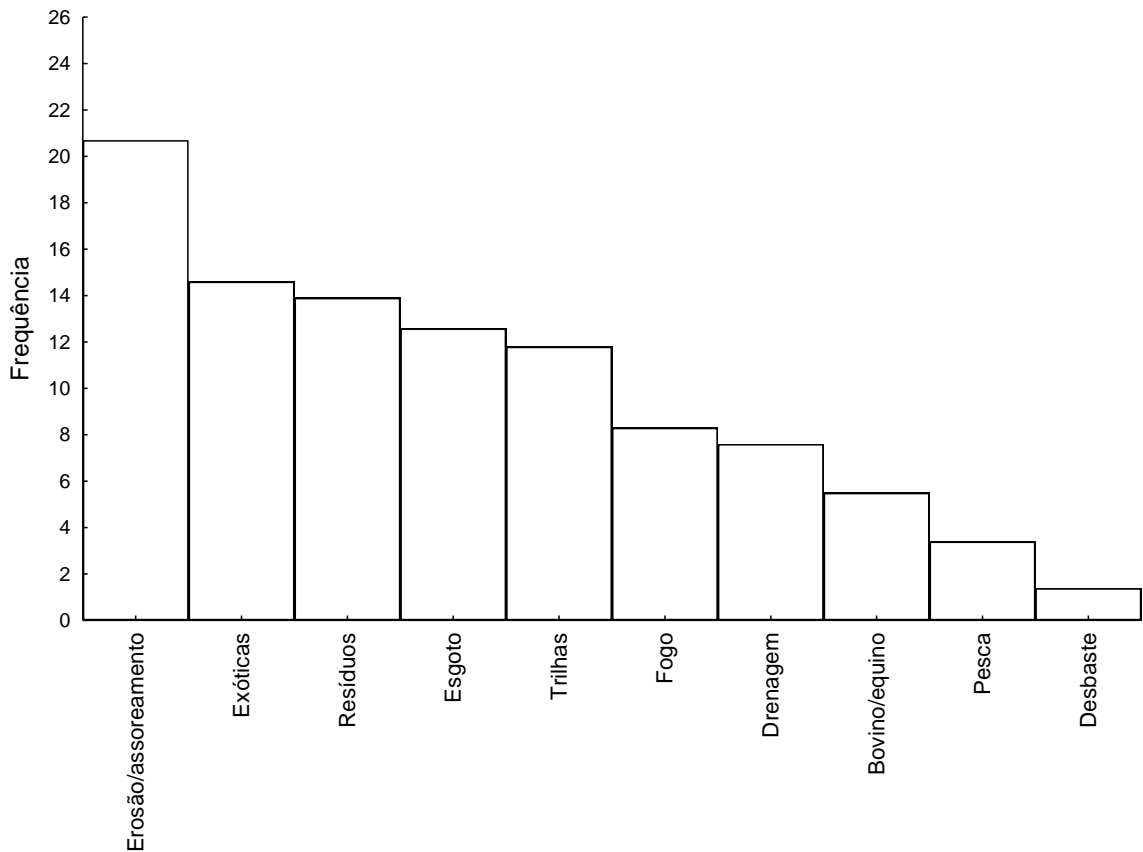


FIGURA 2 - Distribuição da frequência dos impactos ambientais na APP do rio Paranaíba, Patos de Minas, MG.

A análise de causa e efeito dos impactos quanto aos seus atributos: tipo de ação, ignição, reversibilidade, extensão, duração e intensidade podem ser visualizados na Tabela 3. A Tabela 4, por sua vez, demonstra a matriz adaptada de Leopold, contendo a

análise final dos impactos quanto à magnitude e importância dos mesmos em relação aos parâmetros analisados para o meio físico, biótico e antrópico.

Dentre os fatores impactantes que apresentaram alta magnitude e importância, está o lançamento de efluentes, que apresentou alta frequência dentre os impactos observados na APP (Figura 2), alto grau de impacto em 6 dos 10 parâmetros ambientais avaliados para os meios físico, biótico e antrópico (Tabela 4), destacando-se como efeito a poluição das águas, interferência no ecossistema natural, perda de biodiversidade e ainda perda de qualidade de vida/saúde.

Ao longo da APP do rio Paranaíba, foram detectados durante as visitas de campo, 18 pontos de lançamento de efluentes sem tratamento (por meio de desembocaduras de afluentes ou de tubulações), cujas fotos estão listadas no Anexo III. À jusante de alguns desses pontos, foi presenciada também a mortandade de peixes (Anexo V). A elevada carga orgânica advinda do esgoto sem tratamento, somadas à menor vazão de água decorrente do período seco, e, ainda, a deposição de sedimentos provenientes de processos erosivos podem ter diminuído a disponibilidade de oxigênio na água, afetando a fauna aquática.

Ainda, segundo Pereira et al. (2016), os dejetos domésticos sem tratamento, podem alterar o pH natural e a concentração de oxigênio, aumentando a turbidez das águas através da incorporação de carga orgânica, e injetando substâncias químicas diversas, o que afeta os padrões legais estabelecidos para qualidade das águas.

É importante ainda ressaltar, que foi verificada também presença de alguns pescadores a poucos metros da jusante de lançamentos de efluentes (Anexo V), o que além de constituir um impacto significativo na qualidade de vida e de saúde dessas pessoas e de toda a população indiretamente, é uma prática proibida, conforme inciso II, artigo 3º da Instrução Normativa de nº 025 de 2009 do IBAMA (IBAMA, 2009), que menciona que é proibida a pesca em qualquer categoria e modalidade a menos de quinhentos metros (500m) de confluências e desembocaduras de rios, lagoas, canais e tubulações de esgoto.

TABELA 3 - Matriz dos impactos ambientais identificados na APP do rio Paranaíba, avaliados quanto aos atributos: tempo de ação, ignição, reversibilidade, extensão, duração e intensidade.

Causa Efeito		Impactos ambientais observados na APP																														
		Deposição de Resíduos			Presença de bovinos / equinos			Presença ou indícios de Fogo			Lançamento de efluentes			Drenagem sem dissipador			Espécies exóticas			Trilha interna			Pesca de anzol			Desbaste			Erosão / Assoreamento			
Meio Físico	Compactação do solo	2	3	2	3	3	3	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2	3
		1	3	3	1	3	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	1	3	3	2	3	3	1	2	2
	Poluição do solo e/ou da água	3	3	3	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2	2	3
		2	3	3	0	0	0	0	0	0	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	2	3	3	
	Perda de massa e nutrientes do solo	3	3	3	1	2	2	3	3	3	1	2	3	3	3	3	0	0	0	1	2	2	0	0	0	3	3	3	3	3	3	
		2	3	3	1	3	1	1	3	3	1	2	2	1	3	3	0	0	0	1	3	1	0	0	0	1	3	3	2	3	3	
Aumento da sedimentação no curso de água.	3	3	3	2	2	3	2	2	3	3	2	3	3	3	3	0	0	0	1	2	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3		
	2	3	3	2	3	3	2	3	1	2	3	3	2	3	3	0	0	0	1	3	1	2	3	3	2	3	3	2	3	3		
Instabilidade das margens	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3		
	2	3	3	2	3	3	1	3	2	1	3	3	1	3	3	0	0	0	1	3	1	2	3	3	2	3	3	2	3	3		
Meio Biótico	Perda de biodiversidade	1	1	3	1	1	3	3	3	3	2	2	3	1	1	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	2	2	3	
		2	3	1	1	1	1	2	3	3	2	3	3	2	3	2	2	3	3	0	0	0	2	3	3	2	3	3	2	3	3	
	Interferência Ecossistema natural	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	
2		3	2	1	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	2	2	3	3	1	3	2	2	3	3	2	3	3	2	3	3		
Meio Antrópico	Perda de Qualidade de vida/ saúde	2	2	2	0	0	0	3	3	2	3	3	1	2	2	1	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	2	2	2	1	2	
		2	2	2	0	0	0	2	2	3	2	3	3	2	3	3	0	0	0	0	0	2	3	3	2	3	3	2	1	2		
	Perda de Qualidade estética paisagística	3	3	2	1	3	1	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	2	1	2	3	0	0	0	3	3	2	3	3		
		2	2	3	1	1	2	1	2	3	1	2	3	1	3	3	2	2	3	1	3	2	0	0	0	1	3	3	1	3	3	
Risco de inundações / deslizamentos.	3	2	2	0	0	0	2	2	2	0	0	0	3	3	2	0	0	0	2	2	2	0	0	0	2	2	3	3	3	3		
	2	2	3	0	0	0	2	2	3	0	0	0	2	3	3	0	0	0	1	3	2	0	0	0	2	3	3	2	3	3		

Legenda: 0: impacto neutro; 1, 2 e 3: peso do atributo analisado, conforme Tabela 1.

Disposição na quadrícula dos pesos referentes aos atributos tipo de ação (A), ignição (Ig); reversibilidade (R); Extensão (E); Duração (D) e Intensidade (I):

A	Ig	R
E	D	I

TABELA 4 - Matriz dos impactos ambientais identificados na APP do rio Paranaíba, avaliados quanto aos atributos: magnitude e importância.

Causa Efeito		Impactos ambientais observados na APP																			
		Deposição de Resíduos		Presença de bovinos e equinos		Indícios de fogo		Lançamento de efluentes		Drenagem sem dissipador		Espécies exóticas		Trilha interna		Pesca de anzol		Desbaste		Erosão / Assoreamento	
Meio Físico	Compactação do solo	7	14	7	16	6	11	0	0	0	0	0	0	7	15	7	14	8	15	5	12
	Poluição do solo e/ou da água	8	17	0	0	0	0	8	17	0	0	0	0	0	0	0	0	7	14	8	15
	Perda de massa e nutrientes do solo	8	17	5	10	7	16	5	11	7	16	0	0	5	10	0	0	7	16	8	17
	Aumento na sedimentação no curso de água.	8	17	8	15	6	13	8	16	8	17	0	0	5	10	8	15	8	15	8	17
	Instabilidade das margens	8	17	8	15	6	15	7	16	7	16	0	0	5	10	8	15	8	17	8	17
Meio Biótico	Perda de Biodiversidade	6	11	3	8	8	17	8	15	7	12	8	17	0	0	8	17	8	17	8	15
	Interferência Ecossistema natural	7	15	7	15	7	16	8	17	7	15	8	17	6	12	8	17	8	17	8	16
Meio Antrópico	Perda de Qualidade de vida/saúde.	6	12	0	0	7	15	8	16	7	15	0	0	0	0	8	17	8	16	5	10
	Perda de Qualidade estética paisagística	7	15	4	9	6	14	6	14	7	16	7	15	6	12	0	0	7	15	7	16
	Risco de inundações / deslizamentos.	7	14	0	0	7	13	0	0	8	16	0	0	6	12	0	0	8	15	8	17

Legenda: 0: impacto neutro. Para magnitude (m): Alto: (7), (8) e (9) / Médio: (5) e (6) / Baixo: (3) e (4). Para importância (i): Alta: (14), (15), (16), (17) e (18) / Média: (11), (12) e (13) / Baixa: (6), (7), (8), (9) e (10). Disposição na quadrícula dos pesos referentes aos atributos (m) e (i) dos impactos:

m	i
---	---

$$m = E + D + I$$

$$i = m + A + Ig + R.$$

Apesar de ser o manancial de abastecimento humano da cidade, o rio Paranaíba encontra-se bastante poluído, conforme verificado visualmente em campo e conforme aponta o relatório de monitoramento do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), que mostra que ao longo dos anos, o rio Paranaíba vem apresentando IQA ruim perto de centros urbanos e cita a jusante da cidade de Patos de Minas com alguns indicadores de IQA acima dos níveis estabelecidos pela legislação para corpos de água de Classe 2, que é o enquadramento do rio em questão (IGAM, 2015).

Em Patos de Minas, desde 2008, está em construção a estação de tratamento de esgoto, que hoje trata cerca de 60 a 80 litros de efluente por segundo, o que corresponde a 30% da vazão média prevista para o projeto (240 litros/segundo no ano de 2020, que seria 80% de todo o esgoto coletado na cidade) (SELAN, dados não publicados).

Dessa forma, a conclusão das obras e a execução do tratamento dos efluentes domésticos do município por parte da empresa concessionária, torna-se imprescindível para despoluir o rio Paranaíba, sendo necessário também uma maior fiscalização das empresas lançadoras de efluentes industriais no rio, por parte do órgão ambiental licenciador e ainda fiscalização de lançamentos clandestinos em rede pluvial.

Ao longo do trecho do rio cuja APP foi analisada neste estudo, foi detectada presença de resíduos sólidos (ilustrados no Anexo V), tanto de forma difusa, quanto mais concentrada. Dentre estes resíduos, alguns possuem um longo tempo de permanência no ambiente, como é o caso dos plásticos, pneus e vidros; outros com potencial de contaminação, por exemplo latas com restos de tintas e ainda outros com alto potencial de movimento de massa, como é o caso de resíduos da construção civil e de demolição. Diante da variedade de resíduos encontrados, da alta frequência dentre os impactos observados (Figura 2) e do potencial de carreamento, observado pela concentração nos pontos com assoreamento, a valoração dos atributos magnitude e importância foram altos para vários parâmetros avaliados do meio físico (Tabela 4). A presença de resíduos especialmente na margem direita pode ser explicada pela proximidade da APP dessa margem com a cidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por Larocca (2017) que analisou impactos ambientais, a partir do meio geo-físico, biológico e antrópico, ocorrentes uma área de APP localizada na cidade de Londrina – Paraná, por meio de uma matriz derivada da matriz de Leopold, onde destacou que um dos principais impactos negativos acarretados no objeto de seu estudo, foi o carregamento de resíduos para o curso d'água,

principalmente pela proximidade com um bairro e por existir diversos terrenos em construção.

Conforme apresentado no capítulo 1, dentre as classes sem mata ripária na APP (50 metros), a pastagem foi o uso predominante, com base na classificação pela máxima verossimilhança (melhor índice *Kappa*), onde essa classe representou cerca de 15,9 % da área total do *buffer*, o que por si só, já constitui uma situação de não conformidade com a legislação ambiental. Durante as visitas de campo, foi detectada presença considerável de bovinos e de equinos em áreas de pastagem no entorno das APPs, contínuas com a área de preservação, na maior parte das vezes sem o devido cercamento, e ainda indícios (fezes) na área dentro da faixa de preservação, o que sugere que esses animais circulam no interior da zona que é de proteção legal (Anexo V).

A presença de bovinos e de equinos em APP é altamente impactante. Conforme observado nas tabelas 3 e 4, esse fator teve alto grau de impacto ambiental para o meio físico e biótico, verificado pela valoração dos atributos para aspectos ambientais como compactação do solo, erosão e assoreamento e ainda interferência nos ecossistemas naturais.

Assim, faz-se necessário o isolamento com cerca tipo alambrado das áreas de APP para impedir o trânsito de animais, conforme ressalta Durigan et al. (2010), e devem os bebedouros, preferencialmente, serem instalados nas pastagens ou podem ser delimitados corredores cercados, para que o gado possa beber água no rio. Conforme relatado por Sampaio e Guarino (2007), o pisoteio de animais em áreas florestais, interfere nos processos sucessionais e de regeneração devido à quebra ou herbivoria de plântulas e compactação do solo.

Além das gramíneas *Urochloa* spp. (braquiárias), *Panicum maximum* Hochst.ex A. Rich. (capim-colonião) e *Melinis minutiflora* P. Beauv. (capim-gordura), foram identificadas na área outras espécies exóticas e invasoras (algumas delas ilustradas no Anexo VI) tais como: *Ricinus communis* L. (mamona), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Guadua paraguayana* (bambu) e *Eucalyptus* sp. (eucaliptos). A presença de pelo menos uma dessas espécies na APP teve alta frequência (Figura 2) em relação ao número total de ocorrências de impactos ambientais verificados na área.

A presença de espécies exóticas/invasoras em áreas naturais, apresentam alto grau de impacto ambiental (Tabelas 3 e 4), especialmente no meio biótico, por interferirem negativamente na biodiversidade e nos ecossistemas naturais e também no meio

antrópico, por interferir na qualidade estética e paisagística, por muitas vezes dominarem a paisagem em detrimento das espécies nativas, conforme descreve Morais et al. (2017).

Dentre os métodos de controle relatados na literatura para o controle de gramíneas e de outras espécies exóticas / invasoras estão cobertura de lona plástica, corte raso da biomassa, uso de leguminosas forrageiras (NASCIMENTO, 2014) e abertura de clareiras ao redor de plântulas (MARTINS, 2014). Porém, devido à permanência no banco de sementes durante anos (MORAIS et al. 2017), a eliminação definitiva de espécies invasoras é dificultada, comprometendo as medidas de controle. Dessa forma, o monitoramento e prevenção em ecossistemas de baixa de resiliência, como as APPs é fundamental.

Foram detectados indícios e presença de incêndio humano na APP, que pode ter sido facilitado pela existência de trilhas e acessos internos (Anexo V), que facilitam o acesso por dentro da área. De acordo com Melo e Durigan (2010), os principais efeitos do fogo sobre os ambientes florestais são perdas nos estoques de biomassa, alterações no ciclo hidrológico e de nutrientes e a perda de biodiversidade, o que pode estar associado a invasões biológicas. Além disso, se a queima ocorre no ápice da estação seca, a matéria orgânica do subsolo pode queimar durante vários dias, esterilizando o solo (PEREIRA et al., 2016).

Foram encontrados ao longo dos locais visitados, onze pontos de drenagem pluvial (escoamento superficial ou lançamento por meio de tubulações), onde os principais estão ilustrados no anexo IV. Os problemas ambientais relacionados à drenagem pluvial verificados nesses locais foram: ausência ou ineficiência de dissipadores hidráulicos, o que também foi observado nos lançamentos de efluentes e a falta de vegetação ripária, no entorno dos dissipadores, principalmente onde foi feita a intervenção ambiental na APP para construção dos mesmos. Como consequência, verificou-se a formação de processos erosivos e de assoreamento.

A intervenção em APPs para execução de dissipadores hidráulicos necessários ao lançamento final de águas pluviais e de esgoto, são autorizados no perímetro urbano do município, em conformidade com Lei Federal 140/2011, pelo Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (CODEMA), que é um órgão colegiado consultivo, normativo e deliberativo, sendo essas intervenções enquadradas nos casos de utilidades pública e baixo impacto ambiental, trazidos pelo Código Florestal Brasileiro, justificando, portanto, a necessidade da intervenção. Como condicionante da autorização, o CODEMA exige a execução de medidas mitigadoras e compensatórias por parte dos proponentes para estas

intervenções, sendo elas: reflorestamento no entorno, execução de técnicas de conservação do solo e doação quantidade de mudas nativas e insumos ao município de Patos de Minas como medida compensatória.

Foi encontrado sinais de desbaste recente (Anexo V), dentro da APP do rio próximo ao bairro N.S. Aparecida, onde existem também construções irregulares, e ainda lançamento de esgoto clandestino na APP. Essa região de APP não está dentro da cota altimétrica de 782 metros (área delimitada como de risco de inundação, visto no capítulo 1), porém é visível o risco de deslizamento em alguns pontos (Anexo V), agravado por depósito de entulhos acima e por falta de cobertura vegetal arbórea na margem, cuja largura também infringe em alguns pontos a legislação ambiental (Figura 3), constituindo uma das áreas críticas de degradação ambiental e risco para a população residente.

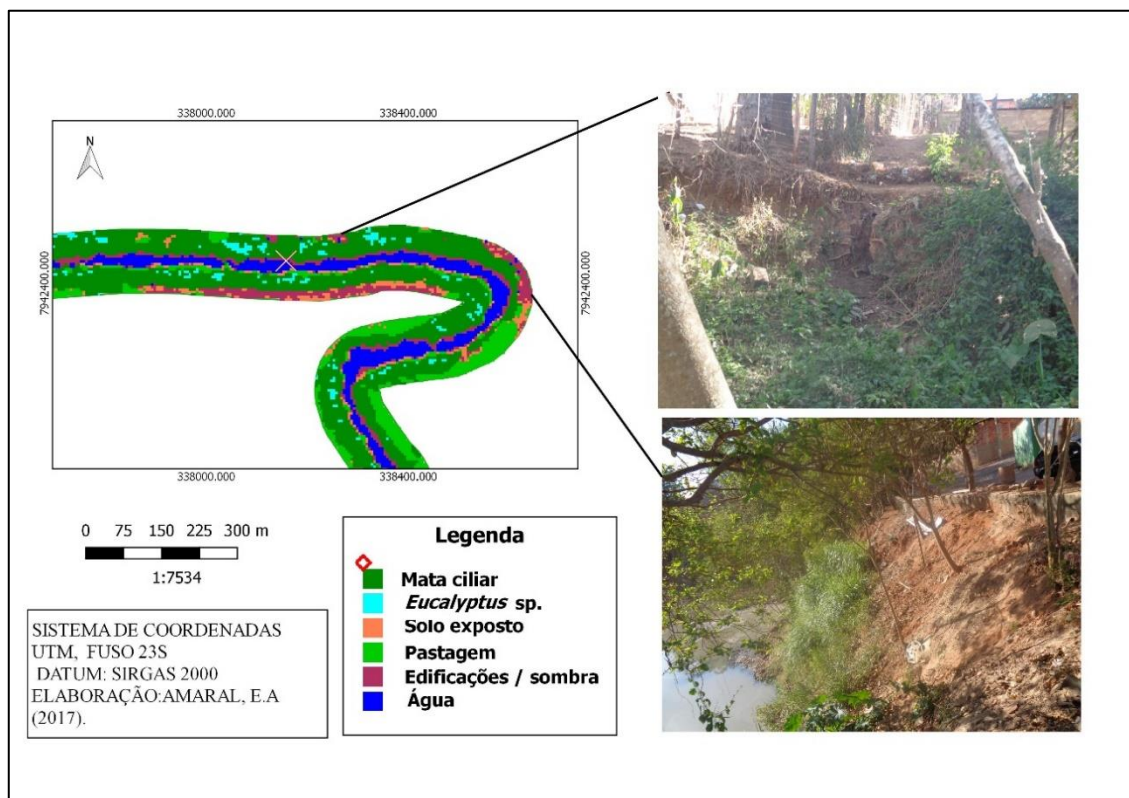


FIGURA 3 - Área crítica de degradação dentro da área de APP e leito do rio, no trecho do rio Paranaíba próximos aos bairros Santa Luzia, Santa Terezinha e Nossa Senhora Aparecida, em Patos de Minas / MG, onde verificou-se presença de desbaste, esgoto, erosão, assoreamento, risco de deslizamento, lixo e espécies exóticas, além de ocupação antrópica e vias públicas com infraestrutura de asfalto, energia e água.

Além da região da APP mostrada anteriormente na Figura 3, foram elencados outros quatro pontos críticos de degradação ambiental com base na análise espacial da

cobertura e uso do solo e com base no conjunto de impactos negativos levantados *in loco* na área. As figuras 4, 5, 6 e 7 a seguir ilustram essas áreas.

Na figura 4, é possível observar uma intensa degradação, que tem como uma de suas causas o estrangulamento da rede de drenagem pluvial à montante, nas sub-bacias do ribeirão da Fábrica e do córrego do Monjolo, que é canalizado em sua maior parte. A sub-bacia do ribeirão da Fábrica, conforme Nogueira (2017), possui região urbanizada consolidada em que apresenta além de problemas na drenagem, ocupação irregular.

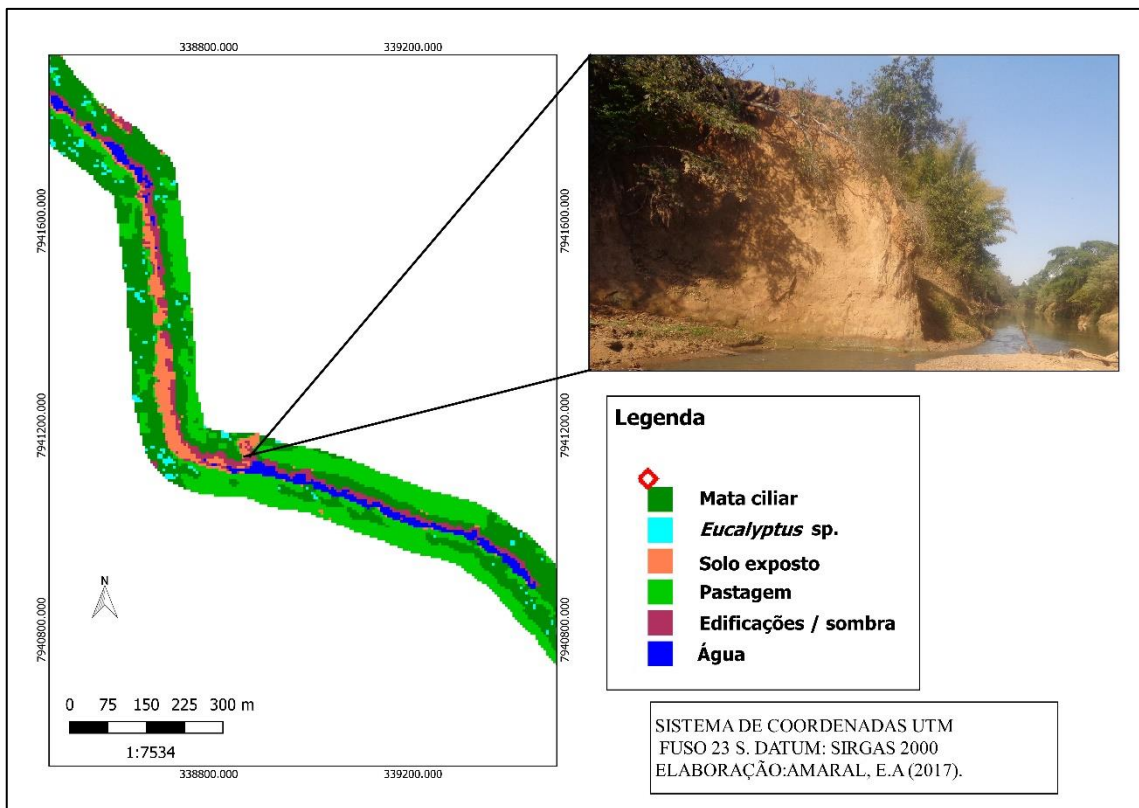


FIGURA 4 - Área crítica de degradação dentro da área de APP e leito do rio, no trecho do rio Paranaíba onde deságua o ribeirão da Fábrica, em Patos de Minas/MG, onde verificou-se além de pastagem e solo exposto (erosão e assoreamento), esgoto, lixo, espécies exóticas/invasoras e indícios de presença de bovinos.

Para esta região da APP do rio Paranaíba, recomenda-se a revegetação das margens, controle de espécies exóticas, técnicas de bioengenharia para melhor contenção de barrancos e dragagem de sedimentos.

Como é uma região de inúmeras ocorrências de enchentes, conforme mostrou Nogueira (2017), que se estendem para além dos 50 metros de APP alcançando a cota de 782 metros (área de risco de inundação), está prevista para essa região a implantação de um parque linear pela prefeitura de Patos de Minas, por meio de convênio firmado com

o Ministério das Cidades. O projeto prevê etapas de plantio de mudas nativas, demolição de construções e realocação das famílias em maior situação de risco dos bairros Vila Rosa e Jardim Paulistano (SEPLAN, dados não publicados).

A figura 5 demonstra a situação das margens e leito do rio na região da confluência com o córrego da Cadeia, que possui uma parte canalizada (trecho inicial e intermediário), que também é uma das situações críticas de degradação encontradas na APP do rio Paranaíba.

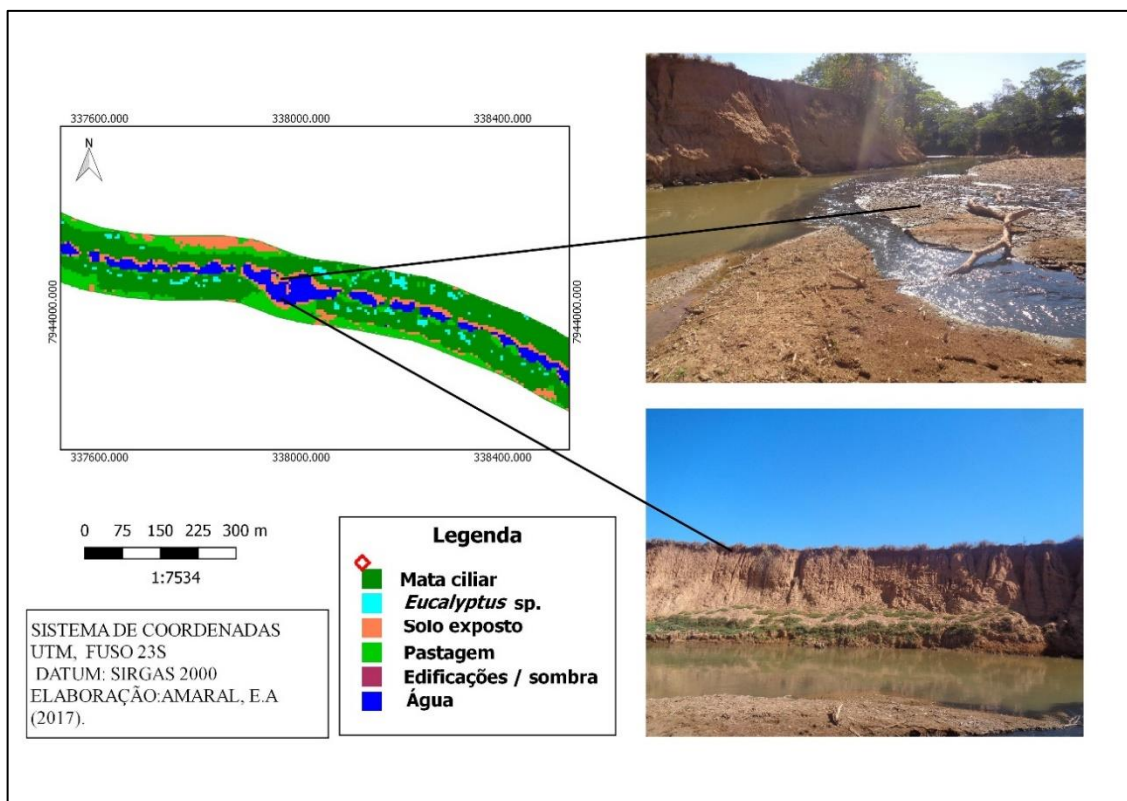


FIGURA 5 - Área crítica de degradação dentro da área de APP e leito do rio, no trecho do rio Paranaíba onde deságua o Córrego da Cadeia, em Patos de Minas/MG, onde verificou-se além de pastagem, presença de erosão, assoreamento, esgoto, lixo e espécies exóticas.

É possível verificar pela figura 5, que devido à presença de pastagem e solo exposto no lugar da cobertura vegetal arbórea na APP, somados à alta velocidade da água que chega, principalmente em eventos torrenciais mais severos, agravados pela ineficiência da drenagem pluvial acima, ocasionaram escavação de material, que por sua vez alcançou o leito do rio, causando a erosão e o assoreamento verificados e gerando uma instabilidade dos taludes fluviais.

Nessas áreas, o simples cercamento e isolamento juntamente com plantio de mudas, pode não ser suficiente para a recuperação ambiental. A restauração florestal em

áreas de erosão deve envolver técnicas de bioengenharia, enquanto que em áreas de pastagens, deve-se incluir além de técnicas de controle de gramíneas, a descompactação do solo, que muitas vezes se faz necessária. De acordo com Torres et al. (2008), solos compactados têm baixa capacidade de infiltração e distribuição de água e menor porosidade, impedindo a ação capilar da água e dessa forma, ocasionando um aumento da erosão laminar superficial, reduzindo a atividade microbiana e prejudicando o desenvolvimento de raízes de plantas. Porém, em áreas de APP, onde o revolvimento do solo deve ser restrito ao mínimo indispensável, para evitar ou agravar problemas de erosão, as operações de limpeza, revolvimento e plantio devem ser manuais (DURIGAN et al., 2010).

As técnicas de bioengenharia para as áreas críticas identificadas neste estudo devem ser aplicadas a fim de conter os processos erosivos (sulcos e voçorocas). Posteriormente, deve-se usar *topsoil* associado com o plantio de mudas já estabelecidas (maior porte), visando agregar biomassa viva e competir com as gramíneas invasoras. Após a mitigação dos principais impactos e fatores de degradação, cercamento e realização de processos físicos, associados aos processos vegetativos, pode-se efetuar o enriquecimento das áreas com pouca cobertura arbórea, usando espécies nativas de vegetação ripária.

Conforme Durlo e Sutili (2005), para estabilização e contenção de taludes fluviais, em processos erosivos avançados, deve-se aplicar técnicas de bioengenharia que envolvam dois tipos de ações indissociáveis e complementares: uma intervenção física e um tratamento vegetativo. A intervenção física consiste na retirada do material sedimentar, troncos, galhos, resíduos que obstruem o canal de drenagem regular do rio, com posterior reconstrução da margem. Essa remodelagem é apoiada pela construção de um anteparo de pedras e madeira junto ao nível normal da água, com vistas a ancorar o pé do talude, proporcionando maior estabilidade e proteção, de modo que a mesma possa receber o tratamento vegetativo.

O uso de telas vegetais ou similares, que são produtos fabricados por empresas especializadas, quando aplicadas sobre substratos em taludes também favorecem o desenvolvimento da vegetação em áreas degradadas. São fixadas no solo através de grampos de ferro não galvanizados ou estacas de madeiras. Este material aumenta a infiltração, protege fisicamente o substrato abaixo e mantém a umidade e temperatura (TORRES et al., 2008). Ainda conforme esses autores, podem ser plantadas espécies forrageiras como leguminosas, como forma de cobertura do solo, tais como: *Cajanus*

cajan (feijão-gandu) ou gramíneas não invasivas como *Paspalum atratum* (capim-pojuca).

Para voçorocas (estágio avançado de erosão caracterizado por abertura de sulcos profundos), também podem ser colocadas paliçadas com material de baixo custo como bambus, pedras e sacos de rafia, com a finalidade de conter sedimentos dentro da própria erosão, consorciado com instalação de canaletas nas paredes laterais e no leito da voçoroca, de maneira que a paliçada fique bem encaixada, sem deixar brechas para a passagem de água (TORRES et al. 2008).

Nas figuras 6 e 7, é possível observar problemas de degradação semelhantes, respectivamente na região do Bairro Laranjeiras e na confluência com o córrego Água Limpa.

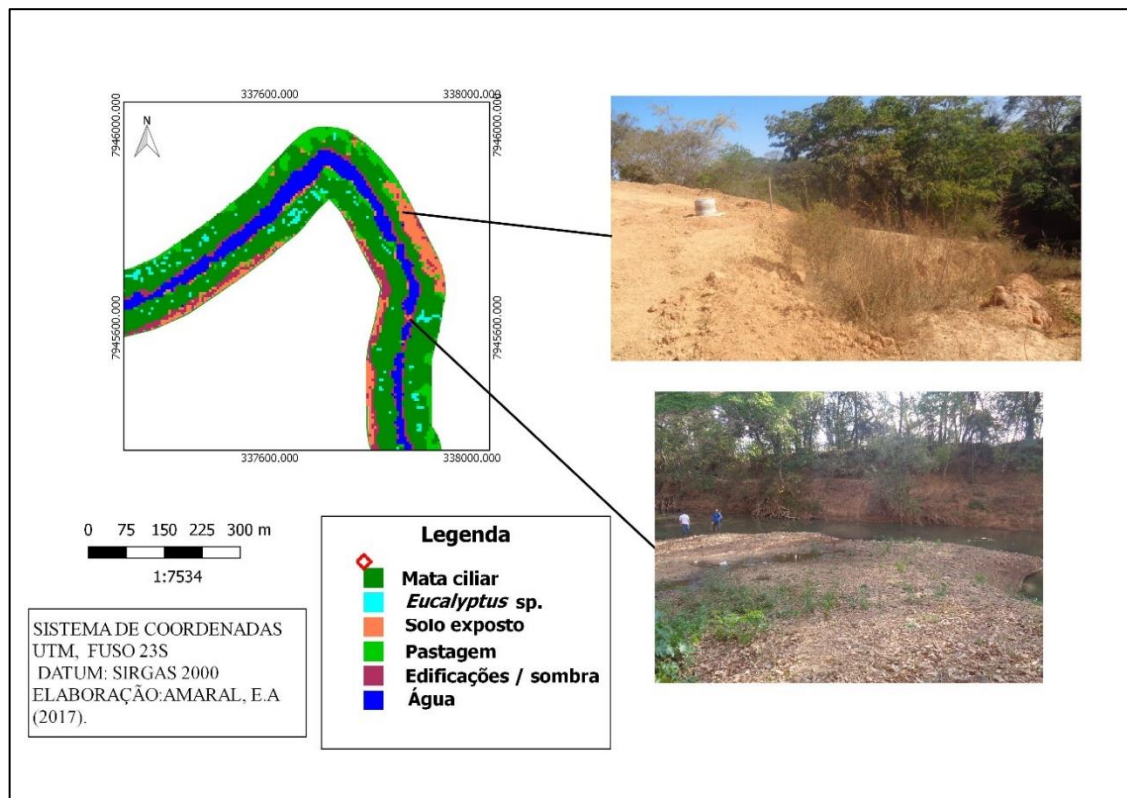


FIGURA 6 – Área crítica de degradação dentro da área de APP e leito do rio, no trecho do rio Paranaíba próximo ao Bairro Laranjeiras e Sorriso, em Patos de Minas/MG, onde verificou-se presença de solo exposto, erosão, assoreamento, esgoto, indícios de fogo, lixo e espécies exóticas.

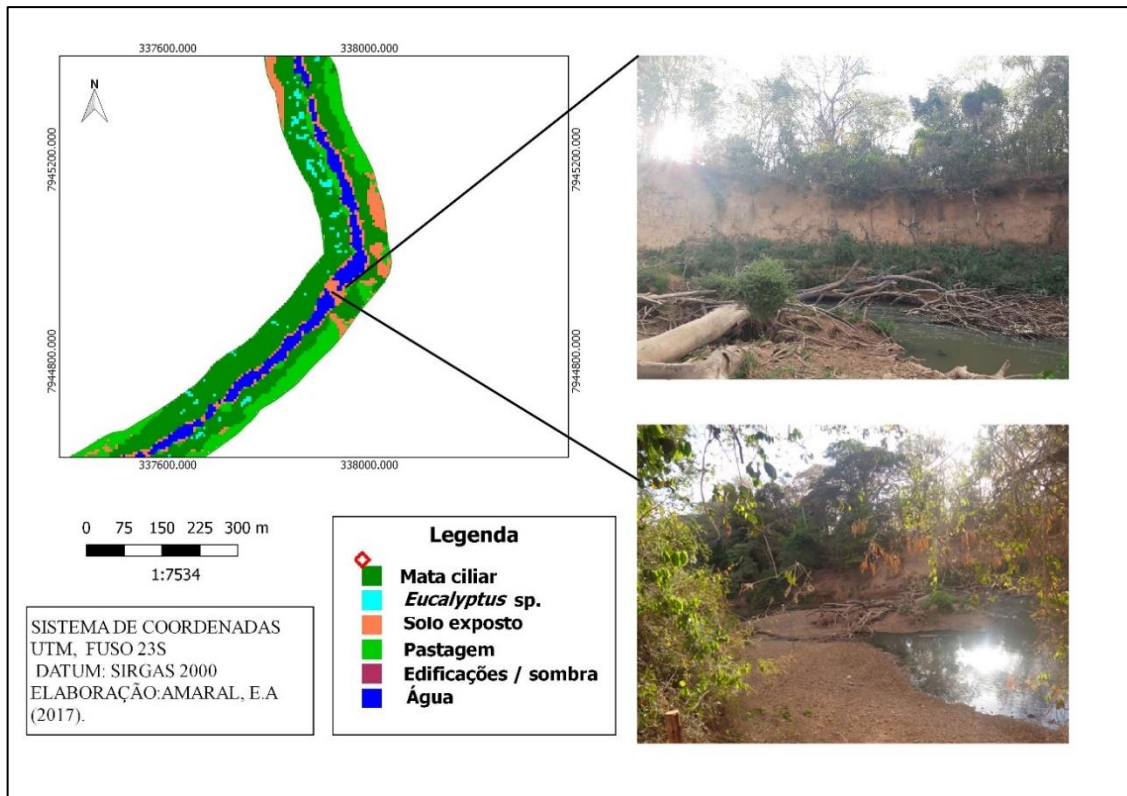


FIGURA 7 – Área crítica de degradação dentro da área de APP e leito do rio, no trecho do rio Paranaíba próximo onde deságua o córrego Água Limpa, em Patos de Minas / MG, onde verificou-se pastagem, presença significativa de erosão e assoreamento, além de esgoto, lixo e espécies exóticas.

É importante ressaltar que aliadas às práticas corretivas de recuperação de erosão e assoreamento dessas áreas, se fazem também necessárias as medidas preventivas, como por exemplo a melhoria do sistema de macro e micro-drenagem urbana, conforme já apontado pelo Estudo de concepção de gestão das águas pluviais da drenagem urbana de Patos de Minas (PATOS DE MINAS, 2014), ainda são necessários reparos urgentes e manutenções em dispositivos desses sistemas, tais como os dissipadores finais, conforme detectado no presente estudo. Ações de educação ambiental e de fiscalização no sentido coibir os depósitos irregulares de resíduos, em vias públicas ou em áreas de APP e entorno, também são importantes, uma vez que tais resíduos em incidência nas águas pluviais podem comprometer a drenagem e ainda se depositar em leitos de mananciais favorecendo inundações.

Após a mitigação dos principais distúrbios e fatores de degradação, cercamento, e realização de estratégias físicas, e de tratamentos vegetativos de forração nos pontos mais críticos mostrados, podem ser realizados plantios de mudas de espécies arbóreas,

apropriadas para zonas ripárias. O anexo VI apresenta uma listagem das espécies recomendadas, com base em Durigan et al. (2010) e Martins (2014).

O plantio deve ser realizado no início da estação chuvosa para que as mudas tenham umidade suficiente para seu estabelecimento inicial. Também é necessário anteriormente ao plantio o controle de formigas cortadeiras na área, preparação de substrato, abertura das covas manualmente com auxílio de enxadão ou escavadeira (“mão-de-vaca”), ou ainda perfuradora mecanizada tipo manual, sendo o dimensionamento recomendado de 0,40 x 0,40 x 0,40 cm para solos muito compactados e de 0,30 x 0,30 x 0,30 cm para solos não compactados, de acordo com Martins (2014).

Ainda de acordo com Martins (2014) em recuperação de áreas de APP, não se utilizam calcário e fertilizantes químicos, buscando um comportamento das mudas semelhante ao observado em condições de regeneração natural. Entretanto, dadas as condições de degradação, perdas e empobrecimento de solo, faz-se necessário esses procedimentos, desde que previamente sejam feitas análises físico-químicas do solo, como indicativo dessa necessidade.

4 CONCLUSÕES

A APP do rio Paranaíba analisada neste estudo apresentou como principais impactos ambientais, de natureza negativa, a disposição de resíduos sólidos, a drenagem pluvial, o lançamento de efluentes sem tratamento, a erosão com assoreamento, a presença de espécies invasoras/exóticas, a pesca de anzol, presença de bovinos/equinos, desbaste, trilhas internas, e ainda, presença ou indícios de fogo, sendo que os impactos de maior frequência nos pontos visitados foram a erosão/assoreamento, a introdução de espécies exóticas e o lançamento de resíduos e efluentes sem tratamento. Os impactos identificados apresentaram alta magnitude e importância nos meios físico, biótico e antrópico. A avaliação desses impactos em conjunto com a análise de classificação de uso e cobertura do solo no interior da APP, possibilitou diagnosticar áreas críticas de degradação, prioritárias para recuperação na área.

Apesar da reconhecida importância das zonas ripárias, neste estudo foi diagnosticado que elas estão altamente impactadas e degradadas. Os resultados gerados, bem como as diretrizes ambientais para recuperação aqui discutidas, indicaram as potencialidades e necessidades de recuperação ambiental da APP do trecho urbano do rio Paranaíba, em Patos de Minas, oferecendo subsídios para elaboração execução de projetos de recuperação de áreas degradadas em ambientes ripários.

REFERÊNCIAS

- ABULQUERQUE, L. B. ALONSO, A. M. AQUINO, F. G. REATTO, A. SILVA, J.C.S. LIMA, J. E. F. W. SOUSA, A. C. S. A. SOUSA, E. S. **Restauração Ecológica de Matas Ripárias: uma questão de sustentabilidade**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 75p.
- ALMEIDA, J. R. **Ciências Ambientais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Thex, 2008. 766p.
- BISSET, R. **Métodos para avaliação de impacto ambiental: uma mostra seletiva**. (PACD environmental impacts assessment and planing unit). Apresentado no Seminário Técnico de AIA, Rio de Janeiro, 1986. RJ, FEEMA, 1986. 67p.
- BRAGA, B. HESPANHOL, CONEJO, J.G. L. BARROS, M. T. SPENCER, M. PORTO, M. NUCCI, N. JULIANO, N. EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002, 305p.
- BRASIL. **Lei nº 12.651** de 25 de maio de 2012. Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF (2012 maio 25). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acessado em: 05set2016.
- BRASIL. Lei Complementar nº 140 de 08 de dezembro de 2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. (2011dez08). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp140htm. Acessado em: 14dez2017.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução Nº 001**, de 23 de janeiro de 1986. Implementação da avaliação de impacto ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Publicado no D.O.U. de 17/02/1986.
- DURLO, M. A. SUTILI, F. J. **Bioengenharia: manejo biotécnico de cursos de água**. Porto Alegre: EST Edições, 2005. 189p.
- DURIGAN, G.; MELO, A. C. G.; MAX, J. C. M. BOAS, O. V. CONTIÉRI, W. A. RAMOS, V. S. **Manual para a recuperação das matas ciliares do oeste paulista**. 4 ed. Assis: Instituto Florestal - Secretaria de Meio Ambiente: Triunfal Gráfica e Editora, 2010. 24p.
- GILBUENA JR, R. KAWAMURA, A. MEDINA, R. AMAGUCHI, H. NAKAGAWA, BUI, D. D. Environmental impact assessment of structural flood mitigation measures by a rapid impact assessment matrix (RIAM) technique: A case study in Metro Manila, Philippines. **Science of the Total Environment**, v.456-457, 2013, p. 137-147.
- GONÇALVES, R. M. G. GIANNOTTI, E. GIANNOTTI, J. D. G. SILVA, A. Aplicação do modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v.17, 2005, p. 73-95.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Instrução Normativa N° 025** de 1° de setembro de 2009. Normas e restrições para o exercício da pesca na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná. Publicado no D.O.U de 02/09/2009.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Relatório anual de gestão e situação dos recursos hídricos de Minas Gerais -2014**. Belo Horizonte, 2015. 142 p.

JEBELLI, J. MADRAMOOTOO, C. GEBRU, G. T. A simplified matrix approach to perform environmental impact assessment of small-scale irrigation schemes: an application to Mekabo Scheme in Tigray, Ethiopia. **American Journal of Environmental Engineering**, v.7, n.2, 2017, p. 21-34.

JOSIMOVIC, Bosko, PETRIC, Jasna, MILIJIC, Sasa. The use of the Leopold Matrix in carrying out the EIA for Wind Farms in Serbia. **Energy and Environment Research**, v.4, 2014, p. 43-54. <http://dx.doi.org/10.5539/eer.v4n1p43>

LACORTE, I. M. ALMEIDA, M. R. R. Impactos ambientais em Áreas de Preservação Permanente de centros urbanos: o caso da Bacia do Córrego Liso em Uberlândia. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.22, 2015, p. 1464-1475. https://doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_175

LAROCCA, A. G. CARDOSO, C. ANGELIS, B. L. D. O impacto da ocupação de fundo de vales em áreas urbanas – estudo de caso do Lago Igapó em Londrina – PR. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v.5, n.30, 2017, p. 52-64. <https://doi.org/10.17271/2318847253020171539>

LEOPOLD, L. B., CLARKE, F. E., HANSHAW, B. B., e BALSLEY, J. R. **A Procedure for Evaluating Environmental Impact**. Geological Survey Circular 645, USGS, Washington, D. C. 1971. 355p.

MARTINS, S. V. **Restauração florestal em áreas de preservação permanente e reserva legal**. Viçosa, MG: Centro de Produções Técnicas, 2014. 316p.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Impacto do fogo e dinâmica da regeneração da comunidade vegetal em borda de Floresta Estacional Semidecidual (Gália, SP, Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, v.33, n.1, 2010, p.37-50. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000100005>

MORAIS, I. L. SOARES, D. M. NASCIMENTO, A. R. T. As áreas úmidas no contexto do Código Florestal e a invasão biológica em veredas. In: SANTOS, F. R (Orgs.). **Contextualizando o Cerrado Goiano: entre questões socioeconômicas e socioespaciais e questões socioeducacionais e socioambientais**. Curitiba: Editora CRV, 2017, p. 59-86.

NASCIMENTO, E. M. **Análise florístico-estrutural, controle de gramíneas invasoras e estímulo da regeneração natural em pastagens abandonadas**. Uberlândia, 2014. 74f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia.

NOGUEIRA, T. P. N. **Mapeamento da susceptibilidade à inundação na bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica, município de Patos de Minas - MG.** Uberlândia, 2017. 123f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia.

ONO, S. **Sistema de suporte a decisão para gestão de água urbana – URBSSD.** São Paulo, 2008. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo - Escola Politécnica.

PATOS DE MINAS. Prefeitura Municipal. Manejo de águas pluviais de drenagem urbana do município de Patos de Minas MG: estudo de concepção de gestão das águas pluviais, Arquivo público, Patos de Minas, 2014.

PEREIRA, B. W. F.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, M. A. M. S.; RIBEIRO, A. M. FERREIRA, B. M.; RIBEIRO, E. G. P. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n.2, 2016, p. 472-485. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1802>

REDDY, C. S. MANASWINI, G. SATISH, K. V. SINGH, S. JHA, C. S. DADHWAL, V. K. Conservation priorities of forest ecosystems: Evaluation of deforestation and degradation hotspots using geospatial techniques. **Ecological Engineering**, v.91, n.1, 2016, p. 333-342. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.03.009>

SAMPAIO, M. B.; GUARINO, E. S. G. Efeitos do pastoreio de bovinos na estrutura populacional de plantas em fragmentos de floresta ombrófila mista. **Revista Árvore**, v.31, n.6, 2007, p. 1035-1046. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000600008>

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

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO – SEPLAN – da Prefeitura de Patos de Minas (dados não publicados).

TANIWAKI, R. H. CASSIANO, C.C. FILOSO, S. FERRAZ, S. F. de B. CAMARGO, P. B. MARTINELLI, L. A. Impacts of converting low-intensity pastureland to high-intensity bioenergy cropland on the water quality of tropical streams in Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 584-585, 2017, p. 339-347.

TORRES, J.L.R.; CORDEIRO, T.S.; NASCIMENTO, C. A. O. Avaliação do plano de recuperação de áreas degradadas implantado numa área de construção de torres e linhas de transmissão de energia. In: VII Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas degradadas, 2008, Curitiba, PR. **Anais...Curitiba: FUPEF**, 2008. p. 115-134, 2008.

TORO, J. REQUENA, I. DUARTE, ZAMORANO, M. A qualitative method proposal to improve environmental impact assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v.43, n.1, 2013, p. 9-20. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2013.04.004>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso e cobertura do solo identificados na APP e na área inundável do rio Paranaíba foram: vegetação ripária, pastagem, *Eucalyptus* sp., solo exposto, edificações e água.




As técnicas de sensoriamento remoto (NDVI e máxima verossimilhança), utilizadas neste estudo e implementadas no *software* ENVI, a partir da imagem orbital do sensor *Rapideye*, apresentaram bom desempenho na separação da vegetação ripária dos demais usos e coberturas existentes. A confusão entre classes foi maior na classificação efetuada por parâmetros do NDVI, conforme apontou o índice *Kappa*, o que foi atribuído à semelhança espectral entre os alvos e ao fato das regiões não serem totalmente homogêneas.

Os resultados gerados neste estudo indicam um expressivo potencial de utilização desses classificadores em diagnósticos ambientais de APP, revelando-se como um importante recurso para o planejamento urbano e tomadas de decisões relacionadas ao meio ambiente. A extração de informações e a classificação automática pode proporcionar bons resultados, como foi evidenciado no presente estudo, proporcionando maior agilidade nos mapeamentos, o que implica em maior número de áreas a serem diagnosticadas e maior independência da experiência do intérprete.

Além dos usos irregulares, os dados gerados ainda identificaram áreas impactadas e degradadas na APP. Os impactos de maior frequência foram erosão/assoreamento, presença de espécies exóticas/invasoras e lançamento de efluentes e resíduos sólidos. A maior parte dos impactos identificados apresentaram alta magnitude e importância nos meios físico, biótico e antrópico, conforme a análise de seus atributos na matriz adaptada de Leopold.



A avaliação desses impactos em conjunto com a análise de classificação de uso e cobertura do solo no interior da APP possibilitou diagnosticar áreas críticas de degradação prioritárias para recuperação, o que pode subsidiar o planejamento urbano da gestão municipal para um maior monitoramento e fiscalização ambiental dessas áreas, além de servir de suporte para elaboração e execução de planos e projetos de recuperação de áreas degradadas em ambientes ripários em Patos de Minas/MG.

ANEXO I - Aparência das classes verificadas em campo, Patos de Minas, MG.

Classe	Aparência em campo
Vegetação Nativa	 A photograph showing a dense forest of native trees with a river in the foreground. The trees are tall and have green foliage, and the river is calm and reflects the sky.
<i>Eucalyptus</i> sp.	 A photograph of a eucalyptus plantation. The trees are tall and thin, with a dirt path leading through them. The ground is dry and sandy.
Pastagem	 A photograph of a grassy field, likely a pasture. The field is enclosed by a fence, and there are trees in the background under a clear sky.

...continua...

Anexo I, cont.

<p>Solo exposto</p>	
<p>Edificações</p>	

ANEXO II - Estatística das classes: Matriz de confusão (Classificação pelo NDVI e MAXVER) e índices *Kappa* obtidos.

NDVI Confusion Matrix

C:\Users\Eni\Documents\Mestrado\RESULTADOS\NDVI\NDVI_OUTPUTCLASSIMAGE

Overall Accuracy = (18823/25765) 73.0565%

Overall Accuracy = (18823/25765) 73.0565%

Kappa Coefficient = 0,6268

Ground Truth (Pixels)							
CLASS	Eucaliptos	Mata Nativa	Pastagem	Solo exposto	Edificações	Água	Total
0,6923 to 0,7807	114	16	1	0	0	0	131
0,4901 to 0,6923	1062	4331	2765	5	0	0	8163
0,1899 to 0,4901	12	486	9392	82	15	36	10023
-0,0685 to 0,1899	0	11	17	3173	1583	154	4938
- 0,2070 to - 0,0685	0	0	0	338	683	339	1360
-6408 to -2070	0	0	0	4	16	1130	1150
Total	1188	4844	12175	3602	2297	1659	25765
Ground Truth (Percent)							
CLASS	Eucaliptos	Mata Nativa	Pastagem	Solo exposto	Edificações	Água	Total
0,6923 to 0,7807	9,6	0,33	0,01	0	0	0	0,51
0,4901 to 0,6923	89,39	89,41	22,71	0,14	0	0	31,68
0,1899 to 0,4901	1,01	10,03	77,14	2,28	0,65	2,17	38,9
-0,0685 to 0,1899	0	0,23	0,14	88,09	68,92	9,28	19,17
- 0,2070 to - 0,0685	0	0	0	9,38	29,73	20,43	5,28
-6408 to -2070	0	0	0	0,11	0,7	68,11	4,46
Total	100	100	100	100	100	100	100
Class	Commission	Omission	Commission	Omission			
(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)				
Density slice	12.98	90.40	17/131	1074/1188			
Density slice	46.94	10.59	3832/8163	513/4844			
Density slice	6.30	22.85	631/10023	2782/12175			
Density slice	35.73	11.91	1764/4938	429/3602			
Density slice	49.78	70.27	677/1360	1614/2297			
Density slice	1.74	31.89	20/1150	529/1659			

Class	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)	
Density slice	9.60	87.02	114/1188	114/131
Density slice	89.41	53.06	4331/4844	4331/8163
Density slice	77.14	93.70	9392/12175	9392/10023
Density slice	88.09	64.27	3173/3602	3173/4938
Density slice	29.73	50.22	683/2297	683/1360
Density slice	68.11	98.26	1130/1659	1130/1150

Anexo II, cont.

MAXVER / Confusion Matrix: C:\Users\Eni\Documents\Mestrado\RESULTADOS\MAXVER\ClassificaMaxVer

Overall Accuracy = (21750/24477) 88.8589%

Kappa Coefficient = 0,8413

Ground Truth (Pixels)							
CLASS	Eucaliptos	Mata Nativa	Pastagem	Solo exposto	Edificações	Água	Total
Eucaliptos	1023	419	8	0	0	0	1450
Mata nativa	161	4321	448	11	0	12	4953
Pastagem	4	82	11240	42	4	1	11044
Solo exposto	0	2	422	1799	370	3	2405
Edificações	0	19	55	604	1754	30	2411
Água	0	1	2	25	2	1613	1643
Total	1188	4844	12175	2481	2130	1659	23906
Ground Truth (Percent)							
CLASS	Eucaliptos	Mata Nativa	Pastagem	Solo exposto	Edificações	Água	Total
Eucaliptos	86,11	8,65	0,07	0	0	0	5,92
Mata nativa	13,55	89,2	3,68	0,44	0	0,72	20,24
Pastagem	0,34	1,69	92,32	1,69	0,19	0,06	46,46
Solo exposto	0	0,04	3,47	72,51	17,37	0,18	10,61
Edificações	0	0,39	0,45	24,35	82,35	1,81	10,06
Água	0	0,02	0,02	1,01	0,09	97,23	6,71
Total	100	100	100	100	100	100	100

Class	Commission	Omission	Commission	Omission
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
Eucalyptus sp.	29.45	13.89	427/1450	165/1188
Mata Nativa	12.76	10.80	632/4953	523/4844
Pastagem	1.17	7.68	133/11373	935/12175
Solo exposto	30.70	27.49	797/2596	682/2481
Edificação	28.76	17.65	708/2462	376/2130
Água [Blue]	1.83	2.77	30/1643	46/1659
Class	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
Eucaliptos	86.11	70.55	1023/1188	1023/1450
Mata Nativa	89.20	87.24	4321/4844	4321/4953
Pastagem	92.32	98.83	11240/12175	11240/11373
Solo exposto	72.51	69.30	1799/2481	1799/2596
Edificação	82.35	71.24	1754/2130	1754/2462
Água	97.23	98.17	1613/1659	1613/1643

ANEXO III - Principais pontos de Lançamentos de efluentes na APP, levantados durante as visitas de campo, no período de agosto e setembro de 2017, e consequente poluição, formação de processos erosivos e de assoreamento.



Confluência com o córrego da Cadeia



Confluência com ribeirão da Fábrica



Confluência com o Córrego Água limpa



Confluência com o córrego Laranjeiras



Ponto de lançamento de efluente industrial. Há dissipador (sistema de escadaria). Bairro Jardim Paulistano.



Ponto de lançamento de efluente industrial sem dissipador. Distrito Industrial III.

ANEXO III, cont.



Ponto de lançamento de efluente sem dissipador. Bairro Santa Luzia.



Presença de efluente na rede de drenagem pluvial que vem da Lagoa Grande.



Ponto de lançamento de efluente sem dissipador. Bairro Santa Terezinha.



Ponto de lançamento de efluente sem dissipador. Bairro Sorriso.

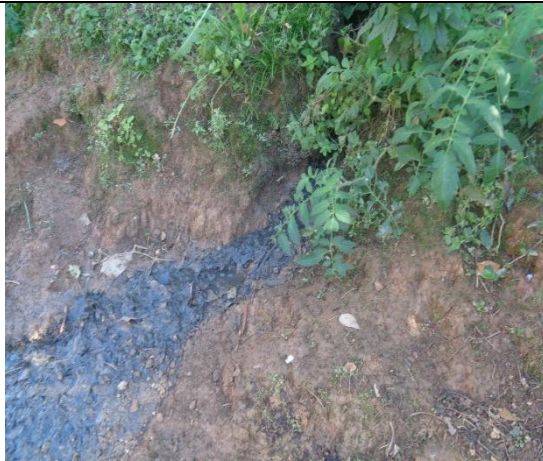


Ponto de lançamento de efluente sem dissipador. Bairro São José Operário.



Ponto de lançamento de efluente sem dissipador. Bairro Sorriso.

ANEXO III, cont.



Ponto de lançamento de efluente na APP no Bairro Nossa Senhora Aparecida.



Ponto de lançamento de efluente na APP no Bairro Nossa Senhora Aparecida.



Ponto de lançamento de efluente na APP no Bairro Nossa Senhora Aparecida.



Ponto de lançamento de efluente na APP no Bairro Nossa Senhora Aparecida.



Ponto de lançamento de efluente sem dissipador. Bairro Várzea.



Ponto de lançamento de efluente sem dissipador. Bairro Várzea.

ANEXO IV - Principais pontos de drenagem pluvial na APP (superficial ou canalizado), levantados durante as visitas de campo, no período de agosto e setembro de 2017, com consequente formação de processos erosivos e de assoreamento.



Lançamento de drenagem pluvial com dissipador (sistema de escadaria), porém, sem eficiência. Bairro Quebec.



Lançamento de drenagem pluvial sem dissipador. Bairro Santo Antônio.



Lançamento de drenagem pluvial sem dissipador. Bairro Sorriso.



Lançamento de drenagem pluvial sem dissipador. Bairro Brasília.



Escoamento superficial de águas pluviais.



Escoamento superficial: voçoroca e indícios de fogo recente.

ANEXO V - Outros impactos ambientais (principais pontos), levantados durante as visitas de campo, no período de agosto e setembro de 2017.



Peixes mortos próximos à locais com presença de esgoto e assoreamento.



Pesca de anzol junto ao lançamento de esgoto.



Lançamento de resíduos (lixo).



Lançamento de resíduos (entulhos) na borda da APP.



Indícios de bovinos e equinos transitando em APP



Vestígios de incêndio recente na APP.
Colonização de gramíneas na APP.

ANEXO V, cont.



Presença de incêndio na APP.



Exemplo de trilha interna encontrada.



Exemplo de trilha interna e de espécies invasoras: gramíneas e bambus.



Desbaste.



Exemplo de espécie invasora encontrada nas margens: mamona



Risco de deslizamento agravado por depósito de entulhos e por falta de cobertura vegetal. Acima existem residências.

ANEXO VI - Espécies arbóreas e palmeiras nativas recomendadas para plantios em matas ciliares, conforme Durigan et al. (2010) e Martins (2014).

Espécie	Nomes vulgares	G.E.	A.F.	Indicação
<i>Acrocomia aculeata</i> Lodd. ex Mart.	macaúba	P	X	C
<i>Amaioua guianensis</i> Aublet	café-do-mato	NP	X	C
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	angico vermelho	P (Si)		C
<i>Annona glabra</i> L.	araticum do brejo	NP	X	A, B
<i>Annona cacans</i> Warm.	araticum cagão	NP	X	B, C
<i>Andira legalis</i> (Vell.) Toledo	pau angelim	P (Si)	X	B
<i>Albizzia hassleri</i> (Chod.) Burkart	farinha seca	P (Si)		C
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Muell Arg.	peroba rosa	NP		C
<i>Balfourodendron riedelianum</i> Engl.	pau marfim	P (Si)		C
<i>Bauhinia forticata</i> Link.	unha-de-vaca	P (Si)		C
<i>Cabrlea canjerana</i> (Velloso) Martins	canjerana	NP	X	B, C
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.	gabriroba	NP	X	B, C
<i>Carica quercifolia</i> (A.St.Hil.) Hieron.	mamoeiro-do-mato	P	X	A, B
<i>Cariniana estrellensis</i> Kuntze.	jequitibá-branco	NP		C
<i>Cariniana legalis</i> Kuntze.	jequitibá-rosa	NP		C
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	embaúba-branca	P	X	B, C
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.	embaúba	P		A, B
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro	NP		C
<i>Cedrela odorata</i> Ruiz & Pav.	cedro-do-brejo	NP		A, B
<i>Copaifera langisдорffii</i> Desf.	copaíba	NP	X	B, C

ANEXO VI, cont.

<i>Croton urucurana</i> Baill.	Sangra d'água	P		A, B
<i>Dendropanax cuneatum</i> Decne. & Planch.	maria-mole	P (Si)	X	A, B
<i>Guarea guidonea</i> (L.) Sjeum.	marinheiro	NP	X	B, C
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá	NP	X	B, C
<i>Inga edulis</i> Mart.	ingá	P (Si)	X	B
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hass.	embira-de-sapo	P (Si)		B, C
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo	P (Si)		C
<i>Rapanea gardneriana</i> Mez	capororoca	P	X	A, B
<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	biribá	NP	X	C
<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. Ex DC.) Standley	ipê-tabaco	P (Si)		C
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart.) Standley	ipê-roxo	P (Si)		B, C
<i>Tabebuia umbellata</i> (Sond.) Sand.	ipê-amarelo-do-brejo	P (Si)		A, B
<i>Xylopia emarginata</i> Mart.	Pindaíba-do-brejo	P (Si)	X	A
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	mamica-de-porca	P (Si)	X	C

A.F = frutificação atrativa à fauna; G.E = grupo ecológico: P = pioneira; NP = não pioneira; Si = secundária inicial; A = áreas encharcadas permanentemente; B = áreas com inundações temporárias; C = áreas bem drenadas, não alagáveis.