

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

JOELSON FERNANDES DE OLIVEIRA

**IDENTIFICAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS EM ÁREAS DAS MICRORREGIÕES
DO JALAPÃO E BARREIRAS, NA REGIÃO DO MATOPIBA**

MONTE CARMELO

2023

JOELSON FERNANDES DE OLIVEIRA

**IDENTIFICAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS EM ÁREAS DAS MICRORREGIÕES
DO JALAPÃO E BARREIRAS, NA REGIÃO DO MATOPIBA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel no curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, do Instituto de Geografia, da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

Orientadora: Prof^a. Dra. Mirna Karla Amorim da Silva

MONTE CARMELO

2023

JOELSON FERNANDES DE OLIVEIRA

**IDENTIFICAÇÃO DOS DANOS AMBIENTAIS NOS IMÓVEIS RURAIS DA
MICRORREGIÃO DO JALAPÃO E BARREIRAS NA REGIÃO DO MATOPIBA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para
obtenção do título de bacharel em Engenharia
de Agrimensura e Cartográfica da Universidade
Federal de Uberlândia pela banca examinadora
formada por:

Aprovado em: 22/06/2023

Prof^a. Dra. Mirna Karla Amorim da Silva (Orientadora)

Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo

Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis

Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo

Me. Samuel Lacerda de Andrade

Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo

AGRADECIMENTOS

Gratidão primeiramente a Deus, por minha vida. Por ter colocado cuidadosamente tudo o que eu precisava em meu caminho no momento certo. As pessoas, as circunstâncias e tudo aquilo que eu precisei durante essa jornada. Obrigado Pai, que seja sempre feita a Sua vontade, e não a minha.

A minha família, minha mãe, minha vó, meus irmãos e os meus sobrinhos (João Pedro e Maria Clara), por serem minha fortaleza e meu porto seguro, eu amo vocês.

Ao Carlos, sua esposa Flávia e sua filha Helena. Que me receberam muito bem em Monte Carmelo, sem o suporte de vocês essa caminhada não seria possível.

Ao meu padrinho João Carlos (*In Memoriam*), por todo o aprendizado, pelos momentos de alegria e os bons conselhos que os guardo com muito carinho.

Aos meus professores e os técnicos que me acompanharam durante toda a minha formação acadêmica, no curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, gratidão a todos vocês.

Aos amigos que fiz ao longo de minha graduação, em especial aos da minha turma do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica. Ao amigo Rafael Henrique, por todo o suporte que recebi durante a graduação, pela amizade construída, profissional que tem o meu respeito e admiração.

A minha orientadora Prof^a Dr^a Mirna Karla Amorim da Silva, minha gratidão por todos os conhecimentos transmitidos durante suas aulas e ainda mais na elaboração desse estudo, obrigado por sua dedicação, paciência e disponibilidade de tempo sempre que precisei durante a elaboração deste trabalho.

À comunidade acadêmica da Universidade Federal de Uberlândia, o pessoal da segurança, da manutenção e limpeza e todos aqueles que dedicam tempo de suas vidas e fazem parte dessa grande instituição. Obrigado a todos.

Só não é alcançável aquilo que você não está disciplinado a conquistar.

Joelson Fernandes

RESUMO

A área de estudo do presente trabalho está localizada na microrregião do Jalapão e na microrregião de Barreiras, localizada nos estados da Bahia e do Tocantins. Estados que fazem parte do MATOPIBA, expressão que resulta de um acrônimo criado com as iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia que forma uma das maiores áreas de produção de grãos do Brasil. A região de estudo está inserida no segundo maior bioma nacional que compreende cerca de 22% da superfície do território brasileiro, savana com diferentes de atributos bióticos e abióticos, o Cerrado brasileiro. No processo de escolha da área de estudo, levou-se em consideração a problemática referente ao uso de atividade antrópica na região de estudo para o desenvolvimento de atividade agrícola, principal causa de desmatamento na região. Desse modo, verificou-se a necessidade de estudar e mapear com maior enfoque o crescimento da atividade antrópica na região. Assim, o propósito do presente trabalho foi quantificar os danos causados pela atividade antrópica no processo de expansão da atividade agrícola na região, por meio da análise temporal de imagens orbitais e do uso e ocupação da terra na área de estudo, dos anos de 1999, 2010 e 2020, por meio de imagens dos satélites *Landsat 5* e *CBERS-4A*. Para a realização do trabalho, aplicou-se conhecimentos teórico, técnico com o suporte de diferentes áreas do conhecimento tais como, o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG), técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) e de Sensoriamento Remoto. Com o presente trabalho, tornou-se possível analisar o avanço da atividade antrópica na região de estudo e quantificar as áreas caracterizadas pelo desmatamento da cobertura vegetal natural significativo na Área de Proteção Ambiental do Rio Preto, no município de Formosa-BA. Assim, realizou-se o mapeamento e identificação das áreas com influência antrópica e, com o uso do *software* de processamento digital de imagens *Envi 5.0*, efetuou-se a classificação supervisionada das feições de uso antrópico nas áreas de estudo. Efetuou-se também, o cálculo e das áreas identificadas como de uso antrópico, utilizando a tabela de atributos do *software* QGIS. Por fim, foram gerados os produtos cartográficos do uso antrópico na região de estudo e mapas de conflito de uso na área de proteção ambiental dos anos 1999, 2010 e 2020. Desta forma, com os dados obtidos observou-se que o desenvolvimento de atividade antrópica cresceu significativamente na área de estudo, ao longo do intervalo de 21 anos, com destaque para a Área de Proteção Ambiental do Rio Preto que, no ano de 2020, teve 67,66% de sua área total desmatada. Nesse sentido, observou-se a falta de controle e o não cumprimento das exigências legais no que diz respeito ao uso e ocupação da terra em Áreas de Proteção Ambiental, observou-se também, que a interferência antrópica teve grande influência nas modificações do espaço na área de estudo, ao longo do tempo, que impactaram negativamente na preservação dessa área.

PALAVRAS-CHAVE: Área de proteção ambiental. Área de uso antrópico. Uso e ocupação da terra. Análise Temporal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais técnicas de processamento de imagens.....	17
Figura 2 - Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica.....	19
Figura 3 – Mapa de localização da área de estudo	21
Figura 4– Fluxograma da metodologia do trabalho	22
Figura 5 - Expansão da área de uso antrópico para o município de Formosa.....	27
Figura 6 - Expansão da área de uso antrópico para o município de Campos Lindos.....	28
Figura 7 - Mapa de uso e ocupação da terra no município de Campos Lindos.....	29
Figura 8 - Mapa de uso e ocupação da terra no município de Formosa.....	30
Figura 9 - Mapa de uso e ocupação da terra na área de Proteção Ambiental do Rio Preto.....	31
Figura 10 – Gráfico de uso e ocupação da terra das áreas de estudo	32
Figura 11 – Gráfico da área percentual de uso antrópico nas áreas de estudo (1999).....	34
Figura 12 – Gráfico da área percentual de uso antrópico nas áreas de estudo (2010).....	35
Figura 13 – Gráfico da área percentual de uso antrópico nas áreas de estudo (2020).....	36
Figura 14 - Supressão de vegetação no Cerrado (PRODES).....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações Básicas das imagens CBERS-4A	23
Tabela 2 - Informações Básicas das imagens Landsat 5	23
Tabela 3 - Especificações das resoluções espaciais, espectrais, temporais e radiométrica dos satélites	24
Tabela 4 - Área de uso e ocupação da terra	32
Tabela 5 - Precisão do relatório Pós-classificação das imagens.....	33
Tabela 6 - Alterações das áreas de uso antrópico de 1999 a 2020	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo geral.....	10
2.2 Objetivos Específicos.....	10
3 JUSTIFICATIVA.....	11
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
4.1 Região do MATOPIBA.....	12
4.2 Uso e ocupação da terra.....	13
4.4 Sensoriamento Remoto.....	14
4.5 Processamento Digital de Imagem.....	16
4.6 Sistema de Informações Geográficas.....	18
4.7 Danos ambientais no avanço da fronteira agrícola.....	19
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5.1 Área de estudo.....	20
5.2 Material.....	21
5.3 Métodos.....	22
5.3.1 Coleta dos dados.....	22
5.3.2 Pré-processamento.....	24
5.3.3 Processamento.....	24
5.3.4 Remoção de ruído das imagens.....	25
5.3.5 Elaboração dos Mapas Temáticos.....	25
6 RESULTADOS.....	26
6.1 Validação estatísticas da classificação das imagens.....	33
6.2 Identificação dos danos ambientais na área de proteção ambiental do Rio Preto.....	33
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da demanda global por alimentos e o crescimento do agronegócio no país, tem-se estruturado a formação de novas fronteiras agrícolas, que vêm se expandindo ao longo das últimas décadas, principalmente pelo uso intensivo do conhecimento científico e o emprego de novas tecnologias. Essa fronteira agrícola tem-se expandido na direção do cerrado brasileiro, o segundo maior bioma nacional que compreende cerca de 22% da superfície do território brasileiro (MMA, 2021).

No entanto, a produção agrícola deve ser realizada tendo em vista a exploração dos recursos naturais de maneira sustentável, aliada ao uso da tecnologia na capacidade de poupar e gerenciar os recursos escassos. E, ainda, minimizando os danos negativos ao meio ambiente, como erosão e a compactação do solo causado pelo desmatamento para o plantio.

Sabe-se que os recursos da terra são finitos, frágeis e renováveis e incluem o solo, com sua cobertura, e as paisagens, como componentes fundamentais para o desenvolvimento da agricultura, preservação do meio ambiente e bem-estar humano (LUZ, 2006).

Neste sentido, o real impacto no ambiente rural causado pela expansão da fronteira agrícola pode ser quantificado por meio de técnicas do Sensoriamento Remoto (SR) com o uso de imagens orbitais, que permitem identificar e quantificar de forma eficiente as classes de uso e ocupação da terra e obter informações das feições na superfície terrestre a partir das informações que são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética.

Segundo Liu (2007), as técnicas rápidas e eficientes para identificar e delinear usos do solo, identificar as propriedades químicas e físicas do solo, delinear os limites de tipos do solo e, conseqüentemente, classificar e mapear tipos de solo são fundamentais para monitorar, diagnosticar e planejar as ações na conservação e na preservação dos recursos naturais.

O uso de imagens de satélite tem sido uma ferramenta eficaz e eficiente para traçar os diagnósticos em diversas áreas de estudo do meio ambiente. São utilizadas na investigação da dimensão da degradação do ambiente, apoiadas pelo uso de técnicas de processamento digital de imagens e de modelos matemáticos e pelos produtos gerados a partir de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), proporcionando uma visão macro dos danos causados. Nesse contexto, considera-se que é possível, por meio do uso da tecnologia efetuar análises e gerar

estimativas de cenários atuais e futuros, com a capacidade de poupar recursos naturais escassos com foco na utilização sustentável e na boa gestão desses ambientes.

Segundo Liu (2007), as aplicações atuais da Ciência de Sensoriamento Remoto, via satélite, abrangem monitoramento dinâmico de usos de solo e evoluções de biodiversidade, recursos naturais, precipitação, clima, manejo dos recursos hídricos da superfície, exploração dos recursos hídricos no subsolo, inventário e monitoramento de usos do solo, das pastagens e das coberturas vegetais, monitoramento da produção primária das florestas e pastagens, monitoramento das ocorrências dos eventos catastróficos, tais como geadas, enchentes, secas, doenças e pragas das culturas, monitoramento dos focos de queimadas, mapeamento topográfico, monitoramento da degradação e erosão de solos, estudo das mudanças climáticas, e outros.

Deste modo, tendo em vista a relevância da produção agrícola como parte das atividades econômicas do país, e os danos negativos causados ao meio ambiente, decorrentes do desmatamento por meio da expansão de novas fronteiras agrícolas, propôs-se, a partir da aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto, com a utilização de imagens orbitais, identificar e analisar os possíveis danos causados nos imóveis rurais da região de estudo, que poderão servir de subsídio para ações de planejamento territorial e gestão dos municípios envolvidos.

2 OBJETIVOS

Os objetivos desta pesquisa (geral e específicos) estão melhor detalhados e descritos, a seguir.

2.1 Objetivo geral

Identificar e analisar quais os principais danos ambientais causados nos imóveis rurais da microrregião do Jalapão e Barreiras com a exploração agrícola na região do MATOPIBA.

2.2 Objetivos Específicos

- Mapear o uso antrópico nos municípios de Campos Lindos e Formosa, nas microrregiões do Jalapão e Barreiras, no MATOPIBA, nos anos de 1999, 2010 e 2020;
- Mapear o uso antrópico na APA do Rio Preto, localizada em Formosa-BA;
- Quantificar e analisar os danos ambientais causados pelo uso antrópico, por meio dos produtos cartográficos gerados.

3 JUSTIFICATIVA

A demanda global por alimentos tem crescido exponencialmente nas últimas décadas, e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) concluiu que será necessário incrementar a produção agrícola por volta de 60% até 2050, tanto para uso alimentar como para a produção de biocombustíveis. Aspectos como o clima tropical, o relevo, o solo e grandes áreas aptas para o cultivo contribuíram para que o Brasil tornasse o segundo maior fornecedor global de alimentos e produtos agrícolas do mundo (FAO, 2015).

Segundo dados da FAO (2015), publicados no *Agricultural Outlook/2015*, tal contexto traz um foco especial no Brasil. Este país está entre as dez maiores economias do mundo e é o segundo maior fornecedor global de alimentos e produtos agrícolas. O Brasil está prestes a se tornar o principal fornecedor no atendimento à demanda global adicional, principalmente proveniente da Ásia. A exploração de novas áreas para a produção agrícola contribui para um dos maiores problemas ambientais enfrentado atualmente. O desmatamento tem transformado o ambiente rural, marcado pela exaustão dos nutrientes do solo, desmatamento de áreas de preservação, nascentes e outros fatores que causam problemas ambientais e de saúde humana.

A expansão de novas fronteiras agrícolas tem assumido papel fundamental nas atividades econômicas do país. Assim, o monitoramento e a fiscalização das áreas em crescimento destinadas à exploração agrícola devem ser efetuados de forma objetiva com a finalidade de controlar o desmatamento e garantir o desenvolvimento ecológico e a exploração dos recursos naturais de maneira sustentável.

Neste sentido, a realização desse trabalho em conjunto com a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e o uso de imagens orbitais, proporcionará informações relevantes sobre a ação antrópica realizada na área de estudo. Bem como possibilitará identificar os possíveis danos ambientais que podem comprometer a flora e fauna local e, ainda, fornecer subsídio para a tomada de decisão na gestão e no planejamento dos recursos naturais na área de estudo. Assim,

por meio do uso de imagens de satélites integradas a sistemas de informações geográficas e a partir das análises efetuadas por meio dos produtos cartográficos gerados, acredita-se ser possível observar e quantificar os possíveis danos ambientais oriundos da exploração agrícola na microrregião de Barreiras e do Jalapão, na região do MATOPIBA.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a realização deste trabalho efetuou-se as revisões bibliográficas sobre vários conceitos pertinentes ao tema estudado, tendo como principal finalidade obter o embasamento científico de acordo com a literatura existente.

4.1 Região do MATOPIBA

Segundo a Embrapa (2021), a expressão MATOPIBA resulta de um acrônimo criado com as iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Essa expressão designa uma realidade geográfica que recobre parcialmente os quatro estados mencionados, caracterizada pela expansão de uma fronteira agrícola baseada em tecnologias modernas de alta produtividade. A localização geográfica, o clima e a topografia proporcionaram as condições ideais para a produção de grãos, tornando a região grande produtora de soja e milho e, ainda, contribuindo fortemente para índices como o de desenvolvimento humano (IDH) e o Produto Interno Bruto (PIB) local.

A caracterização territorial do MATOPIBA buscou incluir, num território geograficamente coerente, a dinâmica de expansão da agricultura moderna nessa região e do crescimento econômico decorrente, observados nas últimas décadas. Dessa forma, foi aplicada uma série de procedimentos numéricos e cartográficos, apoiados no uso de imagens de satélites, para integrar e conjugar simultaneamente na análise territorial os dados agroecológicos e socioeconômicos existentes em diversas fontes de informação. O segundo grande critério territorial foi a dimensão socioeconômica, essas áreas cumprem um relevante papel no provisãoamento de insumos para a atividade agropecuária e são o destino logístico no escoamento e transformação de parte significativa da produção agropecuária (EMBRAPA, 2021). O escoamento da produção é feito em maioria por rodovias locais, que dão acesso a BR-153, que é a principal

ligação do meio logístico para escoamento da produção de grãos do MATOPIBA e do Brasil. Além da localização geográfica, que facilita no processo de escoamento da produção de grão local, o clima e a incidência de chuva, que ocorrem regularmente na época do plantio, que facilita no desenvolvimento dos grãos e ajuda no crescimento da plantação, são fatores que contribuem para o grande volume de produção agrícola no MATOPIBA.

4.2 Uso e ocupação da terra

A identificação e classificação do uso da terra de regiões com grande relevância socioeconômica, como a região de MATOPIBA, são fundamentais no conhecimento do ambiente, assim como no desenvolvimento de técnicas voltadas para a obtenção e manutenção dessas informações. O conhecimento da distribuição espacial das várias formas de ocupação do espaço necessita de informações detalhadas, que possam ser obtidas com grande periodicidade, devido ao caráter extremamente dinâmico desse ambiente (FORESTI; HAMBURGER, 1995). Dessa maneira, com aplicação de técnicas de sensoriamento remoto é possível conhecer as características específicas da área de estudo.

Silva et al. (2005) consideram essencial que a escolha da imagem e da metodologia de classificação do uso do solo deve ocorrer de acordo com as necessidades do usuário e com as características da região. Devido a diversidade de aplicações que podem ser feitas, por meio das imagens de satélite, a escolha da metodologia e das finalidades corretas impactam diretamente nos resultados a serem alcançados.

Segundo Feltran-Filho et al. (1989), o uso do solo nada mais é que a forma de como o solo está sendo utilizado pelo homem. Esse uso pode provocar alguns danos ao meio ambiente, como erosão intensa, inundações, assoreamento dos reservatórios e cursos d'água. As ações antrópicas podem causar danos irreversíveis, a um ecossistema uma vez que essas ações sejam executas de maneira desordenada. Para Medeiros e Petta (2005), a preocupação, cada vez mais frequente, sobre a forma e o tipo de ocupação do seu território tem levado os governos a se interessarem por estudos que abordem essa questão.

Dentre diversas áreas que podem ser utilizadas como objeto de estudo das classes de uso e ocupação da terra, destaca-se o imóvel rural.

4.4 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto permite identificar de forma eficiente as classes de uso e ocupação da terra de imóveis rurais e de diferentes localidades, para diversos fins.

Segundo Rosa (2009), o Sensoriamento Remoto pode ser definido, de uma maneira ampla, como sendo a forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo. Essas informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética e, por meio dela, é possível obter informações de várias feições na superfície terrestre. A radiação eletromagnética é gerada por meios naturais ou por meio artificiais como, por exemplo, o Radar. Desde que foram descobertas, as técnicas de Sensoriamento Remoto são utilizadas para diversos fins nas diversas áreas de estudo das ciências da terra. O mesmo autor destaca que essas técnicas foram amplamente utilizadas durante a primeira e a segunda guerra com propósitos militares e que, mais tarde, com a utilização por civis, o Sensoriamento Remoto pode ser utilizado em diversas aplicações, como geografia, agronomia, engenharia civil, engenharia florestal, dentre outras.

Em outras palavras, para Jensen (2009) o Sensoriamento Remoto é a arte e a ciência de obter informação sobre um objeto sem estar em contato físico direto com o objeto. Pode ser usado para medir e monitorar importantes características biofísicas e atividades humanas na Terra.

Segundo Menezes et al. (2012), um bom exemplo para explicar esse comportamento são as interações da radiação eletromagnética que ocorrem com as nuvens. As radiações eletromagnéticas das ondas do visível e do infravermelho da luz solar, que são de comprimentos de 0,4 a 2,5 μm , possuem em média, tamanhos menores que o tamanho médio das moléculas de vapor de água que compõem uma nuvem, que é da ordem de 30 μm . Devido a essa enorme diferença entre o tamanho das ondas do visível e do infravermelho com o tamanho das moléculas de vapor de água das nuvens, a radiação eletromagnética (REM) incidente nas nuvens é barrada por essas moléculas e refletida de volta ao espaço. Elas não conseguem atravessar a nuvem. Então, o sensor registrará a intensidade da refletância da nuvem, formando uma imagem da nuvem e não dos objetos que estão sobre a superfície terrestre. É por meio dessas imagens formadas a partir da refletância que são estudados elementos como o uso e a ocupação da terra, por exemplo. A partir da refletância da REM do solo e, utilizando-se o Sensoriamento Remoto, identifica-se qual o tipo de cobertura está presente na área de interesse, bem como suas características.

Para Menezes et al. (2012), todos os objetos do mundo real que estejam a uma temperatura acima de zero absoluto ($-273,15^{\circ}\text{C}$ ou zero Kelvin), apresentam uma movimentação aleatória das partículas dos átomos e das moléculas. Quando essas partículas se colidem, elas mudam o seu estado de energia e emitem radiação eletromagnética. E, quanto maior é a temperatura da fonte, maior é a sua potência irradiante de energia. Possibilitando-se assim, a identificação de diferentes objetos presentes nas áreas de estudo, que são identificados por meio da resposta espectral emitidas pela radiação eletromagnética.

Para Menezes et al. (2012), as imagens de Sensoriamento Remoto não dependem apenas das qualidades técnicas dos sensores, mas, também, da qualidade e intensidade irradiante das fontes de REM. No nosso sistema planetário o Sol é a mais potente fonte de radiação eletromagnética devido a sua alta temperatura de superfície, próxima a 6000°C . A Terra também é uma fonte de REM, embora bem menos potente que o Sol, pois a sua temperatura média é de apenas 27°C . Essas duas fontes naturais de radiação eletromagnética são as mais usadas em Sensoriamento Remoto.

Segundo Rosa (2009) a forma de aquisição dos dados de Sensoriamento Remoto é realizada por intermédio de um equipamento denominado de sensor. Dos diversos produtos gerados pelo Sensoriamento Remoto, existem as imagens de satélite. Dentre as várias imagens de satélites disponíveis, serão utilizadas como objeto de estudo para esta pesquisa, as imagens utilizadas no monitoramento dos recursos terrestres, em destaque as imagens do sistema *Landsat*, que foi criado pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Originalmente era denominado ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*), no início da segunda metade da década 60 e, mais tarde, denominado *Landsat-1*, com vários lançamentos posteriores, sendo o seu mais recente, o *Landsat-8*, lançado em 2013.

O *Landsat* foi um satélite criado para exploração de recursos do planeta Terra, conhecido com porte de média resolução espacial (alcance de 30 m) e a resolução temporal de 16 a 26 dias. Lançado no ano de 1984, o *Landsat 5*, é um satélite muito relevante para fins de pesquisa e monitoramentos do meio ambiente, desmatamento, acompanhamento de uso dos solos, apoio de monitoramento de área de preservação, atividades mineradoras, cartografia e atualização de mapas, detecção de invasões em áreas indígenas, dinâmicas de urbanização, estimativa de fitomassa, monitoramento de cobertura, condições do crescimento vegetal, queimadas, secas e inundações sedimentos e suspensão nos rios estuários e monitoramento de qualidade de água (LIU, 2007). Desde o primeiro lançamento na segunda metade da década 60, as imagens da série *Landsat* são destinadas exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres.

Os produtos gerados para a série *Landsat*, podem ser adquiridos de forma gratuita por meio do portal da Divisão de Geração de Imagens no endereço eletrônico da DGI-INPE.

4.5 Processamento Digital de Imagem

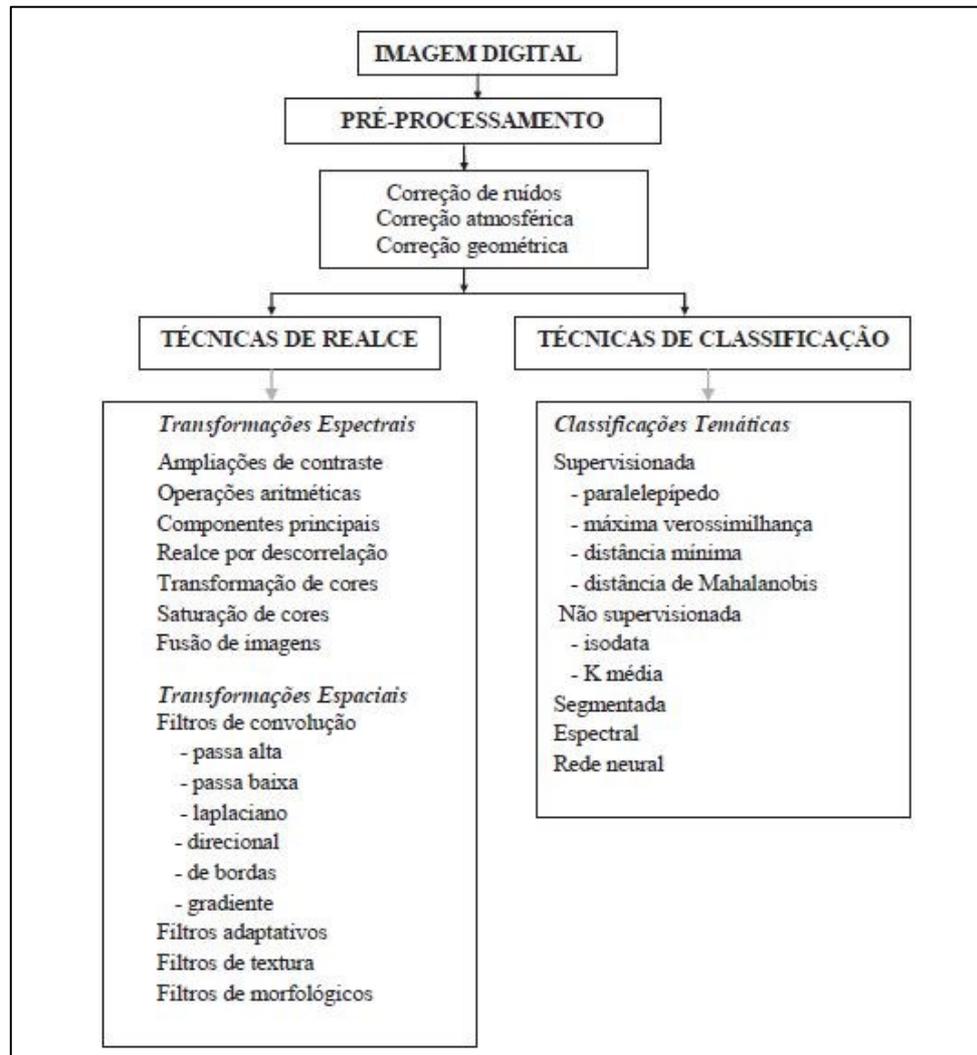
Para produzir conhecimento útil sobre as áreas imageadas, as imagens de satélite precisam passar por alguns processamentos de melhoria de sua aquisição, qualidade e uso.

Para Menezes e Almeida (2012) o processamento digital de imagens consiste na execução de operações matemáticas dos dados, visando as suas transformações em imagens de melhores qualidades espectrais e espaciais e que sejam mais apropriadas para uma determinada aplicação. O processo matemático envolvido no processamento digital de imagens tem como objetivo aprimorar a qualidade das imagens por meio de técnicas de processamento que resulta na melhora das informações contida nas imagens.

Para Gonzales e Woods (2010) uma imagem pode ser definida como uma função bidimensional, $f(x, y)$, em que x e y são coordenadas espaciais (plano), e a amplitude de f em qualquer par de coordenadas (x, y) é chamada de intensidade ou nível de cinza da imagem nesse ponto. Ainda, segundo os autores, o campo do processamento digital de imagens refere-se ao processamento de imagens digitais por um computador digital e pela composição da imagem digital, que é composta por *pixel*. Sendo o *pixel* o termo mais utilizado para representar os elementos de uma imagem digital.

O processamento de imagens é configurado por algoritmos especializados, que disponibiliza para o usuário a aplicação de uma grande variedade de técnicas de processamento. Os algoritmos tratam matematicamente a imagem como um dado diretamente relacionado ao processo físico que o criou (MENEZES et al., 2012). A Figura 1 ilustra as principais técnicas de processamento digital de imagens usada por *softwares* de processamento.

Figura 1 - Principais técnicas de processamento de imagens



Fonte: Menezes e Almeida (2012).

Na etapa de pré-processamento, os dados são tratados de maneira a remover ou corrigir os erros identificados nas imagens, erros esses referentes às interferências da atmosfera e as distorções geométricas. Já as técnicas de Realce, utilizam-se de ferramentas que possuem a finalidade de aprimorar a qualidade das imagens. Segundo Menezes e Almeida (2012) na etapa de classificação de Imagens, são feitas as classificações das imagens, que pode ter ou não a participação do analista nesse processo. Ou ainda, por meio da classificação automática em que o reconhecimento da imagem é feito de forma automática em que objeto imageado é classificado de acordo com as suas respostas espectrais.

As informações obtidas por meio das imagens de satélite podem ser extraídas através da classificação destas imagens utilizando um método de classificação. Existem vários métodos de classificação, o método de classificação da Máxima Verossimilhança é o mais utilizado em

sensoriamento remoto. Dentro do conjunto de algoritmos mais utilizados para a classificação de imagens orbitais está o de Máxima Verossimilhança Gaussiana (CAMPBELL, 1987).

O método mais comum que considera a ponderação das distâncias das médias utiliza parâmetros estatísticos e denomina-se método da máxima verossimilhança (em inglês, "*maximum likelihood*") (CRÓSTA, 1992). Esse método utiliza a média e a covariância das amostras indicadas pelo usuário para marcar e identificar um *pixel* desconhecido de uma determinada classe por ele indicada.

Por meio desses parâmetros, é calculada a probabilidade estatística de um determinado **pixel** fazer parte de uma determinada classe. Após a análise desta probabilidade para cada uma das classes, o pixel é declarado a uma classe cuja probabilidade tenha sido mais alta, ou sendo o caso, nenhuma delas (RIBEIRO, 2004).

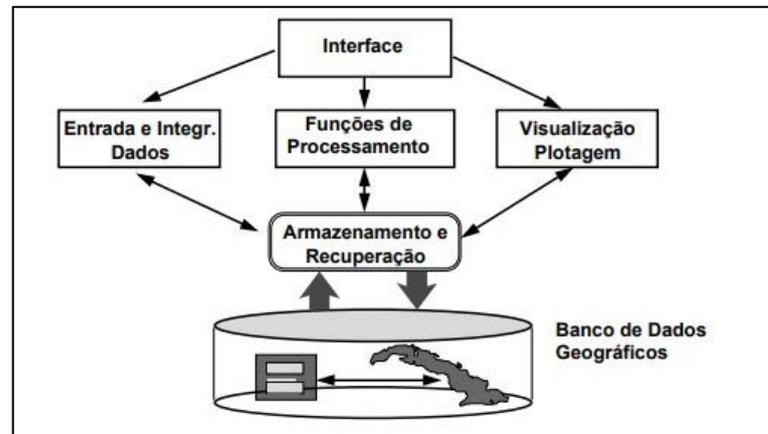
4.6 Sistema de Informações Geográficas

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma estrutura que coleta, gerencia e analisa dados, inclusive os dados obtidos por Sensoriamento Remoto, mencionados anteriormente.

Para Konecny (2003), um Sistema de Informação Geográfica (SIG), em uma definição restrita, é um sistema de computador para a entrada, manipulação, armazenamento e saída de dados digitais e dados espaciais. Em uma definição mais ampla, é um sistema digital para a aquisição, gestão, análise e visualização de dados espaciais para os fins de planejamento, administração e monitoramento do ambiente natural e socioeconômico.

Burrough e McDonnell (1998) retrataram SIG como uma tecnologia computacional, desenvolvida com o intuito de capturar, armazenar, manipular e visualizar dados georreferenciados. No processo de construção de um Sistema de Informação Geográfica, existem vários processos desde a interface com usuário até a visualização e plotagem do produto final. Durante esse processo de construção de um banco de dados para um SIG, são coletados elementos que podem ser por dados de levantamento de campo, por meio de imagens de satélite ou fotografias aéreas, que serão armazenados, tratados e manipulados em SIG. O processo de criação e interação com um banco de dados de um sistema de informações geográficas é ilustrado pela Figura 2, a seguir.

Figura 2 - Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica



Fonte: Câmara et al. (2005).

Câmara et al. (2005) definem que, de uma forma geral, as funções de processamento de um SIG operam sobre dados em uma área de trabalho definida pelo usuário. A ligação entre os dados geográficos e as funções de processamento do SIG é feita por mecanismos de seleção e consulta que definem restrições sobre o conjunto de dados, que podem ser espaciais ou não. A interação com o banco de dados geográficos é feita utilizando *softwares* de SIG, existem no mercado diversos *softwares* de Sistemas de Informações Geográficas, comerciais e o *softwares* de código aberto que são livres e de distribuição gratuita.

Os diferentes SIG's existentes são de grande auxílio na identificação e análise dos danos ambientais.

4.7 Danos ambientais no avanço da fronteira agrícola

Segundo Milaré (2011 apud ADONNO, 2014) “dano ambiental é a lesão aos recursos ambientais, com conseqüente degradação – alteração adversa ou in pejus – do equilíbrio ecológico e da qualidade de vida”. Desse modo, o dano ambiental é qualquer alteração no meio ambiente que leve a conseqüências negativa a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades humana.

Já, danos ambientais podem ser definidos como qualquer modificação das propriedades biológicas, químicas e físicas do meio ambiente. Essas alterações podem estar relacionadas às atividades humanas que afetam de forma direta ou indireta: a qualidade dos recursos ambientais; as

atividades sociais e econômicas; a saúde; a segurança; e o bem-estar da sociedade (ABRASCO, 2012).

Os danos ambientais causados pela atividade agropecuária decorrem principalmente de dois fatores: da mudança do uso do solo, resultante do desmatamento e da conversão de ecossistemas naturais em áreas cultivadas, e da degradação das áreas cultivadas, causada por práticas de manejo inadequadas. Esses dois fatores estão interligados, sendo que a degradação das áreas cultivadas aumenta a demanda por novas terras para cultivo, pois o custo de desmatar e incorporar novas terras nas regiões de fronteira costuma ser menor que o de recuperar terras improdutivas (GOUVELLO; SOARES FILHO; NASSAR, 2010).

Esses danos provocados principalmente pela atividade agropecuária tem alterado a paisagem do ambiente rural que vem sofrendo grandes transformações, marcado pela criação de novas área de plantio para atender a grande demanda global por alimentos cada vez mais crescente.

Para Fearnside (2020) a erosão, a compactação do solo e a exaustão dos nutrientes estão entre os danos mais óbvios do desmatamento. A precipitação nas áreas desmatadas esco rapidamente, formando as cheias, seguidas por períodos de grande redução ou interrupção do fluxo dos cursos d'água.

Diante disso, torna-se relevante a análise, compreensão e a reestruturação do espaço rural tendo em vista a utilização dos recursos naturais de maneira sustentável.

5 MATERIAL E MÉTODOS

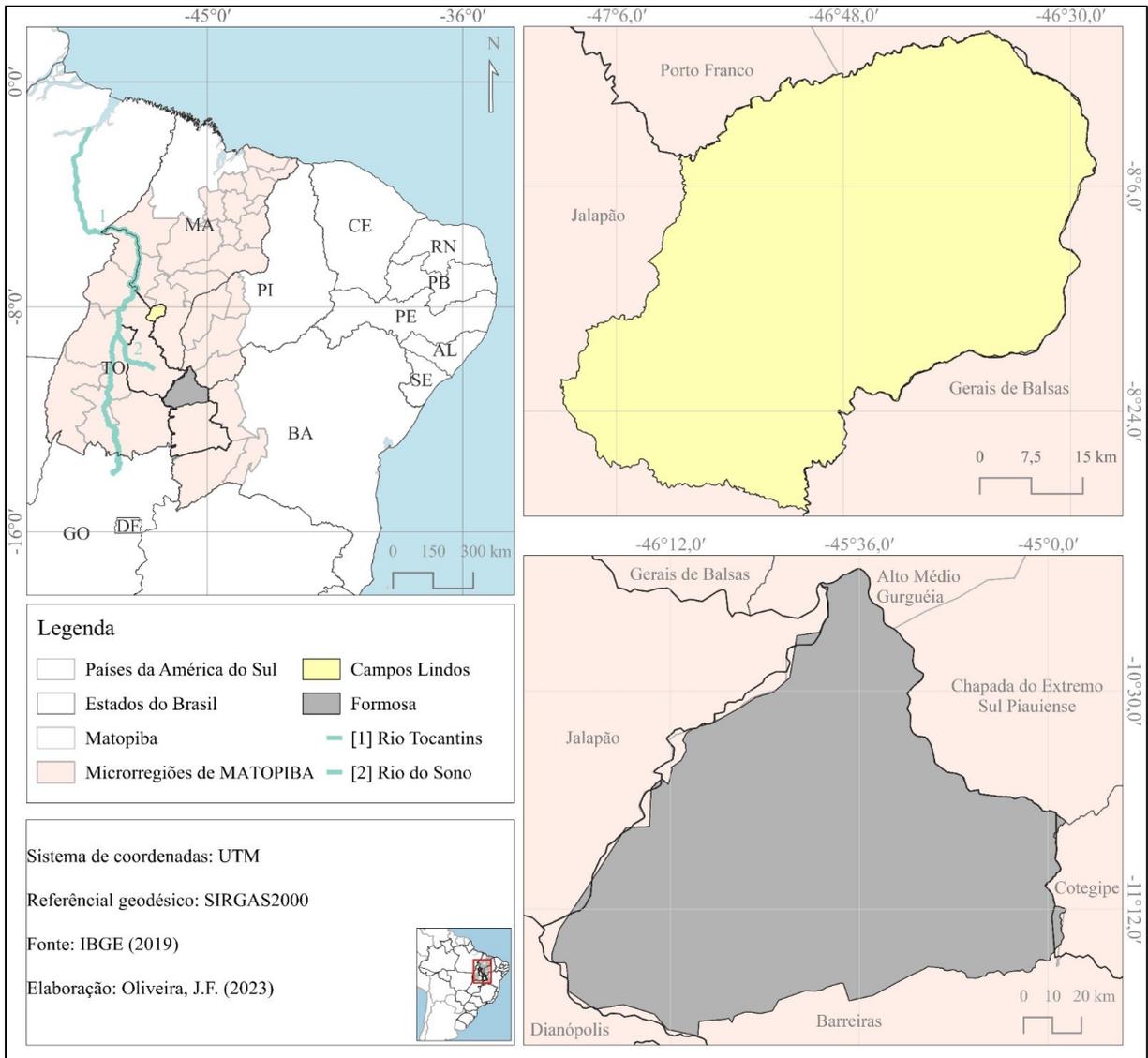
Os materiais utilizados e a metodologia seguida no desenvolvimento deste trabalho estão descritos, a seguir.

5.1 Área de estudo

A microrregião do Jalapão, encontra-se na região Norte do país, na região oriental do estado do Tocantins. A microrregião de Barreiras está localizada na região Nordeste do Brasil,

no extremo Oeste Baiano. A Figura 3 apresenta o mapa das duas microrregiões indicadas que compõem a área de estudo desta pesquisa.

Figura 3 – Mapa de localização da área de estudo



Elaboração: O autor.

5.2 Material

Para a realização desse trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Dados vetoriais: limites territoriais (regiões, microrregiões, etc.) obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (IBGE, 2019); limites da Área de

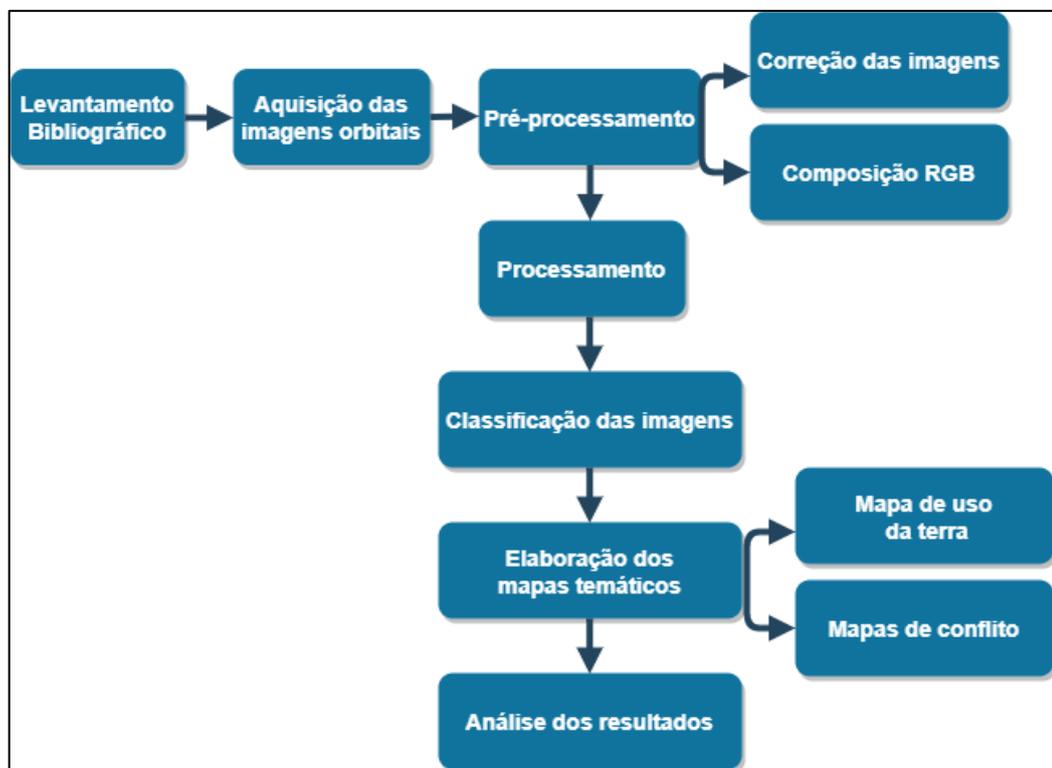
Preservação Ambiental obtidos junto ao Instituto Chico Mendes – ICMBio (ICMBio, 2021);

- Dados matriciais: as imagens orbitais do satélite *CBERS* e *Landsat* obtidas por meio do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (INPE, 2018);
- *Software ENVI 5.0*, com licença disponível no laboratório de SIG e Geoprocessamento (SIGEO), situado na Universidade Federal de Uberlândia;
- *Software* de código aberto QGIS, versão 3.10.

5.3 Métodos

A metodologia deste trabalho está ilustrada na Figura 4, cujos procedimentos realizados, em cada uma das etapas, estão mais bem descritos, a seguir.

Figura 4– Fluxograma da metodologia do trabalho



Elaboração: O autor.

5.3.1 Coleta dos dados

Foram utilizadas imagens orbitais de satélites (dados matriciais) *Landsat5*, para os anos de 1999 e 2010, e do *CBERS-4A* e, para o ano de 2020. As Tabelas 1 e 2 apresentam as informações das imagens utilizadas, bem como os sensores de cada um dos satélites.

A escolha justifica-se pelo fato de a área de estudos sofrer grandes transformações na paisagem local em função da atividade agrícola e os satélites escolhidos apresentarem-se adequado para a identificação das feições desejadas.

Tabela 1 - Informações Básicas das imagens CBERS-4A

Sensor	Aquisição	Bandas	Órbita/Ponto	Resolução Espacial (m)
WPM	22/09/2020	5,4,3	159/109	8
WPM	18/10/2020	5,4,3	158/109	8
WPM	14/08/2020	5,4,3	158/110	8
WPM	16/11/2020	5,4,3	159/109	8

Elaboração: O autor.

Tabela 2 - Informações Básicas das imagens Landsat 5

Sensor	Aquisição	Bandas	Órbita/Ponto	Resolução Espacial (m)
TM	16/10/1999	6,5,4	221/67	30
TM	15/08/1999	6,5,4	220/67	30
TM	13/11/1999	6,5,4	221/68	30
TM	22/09/1999	6,5,4	220/68	30
TM	08/11/2010	6,5,4	221/67	30
TM	16/08/2010	6,5,4	220/67	30
TM	26/10/2010	6,5,4	221/68	30
TM	22/09/2010	6,5,4	220/68	30

Elaboração: O autor.

Quanto a escolha dos anos para a análise das imagens, as imagens encontram-se cronologicamente distribuídas com intervalo de dez anos entre cada uma delas, desse modo, pode-se observar a expansão da exploração das áreas na região de estudo para atividades de uso antrópico, durante o intervalo de tempo de 21 anos.

Como critério de escolha das imagens, elas foram escolhidas levando em consideração a região de estudo que apresentou a maior alteração na paisagem local. Além disso, outro critério de escolha das imagens foi a seleção das imagens com menor índice de cobertura de

nuvens, com o objetivo de obter a identificação precisa dos objetos de interesse na área de estudo. A Tabela 3 apresenta as especificações das resoluções espaciais, espectrais, temporais e radiométricas dos satélites que foram utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

Tabela 3 - Especificações das resoluções espaciais, espectrais, temporais e radiométrica dos satélites

Satélite	Espacial (m)	Espectral	Temporal	Radiométrica
<i>Landsat 5</i>	30 e 120	7 bandas	16 dias	8 bits/pixel
<i>CBERS-4A</i>	2, e 8	5 bandas	31 dias	10 bits/pixel

Fonte: Adaptado de Engesat (2021).

5.3.2 Pré-processamento

Nessa etapa, foi realizado o pré-processamento das imagens por meio do uso do *software ENVI 5.0*, para as imagens *Landsat* e *CBERS*. Com o objetivo de aperfeiçoar o aspecto visual das imagens e facilitar a interpretação dos elementos de interesse na área de estudo, faz-se necessário a realização da correção da calibração radiométrica. Esse procedimento foi realizado utilizando a ferramenta. A ferramenta de calibração radiométrica do *ENVI Classic* utilizada para calibrar os dados do *Landsat* foi a ferramenta ‘*calibration*’, adicionando o valor de elevação do sol, data de aquisição da imagem e a banda correspondente, no *software ENVI 5.0*.

Após a correção das imagens, efetuou-se o procedimento de composição colorida falsa cor, utilizando a ferramenta ‘*layer stacking*’, no *software ENVI 5.0*, procedimento no qual consiste na combinação de 3 bandas espectrais do satélite com os respectivos canais coloridos (*Red, Green, Blue* - RGB) para a formação de uma composição colorida. Para realizar a composição falsa cor das imagens de satélite do *Landsat 5* utilizou-se as bandas 6,5,4 respectivamente, para os canais RGB e para a composição das imagens do satélite *CBERS-4A*, utilizou-se as bandas 5,4,3 respectivamente, para os canais RGB.

Para a delimitação da área de estudo, realizou-se o recorte da área utilizado a ferramenta de manipulação de dados vetoriais de recorte vetorial do QGIS, com o auxílio do arquivo em formato *shapefile* (.shp) do limite do município de Formosa do Rio Preto e de Campos Lindos.

5.3.3 Processamento

Por meio do uso das ferramentas de Processamento Digital de Imagens, do *software* ENVI 5.0, realizou-se a classificação supervisionada das imagens para cada um dos anos de estudo (1999, 2010 e 2020), em que foram mapeadas as classes de uso e ocupação da terra, na área de estudo. Para a classificação das imagens, utilizou-se o algoritmo classificador Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood Algorithm*).

O processo de classificação consiste em informar ao algoritmo as amostras, bem como a qual classe cada amostra pertence. O operador identifica as amostras e a sua classe dentro da área de interesse, então, dessa forma o *software* identifica automaticamente todas as outras feições por meio da similaridade entre elas.

Por tratar-se de região rural com forte exploração agrícola, definiu-se a classe para a identificação do uso e ocupação da terra: Área de uso antrópico - áreas destinadas a criação de animais, bem como as áreas de plantio; áreas de pastagem e agricultura.

5.3.4 Remoção de ruído das imagens

Após a classificação das imagens, fez-se necessário a realização da remoção de ruídos nas imagens, esse procedimento foi realizado com a finalidade de melhorar o realce das imagens bem como a remoção de informações desnecessárias, dessa forma a imagem classificada melhora o seu aspecto visual, com a remoção de pixels isolados (efeito sal e pimenta) que, por ventura, tenham sido classificados de forma errônea. O procedimento de remoção de ruídos das imagens foi realizado utilizando o filtro '*sieve classes (post classification)*', no *software* ENVI 5.0.

Efetuiu-se também a remoção de informações irrelevantes da classificação, utilizando a ferramenta '*Eliminate*', no *software* Arcgis. Este procedimento consiste em eliminar pequenas amostras classificadas de forma errônea, ajustando-as com polígonos vizinhos que possuem a maior área ou a borda compartilhada mais longa.

5.3.5 Elaboração dos Mapas Temáticos

Foi realizado o cálculo das métricas de precisão para a validação do resultado das classificações das imagens para os anos de 1999, 2010 e 2020 para cada uma das áreas de

estudo. Para calcular os índices das métricas utilizou-se as ferramentas *ROIs Ground Truth* do *Envi 5.0*. O software apresenta um relatório que contém o erro para cada classe mostrando quais pixels foram classificados incorretamente bem como o Coeficiente Kappa.

O Coeficiente Kappa é gerado a partir de um teste estatístico para avaliar a precisão de uma classificação. O Kappa avalia essencialmente o desempenho da classificação em comparação com a atribuição aleatória de valores, ou seja, a classificação foi melhor do que aleatória. O Coeficiente Kappa pode variar de -1 a 0 1. Um valor de 0 indica que a classificação não é melhor do que uma classificação aleatória. Um número negativo indica que a classificação é significativamente pior do que aleatória. Um valor próximo de 1 indica que a classificação é significativamente melhor do que aleatória.

Após a validação adequada dos dados mapeados foram elaborados os mapas temáticos, conforme descrição, a seguir:

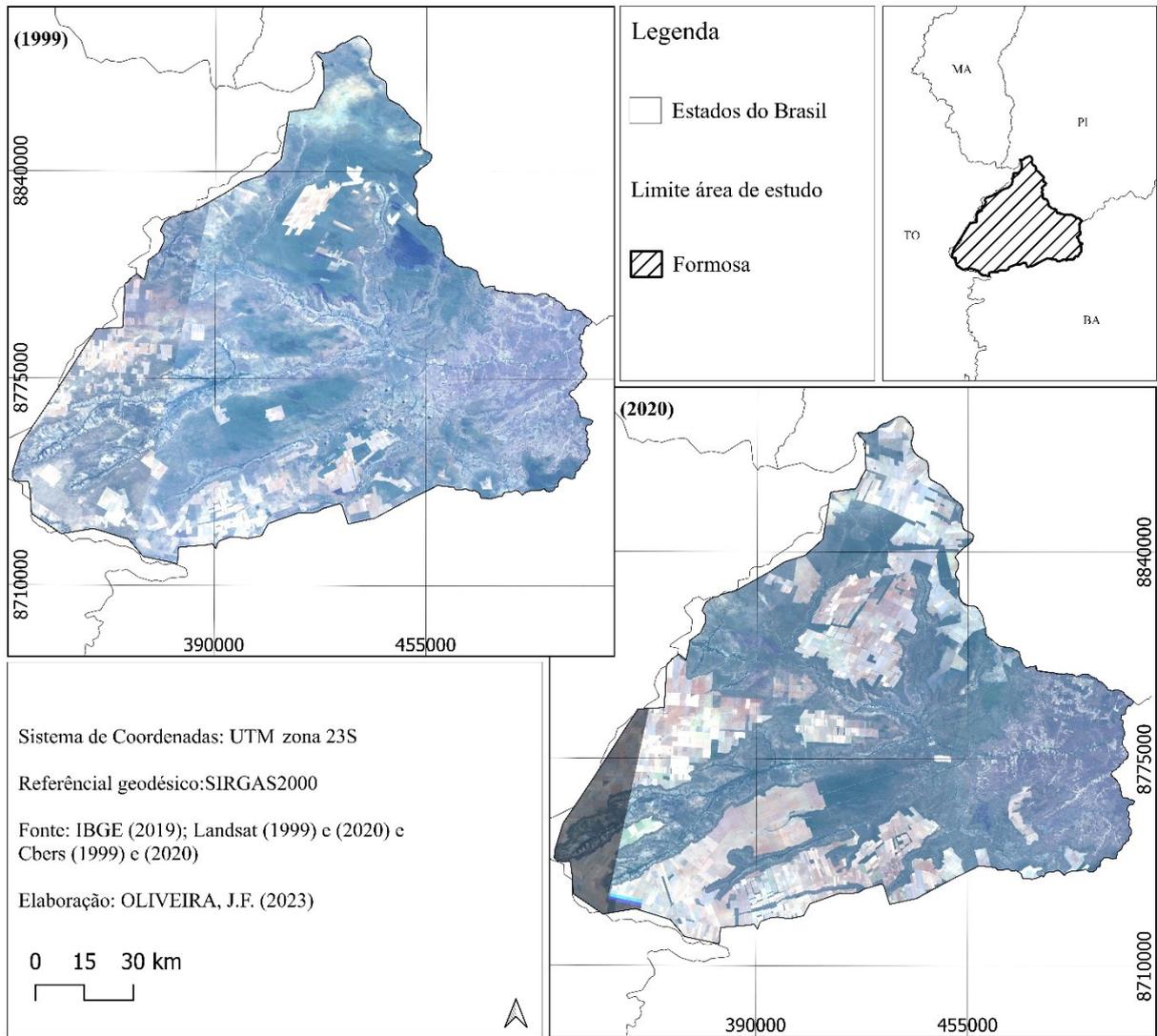
- Mapas de uso antrópico (1999, 2010 e 2020): Elaborados a partir dos dados gerados no processo de classificação para o município de Campos Lindos e Formosa. Conforme explicado anteriormente, os layouts foram elaborados com o auxílio do *software QGIS Desktop 3.10*;
- Mapas de conflito de uso nas Áreas de Proteção Ambiental (1999, 2010 e 2020): Para a elaboração dos mapas de conflito nas APAs foi utilizada a ferramenta ‘*dissolver*’ com o auxílio do *software QGIS*, para selecionar somente as áreas de uso antrópico dentro do limite da APA do Rio Preto.

Para a elaboração dos mapas de uso e ocupação da terra foram utilizadas as ferramentas de edição e de manipulação de feições com o auxílio do *software QGIS*. Para o cálculo de área (em quilômetros quadrados), utilizou-se a ferramenta ‘calculadora de campo’, da tabela de atributos, de cada uma das feições mapeadas, também com o auxílio do *software QGIS*. Após o cálculo das áreas mapeadas, os dados foram inseridos em planilhas e foram gerados gráficos e tabelas para melhor representação e visualização das áreas das feições mapeadas.

6 RESULTADOS

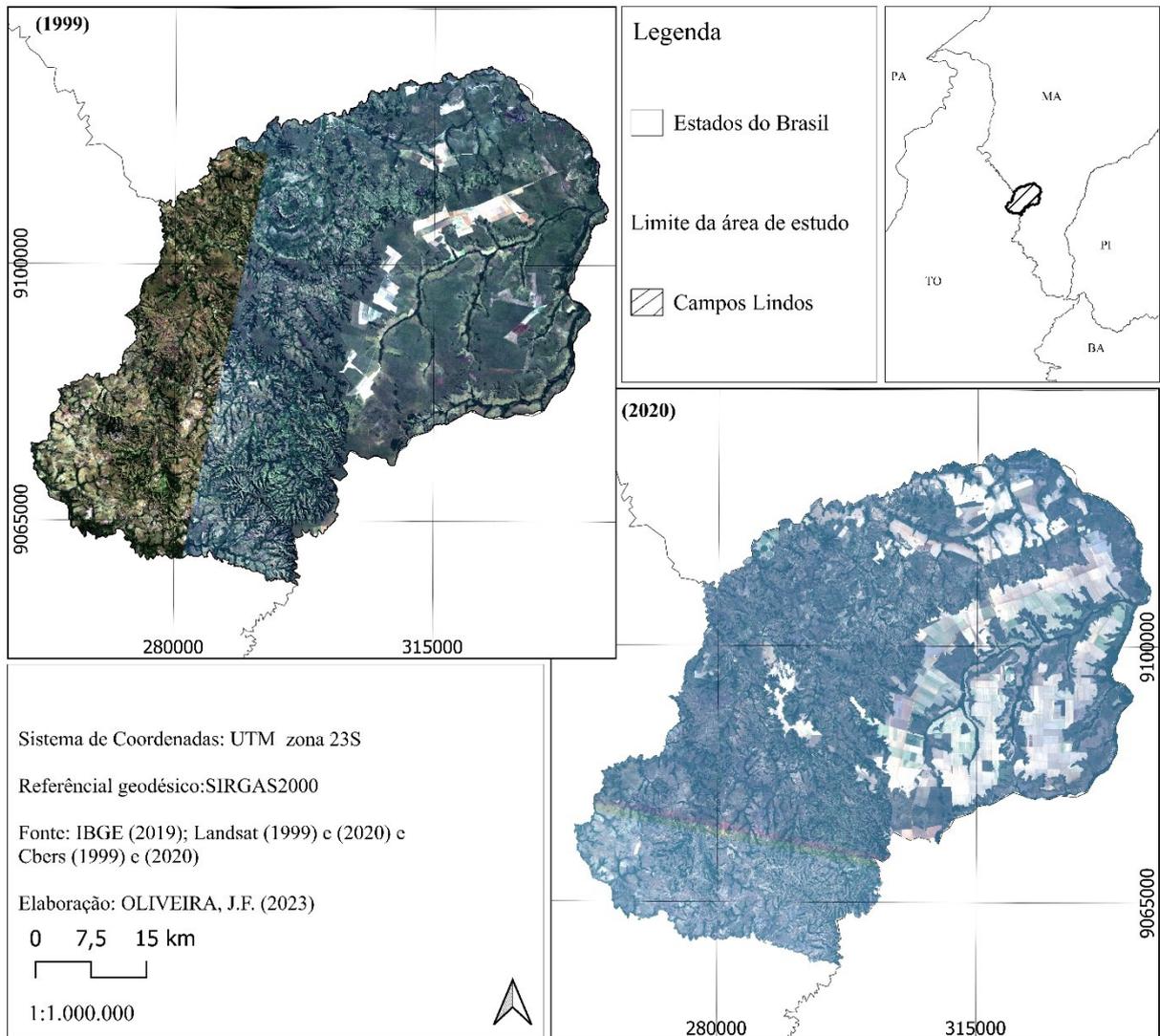
As Figuras 5 e 6 mostram as imagens comparativas da expansão da área de uso antrópico (1999 a 2020), para os municípios de Formosa e Campos Lindos, respectivamente.

Figura 5 - Expansão da área de uso antrópico para o município de Formosa



Elaboração: O autor.

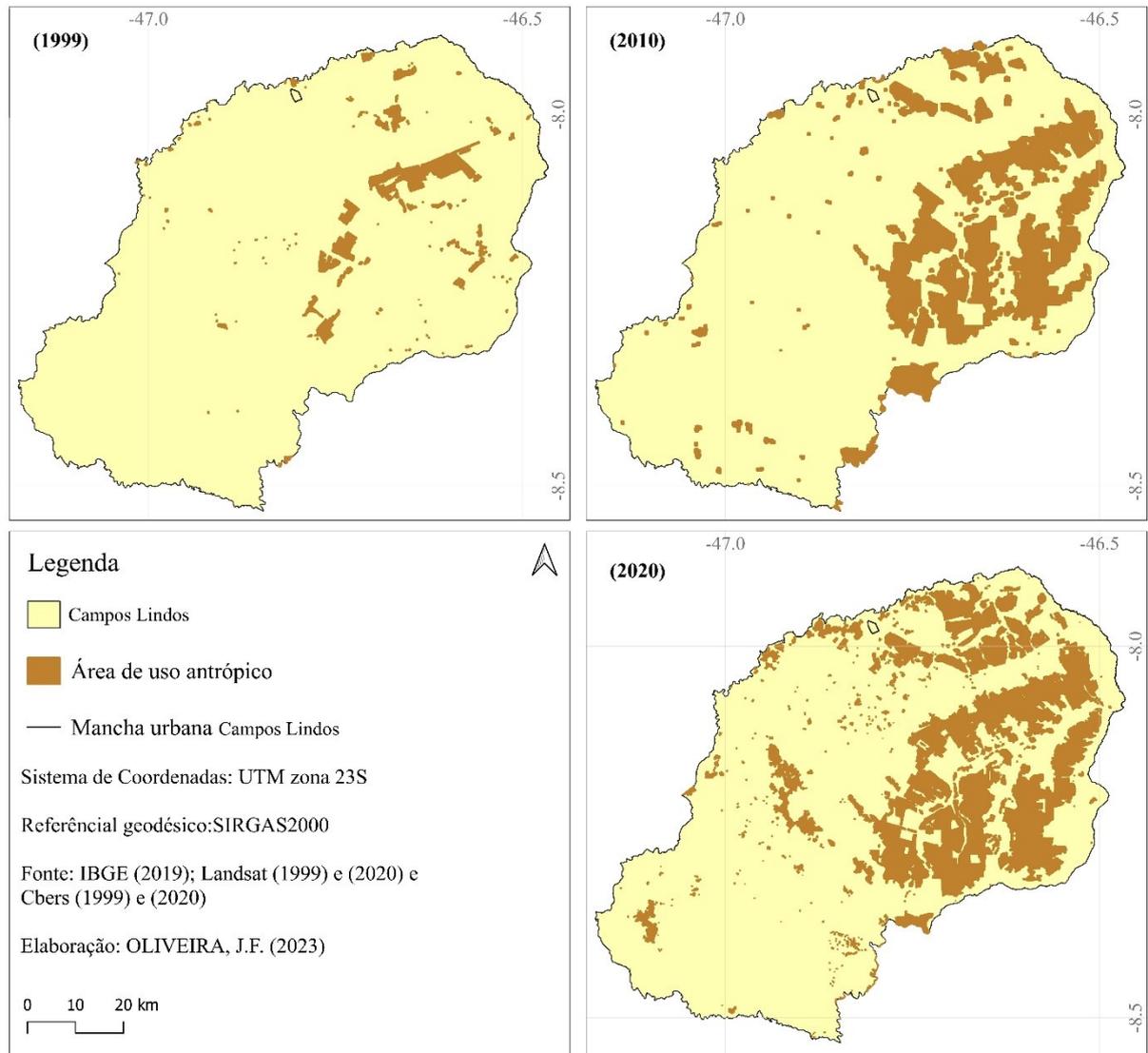
Figura 6 - Expansão da área de uso antrópico para o município de Campos Lindos



Elaboração: O autor.

A Figura 7, a seguir, apresenta o mapa de uso e ocupação da terra no município de Campos Lindos.

Figura 7 - Mapa de uso e ocupação da terra no município de Campos Lindos

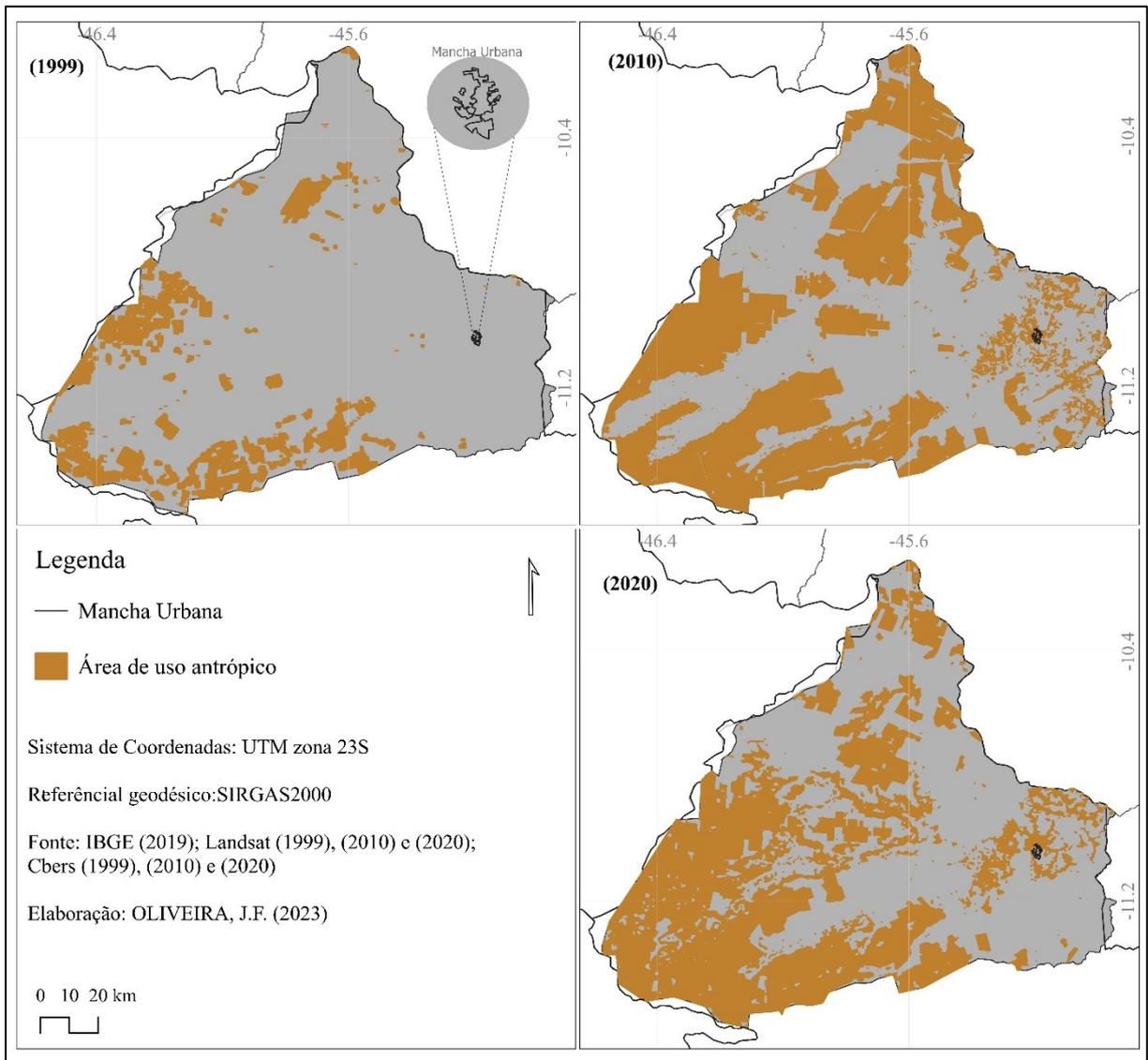


Elaboração: O autor.

Pela distribuição das classes de uso e ocupação da terra, no município de Campos Lindos, observa-se um crescimento expressivo da atividade antrópica na região leste do município. No ano de 1999, a atividade antrópica no município era de 100,12 km² o que correspondia a 3,10 % da área total do município. No ano de 2010, houve um aumento de cinco vezes o tamanho da área de uso antrópico em relação ao ano de 1999, em que a área ocupada pelo uso antrópico chegou a 575,99 km² representando 17,81 % da área do município. Em comparação ao ano de 2010, não houve expressivo aumento da área de uso antrópico, no ano de 2020, com um crescimento de 83,09 km².

A Figura 8, a seguir, apresenta o mapa de uso e ocupação da terra no município de Formosa, município em que está localizada a Área de Proteção Ambiental do Rio Preto.

Figura 8 - Mapa de uso e ocupação da terra no município de Formosa

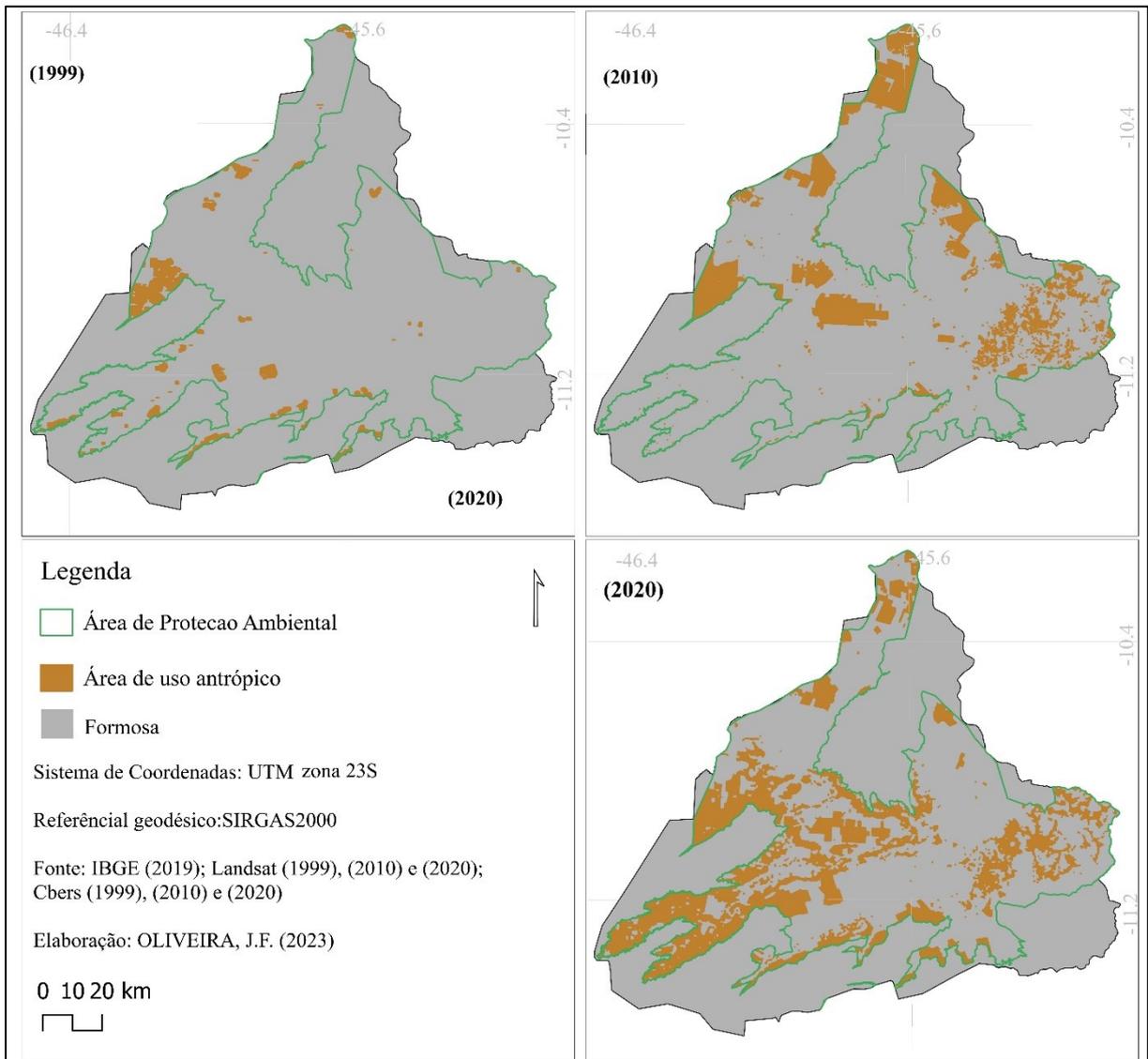


Elaboração: O autor.

No ano de 1999, a área do município ocupada pelo uso antrópico era de 1.837,6 km² da área total do município. Observa-se que, em 1999, a atividade antrópica era predominante na região leste e na região sul do município, com área de 1.837,6 km². No ano de 2010, notou-se um crescimento acentuado da atividade antrópica na região norte, chegando à área de 6.146,57 km², valor equivalente a 39,31 % da área do município. O ano 2020, destaca-se com o crescimento da atividade antrópica na região central e sudoeste do município, com área de 6.241,67 km², área equivalente a 39,92 % da área total do município.

A Figura 9 a seguir, apresenta o mapa de uso e ocupação da terra na Área de Proteção Ambiental do Rio Preto.

Figura 9 - Mapa de uso e ocupação da terra na área de Proteção Ambiental do Rio Preto



Elaboração: O autor.

A APA do Rio Preto teve forte ocupação pela atividade antrópica. Inicialmente esse tipo de atividade correspondia a 1.631,18 km² ou 11,75 % do seu território, em 1999. Em 2010, a atividade antrópica ocupou mais da metade da sua extensão territorial com 5.972,04 km² o que correspondeu a 65,06 % da sua área. Já em 2020, a área ocupada pela atividade antrópica foi 6.210,457 km², com um aumento de 2,6% em relação ao ano de 2010.

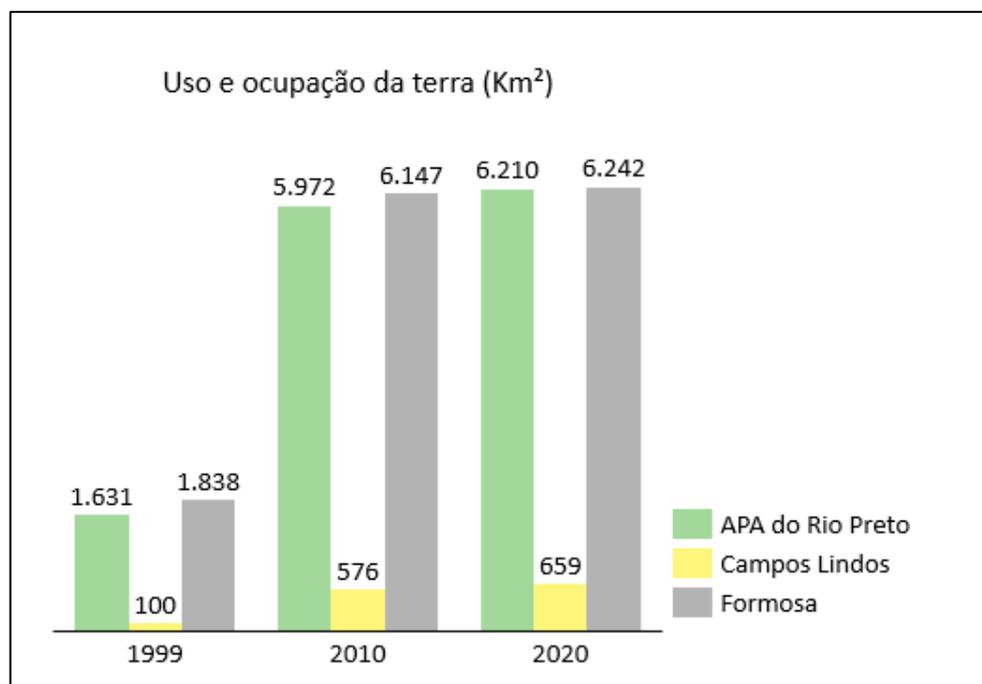
Os valores (km² e %) das classes de uso antrópico, para os anos de 1999, 2010 e 2020, podem ser verificados na Tabela 4 e Figura 10, a seguir.

Tabela 4 - Área de uso e ocupação da terra

Área de estudo	1999		2010		2020	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
APA do Rio Preto	1.631,18	11,75	5.972,04	65,06	6.210,46	67,66
Campos Lindos	100,12	3,10	575,99	17,81	659,08	20,38
Formosa	1.837,60	11,75	6.146,57	39,31	6.241,67	39,92

Elaboração: O autor.

Figura 10 – Gráfico de uso e ocupação da terra das áreas de estudo



Elaboração: O autor.

Pela distribuição das áreas de uso antrópico na área de estudo ao longo do tempo, pode-se destacar que, tanto o município de Campos Lindos quanto o de Formosa, bem como a APA do Rio Preto tiveram crescimento expressivo nos anos de 2010 e 2020, respectivamente. Com destaque para a APA do Rio Preto que em comparação ao ano de 1999, a área de uso antrópico quase quadruplicou.

A área de uso antrópico teve o maior crescimento no município de Formosa (6.242 km²), da área total em 2020, o que representa um aumento de 239,60 % em comparação ao ano de 1999.

A cobertura vegetal nativa na Área de Proteção Ambiental (APA) é de suma importância para a proteção e conservação de atributos bióticos, abióticos, além da proteção do solo contra erosão, destacando-se a perda da qualidade ambiental nesta área devido à crescente influência antrópica verificada.

6.1 Validação estatísticas da classificação das imagens

A Tabela 5 a seguir, apresenta a acurácia e o Coeficiente Kappa pós-classificação das imagens.

Tabela 5 - Precisão do relatório Pós-classificação das imagens

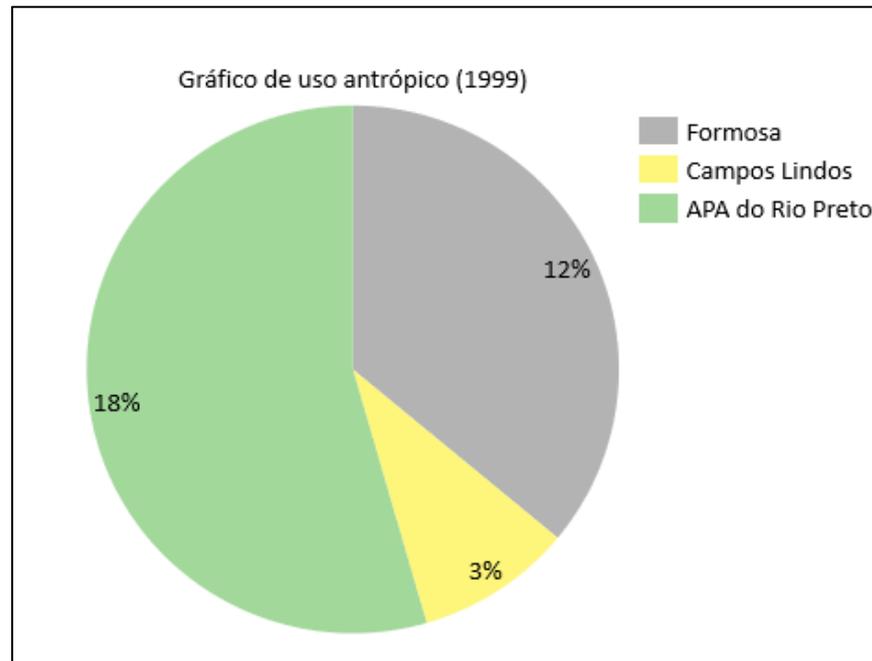
Área de Estudo	Ano da Imagem	Índice de Precisão (%)	Coeficiente Kappa
Formosa	1999	82,66	0,64
Formosa	2010	90,59	0,80
Formosa	2020	97,80	0,94
Campos Lindos	1999	93,73	0,54
Campos Lindos	2010	92,22	0,84
Campos Lindos	2020	93,95	0,87
APA Rio Preto	1999	91,55	0,83
APA Rio Preto	2010	93,25	0,88
APA Rio Preto	2020	92,33	0,96

6.2 Identificação dos danos ambientais na área de proteção ambiental do Rio Preto

São objetivos das APAs, previstos na legislação brasileira, a garantia à proteção e conservação, inicialmente regulamentada pela Lei 6.902/1981, atualmente regulado pela Lei 9.985 de 18 de julho de 2000, que preza pela conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 1981; BRASIL, 2000).

Nos mapeamentos de identificação de uso antrópico, na região do MATOPIBA, foram identificadas as áreas percentuais caracterizadas pelo desmatamento da cobertura vegetal natural, significativo, na Área de Proteção Ambiental do Rio Preto, nos municípios de Formosa e Campos Lindos, em 1999, conforme ilustrado na Figura 11, a seguir.

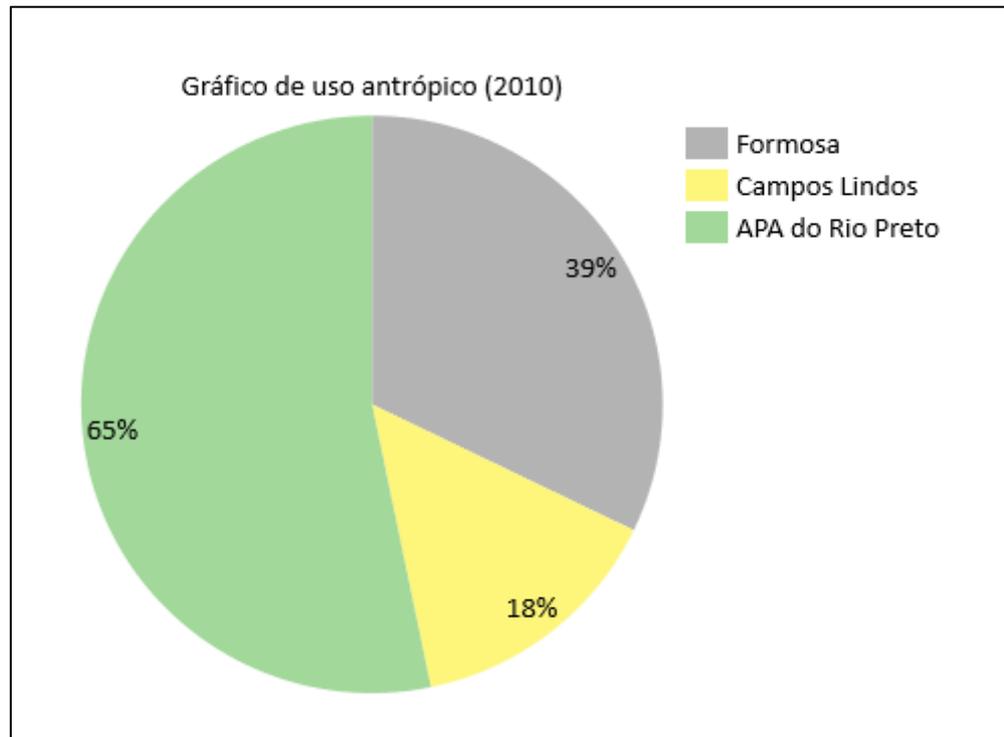
Figura 11 – Gráfico da área percentual de uso antrópico nas áreas de estudo (1999)



Elaboração: O autor.

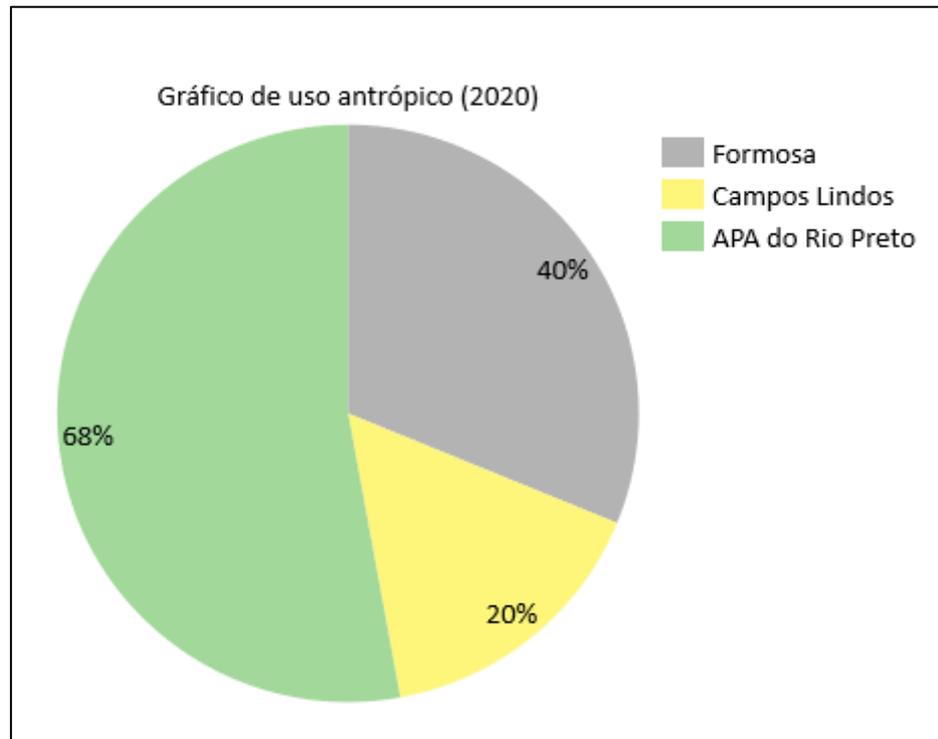
Para o ano de 1999, verificou-se que as áreas de uso antrópico, correspondem a 18% da área total da APA do Rio Preto, 3% para o município de Campos Lindos e 12% para o município de Formosa, respectivamente. Em contrapartida, para o ano de 2010 (Figura 12), a área ocupada pelo uso antrópico corresponde a 65% da área total da APA do Rio Preto, 18% para o município de Campos Lindos e 39% para o município de Formosa, o que significa a perda expressiva da vegetação nativa, que ocasionam desequilíbrio ambiental provocado pela perda da biodiversidade assim como a perda do habitat de animais e plantas.

Figura 12 – Gráfico da área percentual de uso antrópico nas áreas de estudo (2010)



Constatou-se que, no ano de 2020 (Figura 13), as áreas de uso antrópico cresceram pouco em relação ao ano de 1999 e 2010. 3% da área total da APA do Rio Preto, 2% para o município de Campos Lindos e 1% para o município de Formosa respectivamente. Pode-se observar, mesmo com o crescimento reduzido em comparação aos anos anteriores, que a área APA do Rio Preto obteve o maior crescimento de atividades antrópicas, desde o ano de 1999.

Figura 13 – Gráfico da área percentual de uso antrópico nas áreas de estudo (2020)



Elaboração: O autor.

Durante o intervalo de tempo de 21 anos, pode-se observar que a área de uso antrópico teve um aumento de 280,74% na APA do Rio Preto, 239,60% no município de Campos Lindos e 559% no município de Formosa, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Alterações das áreas de uso antrópico de 1999 a 2020

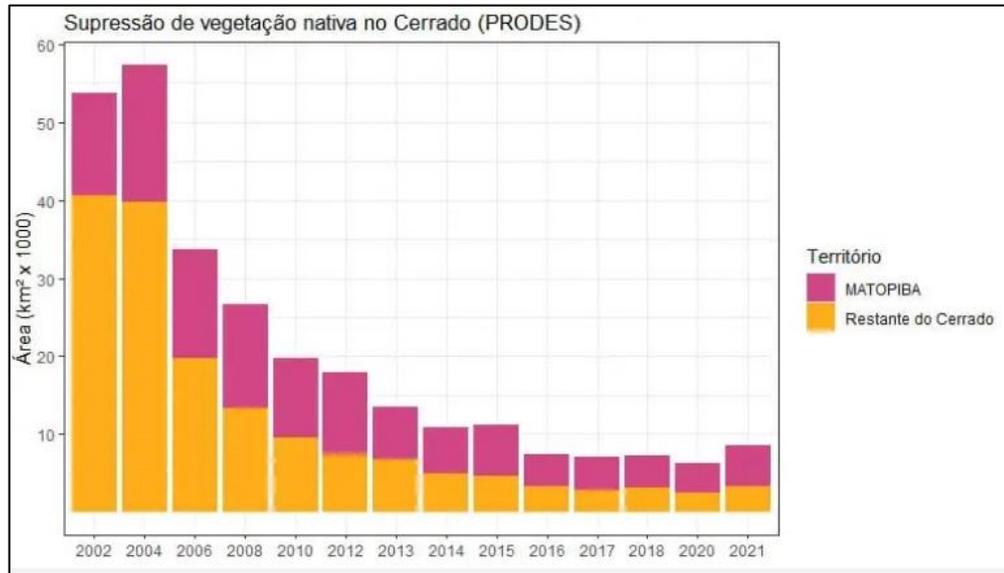
Área de estudo	Área (%)
APA do Rio Preto	280,74
Campos Lindos	239,60
Formosa	559,00

Elaboração: O autor.

A expansão da atividade antrópica na região de estudo alterou significativamente a paisagem da área de estudo, bem como uma grande perda da biodiversidade local assim como a perda do habitat de animais e plantas em consequência do desmatamento. De acordo com dados do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia – IPAM (IPAM, 2023), o desmatamento na região do MATOPIBA bateu recorde de concentração do desmatamento no Cerrado. O total

de vegetação suprimida no bioma, entre agosto de 2020 e julho de 2021, foi de 61,3%. A Figura 14 ilustra o registro histórico do mapeamento de supressão da vegetação nativa do Cerrado na região entre os anos de 2002 e 2021.

Figura 14 - Supressão de vegetação no Cerrado (PRODES)



Fonte: IPAM (2023).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas de Proteção Ambiental, são de fundamental relevância para a manutenção, a conservação e a preservação dos vários ecossistemas naturais. Definida como uma extensa área natural, com um certo nível de ocupação humana, o objetivo de uma APA é a conservação da natureza bem como o uso de maneira sustentável dos recursos naturais, em que determinadas atividades são permitidas desde que não representem uma ameaça para os recursos ambientais renováveis e processos ecológicos da área em questão. (IBRAM, 2022)

Desse modo, é necessário, em caráter de urgência, o monitoramento do uso e proteção dessas áreas, tendo em vista a crescente expansão da área de uso antrópico na região de estudo. Assim, o objetivo do presente trabalho foi identificar e delimitar os danos causados pela expansão do uso antrópico, nas microrregiões do Jalapão e Barreiras, na região do MATOPIBA, no período de 21 anos, por meio de imagens dos satélites *CBERS* e *Landsat*. Diante disso, conclui-se que o estudo conseguiu atingir seu objetivo, pois, por meio do processamento dos

dados e dos mapeamentos realizados, para cada época proposta, identificou-se as alterações ocorridas na área de Proteção Ambiental (APA do Rio Preto) bem como nos municípios de Campos Lindos e Formosa.

No caso da Área de Proteção Ambiental o estudo identificou crescimento desordenado, o que contraria a legislação ambiental brasileira vigente. Esta, que assegura a garantia dos objetivos das APA's com a conservação e a preservação dos vários ecossistemas naturais ali existentes, regulado pela Lei 9.985 de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000).

Com a utilização do método de mapeamento, por meio do uso de sensores remotos, no estudo dos danos causados pela expansão antrópica, na região de estudo, assim como a aplicação de técnicas de Processamento Digital de Imagens, tal estudo mostrou-se de grande valia, permitindo a quantificação das áreas com interferência antrópica, bem como a sua respectiva localização geográfica, mesmo em datas mais antigas, permitindo a elaboração de produtos cartográficos para a apresentação dos resultados do estudo proposto.

Observou-se a falta de controle e o não cumprimento das exigências legais no que diz respeito ao uso e ocupação da terra em Áreas de Proteção Ambiental, como por exemplo na Área de Proteção Ambiental (APA do Rio Preto). Desse modo, observou-se que a interferência antrópica teve grande influência nas modificações do espaço na área de estudo, ao longo do tempo, que impactaram negativamente na preservação dessa área. Observou que as atividades antrópicas na APA do Rio Preto tiveram um aumento expressivo de 280,74% e a área do município de Formosa teve um aumento de 559%.

Ainda que a legislação ambiental brasileira permita, com um certo nível de ocupação humana, que garanta a proteção e conservação de atributos bióticos, abióticos, estéticos ou culturais importantes para a qualidade de vida da população pertencentes nas Áreas de Proteção Ambiental. Percebe-se, a necessidade do cumprimento da legislação ambiental, respeitando-se as diretrizes do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que garante a preservação da vegetação nativa dentro das medidas exigidas pela Lei 6902/1981, para que os danos ambientais causados pelo uso antrópico sejam os mínimos possíveis.

Como recomendações para estudos futuros, sugere-se que este tipo de trabalho seja realizado de uma maneira mais frequente, indica-se também que sejam realizadas estudos e avaliações temporais nas Área de Proteção Ambiental com o objetivo monitorar e analisar os avanços das ações antrópicas nesta área e, conseqüentemente, tomar decisões no processo de redução dos danos ambientais na microrregião do Jalapão e Barreiras, na região do

MATOPIBA, além de propor medidas preventivas e de conscientização dos órgãos públicos, de organizações da sociedade civil, da população residente e de todos os agentes envolvidos.

FELTRAN-FILHO, A. F., LIMA, S. C., ROSA R. Mapeamento do uso do solo no município de Uberlândia – MG, através de imagens TM/LANDSAT. **Sociedade & Natureza** 1989; 1(2):127-145. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/60677/31467>> Acesso em: 27 mar. 2021.

FORESTI, C. HAMBURGER, D. S. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do uso do solo urbano. In. TAUKE, S. M. (Org.). **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo. Unesp, 1995.

GOUVELLO, C.; SOARES FILHO, B. S.; NASSAR, A. **Estudo de baixo carbono para o Brasil**. Washington: Banco Mundial, 2010.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. C. **Processamento digital de imagens**. Tradução: Cristina Yamagami e Leonardo Piamonte. Revisão Técnica: Marcelo Andrade da Costa Vieira e Mauricio Cunha Escapinati. 3 ed., São Paulo: Pearson, 2010. 624p.

IBGE. **Malhas territoriais**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html> Acesso em: 30 ago. 2021

IBRAM. Instituto Brasília Ambiental. **Você sabe o que é uma APA?** 2023. Disponível em: <https://www.ibram.df.gov.br/voce-sabe-o-que-e-uma-apa/> Acesso: 15 jun. 2023

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Dados Geoespaciais** 2021. Disponível em https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados_geoespaciais.html Acesso: 30 ago. 2021.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **O que é imóvel rural?** 2021. Disponível em: <https://antigo.incra.gov.br/pt/perguntas-frequentes.html> Acesso: 30 ago. 2021.

INPE. **CBERS**. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br/sobre/index.php> Acesso em: 01 abr. 2018.

INPE. **Landsat**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat> Acesso em: 01 abr. 2018.

IPAM. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. **Matopiba bate recorde histórico de desmatamento no Cerrado** 2023. Disponível em: <https://ipam.org.br/matopiba-bate-recorde-historico-de-desmatamento-no-cerrado/> Acesso: 15 jun. 2023

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009. Tradução: José Carlos Epiphânio.

KONECNY, GOTTFRIED. **Geoinformation Remote sensing, photogrammetry and geographic information systems**. New York: Taylor & Francis, 2003. 198p.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2007.v.1. 908 p.

LUZ, M. J. S. E. **Expansão da Fronteira Agrícola versus Recurso Terra**. Campina Grande, PB: EMBRAPA, 2006. p.11. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/276523/1/DOC154.pdf>> Acesso em: 01 mai. 2021.

MILARÉ, Édís. **Direito do ambiente**. 11. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2011, p. 1119.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. BRASÍLIA: CNPQ, 2012. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>> Acesso em: 08 mar. 2021.

MEDEIROS, C. N, E.; PETTA, R. A. Exploração de imagens de satélite de alta resolução visando o mapeamento do uso e ocupação do solo. In: Simpósio Brasileiro Sobre Sensoriamento Remoto - SBSR, Goiânia; 2005. **Anais...** INPE; 2005. p. 2709-2716.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **O Bioma Cerrado** 2021. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html> Acesso: 15 ago. 2021.

OCDEILIBRARY. **Agricultural Outlook 2015** Disponível em: < <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/ce0cb4bb-en/index.html?itemId=/content/component/ce0cb4bb-en>> Acesso em: 02 mai. 2021.

RIBEIRO, R. M. P. 2004. **Avaliação de métodos de classificação de imagens IKONOS II para o mapeamento da cobertura terrestre**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa. 53p

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7 ed., Uberlândia: EDUFU, 2009. 13 p

SILVA, M. K. A; BRITO, J. L. S; ROSA, R. **Mapeamento do uso do solo no município de Pedrinópolis – MG**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XII, 2005. **Anais...** Goiânia, Brasil. INPE; 2005. p. 285-291.

USGS. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Using the USGS Landsat 8**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-8> Acesso em: 10 abr. 2021.