

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CAMPUS DE AQUIDAUANA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ANDERSON ANTONIO MOLINA DA SILVA

**O USO DAS GEOTECNOLOGIAS PARA A ANÁLISE DA FRAGILIDADE  
AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE DOIS IRMÃOS DO BURITI – MS**

AQUIDAUANA/MS

2020

ANDERSON ANTONIO MOLINA DA SILVA

**O USO DAS GEOTECNOLOGIAS PARA A ANÁLISE DA FRAGILIDADE  
AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE DOIS IRMÃOS DO BURITI – MS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Geografia, como exigência do curso de Mestrado em Geografia do Campus de Aquidauana da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação do Profº. Dr.Vitor Matheus Bacani.

Orientador: Profº. Dr.Vitor Matheus Bacani.

AQUIDAUANA/MS

2020

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

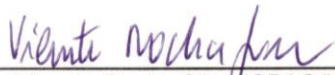
Candidato: **Anderson Antonio Molina da Silva**

Dissertação defendida e aprovada em 18 de março de 2020 pela Comissão  
Examinadora:



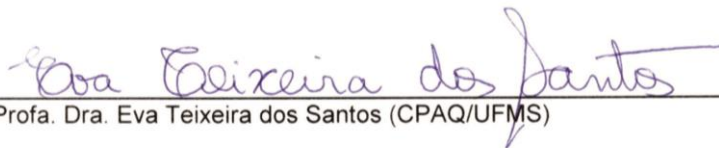
---

Prof. Dr. Vitor Matheus Bacani (Orientador)



---

Prof. Dr. Vicente Rocha Silva (CPAQ/UFMS)



---

Profa. Dra. Eva Teixeira dos Santos (CPAQ/UFMS)

---

## DEDICATÓRIA

*Ao Eterno Criador*

*A minha esposa Layane*

*Aos meus Pais Antonio (in memoriam) e Clenir*

## **AGRADECIMENTOS**

- Ao Deus eterno e criador de todas as coisas.
- Aos professores do curso de Pós Graduação em Geografia que me ajudaram a lançar novos olhares sobre o mundo, em especial aos professores:
  - Prof. Dr. Eva Teixeira dos Santos
  - Prof. Dr. Vicentina Socorro da Anunciação
  - Prof. Dr. Jaime Ferreira da Silva
  - Prof. Dr. Valter Guimarães
- Ao Prof. Dr. Vicente Rocha Silva, por sua contribuição e disponibilidade em participar da banca.
- Ao meu orientador, Prof. Dr. Vitor Matheus Bacani, pelo conhecimento, paciência, compreensão e por sua prontidão em me atender e orientar.
- A minha esposa Layane, por toda sua ajuda, pela compreensão dos momentos ausência, pelas todas as vezes que me ouviu e aconselhou, por todas as horas dedicadas e me dar suporte nessa jornada.

Aos meus pais, pelo por todo esforço dedicado à minha criação.

## EPÍGRAFE

*“A união entre espaço natural e ações cumulativas feitas por gerações e gerações de humanos é chamada de espaço total. Para entender suas relações e a influência da implantação de novos planos e projetos é necessária a utilização de todos os dispositivos de medição de impactos físicos, ecológicos e sociais disponíveis. Ao mesmo tempo devemos combater os modelos predatórios de comportamento. Há que moderarmos e, sobretudo, sermos criativos, a fim de obtermos lucros sem destruirmos o capital ecológico e ambiental”*

**AZIZ AB’SÁBER**

## RESUMO

Cada vez mais é importante o pensamento sobre a manutenção do equilíbrio entre o homem, o meio físico e as atividades no campo. Por isso, um dos principais desafios das geociências é o gerenciamento do uso e conservação do solo, não apenas como prática conservacionista, mas também como estratégia econômica podendo produzir mais sem causar danos ao meio ambiente. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar a fragilidade potencial e ambiental multitemporal do município de Dois Irmãos do Buriti – MS. Para tanto, foram adquiridos dados geográficos de diversas fontes a fim de montar um banco de dados em ambiente SIG para possibilitar o trabalho utilizando o *software* ArcGis/ArcMap® e Spring. Para a análise da fragilidade potencial e ambiental de Dois Irmãos do Buriti, foram utilizadas técnicas de álgebra de mapas, análise multicritério baseada na metodologia proposta por Ross (1994), levando em conta as variáveis, solo, declividade, pluviosidade, áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade e cobertura e uso da terra. Os resultados mostram que a fragilidade potencial do município de Dois Irmãos do Buriti constitui-se em sua maioria um nível de muito baixo a médio, totalizando 89,23% do território, possuindo uma declividade entre 0 e 6%. Foram mapeadas a fragilidade ambiental para os anos de 1998, 2008 e 2018, totalizando um período de 20 anos. A análise dos dados mostraram que embora o município tenha ficado com a maior parte das áreas entre as fragilidade muito baixa e médias, houve uma variação entre as classes, evidenciando o crescimento do cultivo de pastagens na região para a bovinocultura, porém, o município permaneceu com a fragilidade ambiental em sua maioria baixa e muito baixa durante o período analisado. O mapeamento e análise das erosões mostrou que a maior parte ocorre em locais com baixa fragilidade, evidenciando a falta de cuidados com o manejo e conservação dos recursos.

**Palavras chave:** Geoprocessamento, Fragilidade Ambiental, Dois Irmãos do Buriti

## **ABSTRACT**

It is becoming increasingly important the thought of maintaining the balance between man, environment and field activities, so one of the main challenges of geosciences is managing land use and conservation, not just as conservation practices, but as economic strategies too, thus production can be raised without harming the environment. Therefore, the objective of the study is to analyze the potential environmental and multitemporal fragility of the municipality of Dois Irmãos do Buriti - MS. Geographic data were acquired from various sources and assembled in a database in the SIG environment to enable work using ArcGis / ArcMap® and Spring software. For the analysis of the potential and environmental fragility of Dois Irmãos do Buriti, it was used map algebra techniques, multicriteria analysis applied to the methodology proposed by Ross (1994), considering variations, soil, slope, priority areas for biodiversity conservation and land use. The results show that the fragility potential of Dois Irmãos do Buriti is mostly very low to medium level. totaling 89.23% of the territory, with a slope between 0 and 6%. An environmental fragility of 3 years, 1998, 2008 and 2018 was mapped, totaling a period of 20 years. The data analysis showed that although the county had the it most areas between the very low and medium fragility level, there was a variation between classes, showing the growth of pasture cultivation in the region for cattle. however, the municipality remained with the environmental fragility mostly low and very low during the analyzed period. The mapping and analysis of erosions showed that most of them occur in places with low fragility, showing the lack of care with the management and conservation of resources.

**Keywords:** Geoprocessing, Environmental Fragility, Dois Irmãos do Buriti.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Subsistemas que compõem o sistema de informações derivadas de sensoriamento remoto.....                                                                                        | 20 |
| Figura 2 – Segmentação sobreposta à imagem.....                                                                                                                                          | 22 |
| Figura 3 - Estrutura interna de um SIG.....                                                                                                                                              | 24 |
| Figura 4 – Fluxograma com os procedimentos metodológicos adotados.....                                                                                                                   | 30 |
| Figura 5: Mapa de Localização do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                                                                                            | 32 |
| Figura 06 - Terras indígenas no município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                                                                                             | 34 |
| Figura 07 - Assentamentos Rurais do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                                                                                         | 36 |
| Figura 8 - Mapa de Solos do Município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                                                                                                 | 38 |
| Figura 9 – Mapa de Fragilidade do Solo do Município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                                                                                   | 42 |
| Figura 10 – Mapa de Altimetria do Município de Dois Irmãos do Buriti.....                                                                                                                | 44 |
| Figura 11 – Mapa da Declividade do Município de Dois Irmãos do Buriti – MS em porcentagem baseado em Ross (1994).....                                                                    | 45 |
| Figura 12 – Classes das Áreas Prioritárias para a conservação da Biodiversidade de Dois Irmãos do Buriti – MS. Não Prioritária (A), Alta Prioridade (B) e Muito Alta Prioridade (C)..... | 47 |
| Figura 13 – Mapa das Áreas Prioritárias para a Preservação da Biodiversidade do Município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                                             | 48 |
| Figura 14 – Mapa das APPs do Município de Dois Irmãos do Buriti- MS.....                                                                                                                 | 53 |
| Figura 15 – Pontos e distribuição espacial das Erosões de Solo do Município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                                                           | 56 |
| Figura 16: Mapa de Ocupação e Uso da terra do município de Dois Irmãos do Buriti – MS – 1998.....                                                                                        | 58 |
| Figura 17 – Uso da terra de Dois Irmãos do Buriti – MS – 2008.....                                                                                                                       | 60 |
| Figura 18 – Classe de Agricultura em Dois Irmãos do Buriti – A e B.....                                                                                                                  | 61 |
| Figura 19 – Classe de Pastagem no município de Dois Irmãos do Buriti – MS-162, próximo ao km2 (A) e Assentamento Piúva V (B).....                                                        | 62 |
| Figura 20 – Classe de Vegetação Ciliar no município de Dois Irmãos do Buriti – Sub-bacia do Córrego Angico (A) e Assentamento Santa Amélia (B).....                                      | 63 |
| Figura 21 – Classe de Cerrado no município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                                                                                            | 63 |
| Figura 22 - Classe de Silvicultura no município de Dois Irmãos do Buriti - MS.....                                                                                                       | 64 |
| Figura 23 – Gráfico com as áreas de uso da terra no município de Dois Irmãos do Buriti – MS, nos anos de 1998, 2008 e 2018 em %.....                                                     | 64 |
| Figura 24 – Mapa de Uso da Terra do município de Dois Irmãos do Buriti – MS – 2018.....                                                                                                  | 66 |
| Figura 25 – Gráfico da distribuição da declividade por área do município de Dois Irmãos do Buriti - MS, segundo os graus de fragilidade.....                                             | 67 |
| Figura 26 – Mapa das áreas das Classes de Declividade do município de Dois Irmãos do Buriti – MS em %.....                                                                               | 69 |
| Figura 27 – Precipitação média anual do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                                                                                     | 71 |

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 28 – Mapa de Fragilidade Potencial do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                                            | 73 |
| Figura 29 – Equivalência das Classes de Fragilidade Potencial e Áreas Prioritárias no município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                   | 75 |
| Figura 30 – Mapa de Fragilidade Ambiental do município de Dois Irmãos do Buriti – MS – 1998.....                                                     | 77 |
| Figura 31 – Gráfico da Fragilidade Ambiental do município de Dois irmãos do Buriti – MS, dos anos 1998 e 2008.....                                   | 78 |
| Figura 32 – Mapa de Fragilidade Ambiental do município de Dois Irmãos do Buriti – MS – 2008.....                                                     | 80 |
| Figura 33 – Mapa de Fragilidade Ambiental de Dois Irmãos do Buriti – MS – 2018.....                                                                  | 82 |
| Figura 34 – Gráfico de Fragilidade Ambiental do município de Dois Irmãos do Buriti – MS, dos anos de 1998, 2008 e 2018 e Comparação das Classes..... | 85 |
| Figura 35 – Distribuição dos Pontos de Erosão e Uso da Terra no município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                         | 86 |
| Figura 36 – Pontos de Erosão 5, 6, e, 7 do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                                              | 88 |
| Figura 37 – Trabalho de Campo, Erosão 5.....                                                                                                         | 89 |
| Figura 38 – Trabalho de Campo, Erosão 6 e 7.....                                                                                                     | 89 |
| Figura 39 – Relação da Fragilidade Potencial e erosão de solo do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                        | 90 |
| Figura 40 – Relação da Fragilidade Ambiental e erosão de solo do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....                                        | 91 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Agrupamento de Solos por Nível de Fragilidade.....                                                      | 43 |
| Tabela 2 – Divisão das classes de fragilidade da declividade.....                                                  | 43 |
| Tabela 3 – Áreas prioritárias para a conservação.....                                                              | 46 |
| Tabela 4 – Localização das estações pluviométricas.....                                                            | 49 |
| Tabela 5 – Escalas de Vulnerabilidade/fragilidade.....                                                             | 50 |
| Tabela 6 – Valores do índice Kappa.....                                                                            | 52 |
| Tabela 7 Uso da Terra no município de Dois Irmãos do Buriti em 1998 – quantificação e graus de fragilidade.....    | 59 |
| Tabela 8 – Uso da Terra no município de Dois Irmãos do Buriti em 2008 – quantificação e peso.....                  | 59 |
| Tabela 09 – Uso da Terra no município de Dois Irmãos do Buriti em 2018 – quantificação e peso.....                 | 65 |
| Tabela 10 – Quantificação das classes de declividade do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....               | 68 |
| Tabela 11 – Distribuição espacial das estações pluviométricas.....                                                 | 70 |
| Tabela 12 – Áreas correspondentes a Fragilidade Potencial do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.....          | 72 |
| Tabela 13 – Áreas correspondentes a Fragilidade Ambiental do município de Dois Irmãos do Buriti – MS, em 1998..... | 76 |
| Tabela 14 – Áreas correspondentes a Fragilidade Ambiental em 2008.....                                             | 79 |
| Tabela 15 – Áreas correspondentes a Fragilidade Ambiental em 2018.....                                             | 81 |
| Tabela 16 – Localização dos pontos de erosão de solo.....                                                          | 87 |
| Tabela 17 – Avaliação da precisão da classificação do uso da terra.....                                            | 92 |

## LISTA DE SIGLAS

ANA – Agencia Nacional de Águas

APP – Área de Proteção Permanente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DCP - duração do período chuvoso

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDW - *Inverse Distance Weighting*

IMASUL - Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IP - intensidade pluviométrica

LANDSAT - *Land Remote Sensing Satellite*

MDE – Modelo Digital de Elevação

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MS – Mato Grosso do Sul

PMA - Precipitação média anual

RGB – *Red, Green, Blue*

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SISLA - Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

USGS - *United States Geological Survey*

UTM - Universal Transversa de Mercator

VANT – Veículo Aéreo não tripulado

WGS - *World Geodetic System*

## SUMÁRIO

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b>                                                                     | 14 |
| <b>2. OBJETIVOS</b>                                                                      | 16 |
| 2.1 Objetivo Geral                                                                       | 16 |
| 2.2 Objetivos Específicos                                                                | 16 |
| <b>3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO</b>                                               | 17 |
| 3.1 Geotecnologias Aplicadas ao Planejamento e Gestão Ambiental                          | 17 |
| 3.2 Sensoriamento Remoto                                                                 | 19 |
| 3.2.1 Segmentação                                                                        | 21 |
| 3.3 Sistema de Informação Geográfica (SIG)                                               | 22 |
| 3.4 Análise de Fragilidade Ambiental na Escala Municipal                                 | 24 |
| <b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>                                                     | 29 |
| 4.1 Localização da área de estudo                                                        | 31 |
| 4.1.1 Terras Indígenas                                                                   | 33 |
| 4.1.2 Assentamentos Rurais                                                               | 35 |
| 4.2 Solos do Município de Dois Irmãos do Buriti – MS                                     | 37 |
| 4.3 Declividade do Município de Dois Irmãos do Buriti – Ms                               | 43 |
| 4.4 Áreas Proritárias para a Preservação da Biodiversidade de Dois Irmãos do Buriti – MS | 46 |
| 4.5 Pluviosidade do município de Dois Irmãos do Buriti – MS                              | 49 |
| 4.6 Uso da Terra no Município de Dois Irmãos do Buriti –MS                               | 50 |
| 4.6.1 Validação do Mapeamento do uso da terra                                            | 51 |
| 4.7 Mapeamento das APPs                                                                  | 52 |
| 4.8 Fragilidade Potencial                                                                | 54 |
| 4.9 Fragilidade Ambiental                                                                | 54 |
| 4.10 Erosão de Solo                                                                      | 55 |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>                                                          | 57 |
| 5.1 Mapeamento de Uso da Terra                                                           | 57 |
| 5.2 Relevo                                                                               | 67 |
| 5.3 Intensidade Pluviométrica                                                            | 70 |
| 5.4 Fragilidade Potencial                                                                | 72 |
| 5.5 Fragilidade Ambiental (Emergente)                                                    | 76 |
| 5.5.1 Análise da Fragilidade Ambiental e Erosão de Solo                                  | 85 |
| 5.6 Validação do Mapeamento de Uso da Terra e Cobertura Vegetal                          | 92 |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES</b>                                            | 93 |
| <b>REFERÊNCIAS</b>                                                                       | 96 |

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado da região Centro-Oeste brasileira passou por um processo de antropização acelerada durante as últimas quatro décadas (HOGAN et. al., 2002). A região vem se firmando nas últimas décadas, como economia baseada predominantemente na pecuária extensiva de corte, na pecuária extensiva de leite, na agricultura extensiva de alimentos básicos, e, mais recentemente, na produção de milho e soja. Nesse sentido, o conhecimento e mapeamento das dinâmicas ambientais são tarefas cada vez mais importantes para os gestores, pois monitorar tais dinâmicas e entender suas influências pode ajudar a elaborar políticas públicas e estratégias para o melhor aproveitamento e proteção dos recursos, ou seja, para que tenhamos um desenvolvimento sustentável.

Conforme Moysés e Silva (2008), o Cerrado está em uma posição estratégica no país, os autores citam algumas razões: por estar no centro do país, portanto perto dos grandes centros consumidores; por sua malha rodoviária que facilita o escoamento da produção; pelo desenvolvimento de cultivares adaptados ao solo e clima; por suas grandes extensões de planícies, propiciando assim o desenvolvimento da pecuária e da agricultura mecanizada. Sendo assim a região é uma grande produtora de *commodities* oriundos do agronegócio.

Com o advento da necessidade de estudar e quantificar a relação entre as atividades antrópicas e a questão ambiental, surgiram diversos modelos para a avaliação de fragilidade potencial e ambiental, tais modelos permitem quantificar os graus de fragilidade dos ambientes e por sua vez avaliar os produtos gerados com o intuito de subsidiar o poder público na tomada de decisões e no planejamento territorial, visando a adequação do uso e ocupação do solo e a minimização dos impactos ambientais (MANFRÉ et. al., 2013).

Segundo Chagas (2011), mais de 80% do solo do município de Dois Irmãos do Buriti – MS é utilizado com pastagens e com agricultura, apenas 20% apresenta certo grau de preservação.

Desse modo, embora existam vários estudos sobre a temática da fragilidade ambiental no país, bem como no estado de Mato Grosso do Sul, tal estudo se justifica, pois o município de Dois Irmãos do Buriti – MS não possui esse tipo de mapeamento

em nível municipal e de caráter multitemporal. Tendo em vista que o município possui diversas riquezas paisagísticas, como uma infinidade de cursos d'água, com destaque para os dois braços do Rio Dois Irmãos e o Rio Aquidauana nas proximidades do distrito de Palmeiras, e diversas limitações ambientais pelo seu uso diverso por assentamentos, aldeias e uso agrícola.

Desde a década de 1970, imagens obtidas por meio de sensores remotos orbitais vêm sendo usadas para análise e mapeamento da cobertura da superfície terrestre. Com o lançamento do satélite Landsat em 1972 e reforçado com o lançamento do satélite Spot em 1986, o sensoriamento remoto passou a ser uma ferramenta importante no que tange a análise ambiental, tanto na escala local, regional e global (COUTINHO, 1997). Diversos estudos são realizados para aproveitar todo o potencial das técnicas de processamento digital em ambiente SIG para planejar, monitorar e mapear áreas urbanas e rurais.

De acordo com Câmara; Monteiro; Medeiro (2004) no estudo de modificações no espaço geográfico, o sensoriamento remoto tem sido de grande auxílio. Os processos que ocorrem no espaço geográfico podem ser tratados e interpretados com o uso de técnicas matemáticas e computacionais, denominadas em seu conjunto como geoprocessamento.

Segundo Paranhos Filho et al. (2016) com o avanço do poder de processamento de dados dos computadores e com o advento de softwares livres e gratuitos, nota-se uma redução de custos na análise de imagens de satélite, imagens que, por sua vez, tiveram uma queda de custo e no caso de imagens Landsat o custo é zero. Deste modo, o uso das geotecnologias no mapeamento e análise da fragilidade potencial e fragilidade ambiental no município de Dois Irmãos do Buriti, vai possibilitar um estudo de caso com economia de tempo e a análise de uma grande área de interesse de forma multitemporal, bem como relacionar os resultados com a ocorrência de processos erosivos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Caracterizar a fragilidade potencial e avaliar os efeitos da intensificação do uso da terra na fragilidade ambiental do município de Dois Irmãos do Buriti – MS por meio de técnicas de álgebras de mapas em ambientes SIG.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar os diferentes níveis de fragilidade potencial;
- Analisar as mudanças no uso e cobertura da terra;
- Mapear a ocorrência de processos erosivos;
- Compreender a relação da distribuição espacial dos processos erosivos com as fragilidades potencial e ambiental.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

#### 3.1 GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL

Rosa (2005) define o geoprocessamento ou geotecnologias como um conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. Tecnologias essas que são compostas por um conjunto de soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos consistem em poderosas ferramentas para tomada de decisões. Bacani e Luchiari (2014) destacam que se trata de um termo muito empregado na Geografia e abrangente por envolver diversas áreas do conhecimento, como: sensoriamento remoto, cartografia digital, sistemas de informação geográfica, sistemas de posicionamento global via satélite, topografia, entre outras.

Outra importante definição de geoprocessamento é a de Rocha (2002), onde é descrito como uma tecnologia transdisciplinar que, integra várias disciplinas através do processamento de dados geográficos e a axiomática da localização. Equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para a coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados. Rocha (2002) afirma que não existe consenso na definição deste termo e vários conceitos são encontrados na bibliografia especializada.

O geoprocessamento está sendo amplamente difundido, graças ao desenvolvimento e aprimoramento dos softwares, tornando possível a apresentação de produtos confiáveis que podem ser utilizados em várias áreas do conhecimento. Pode ser destacado o monitoramento de fenômenos naturais ambientais (erosão de solo, inundações, deslizamentos, entre outros) e antrópicos (queimadas, desmatamentos, etc.) proporcionando a identificação destes fenômenos (OLIVEIRA, 2009).

Conforme explica Couto (2007) as geotecnologias formam uma base adequada para o gerenciamento dos recursos naturais e para a análise do meio ambiente, tudo isso subsidiado pelo avanço em relação as técnicas convencionais de gerenciamento

e controle ambiental, principalmente no que se refere à integração de dados, e na sua capacidade de conjugar diversas tecnologias.

Neste sentido, Couto (2007) complementa que os Sistemas de Informações Geográficas são capazes de sobrepor diferentes tipos de mapas como, por exemplo, hidrografia, pedologia, pluviosidade, cobertura vegetal, geologia, entre outros, tais mapas são denominados como camadas, assim, pode-se obter um mapa síntese com a combinação de todos eles, sendo usados posteriormente para avaliação de riscos, pois as informações podem ser correlacionadas, proporcionando assim a mensuração das áreas de maior ou menor fragilidade ambiental, proporcionando a identificação das áreas de risco.

As Geotecnologias evoluíram rapidamente nas últimas décadas graças ao avanço técnico-científico-informacional, assim se tornou possível analisar o espaço geográfico de uma maneira mais rápida e mais eficiente. Nesse sentido Florenzano (2005) destaca o aumento das aplicações das geotecnologias em diferentes campos do conhecimento, pois as imagens obtidas através do sensoriamento remoto proporcionam uma visão multitemporal de áreas extensas. Os estudos regionais e integrados do ambiente e da paisagem são possibilitados por essa visão sinóptica, tais informações mostram as transformações dos ambientes, destacam os impactos causados por fenômenos naturais como as inundações e a erosão do solo (agravados pela intervenção do homem) e antrópicos, como os desmatamentos, as queimadas, a expansão urbana, ou outras alterações do uso e da ocupação da terra (FLORENZANO, 2002).

A Gestão Ambiental, de acordo com Barbieri (2004), são os procedimentos e atividades administrativas e operacionais realizadas com o objetivo de obter efeitos positivos sobre o meio ambiente, mitigando os efeitos causados pelas ações humanas, ou evitando que elas surjam. Diante disso, qualquer iniciativa de gestão ambiental envolve três dimensões: a espacial, que se refere a área ou região alvo da iniciativa; a dimensão temática, referente as questões ambientais às quais as ações se destinam; e a dimensão institucional, que se refere aos agentes que tornam as iniciativas de gestão ambiental.

### 3.2 SENSORIAMENTO REMOTO

Segundo Paranhos Filho et al. (2016) Sensoriamento Remoto é a obtenção de dados ou informações de um objeto que está distante do sensor de amostragem. Essas imagens e dados são obtidas por meio de captação do registro de energia refletida pela superfície do objeto. Com as imagens obtidas com o conjunto de sensores embarcados em um satélite ou VANT (veículo aéreo não tripulado), podemos obter os dados e estudar as interações que ocorrem na superfície da Terra. Novo (2008) afirma que a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações podemos estudar fenômenos da superfície do planeta.

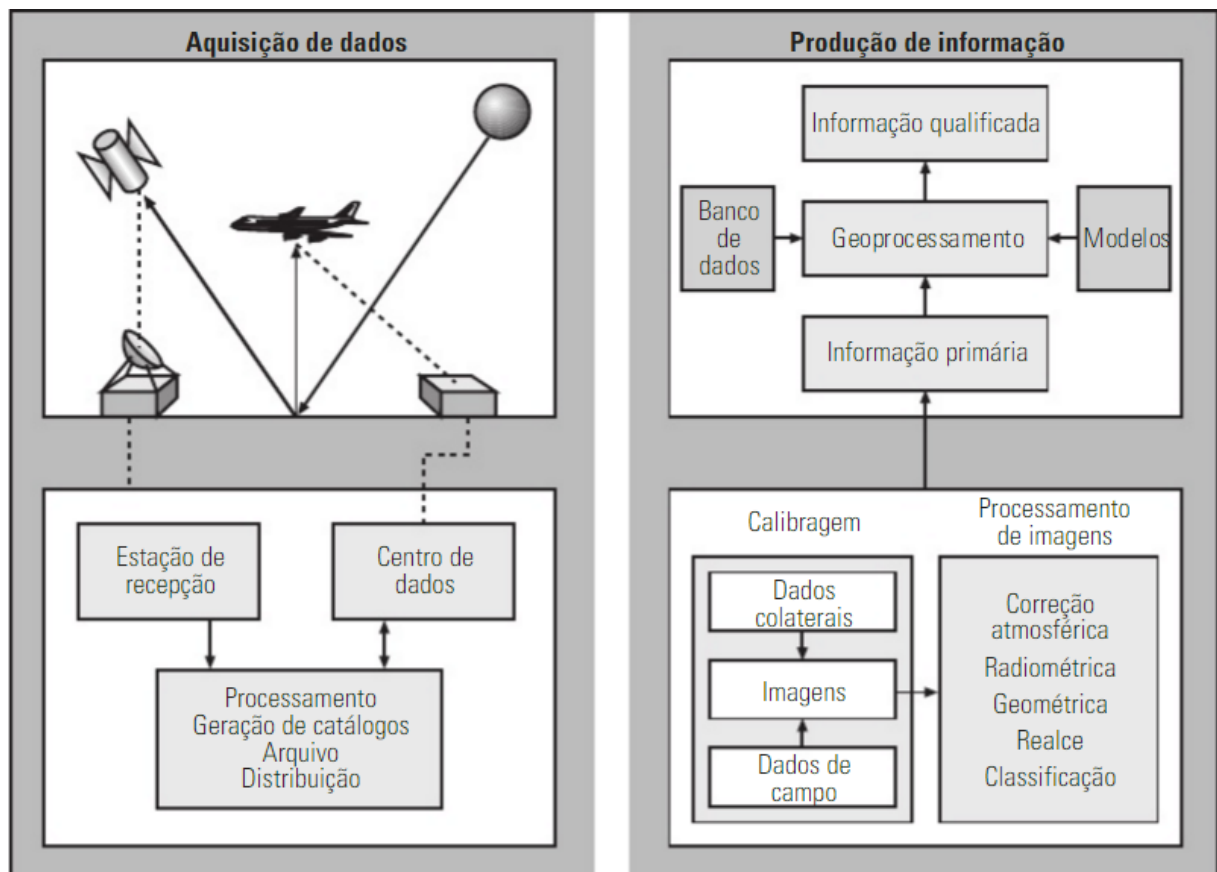
De acordo Tostô et al. (2014) seriam considerados sensores remotos os sensores que operam com energia acústica (sonares, sismógrafos, sismômetros, etc.), com energia gravitacional (gravímetros) e com energia eletromagnética (radiômetros). Porém, o uso do termo ficou restrito aos equipamentos que operam apenas pela detecção da energia eletromagnética ou radiação eletromagnética.

Moraes (2002) ressalta as interações entre a quantidade de energia eletromagnética refletida pelos objetos em terra. Tais interações são determinadas pelas propriedades físico-químicas e biológicas dos objetos e podem ser identificadas nas imagens e nos dados e sensores remotos, sendo assim, a energia eletromagnética refletida e emitida pelos objetos terrestres é a base de dados para todo processo de sua identificação, pois ela permite quantificar a energia espectral refletida e analisar suas principais características. Por conseguinte os sensores remotos são indispensáveis para a realização de inventários, de mapeamento e de monitoramento de recursos naturais.

De acordo com Novo (2008), o sensoriamento remoto como sistema de aquisição de informações pode ser dividido em dois grandes subsistemas: subsistema de aquisição de dados de sensoriamento remoto e subsistema de produção de informações (Figura 1):

O Subsistema de Aquisição de Dados de Sensoriamento Remoto é formado pelos seguintes componentes: Fonte de Radiação, Plataforma (Satélite, Aeronave), Sensor, Centro de Dados (Estação de Recepção e Processamento de Dados de Satélite e Aeronave). O Subsistema de Produção de Informações é composto por: Sistema de Aquisição de Informações de Solo para Calibragem dos Dados de Sensoriamento Remoto; Sistema de Processamento de Imagens, Sistema de Geoprocessamento (NOVO, 2008, p. 33).

**Figura 1:** Subsistemas que compõem o sistema de informações derivadas de sensoriamento remoto.



Fonte: Novo (2008).

### 3.2.1. SEGMENTAÇÃO

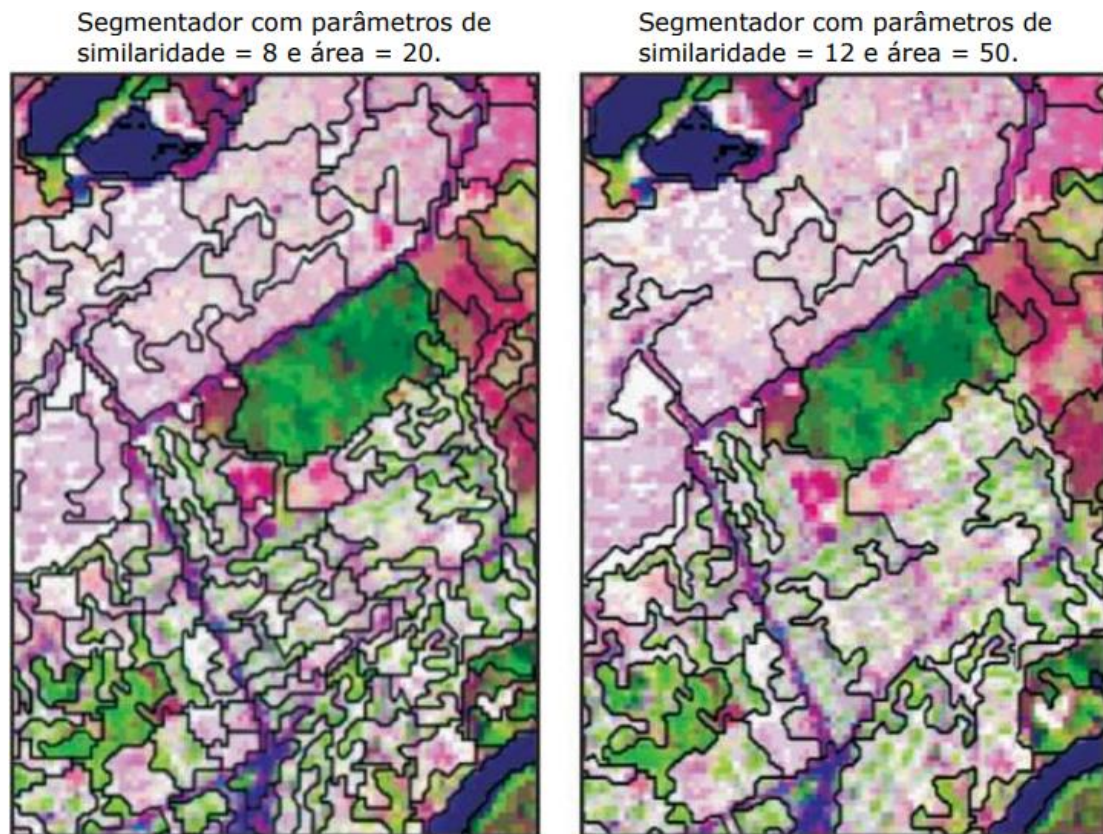
Conforme explica Paranhos Filho et al. (2016), a segmentação é um sistema que gera uma série de polígonos, capaz de separar os objetos baseado em um algoritmo de similaridade, resultando numa imagem com divisões homogêneas, esse critério tem padrões de comparabilidade, suavidade e resposta espectral pré-definidos pelo usuário, além de escala de segmentação. A partir disso, é possível criar um sistema de hierarquia de objeto em conjunto com um sistema também hierárquico, mas de classes.

De acordo com Moreira (2005), a segmentação constitui-se como processo de formação dos objetos em uma imagem, e é a primeira etapa da classificação, a qual consiste em dividir ou mesmo segmentar a imagem em regiões homogêneas com o intuito de eliminar problemas de subjetividade em classificações supervisionadas. Esse processo pode ser elaborado em diversos softwares, entre os mais difundidos está o eCognition (DEFINIENS, 2001), e consiste em associação de formas com características semelhantes, como textura, forma e áreas com parâmetros espectrais.

O nível de detalhe em que a subdivisão é realizada depende da demanda do estudo a ser realizado, em outras palavras, a segmentação obteve êxito quando os objetos ou as regiões de interesse forem detectadas. É importante atentar para a precisão na aplicação da técnica de segmentação, pois a precisão pode determinar o sucesso ou fracasso final dos procedimentos em análise. Por esse motivo, é de extrema importância o cuidado para aumentar a probabilidade de se obter uma segmentação precisa (GONZALEZ e WOODS, 2010).

É possível observar na ilustração elaborada por Correia et al. (2007) a diferença da segmentação com parâmetros diferentes (Figura 2):

**Figura 2 – Segmentação sobreposta à imagem**



**Fonte:** Correia et al. (2007).

### 3.3 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Conforme afirma Fuenzalida et al. (2015) os SIGs sintetizam uma longa evolução do pensamento teórico-metodológico da Geografia como ciência. Os métodos de análise numérica e cartográfica, que durante séculos foram realizados de forma análoga, desde meados do século XX que entraram no formato digital em computadores para tratamento e análise.

Para Rosa (2005), SIG ou GIS (do inglês *Geographic Information System*) é:

Um conjunto de ferramentas computacionais composto de equipamentos e programas que, por meio de técnicas, integra dados, pessoas e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a oferta de informação georeferenciada produzida por meio de aplicações disponíveis, que visam maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisão relativas ao espaço geográfico (ROSA, 2005, p.81).

O ambiente SIG é o ideal para integrar dados, informações e cartas de naturezas e escalas diferentes, Por exemplo, dados climáticos e cartas topográficas ou de solos podem ser analisadas em conjunto, levando toda informação para uma base comum, o que permite a sua integração e uso (PARANHOS FILHO et al., 2016).

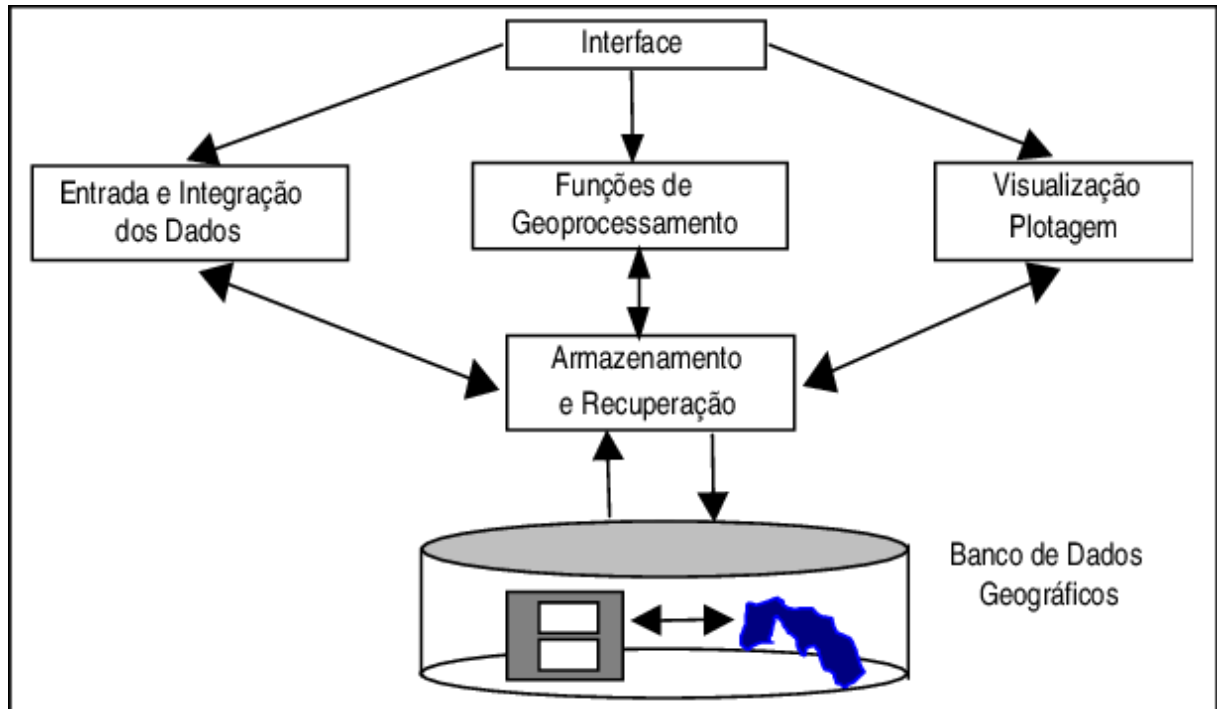
Assim, de acordo com Paranhos Filho et al. (2016) o geoprocessamento permite que se calcule o valor da erosão laminar dos solos em uma determinada área. Ou ainda, integrando-se dados socioeconômicos e distribuição da população, podemos analisar a inclusão e exclusão social.

De acordo com Rosa (2013) o objetivo geral do SIG, é, contudo, servir de instrumento eficiente para diversas áreas do conhecimento que fazem uso de mapas, possibilitando: (I) integrar em uma única base de dados informações representando vários aspectos do estudo de uma região; (II) permitir a entrada de dados de diversas formas; (III) combinar dados de diferentes fontes, gerando novos tipos de informações; (IV) gerar relatórios e documentos gráficos, entre outros. É possível também em ambiente SIG fazer modelagens ambientais, aplicar técnicas de álgebra de mapas, analisar uma enorme quantidade de dados e manter e disponibilizar os mesmos em um único banco de dados.

Bacani (2010) adverte que embora tenham surgido produtos com avanços tecnológicos no mercado, a custos baixos, apresentando fácil manuseio e segurança para o usuário, é válido ressaltar que a utilização dos SIGs não garante a certeza e a segurança do produto final. Nesse caso, é importante que se tenha um rigoroso controle de qualidade do banco de dados, que armazenem uma base de informações alfanuméricas, raster e/ou vetoriais.

De modo geral, podemos sintetizar quem um SIG tem os seguintes componentes, conforme ilustrado abaixo (Figura 3):

**Figura 3** - Estrutura interna de um SIG



Fonte: CÂMARA; MONTEIRO; MEDEIRO (2004).

### 3.4 ANÁLISE DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NA ESCALA MUNICIPAL

O geógrafo Milton Santos em seu livro “A natureza do espaço” diz que o espaço é um conjunto indissociável de sistemas objetos e sistemas ações, (SANTOS, 2004) deste modo, ao viver produzimos o espaço geográfico, espaço esse que é dinâmico. Não produzimos só o espaço urbano, mas também interferimos no campo para a nossa subsistência.

Cada vez mais o ser humano intervém no meio natural, o desenvolvimento técnico-científico-informacional propiciou uma intervenção mais acelerada nos últimos anos, Ross (1994) destaca que, a princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que a sociedade humana passou a intervir cada vez mais intensamente na exploração de recursos naturais.

Para entendermos o conceito de Fragilidade ambiental, podemos recorrer a Teoria dos Sistemas. Conforme explica Vitte e Santos (1999) um sistema se define como um complexo de elementos em interação, interação essa de natureza ordenada.

Desse modo, de acordo com a dinâmica dos sistemas ambientais, é possível mapear e quantificar suas fragilidades potenciais e ambientais.

Podemos conceituar dois tipos de fragilidade ambiental diferentes, de acordo com Kawakubo et al. (2005) existe a fragilidade chamada potencial – caracterizada pela fragilidade natural que uma determinada área está submetida, ou seja, a partir do tipo de solo, declividade do relevo, erosividade, erodibilidade, entre outros, onde o local poderá ou não apresentar um equilíbrio natural e a fragilidade emergente (ou ambiental) que, além de considerar os elementos naturais observáveis na fragilidade potencial, acrescenta o fator humano, que se caracteriza pelo uso da terra.

Para estudar a relação entre a sociedade e natureza, podemos utilizar as propostas de Ross (1994; 2012), onde preconizou-se uma metodologia empírica da fragilidade ambiental. Metodologia esta que foi desenvolvida tanto para analisar ambientes naturais quanto ambientes sob a ação antrópica.

As avaliações são realizadas integrando em ambiente SIG os setores do estrato geográfico (solos, relevo, rochas, clima, flora, fauna, entre outros) que dão suporte à vida animal e humana. O objetivo da metodologia é avaliar o conjunto de fatores ambientais e a intervenção humana, para isso, é necessário o conhecimento das potencialidades dos recursos naturais, que se relacionam com as condições gerais do solo, relevo, clima e regime hídrico (SOARES, 2008).

A metodologia desenvolvida por Ross (1994) conseguiu sanar uma questão levantada por Tricart (1977):

Do ponto de vista quantitativo, apoiamo-nos no balanço pedogênese/morfogênese. Desde que a instabilidade é fraca, a pedogênese ganha vantagem com toda uma série de termos de transição para os meios estáveis. Como em mecânica do solo, a distinção entre meios estáveis e meios intergrades só poderia ser convencional, porém isto exigiria critérios numéricos que ainda estão por definir. Ainda não se pode saber se isto será possível. Aqui, também, a transição é contínua e os problemas aparecem. (TRICART, 1977, p. 48)

Podemos encontrar diversos estudos utilizando as metodologias de fragilidade ambiental, subsidiando o planejamento territorial e auxiliando o poder público na tomada de decisões. Ao comparar os modelos de Ross (1994) e Crepani et al. (2001) utilizados nas bacias hidrográficas do rio Jaguari-Mirim e dos ribeirões Quartel e Prata, Spörl (2001), por meio de comparação de mapeamentos distintos, utilizando as

operações propostas nos dois modelos, concluiu que o modelo de Ross (1994) seria mais bem sucedido, pois o modelo de Crepani et al. (2001), por considerar a média aritmética dos graus de fragilidade entre as variáveis, pode apresentar resultados de fragilidade atenuados quando comparados ao modelo de Ross (1994), pois esse último, realiza um agrupamento das variáveis. Spörl (2001) explica que pela metodologia de Crepani et al. (2001) uma localidade com rochas resistentes associadas ao relevo dissecado e solo com alta vulnerabilidade à erosão pode apresentar, pela média de variáveis, resultados de graus de fragilidade semelhantes a uma área de rochas frágeis em relevo plano. Porém, a possibilidade da utilização dos dois modelos não foi excluída, ambas podem ser utilizadas para fins de planejamento e gestão territorial.

Diversos estudos têm sido desenvolvidos no que se refere ao tema fragilidade ambiental em nível municipal. Santos et al. (2010) analisaram a fragilidade ambiental do município de Tamboara – PR. Por meio da metodologia de Ross (1994) foram geradas as cartas de fragilidade potencial e fragilidade emergente para o estudo da área. Foi constatado no vale do Ribeirão Suruquá, a fragilidade potencial mais alta no município, em contrapartida a fragilidade emergente foi amenizada de certo modo, pois o solo é ocupado por pastagem em sua maior parte. Observou-se também, que a região do ribeirão Anhamuí, onde identificou-se baixo grau de fragilidade potencial, composta por Argissolos, constatou-se uma fragilidade emergente maior, pois o uso do solo é basicamente de cana de açúcar.

Trevisan e Moschini (2016) determinaram as áreas de fragilidade ambiental do município de São Carlos, localizado na região central do estado de São Paulo (ICG, 2015) utilizando técnicas de geoprocessamento e a metodologia qualitativa, com procedimento empírico, desenvolvida por Ross (1994). Como resultado, foi obtido o mapa de fragilidade ambiental, onde foi observado que o forte processo de antropização gerou problemas conservacionistas, causando uma influência direta no grau de fragilidade ambiental. Cerca de 89% da área de estudo foi associada a um grau de fragilidade ambiental média a muito alta, destacando nesses locais Neossolos Quartzarênicos e Nitossolos Vermelhos, somada a declividades que ultrapassam os 30%. Determinou-se cerca de 10,61% da área com um grau de fragilidade baixa e muito baixa, essas regiões apresentam vegetação nativa, incluindo Áreas de

Preservação Permanente, possuírem declividades que não ultrapassam 20% e serem formadas por Latossolo Vermelho.

Em sua dissertação de mestrado, Bueno (2015) pode avaliar e representar cartograficamente as áreas suscetíveis à degradação, conforme os graus de suscetibilidade as classes atribuídas por meio de informações naturais (geologia, relevo, solos) e antrópicas (uso e ocupação do solo) do Município de Guaíra-PR. Com a carta de fragilidade emergente em mãos, foi possível reconhecer que 70% do município foi classificado com o nível de fragilidade médio, tal índice se deve ao nível de fragilidade potencial somado com o uso do solo do município, que em sua maior parte é composta por culturas temporárias.

Terra et al. (2016) utilizando técnicas de álgebras de mapas em ambiente SIG, caracterizou a fragilidade ambiental do município de Santiago - RS. Para a determinação das classes hierárquicas e atribuições de pesos as mesmas, foi utilizada a metodologia proposta por Ross (1994), onde foi sistematizado os atributos de peso às fragilidades representadas por códigos específicos: (1) muito fraca, (2) fraca, (3) média, (4) forte e (5) muito forte. A maior classe do município de Santiago – RS foi classificada com a fragilidade média, 815,6 km<sup>2</sup>, aproximadamente 34% do território. A segunda maior classe foi a de fragilidade muito alta, com 29,3%, esta última classe está ligada com a presença de solo exposto, agricultura e áreas urbanas. Com isso os autores ressaltaram a necessidade de um cuidado especial com as áreas e a importância dos planos urbanos de uso e ocupação do solo.

Pires, Mendonça e Bacani (2015) realizaram uma análise da fragilidade ambiental do município de Aquidauana – MS, com o uso das geotecnologias. Como o município tem uma grande influência da presença do bioma Pantanal, que abriga uma grande biodiversidade, foi adicionada nesse trabalho uma nova variável: as áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, além das variáveis geomorfológicas, pedológicas e de cobertura do solo da metodologia proposta por Ross (1994). Após a elaboração do mapa de fragilidade potencial foi possível acrescentar no cálculo de álgebra de mapas a variável de uso e cobertura da terra, chegando assim ao mapa de fragilidade ambiental. A fragilidade muito baixa foi a menor porcentagem encontrada no município, com 0,34%. 4,15% do município foi classificado com a fragilidade baixa, são regiões com pastagens e vegetação arbórea, com baixas até altas declividades. A maior classe foi atribuída a fragilidade média,

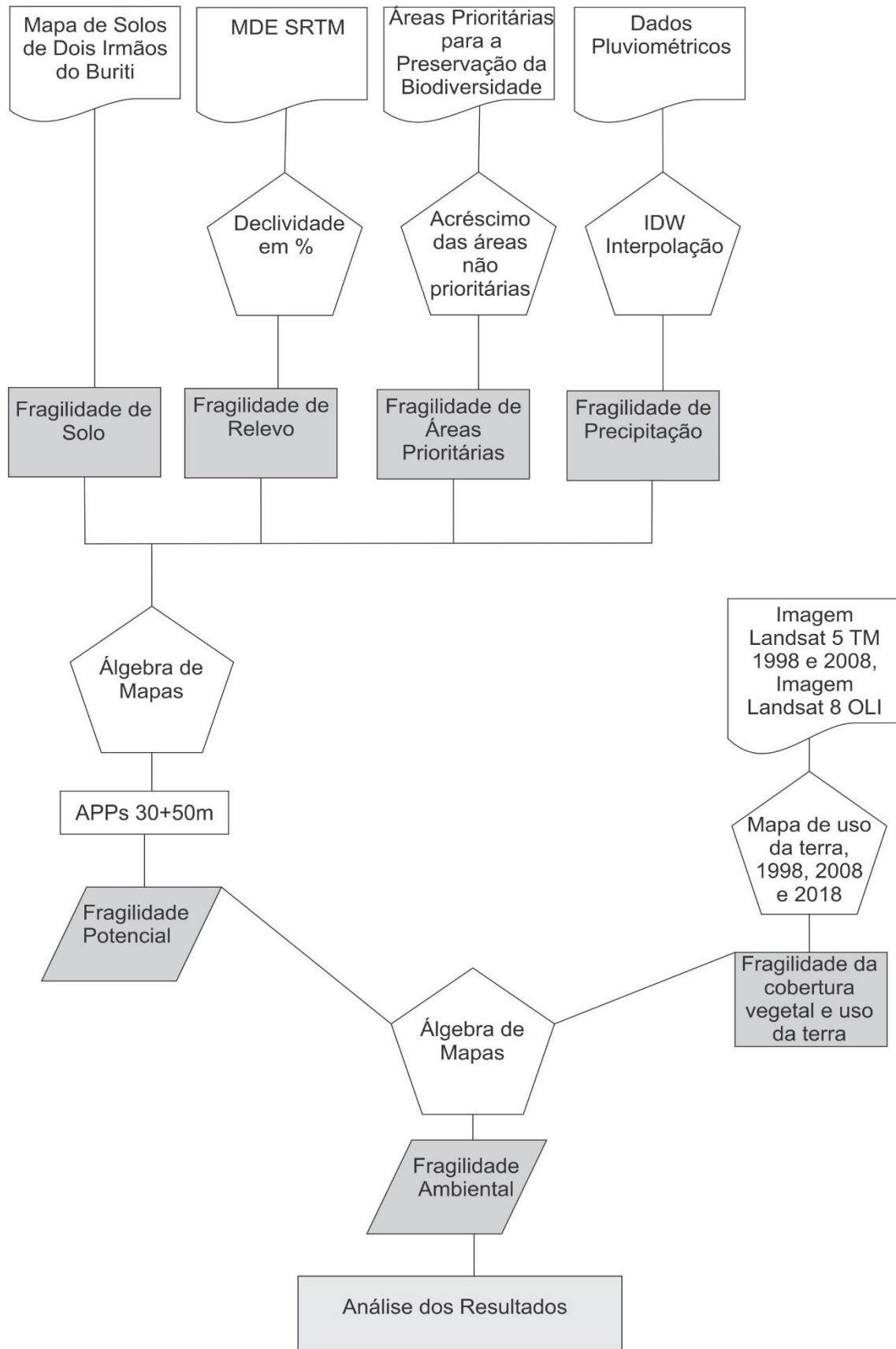
com 46,88% do município, são ocupadas com áreas de pastagens e vegetação arbórea, relacionadas principalmente a Planossolos. A alta fragilidade teve a terceira maior distribuição, com 23,65% e a muito alta, segunda maior, com 24,94%.

Leite e Rodrigues (2018) mapearam a fragilidade ambiental do município de Anastácio – MS, por meio das metodologias desenvolvidas por Ross (1994), Crepani et. al., (2001) e Carvalho (2008). Depois de realizar a álgebra de mapas unindo as variáveis de solo, geologia, declividade e cobertura vegetal; foi gerada a carta de fragilidade ambiental, onde foram classificados como muito baixa 1,37 da área do município, como baixa 27,4%, média 67,27%, alta 3,96% e muito alta 0%. Tal trabalho mostrou que o município está inserido em uma zona de fragilidade natural elevada, com alta capacidade erosiva provocada pela chuva, declividade acentuada, devido a presença da Serra de Maracaju e solos Neossolos que tem uma alta susceptibilidade à erosão, tais variáveis somadas ao uso antrópico, tornam o município de Anastácio – MS susceptível a degradação ambiental. Sendo assim os autores indicaram maior atenção em relação às áreas de preservação permanente.

#### **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Para realizar a análise da fragilidade potencial e ambiental em ambiente SIG do município de Dois Irmãos do Buriti - MS foi realizada inicialmente uma revisão bibliográfica sobre a metodologia proposta por Ross (1994 e 2012), bem como o estudo e emprego de técnicas de geoprocessamento para se obter os mapas e realizar a interpolação e análise dos dados. Para melhor ilustrar os caminhos percorridos para chegar aos resultados, o fluxograma da Figura 4 facilita a visualização e o entendimento da metodologia utilizada.

**Figura 4** – Fluxograma com os procedimentos metodológicos adotados.



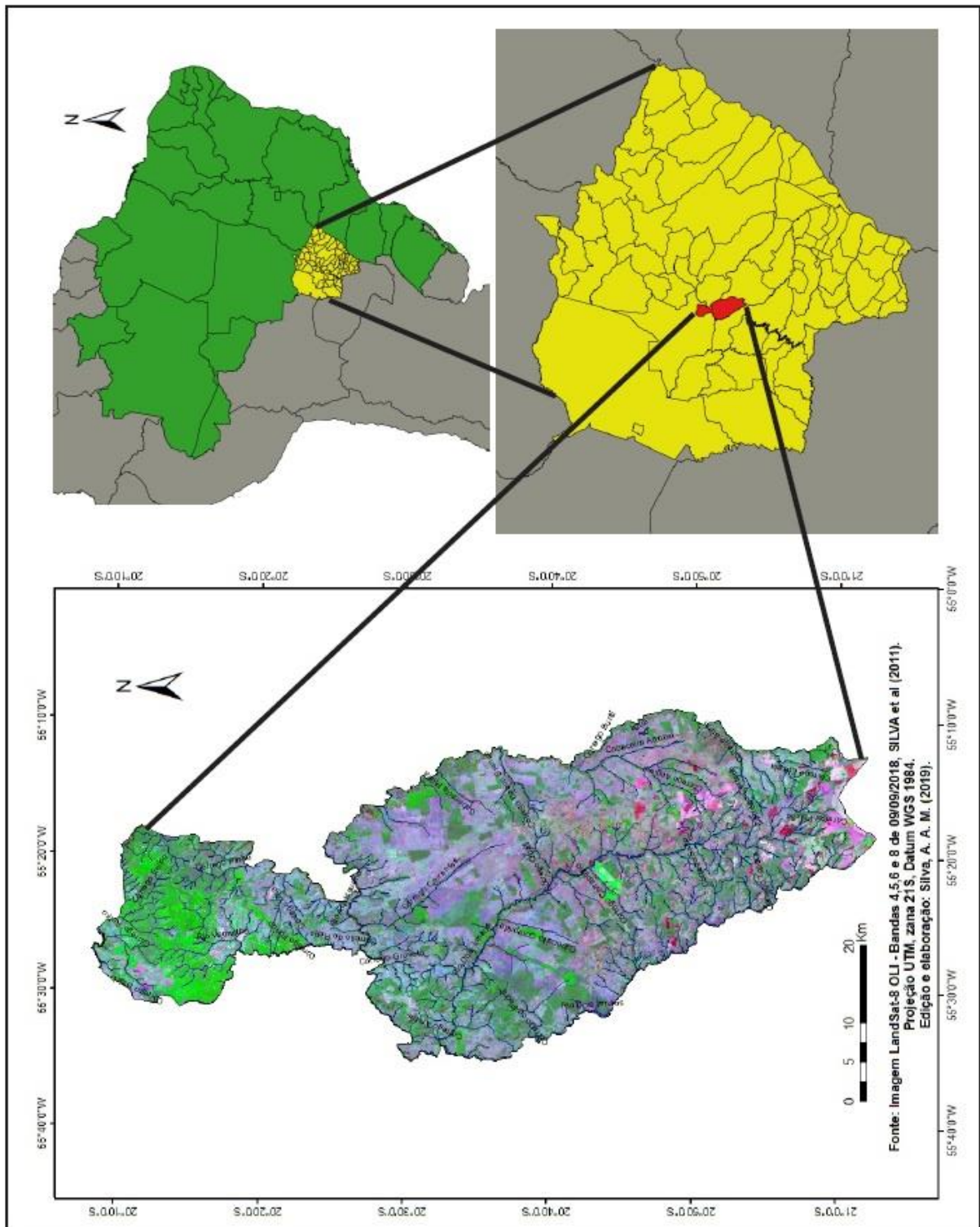
#### **4.1 Localização da área de estudo**

O município de Dois Irmãos do Buriti tem uma área de aproximadamente 2.345 km<sup>2</sup>. Está localizado na região geográfica intermediária de Campo Grande no Estado de Mato Grosso do Sul (IBGE, 2017), no retângulo envolvente das Latitudes 20°8'23.59"S/ 21°2'35.14"S e longitudes 55°35'12.43"O/ 55°09'7.21"O (Figura 5). Faz divisa com os municípios de Aquidauana ao norte, ao sul com o município de Sidrolândia, e leste com o município de Terenos e com o município de Anastácio a oeste. O município pertence à bacia hidrográfica do Rio Miranda.

O Município de Dois Irmãos do Buriti, em Mato Grosso do Sul, foi criado inicialmente como um distrito em 1976, era subordinado ao município de Anastácio. Foi elevado à categoria de município em 1987 pelo então governador do estado Marcelo Miranda Soares. Dois Irmãos do Buriti, possui um distrito denominado Palmeiras, pertencente à comarca de Aquidauana (IBGE, 2017).

Segundo os dados do Censo demográfico (IBGE, 2010), o município possuía uma população, no último censo, de 10.363 habitantes, já a estimativa para o ano de 2019 é de um total de 11.385 habitantes, um aumento de 9.86% em 9 anos, com uma densidade demográfica de 4,42 hab/km<sup>2</sup>. As atividades econômicas estão ligadas ao agronegócio e concentradas na pecuária (IBGE, 2010).

**Figura 5:** Mapa de Localização do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.

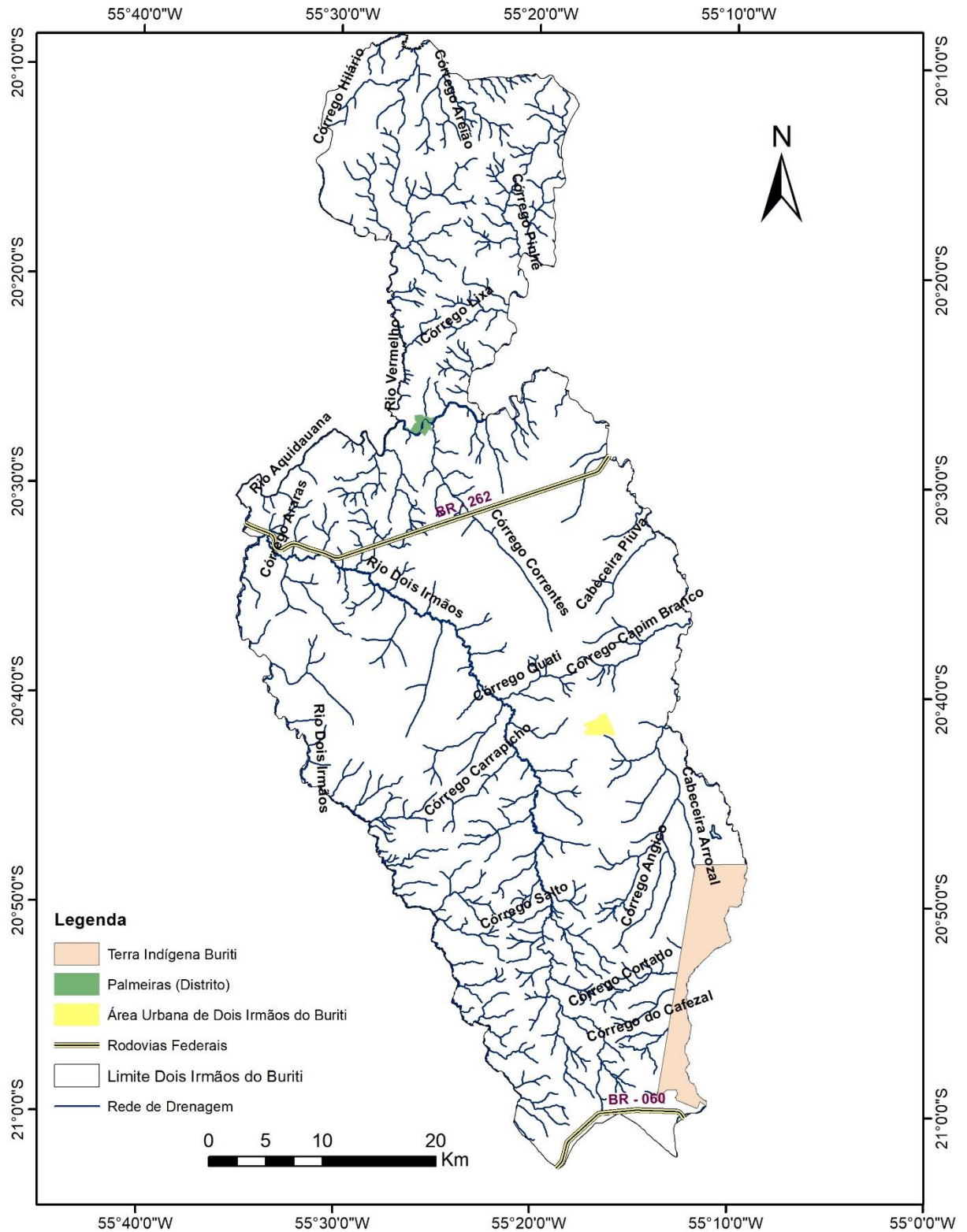


#### **4.1.1 Terras Indígenas**

O município de Dois Irmãos do Buriti – MS, possui uma área de terra indígena demarcada pela FUNAI (Figura 06), a terra demarcada se localiza a sudoeste do município e possui sete aldeias dividindo o mesmo território, são elas Água Azul, Barreirinho, Buriti, Nova Buriti, Olho D'Água, Oliveira e Recanto. Todas as aldeias são da etnia Terena, segunda maior etnia de Mato Grosso do Sul (OLIVEIRA, 2011).

Em seu trabalho de conclusão de curso, Fonseca (2017), destaca os principais processos de ocupação dos Terenas na Terra Indígena Buriti, o primeiro destaque é o conflito armado da Tríplice Aliança contra o Paraguai de 1864 a 1870, que causou o primeiro processo de territorialização dos Terenas no local. No período da Guerra os indígenas que ocupavam o Mato Grosso do Sul, antigo Mato Grosso, foram dispersados pelas tropas paraguaias, sendo uma das principais rotas de fuga a Serra de Maracaju. Outro destaque é para as políticas oficiais de aldeamento do Serviço de Proteção ao Índio – SPI, entre os anos de 1920 e 1930. Por fim, Fonseca (2017) aponta o processo é a atual de busca por ampliação dos limites do território.

**Figura 06** - Terras indígenas no município de Dois Irmãos do Buriti – MS.



Fonte: FUNAI, 2019. Projeção UTM, zona 21S, Datum WGS 1984.  
Edição e elaboração: Silva, A. A. M. (2019).

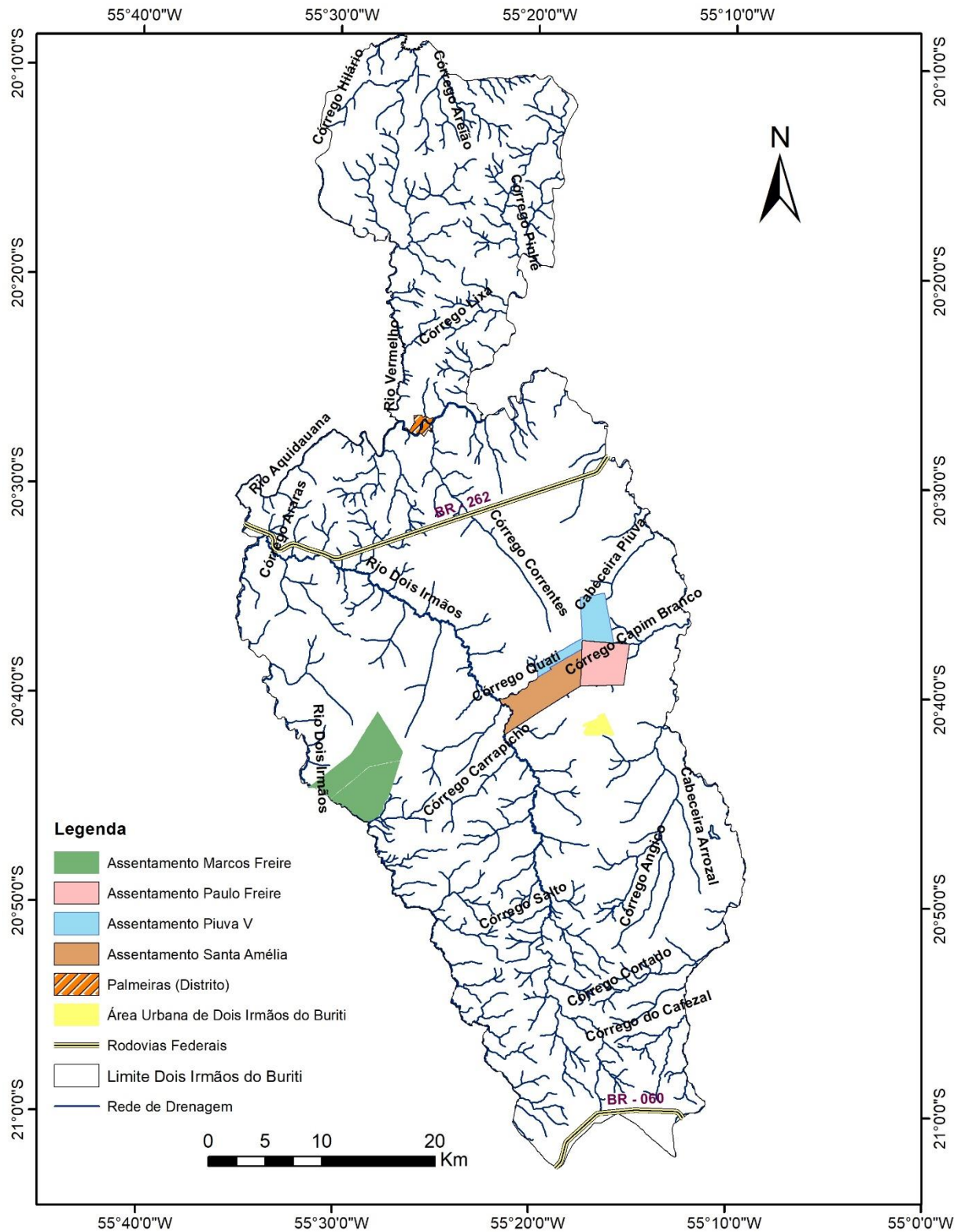
#### **4.1.2 Assentamentos Rurais**

A movimento de reforma agrária pode ser entendido como um movimento que visa proporcionar a redistribuição das propriedades rurais, em outras palavras, objetiva a partilha da terra para que ela cumpra sua função social. Segundo Oliveira (2007), os assentamentos rurais se originam de um conjunto de ações governamentais que orienta a redistribuição da estrutura fundiária de uma certa região.

Existem quatro assentamentos rurais no município de Dois Irmãos do Buriti – MS, Assentamento Marcos Freire, no limite com o município de Anastácio – MS; Santa Amélia, Paulo Freire e Piúva 5, sendo que os três últimos citados ficam próximos a área urbana do município.

Na figura 7 é possível observar a localização dos assentamentos rurais do município.

**Figura 07** – Assentamentos Rurais do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.



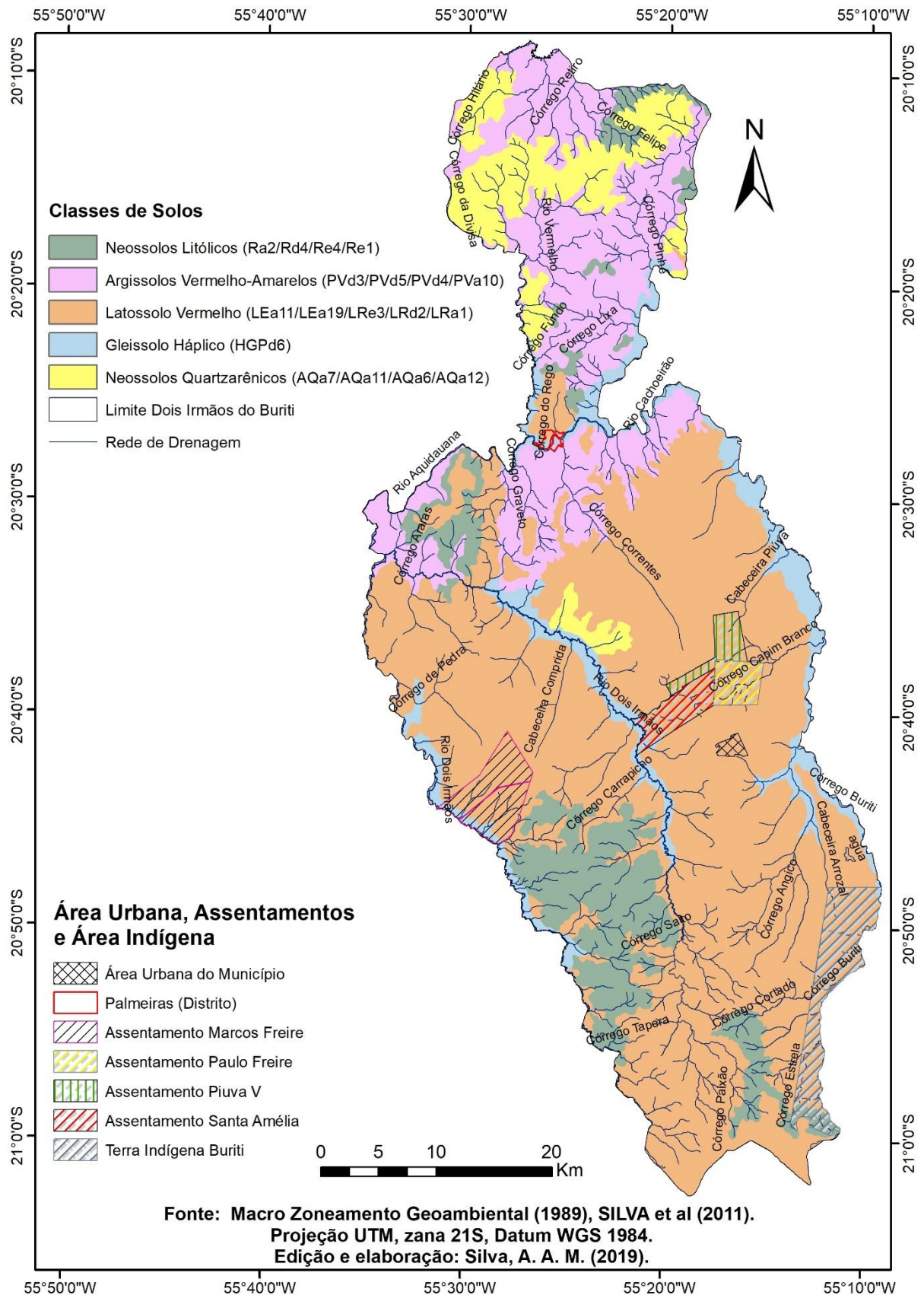
Fonte: SEMAGRO, 2019, FUNAI, 2019. Projeção UTM, zona 21S, Datum WGS 1984.  
Edição e elaboração: Silva, A. A. M. (2019).

#### **4.2 Solos do Município de Dois Irmãos do Buriti – MS**

O mapa de solos de Mato Grosso do Sul foi obtido no formato *shapefile* através do site do SISLA – Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental, site esse que é mantido pelo IMASUL – Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. Para recortar a área de interesse, foi utilizado o limite do município de Dois Irmãos do Buriti (IBGE, 2017). O mapa de solos foi baseado no Macrozoneamento Geoambiental (1989). A classificação dos solos foi feita de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – Embrapa (2018), pois a classificação obtida no arquivo estava defasada, é possível observar no Quadro 1 a comparação aproximada entre as classes anteriormente utilizadas e o SiBCS (2018).

A Figura 8 indica a distribuição espacial das principais classes de solo do município de Dois Irmãos do Buriti.

**Figura 8:** Mapa de Solos do Município de Dois Irmãos do Buriti – MS.



Foram identificados 18 Classes de solos diferentes em Dois Irmãos do Buriti, tais classes estão especificadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Equivalências Aproximadas das nomenclaturas dos solos de Dois Irmãos do Buriti – MS, de acordo com EMBRAPA (3ª Aproximação – 1988, EMBRAPA (2018).

| BRASIL<br>(EMBRAPA,<br>1988 – 3ª<br>aproximação) | Classificação Anteriormente Usada na<br>Embrapa Solos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | SiBCS (2018)                    |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Re4                                              | Solos Litólicos eutróficos A moderado e chernozêmico textura argilosa cascalhenta e média cascalhenta relevo ondulado e forte ondulado + Latossolo Roxo eutrófico pouco profundo A moderado textura argilosa relevo ondulado                                                                                                                                                               | Neossolos eutróficos Litólicos  |
| Re1                                              | Solos Litólicos eutróficos e distróficos A moderado e chernozêmico textura argilosa cascalhenta e média cascalhenta relevo forte ondulado e ondulado + Podzólico Vermelho-Escuro eutrófico Tb A moderado textura média/argilosa relevo ondulado + Afloramentos Rochosos + Terra Roxa Estruturada eutrófica A chernozêmico textura argilosa não pedregoso e pedregoso relevo forte ondulado | Neossolos eutróficos Litólicos  |
| Rd4                                              | Solos Litólicos distróficos A moderado textura média pouco cascalhenta fase epipedregosa + Cambissolo distrófico Tb A moderado textura média pouco cascalhenta relevo suave ondulado e ondulado                                                                                                                                                                                            | Neossolos distróficos Litólicos |
| Ra2                                              | Solos Litólicos álicos A moderado textura média muito cascalhenta relevo forte ondulado + Cambissolo distrófico Tb A moderado textura média cascalhenta relevo ondulado e forte ondulado + Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb raso A moderado textura média cascalhenta/argilosa cascalhenta e média/argilosa relevo ondulado                                                        | Neossolos distróficos Litólicos |
| PVd5                                             | Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb A moderado textura argilosa relevo ondulado + Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb A moderado textura argilosa cascalhenta relevo suave ondulado + Solos Litólicos                                                                                                                                                                            | Argissolos Amarelo Vermelho-    |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |           |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------|
|       | distróficos A moderado textura argilosa relevo ondulado                                                                                                                                                                                                           |                         |           |
| PVd4  | Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb A moderado textura argilosa + Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura argilosa relevo plano                                                                                                              | Argissolos Amarelo      | Vermelho- |
| PVd3  | Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico e álico Tb abrupto A moderado textura arenosa/média + Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico e álico Tb plântico A moderado textura arenosa/média + Areias Quartzosas distróficas A moderado relevo plano                    | Argissolos Amarelo      | Vermelho- |
| PVa10 | Podzólico Vermelho-Amarelo álico Tb A moderado textura arenosa/média relevo plano e suave ondulado + Latossolo Vermelho-Amarelo álico A moderado textura média + Areias Quartzosas álicas A moderado relevo suave ondulado                                        | Argissolos Amerelo      | Vermelho- |
| LRe3  | Latossolo Roxo eutrófico A moderado textura argilosa relevo suave ondulado + Latossolo Roxo distrófico A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado + Terra Roxa Estruturada eutrófica latossólica A moderado textura argilosa relevo suave ondulado | Latossolo eutroférico   | Vermelho  |
| LRd2  | Latossolo Roxo distrófico A moderado textura argilosa + Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado e plano                                                                                                          | Latossolo distroférico  | Vermelho  |
| LRa1  | Latossolo Roxo álico A moderado textura muito argilosa relevo plano                                                                                                                                                                                               | Latossolo aluminoférico | Vermelho  |
| LEa19 | Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado textura média relevo plano e suave ondulado + Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado textura argilosa relevo plano                                                                                                 | Latossolo aluminoférico | Vermelho  |
| LEa11 | Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado textura média relevo plano e suave ondulado + Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado textura argilosa relevo plano                                                                                                 | Latossolo aluminoférico | Vermelho  |
| HGPd6 | Glei Pouco Húmico Distrófico Ta e Tb, textura média, fase floresta tropical perenifólica de várzea, relevo plano + Cambissolo Distrófico Ta e Tb gleico A moderado, textura média, fase floresta                                                                  | Gleissolo Háptico       |           |

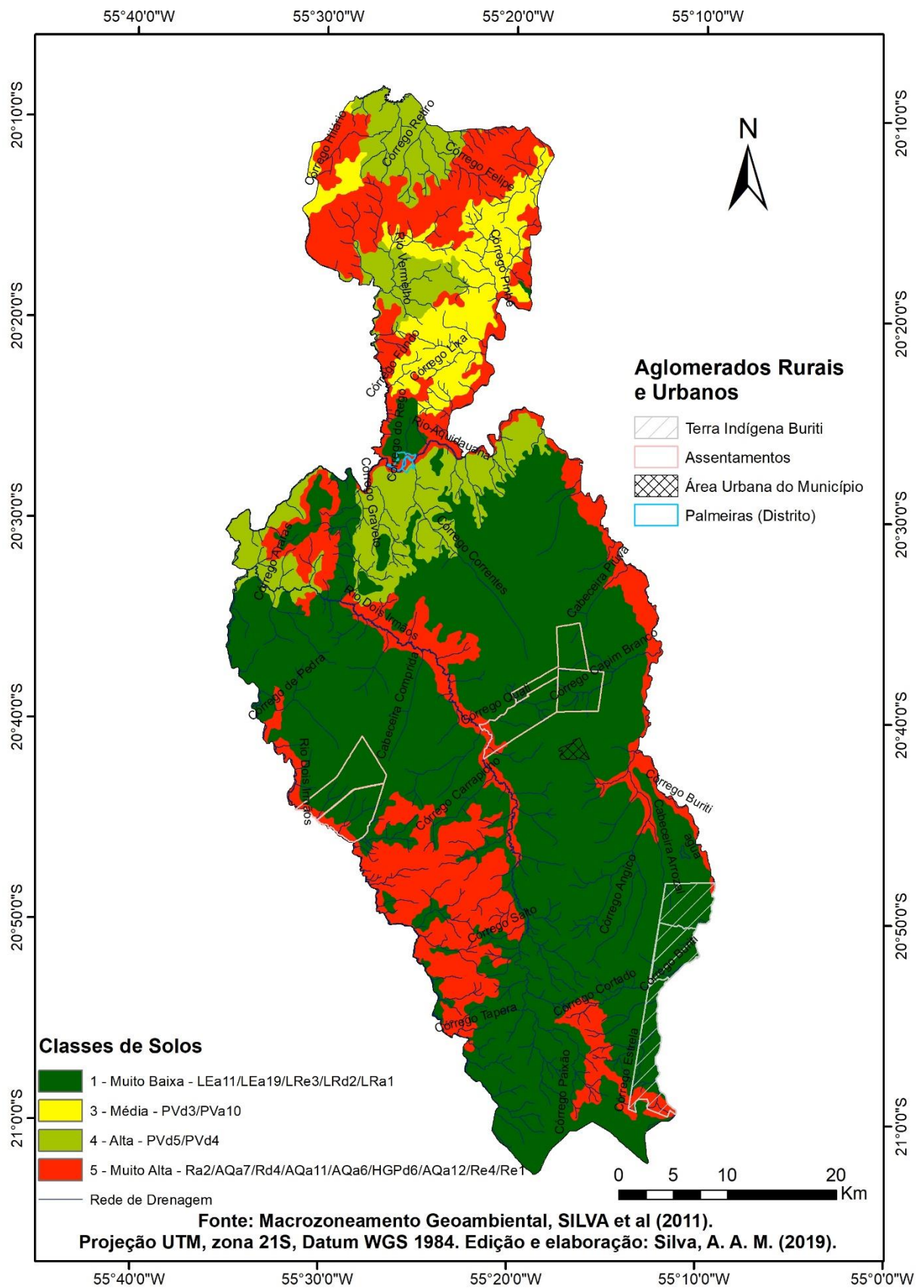
|       |                                                                                                                                                                                                                                        |                               |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|       | tropical perenifólia, relevo praticamente plano e suave ondulado                                                                                                                                                                       |                               |
| AQa7  | Areias Quartzosas álicas A moderado relevo plano e suave ondulado + Podzólico Vermelho-Amarelo álico Tb A moderado textura arenosa/média relevo suave ondulado + Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado textura média relevo plano | Neossolo Quartzarênico Órtico |
| AQa6  | Areias Quartzosas álicas A moderado + Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura média + Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura argilosa e média relevo plano e suave ondulado                          | Neossolo Quartzarênico Órtico |
| AQa12 | Areias Quartzosas álicas A moderado + Podzólico Vermelho-Amarelo álico Tb A moderado textura arenosa/média relevo suave ondulado e plano                                                                                               | Neossolo Quartzarênico Órtico |
| AQa11 | Areias Quartzosas álicas A moderado + Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado textura média relevo suave ondulado e plano                                                                                                           | Neossolo Quartzarênico Órtico |

Fonte: Macrozoneamento Geoambiental realizado no Estado de Mato Grosso do Sul (1989)/ Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - Embrapa (2018). Organizado pelo autor.

O próximo passo foi a conversão do mapa de solos do formato vetorial para o formato raster, para tornar possível a atribuição de pesos para as classes de solos conforme a metodologia proposta por Ross (1994), para isso foi utilizado o *Software* ArcGis/ArcMap® 10.5(ESRI, 2018) Foram utilizadas as ferramentas: Arc toolbox>Conversion Tools>To Raster>Polygon to Raster.

Com o arquivo no formato raster foi possível utilizar a ferramenta Reclacify para reclassificar a imagem atribuindo a ela os valores com os pesos referente a fragilidade do solo, assim, foi obtida o mapa de fragilidade do solo do município (Figura 9).

**Figura 9** – Mapa de Fragilidade do Solo do Município de Dois Irmãos do Buriti – MS.



Na Tabela 1 é possível observar como os solos foram agrupados em classes e nível de fragilidade referente ao peso que elas receberam.

Tabela 1 – Agrupamento de Solos por Nível de Fragilidade.

| <b>Classes de solo</b>                      | <b>Nível de fragilidade</b> | <b>Peso</b> |
|---------------------------------------------|-----------------------------|-------------|
| LEa11/LEa19/LRe3/LRd2/LRa1                  | Muito baixa                 | 1           |
| PVd3/PVa10                                  | Média                       | 3           |
| PVd5/PVd4                                   | Alta                        | 4           |
| Ra2/AQa7/Rd4/AQa11/AQa6/HGPd6/AQa12/Re4/Re1 | Muito Alta                  | 5           |

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

#### 4.3 DECLIVIDADE DO MUNICÍPIO DE DOIS IRMÃOS DO BURITI – MS

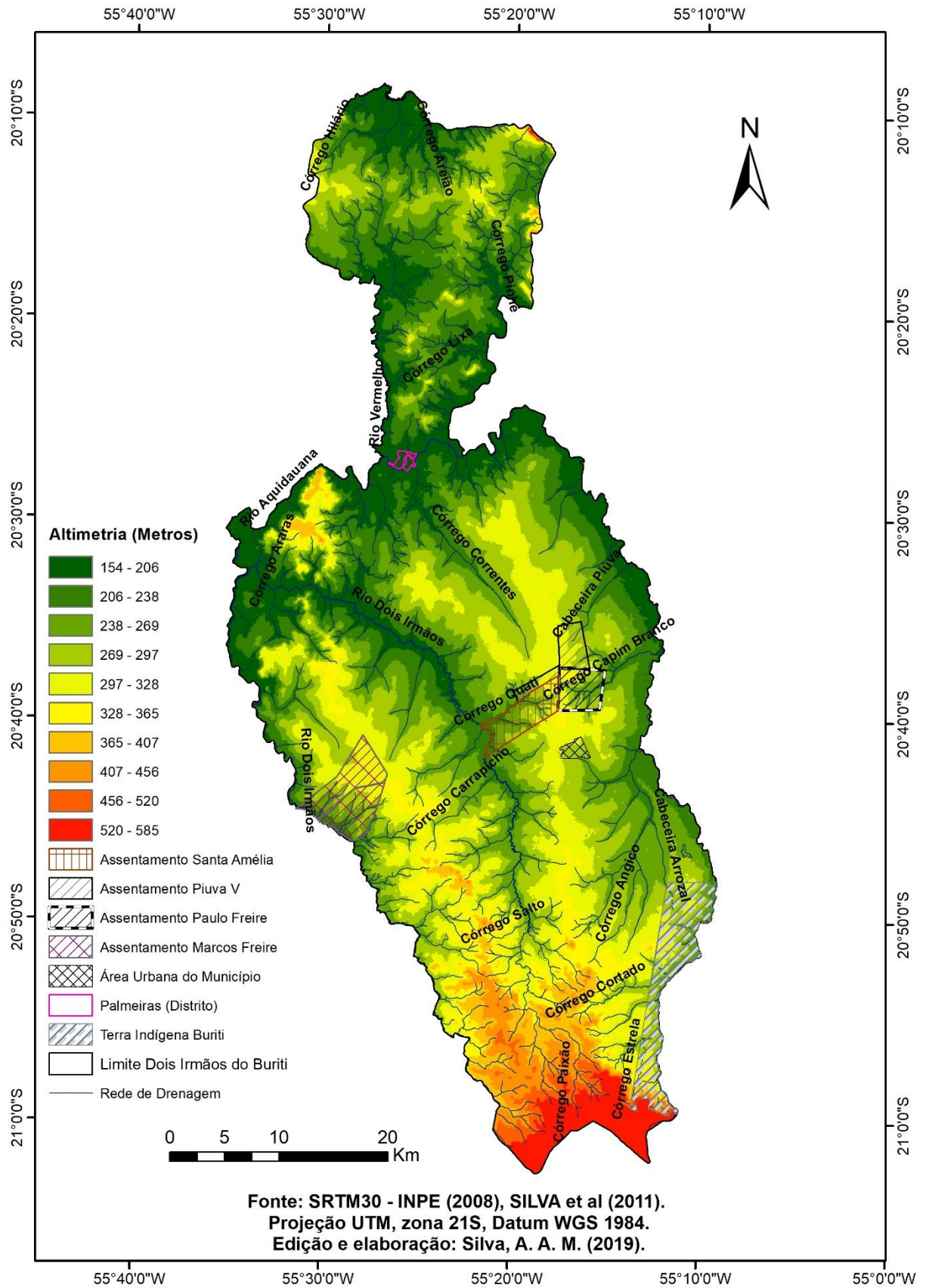
O mapa de declividade do Município de Dois Irmãos do Buriti foi obtido através do mosaico de duas imagens do RADAR SRTM (TOPODATA/INPE). Após construção do mosaico em ambiente SIG, o Modelo Digital de Elevação (MDE) foi recortado conforme a área de interesse (Figura 10), em seguida foi utilizada a ferramenta *Slope* no *software* ArcGis 10.5 (ESRI, 2018) para a obtenção da declividade em porcentagem: *Spatial Analyst Tools>Surface>Slope*. Após a obtenção do MDE SRTM em porcentagem foi possível fazer a reclassificação do mesmo de acordo com as classes de declividade propostas pela metodologia de Ross (1994), para isso foi utilizada a ferramenta *Reclassify* do ArcGis 10.5: *Spatial Analyst Tools>Reclass>Reclassify* (figura 11). A Tabela 2 como foram definidas as classes de fragilidade em função da declividade (ROSS, 1994).

Tabela 2 – Divisão das classes de fragilidade da declividade.

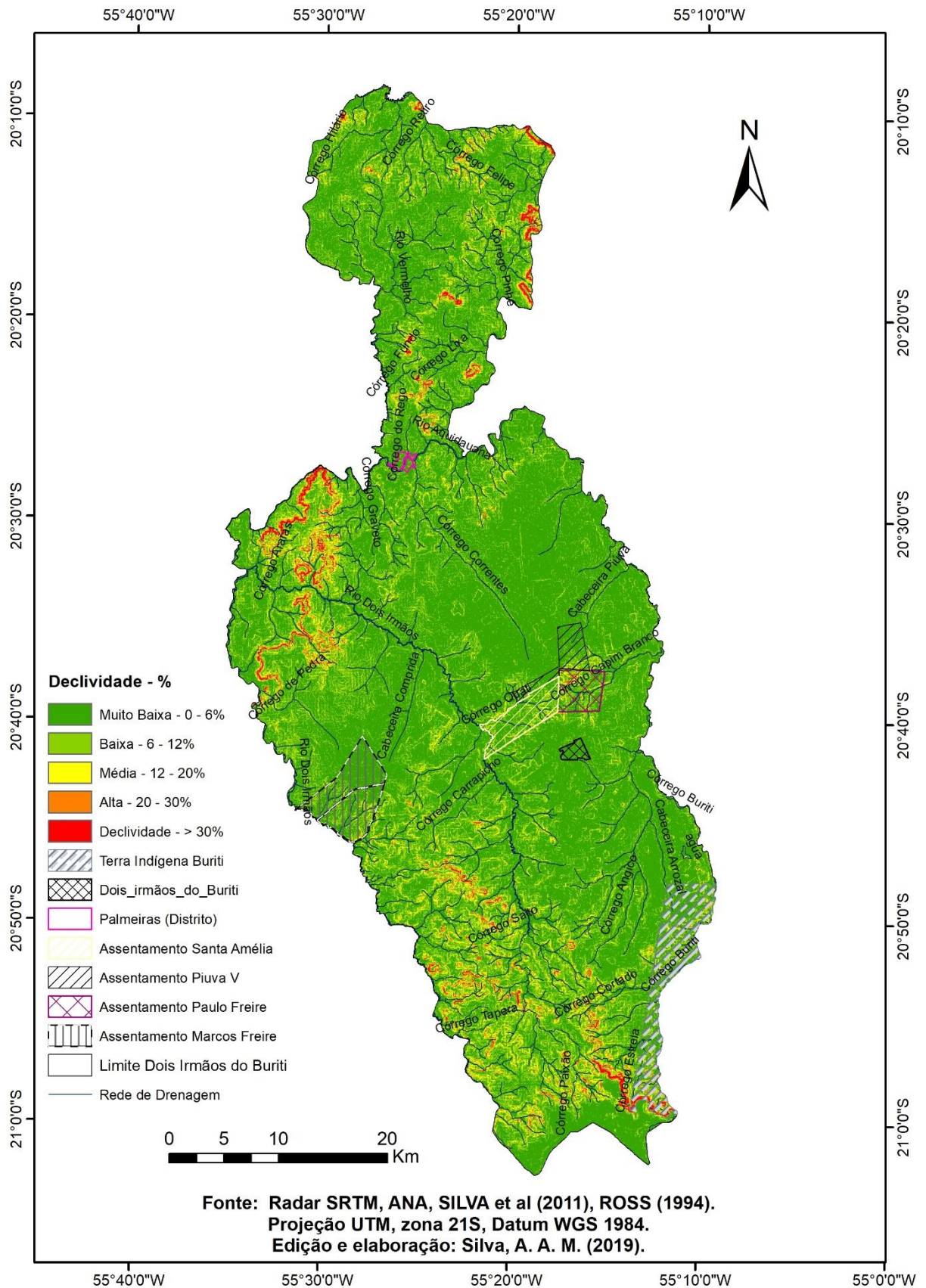
| <b>Categorias Hierárquicas</b> | <b>Classes</b> |
|--------------------------------|----------------|
| 1 – Muito Baixa                | >6%            |
| 2 – Baixa                      | De 6% a 12%    |
| 3 – Média                      | De 12% a 20%   |
| 4 – Alta                       | De 20% a 30%   |
| 5 – Muito Alta                 | >30%           |

Fonte: ROSS (1994).

**Figura 10** – Mapa de Altimetria do Município de Dois Irmãos do Buriti.



**Figura 11** – Mapa da Declividade do Município de Dois Irmãos do Buriti – MS em porcentagem baseado em Ross (1994).



#### 4.4 ÁREAS PRORITÁRIAS PARA A PRESERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DE DOIS IRMÃOS DO BURITI – MS

Para obter o mapa das Áreas Prioritárias para a conservação da Biodiversidade, primeiramente foi incluído no ArcGis/Arcmap o *Shapefile* do levantamento das mesmas disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA, aprovada pela deliberação CONABIO nº 39, de 14 de dezembro de 2005 (BRASIL, 2005), que por sua vez foi baseada no Mapa de Biomas do Brasil elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004) utilizando uma abordagem que visa a objetividade e eficiência; criando memória do processo de identificação de prioridades; gerando informações que possibilitam decisão informada.

Após a inclusão do *shapefile* em ambiente SIG, foi utilizado o limite do Município de Dois Irmãos Do Buriti – MS como máscara para realizar o recorte da área de interesse. A seguir o mapa de Áreas Prioritárias foi convertido no formato Raster para que pudesse ser reclassificado com o peso de importância biológica conforme a metodologia proposta por Ross (1994), (Tabela 3). O mapa das Áreas Prioritárias Para a Conservação da Biodiversidade pode ser visto na Figura 13.

**Tabela 3** – Áreas prioritárias para a conservação.

| <b>Importância Biológica</b> | <b>Níveis de Fragilidade</b> | <b>Peso</b> |
|------------------------------|------------------------------|-------------|
| Não Prioritária              | Muito Baixa                  | 1           |
| Alta                         | Alta                         | 4           |
| Extremamente alta            | Muito Alta                   | 5           |
| Alta                         | Muito Alta                   | 5           |

Fonte: Probio/MMA (2007) apud Félix da Silva e Bacani (2017) – Adaptado de Ross (1994).

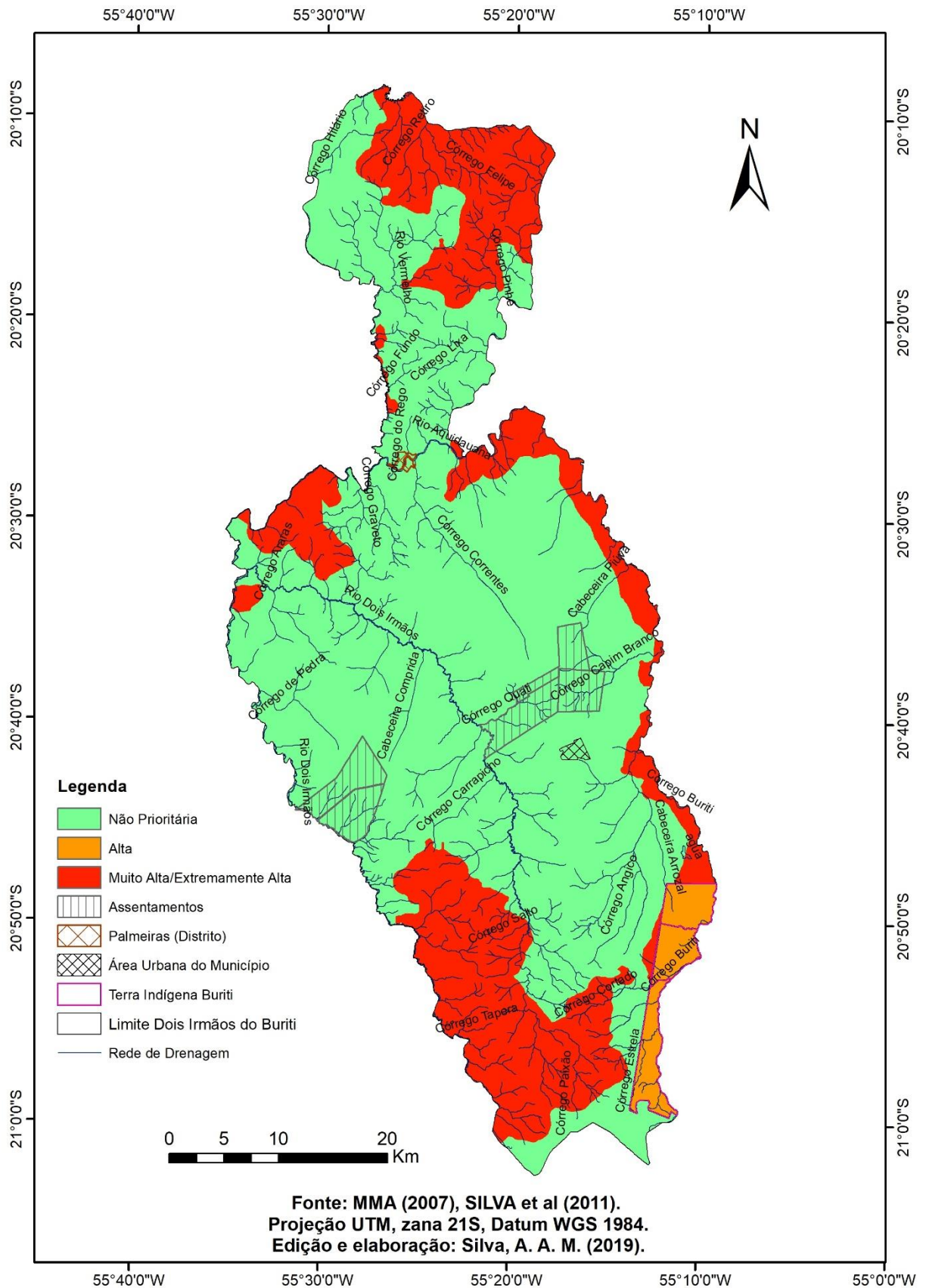
A figura 12 ilustra as categorias nas áreas prioritárias, sendo que a figura 12 (A) é uma imagem de criação de bovinos no Assentamento Piúva V, demonstrando a categoria não prioritária; a figura 12 (B) é uma imagem da Aldeia Buriti, que demonstra a categoria Alta; e por fim, a figura 12 (C) é uma imagem de uma queda d'água do rio Dois Irmãos, retirada na Fazenda Cachoeira, parte sul do município, ilustrando a categoria Muito Alta.

**Figura 12** – Classes das Áreas Prioritárias para a conservação da Biodiversidade de Dois Irmãos do Buriti – MS. Não Prioritária (A), Alta Prioridade (B) e Muito Alta Prioridade (C).



Fonte: Silva A. A. M. (2019), Silva K. A. (2019).

**Figura 13 – Mapa das Áreas Prioritárias para a Preservação da Biodiversidade do Município de Dois Irmãos do Buriti – MS.**



#### 4.5 – PLUVIOSIDADE DO MUNICÍPIO DE DOIS IRMÃOS DO BURITI – MS

Para a elaboração do mapa pluviométricos, foram adquiridos os dados pluviométricos entre 1977 e 2006 de 9 estações meteorológicas, extraídos da Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), disponibilizados em sua homepage, a localização e nome das estações estão descritas na Tabela 4.

**Tabela 4** – Localização das estações pluviométricas.

| <b>Estação</b>  | <b>Localização</b>             |
|-----------------|--------------------------------|
| Nioaque         | 55°49'30,309"W, 21°9'20,693"S  |
| Maracaju        | 55°8'10,204"W, 21°37'3,731"S   |
| Bonito          | 56°30'58,611"W, 21°6'54,148"S  |
| Jardim          | 56°5'6,21"W, 21°27'2,822"S     |
| Estrada MT      | 56°5'21,364"W, 20°45'44,505"S  |
| Fazenda Lajeado | 55°26'40,993"W, 20°17'27,818"S |
| Sidrolândia     | 54°58'53,598"W, 20°57'49,695"S |
| Vau do Bálsamo  | 54°30'28,555"W, 20°59'36,138"S |
| Capão Bonito    | 54°45'52,905"W, 21°10'34,088"S |

Fonte: ANA (2018).

Para a classificação dos valores do peso da média pluviométrica exercida sobre a fragilidade potencial da área analisada, foi utilizada a metodologia proposta por Crepani et al. (2001) adaptada posteriormente para a de Ross (1994). Para isso foi usada uma técnica de interpolação IDW (Inverse Distance Weighted), que calcula os valores pelo inverso do quadrado das distâncias, ou seja, o interpolador assume que as feições mais próximas têm valores mais semelhantes que as mais separadas (BURROUCH; McDONNELL, 1998).

Após a obtenção da interpolação dos dados pluviométricos das 9 estações, obteve-se a precipitação média anual (PMA) que oscilou para área entre 1.215 mm e 1.353 mm, considerando que a região em análise tem a duração do período chuvoso (DPC) de nove meses por ano. Assim, através da precipitação média anual (PMA) e da duração do período chuvoso (DPC) foi possível obter a intensidade pluviométrica (IP),  $PMA/DPC = IP$  (CREPANI et al., 2001).

A seguir, foi feita uma adaptação do valor obtido pela metodologia de Crepani et al. (2001), que tem um valor máximo de 3, para a proposta por Ross (1994) que tem um valor máximo de 5, por meio de uma regra de 3 simples.

**Tabela 5** – Escalas de Vulnerabilidade/fragilidade.

| Metodologia | Crepani et. al (2001) | Ross (1994) |
|-------------|-----------------------|-------------|
| Peso        | 3<br>1,5              | 5<br>2,5    |

Fonte: Adaptado de Crepani et al (2001) e Ross (1994).

#### 4.6 – USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE DOIS IRMÃOS DO BURITI –MS

Foi necessário a elaboração do mapa de uso da terra no Município estudado para ser integrado ao mapa de fragilidade potencial, assim é possível gerar o mapa de fragilidade ambiental ou emergente por técnicas de álgebra de mapas. Foram elaborados mapas de 3 períodos: 1998, 2008 e 2018.

Para elaborar o mapa de uso da terra do ano de 1998, foram adquiridas duas imagens LANDSAT 5, sensor TM, das órbitas ponto 225/74 e 225/75, imageadas em 20 de outubro de 1998, bandas 3, 4 e 5. Para o ano de 2008, foram adquiridas duas imagens LANDSAT 5, sensor TM, das órbitas ponto 225/74 e 225/75, imageadas em 15 de outubro de 2008, bandas 3, 4 e 5. Por fim, para o ano de 2018, uma imagem LANDSAT 8, da órbita ponto 225/74, bandas 4, 5, 6, e 8, datada de 09 de setembro de 2018. As imagens foram baixadas do site do United States Geological Survey – USGS.

Foi necessário a elaboração de mosaicos das imagens LANDSAT 5 – TM, pois foram utilizadas duas cenas para cobrir a área de estudo. Para fazer esse procedimento foi utilizado o *software* livre e gratuito QGIS 2.18.25 (QGIS Development Team, 2016).

Foi criado um projeto para cada ano em análise no software Spring 5.5.5, as imagens dos respectivos anos foram incorporadas nos projetos juntamente com o limite do Município de Dois Irmãos do Buriti, para realizar o recorte da área de interesse para iniciar a classificação.

Das imagens LANDSAT 5 – TM (1998, 2008), foi realizada a composição falsa cor RGB, associando o R a banda 5, o G a banda 4 e o B foi associado a banda 3. Da imagem LANDSAT 8 – OLI (2018), foi realizada a composição falsa cor RGB, onde o R foi associado a banda 6, o G foi associado a banda 5 e o B foi associado a banda

4. Também foi realizado o tratamento da imagem com a ferramenta de contraste, para assim as imagens serem recortadas usando como máscara o limite do Município.

Após o recorte de todas as bandas da imagem LANDSAT - 8, foi realizada a fusão com a banda 8 para melhorar a resolução espacial da imagem. Para isso foi feita uma transformação das bandas 4, 5 e 6 de RGB para IHS, o próximo passo foi transformar de IHS para RGB novamente, mas substituindo o I (intensidade) pela banda 8, ao completar essa técnica de fusão a imagem passou de 30m para 15m de resolução espacial.

Para realizar a classificação, primeiramente foi necessário fazer a segmentação da imagem por regiões, o processo foi feito com a ferramenta de segmentação do Spring 5.5.4 onde é atribuído um número para similaridade e um número para Área (pixels), a segmentação que melhor separou as feições foi a de Similaridade 4 e Área 6, foi utilizado os mesmos parâmetros de segmentação em todas as imagens.

Após a realização da segmentação, foi aberta a janela de Classificação de imagens, selecionada as imagens RGB fusionadas, criado um novo arquivo de contexto por regiões e selecionado a arquivo de segmentação. Após isso foi iniciado o treinamento com a aquisição de amostras das feições, por conseguinte iniciada a classificação por regiões utilizando o Algoritmo *Batacharya*.

#### **4.6.1 – Validação do mapeamento do Uso da terra**

A coleta dos dados foram feitas principalmente em dois trabalhos de campo, em 15 de junho de 2018, para fazer o reconhecimento da área rural do município, e identificar as classes de uso da terra, outro campo em 10 de novembro de 2019 para coletar mais pontos amostrais das classes, dentre outras visitas a área rural do município em pontos específicos e em datas aleatórias.

Foi utilizada a matriz de confusão utilizando o software ENVI 5.3, foram adquiridos 50 pontos por classe em cada imagem classificada, a fim de verificar a acuraria do mapeamento das classes de uso da terra, para isso levou-se em consideração os intervalos determinados por Landis; Koch (1977), descrita na Tabela 6.

**Tabela 6** – Valores do índice Kappa.

| Valor de Kappa | Qualidade da Classificação |
|----------------|----------------------------|
| 0,00           | Péssima                    |
| 0,01 – 0,20    | Ruim                       |
| 0,21 – 0,40    | Razoável                   |
| 0,41 – 0,60    | Boa                        |
| 0,61 – 0,80    | Muito Boa                  |
| 0,81 – 1,00    | Excelente                  |

Fonte: Landis; Koch (1977).

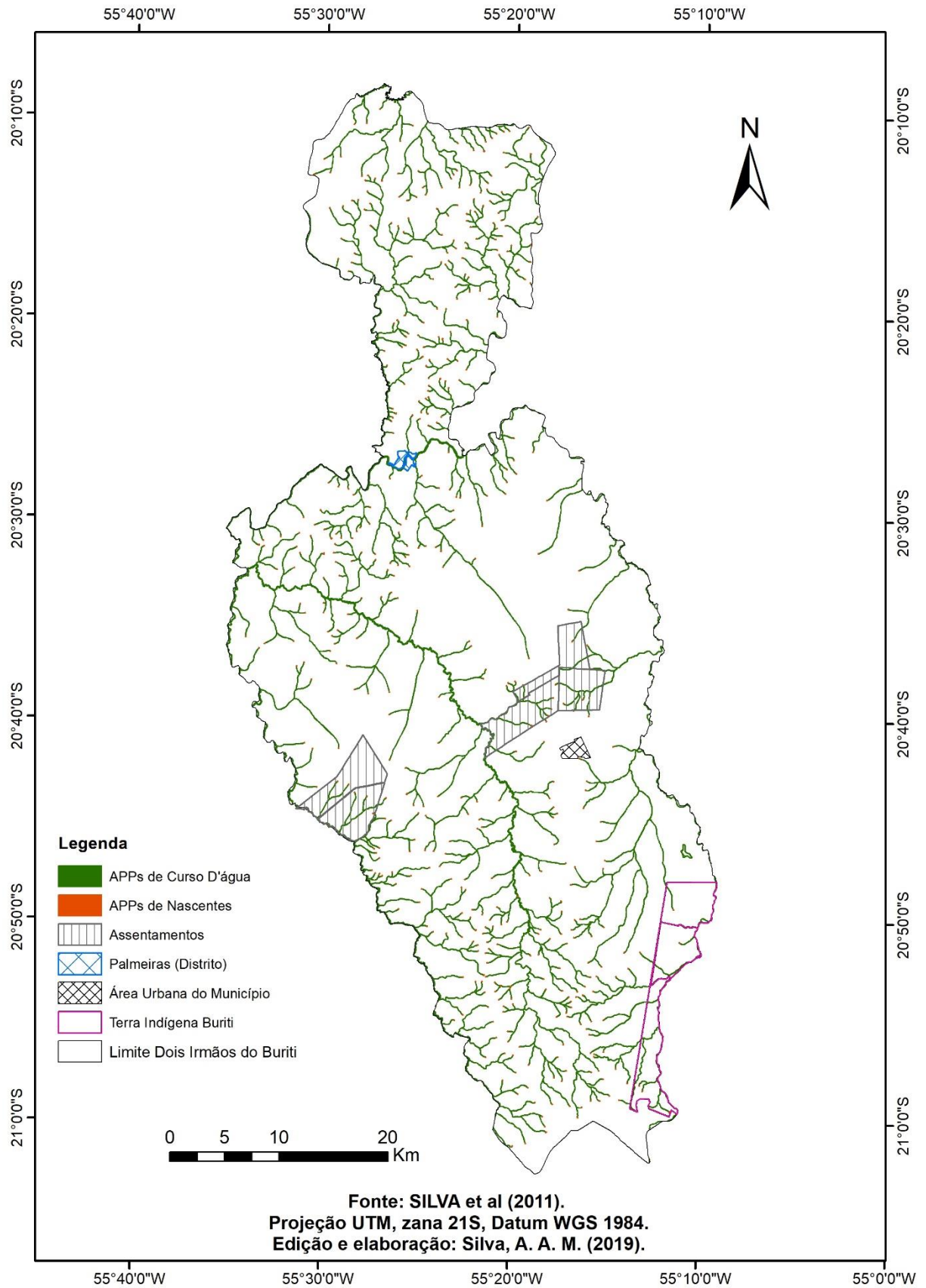
Congalton (1991) descreve os critérios para avaliar e realizar a comparação da exatidão dos mapeamentos temáticos, segundo o autor, uma matriz de erro pode ser usada como o ponto de partida para a aplicação de uma série de técnicas estatísticas descritivas e analíticas. Pois por meio da estatística obtemos o índice de exatidão global, em que se divide o total de pixels classificados corretamente (diagonal da matriz) pelo número total de pixels da matriz. A verificação da exatidão das categorias é realizada de forma similar. Deste modo, o índice Kappa é uma é muito utilizado para aferir tal exatidão.

#### 4.7 MAPEAMENTO DAS APPs

A delimitação das áreas de preservação permanente foi elaborada de acordo com a legislação vigente: Art. 3º, item II e delimitada nos termos do Art. 4º itens I, II, IV, V, VIII e IX da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012). Foi adquirido o *shapefile* com a hidrografia de Mato Grosso do Sul (SILVA et al., 2011) e aplicado o método de *buffer* no ArcGis/ArcMap.

É possível visualizar as APPs e sua distribuição no Município de Dois Irmãos do Buriti na figura 14.

**Figura 14 – Mapa das APPs do Município de Dois Irmãos do Buriti- MS.**



#### 4.8 – FRAGILIDADE POTENCIAL

Para que o mapa de fragilidade potencial fosse elaborado foi necessária a aplicação de técnica de álgebra de mapas, onde valores para cada classe de mapas foram atribuídas e posteriormente ponderadas em ambiente SIG, para isso foram utilizados os valores referente a metodologia de Ross (1994;2012).

Para realizar a álgebra de mapas foi utilizada a ferramenta *Weighted Overlay* do software ArcGis/Arcmap 10.5, foram adicionadas as seguintes variáveis: Áreas Prioritárias, Solos, Pluviosidade e declividade. Após a ponderação das variáveis propostas por Ross (1994), o resultado foi convertido em formato vetorial, por meio da ferramenta *Raster To Polygon*, disponível em *Conversion Tools>From Raster>Raster to Polygon*, para assim ser realizada a sobreposição das Áreas de Preservação Permanente (APP) de 50m e 30m, por meio da ferramenta *Update*, disponível em *Analysis Tools>Overlay>Update*.

O resultado da álgebra de mapas somado as APPs foi reconvertido para *Raster* utilizando a ferramenta *Polygon to Raster*, disponível em *Conversion Tools>To Raster>Polygon to Raster*, para poder ser reclassificado por meio da ferramenta *Reclassify*, disponível em *Apatial Analyst Tools>Reclass>Reclassify*, assim as Áreas de Preservação Permanente (APP) foram reclassificadas para peso 5 (Muito Alta Fragilidade Ambiental).

#### 4.9 – FRAGILIDADE AMBIENTAL

A fragilidade ambiental foi elaborada através da álgebra de mapas entre o uso da terra e a fragilidade potencial do Município, tomando como referência a metodologia de Ross (1994; 2012).

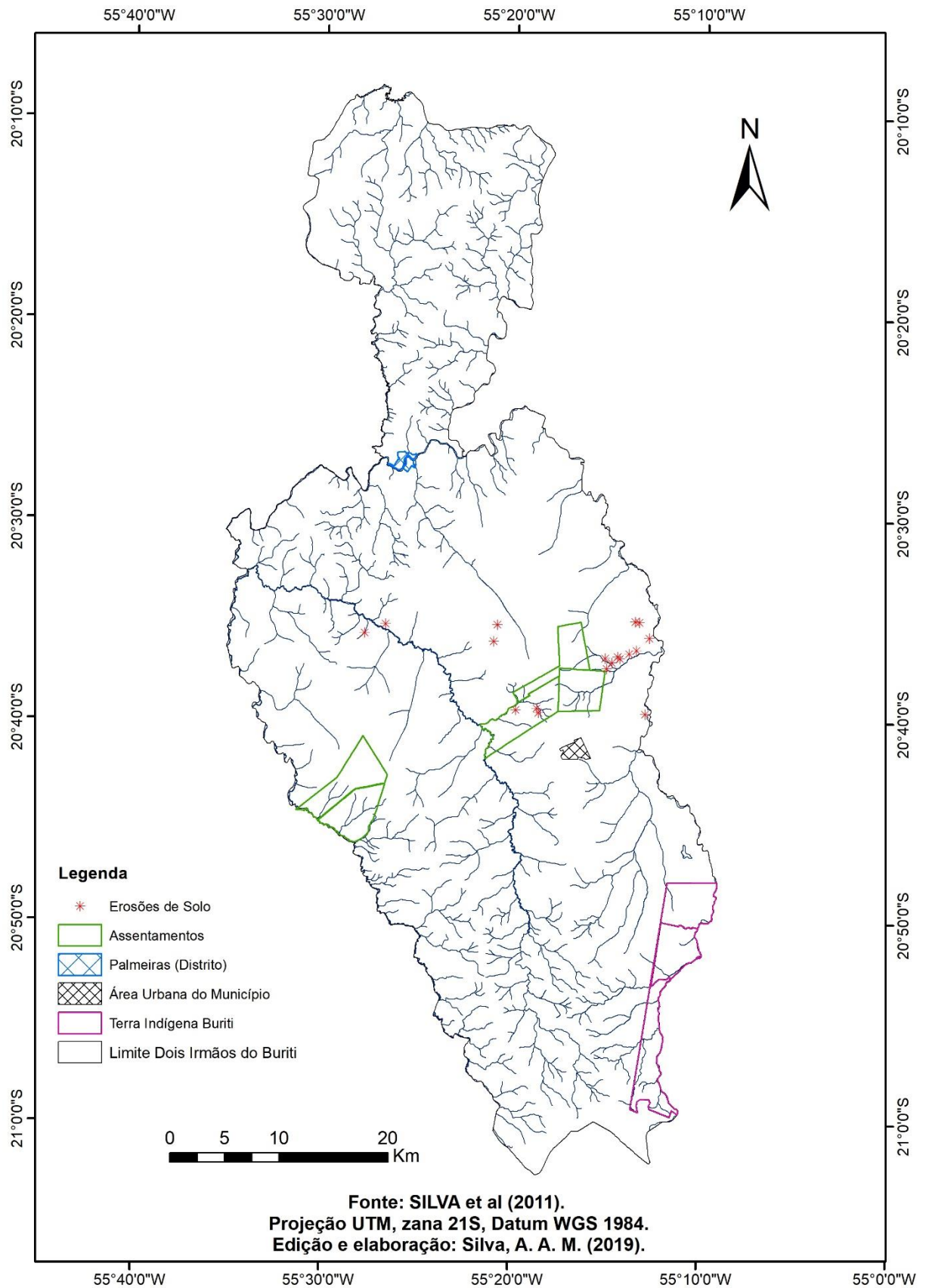
Para a sobreposição ponderada ser possível, foi feita a conversão dos arquivos para o formato raster e também a sua reclassificação. A seguir foi utilizada a ferramenta *Weighted Overlay*, disponível no seguinte caminho: *Spatial Analyst Tools / Overlay / Weighted Overlay*.

#### 4.10 – EROSÃO DE SOLO

Primeiramente foi realizado o campo em pontos conhecidos no município de incidência de erosão de solo, efetuou-se a coleta dos pontos, visualização e anotação do tipo de cobertura vegetal e solo do local e por fim, coletado os pontos com um aparelho GNSS.

A seguir, iniciou-se uma pesquisa de outros pontos de erosão no limite do Município de Dois Irmãos do Buriti, utilizando o *software* Google Earth Pro. Foram encontrados no total 18 pontos de erosão de solo (Figura 15). Tais pontos foram salvos em KML, para converter os pontos para shapefile foi utilizado o software livre QGIS 2.18.25 (QGIS Development Team, 2016), pois assim foi possível abri-los no ArcGis/Arcmap 10.5 para analisar os pontos juntamente com a fragilidade ambiental e as suas vareáveis. A partir do Google Earth também foi possível, através da visualização das imagens históricas, visualizar o ano que a erosão surgiu.

**Figura 15** – Pontos e distribuição espacial das Erosões de Solo do Município de Dois Irmãos do Buriti – MS.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Mapeamento de uso da terra

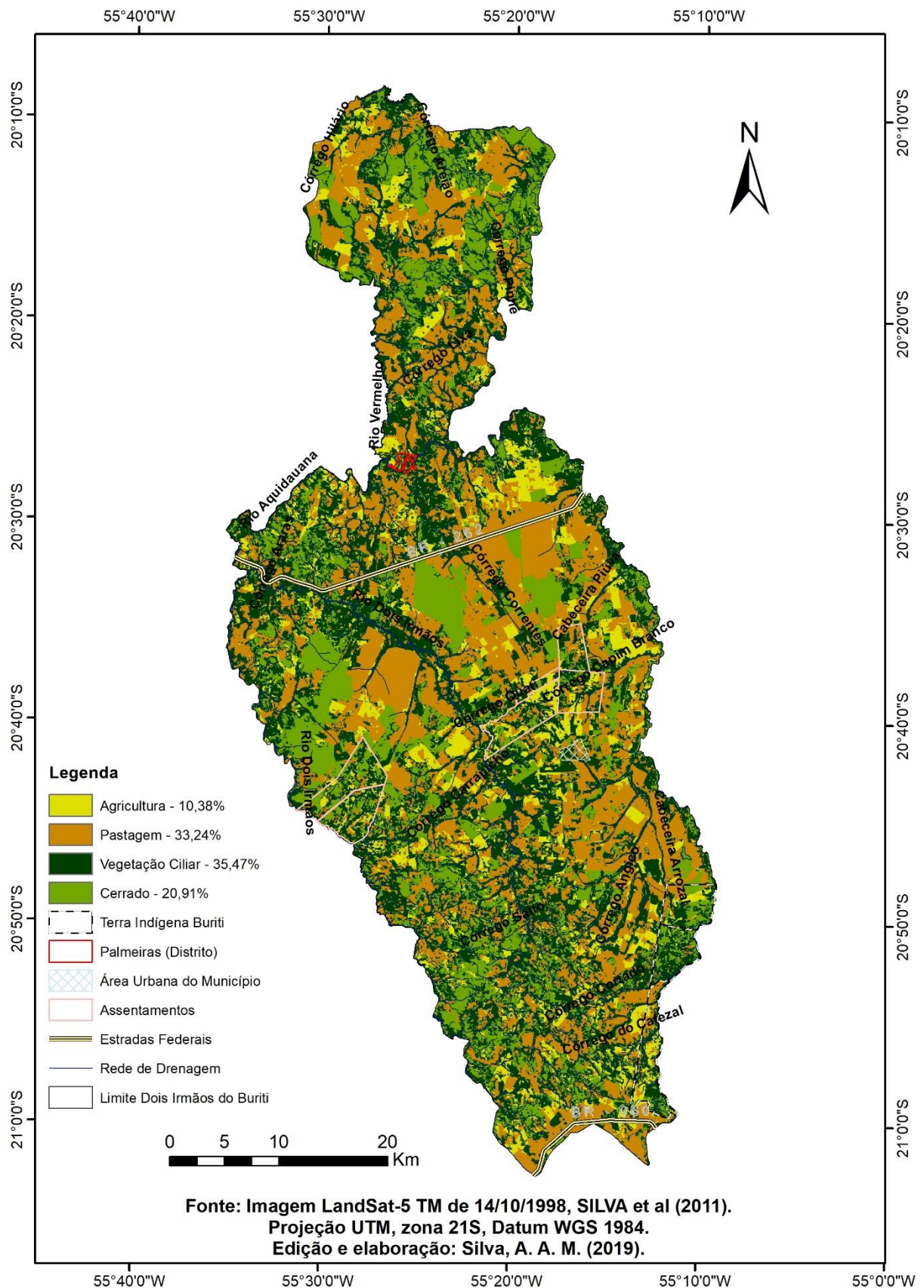
Foram mapeados os usos da terra do município de Dois Irmãos do Buriti – MS em três datas diferentes, no anos de 1998, 2008 e 2018, para assim realizar uma análise de como foram as mudanças de 10 em 10 anos, totalizando assim um intervalo temporal de 20 anos.

Com o mapeamento do uso da terra do ano de 1998, foram obtidas quatro classes temáticas distintas, são elas: Agricultura, Pastagem, Vegetação Ciliar e Cerrado, tais classes foram agrupadas de modo a facilitar a posterior atribuição de peso na reclassificação, conforme mostra a figura 16.

As áreas classificadas como agricultura no município ocupam a área de 10,38%. As áreas classificadas como pastagem abrangem uma área de 33,24%, ocupavam a segunda maior área, com o nível médio de fragilidade potencial. Ocupando uma área com 35,47%, a vegetação ciliar foi a maior área do referido ano, com o nível de fragilidade ambiental muito baixa. As áreas de Cerrado totalizam uma área de 20,91%, possui um nível de fragilidade ambiental baixa, conforme a Tabela 8.

Ao analisar o ano de 1998, constata-se que ao somar a área de Vegetação Ciliar e a área de Cerrado, obtemos o total de 56,37%, ou seja, uma área substancial do município, mais da metade, com a fragilidade da cobertura do solo baixa ou muito baixa, evidenciando uma baixa antropização para o ano em questão.

**Figura 16:** Mapa de Ocupação e Uso da terra do município de Dois Irmãos do Buriti – MS – 1998.



**Tabela 7** – Uso da terra no município de Dois Irmãos do Buriti em 1998 – quantificação e graus de fragilidade.

| Uso da Terra e Cobertura Vegetal | Área            |       | Graus de fragilidade | Peso |
|----------------------------------|-----------------|-------|----------------------|------|
|                                  | km <sup>2</sup> | %     |                      |      |
| Agricultura                      | 243,11          | 10,38 | Alto                 | 4    |
| Pastagem                         | 778,22          | 33,24 | Médio                | 3    |
| Vegetação Ciliar                 | 830,28          | 35,47 | Muito Baixa          | 1    |
| Cerrado                          | 489,43          | 20,91 | Baixa                | 2    |

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

O mapeamento de uso da terra do município de ano de 2008, Figura 17, chegou aos seguintes resultados: Com 5,57% da área a Agricultura ocupou a menor classe. A área de Pastagem obteve um aumento substancial no período de 10 anos, ficando com uma área de 54,80% sendo a maior classe. A área de Vegetação Ciliar abrangeu um total de 9,61%. Tal área foi a que mais sofreu mudanças nos últimos 10 anos, evidenciando a ocupação dessas áreas para uso agrícola e principalmente pastagem. Com uma área de 30,02%, a Savana Cerrado também teve um aumento. Os dados de área e porcentagem das classes podem ser observados na tabela 8.

**Tabela 8** – Uso da Terra no município de Dois Irmãos do Buriti em 2008 – quantificação e peso.

| Uso da Terra e Cobertura Vegetal | Área            |       | Graus de fragilidade | Peso |
|----------------------------------|-----------------|-------|----------------------|------|
|                                  | km <sup>2</sup> | %     |                      |      |
| Agricultura                      | 130,47          | 5,57  | Alto                 | 4    |
| Pastagem                         | 1282,94         | 54,80 | Médio                | 3    |
| Vegetação Ciliar                 | 225,02          | 9,61  | Muito Baixa          | 1    |
| Cerrado                          | 702,60          | 30,02 | Baixa                | 2    |

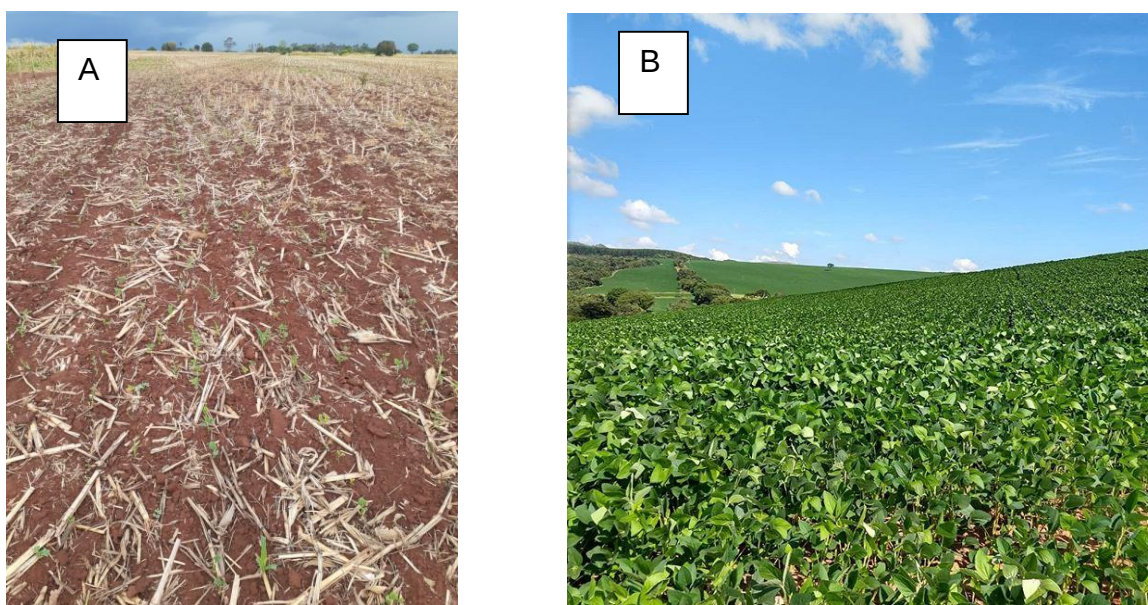
Fonte: Adaptado de Ross (1994).



Por fim, para completar o quadro de análise multitemporal do período de 20 anos do município, foi realizado o mapeamento do uso da terra do ano de 2018, conforme observa-se na figura 24, bem como o agrupamento dos dados, por porcentagem e km<sup>2</sup>, pode ser analisado na tabela 9.

A cobertura de Agricultura ocupou a menor área, totalizando 3,42%, com um médio grau de fragilidade, é observável um decréscimo na região norte e central do município, porém houve um aumento na região sul, impulsionado pelo plantio da soja próximo ao limite entre Dois Irmãos e Sidrolândia, cabe ressaltar que a agricultura do município é composta basicamente por soja e milho. (Figura 18).

**Figura 18** – Classe de Agricultura em Dois Irmãos do Buriti – A e B.



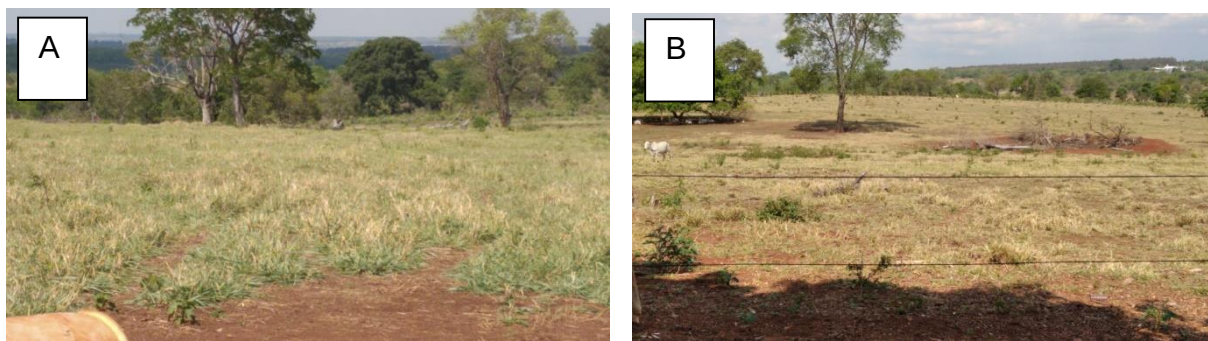
Fonte: Silva A. A. M. (2019). Trabalho de campo, ( A - Novembro, B – Janeiro).

A área de Pastagem totalizou 54,32%, com um médio nível de fragilidade, é possível observar que em 2018 a classe teve a mesma porcentagem que no ano de 2008 (figura 21). A cobertura de pastagem é do tipo plantada na região de cerrado, *Brachiara decubens*, pois tem um fácil manejo e adaptação, além da boa palatabilidade e digestibilidade pelo rebanho (AGRAER, 2019).

A figura 19 ilustra a pastagem em dois pontos distintos, a figura 19 (A) é de uma pastagem as margens da MS-162, próximo ao km 2, na sub-bacia do Rio Dois

Irmãos, a figura 19 (B) é de uma pastagem localizada no Assentamento Piúva V, situada na sub-bacia do Córrego Capim Branco.

**Figura 19** – Classe de Pastagem no município de Dois Irmãos do Buriti – MS-162, próximo ao km 2 (A) e Assentamento Piúva V (B).



Fonte: Silva A. A. M. (2019). Trabalho de Campo – novembro, 2019.

Com 16,52% a menor área foi a Vegetação Ciliar, com uma fragilidade muito baixa, porém apesar de ser a menor área, houve um aumento da classe quando comparado com os últimos 10 anos.

Tal aumento coincide com a criação da Lei Complementar nº 05/2009, de 27 de Janeiro de 2009, que dispõe sobre a política municipal de Meio Ambiente, que em seu art. 4º, inciso I, versa sobre o incentivo à adoção de hábitos, costumes, posturas e práticas sociais e econômicas não prejudiciais ao meio ambiente, dentre outros interesses municipais. Também foi criado com essa lei, o Conselho Municipal de Meio Ambiente, que dentre outras funções deve estabelecer normas, padrões, critérios e parâmetros de qualidade ambiental, realizar o zoneamento ambiental e o licenciamento e revisão de atividades potencialmente poluidoras (DOIS IRMÃOS DO BURITI, 2009).

A figura 20 ilustra a Vegetação Ciliar em duas localidades diferentes, a figura 20 (A) é referente a uma vegetação ciliar localizada ao sul da área urbana do município, na sub-bacia do Córrego Angico, já a figura 20 (B) refere-se a um ponto no Assentamento Santa Amélia, na sub-bacia do Córrego Quati.

**Figura 20** – Classe de Vegetação Ciliar no município de Dois Irmãos do Buriti – Sub-bacia do Córrego Angico (A) e Assentamento Santa Amélia (B).



Fonte: Silva, A. A. M. (2019). Trabalho de Campo – novembro, 2019.

As áreas cobertas por Cerrado ocupam a segunda maior área, totalizando 25,34%, com um nível baixo de fragilidade, na Figura 21 observa-se duas áreas de reserva legal, visitadas no trabalho de campo, no assentamento Marcos Freire, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Dois Irmãos, braço leste. Verifica-se tais dados do uso da terra do ano de 2018 na tabela 9.

**Figura 21** – Classe de Cerrado no município de Dois Irmãos do Buriti – MS.



Fonte: Silva, A. A. M. (2019). Trabalho de Campo – novembro, 2019.

As áreas classificadas como Silvicultura ocupam uma porcentagem de 5,4%, com um nível baixo de fragilidade, é a segunda menor classe de uso da terra, porém não menos importante, pois vem crescendo nos últimos anos. A Silvicultura tem um destaque na região norte com o plantio de eucalipto (figura 22), onde se encontra a

maior fazenda, em área, do município de Dois Irmãos do Buriti, com seus 32.596,37 ha, a Fazenda Lageado, vem substituindo áreas de pastagem por tal cultura.

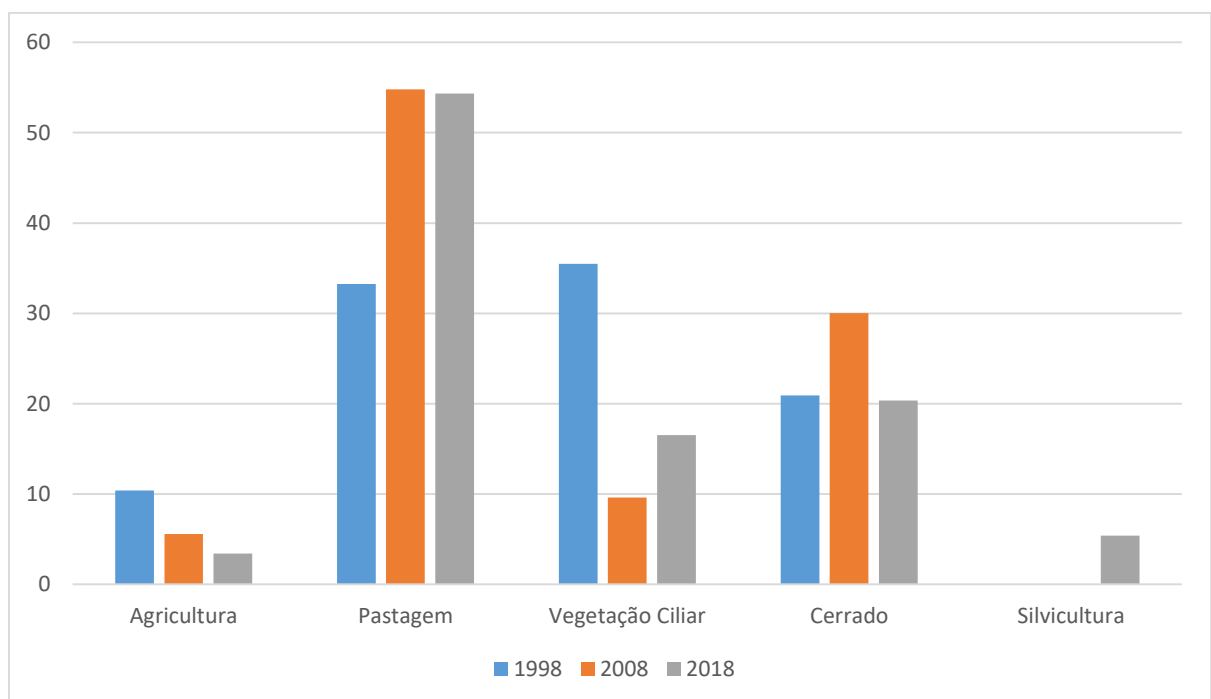
**Figura 22** – Classe de Silvicultura no município de Dois Irmãos do Buriti – MS.



Fonte: Silva, A. A. M. (2019). Trabalho de Campo – janeiro, 2019.

Para a melhor compressão das porcentagens de uso da terra dos anos de 1998, 2008 e 2018, foi elaborado o gráfico da figura 23, possibilitando a visualização dos dados de mudança do uso da terra por classes nos respectivos anos analisados.

**Figura 23** – Gráfico com as áreas de uso da terra no município de Dois Irmãos do Buriti – MS, nos anos de 1998, 2008 e 2018, em %.



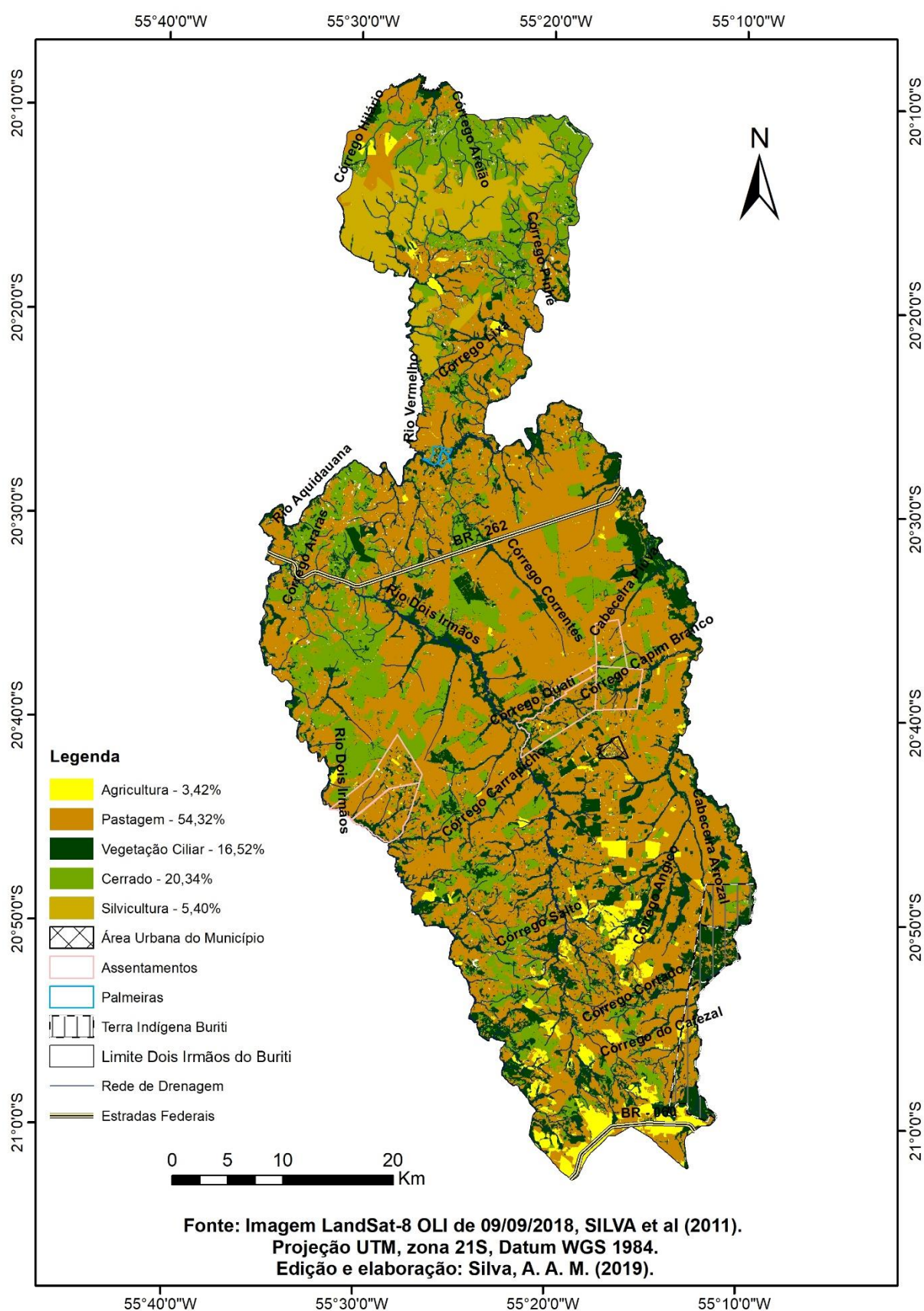
Fonte: Silva, A. A. M. (2019).

**Tabela 09** – Uso da Terra no município de Dois Irmãos do Buriti em 2018 – quantificação e peso.

| Uso da Terra e<br>Cobertura Vegetal | Área            |       | Graus de fragilidade | Peso |
|-------------------------------------|-----------------|-------|----------------------|------|
|                                     | Km <sup>2</sup> | %     |                      |      |
| Agricultura                         | 79,97           | 3,42  | Alto                 | 4    |
| Pastagem                            | 1271,56         | 54,32 | Médio                | 3    |
| Vegetação Ciliar                    | 386,77          | 16,52 | Muito Baixa          | 1    |
| Cerrado                             | 476,33          | 20,34 | Baixa                | 2    |
| Silvicultura                        | 126,41          | 5,40  | Baixa                | 2    |

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

**Figura 24** – Mapa de Uso da Terra do município de Dois Irmãos do Buriti – MS – 2018.

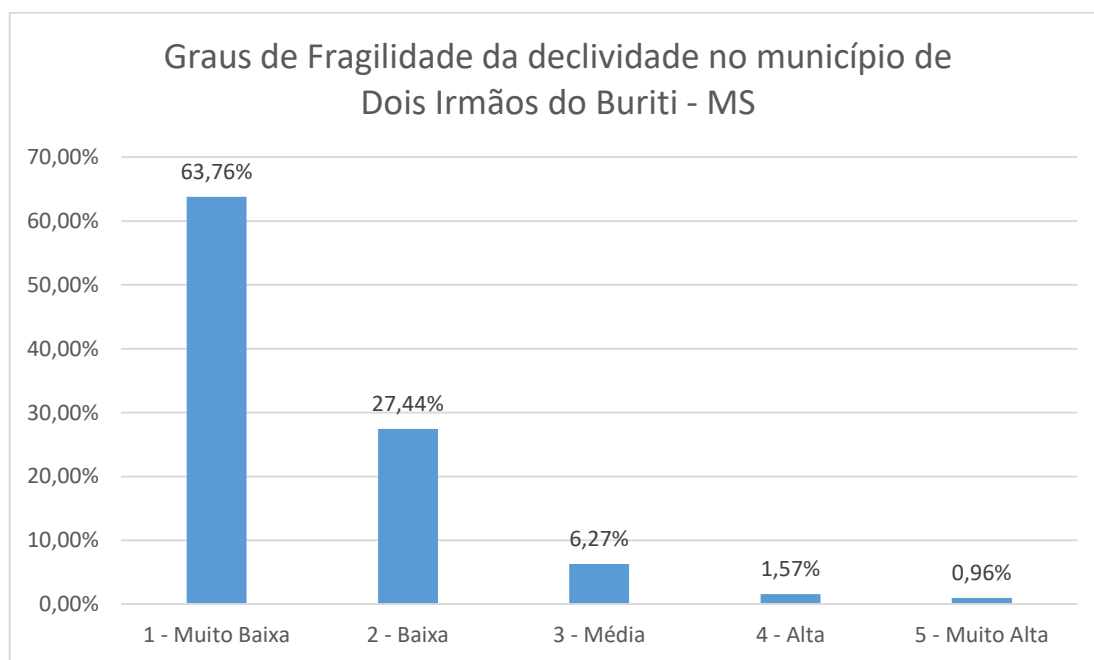


## 5.2 RELEVO

Verifica-se que no Município de Dois Irmãos do Buriti – MS, a altimetria varia da ordem de 154 m a 585 m, conforme mostrado na Figura 10.

No município de Dois Irmãos do Buriti, podemos observar que 63,76% da área apresenta declividades menores que 6%, sendo considerado de fragilidade muito baixa. A segunda maior classe, com 27,44% da área, foi a de declividade de 6% a 12%, com grau de fragilidade baixa (Tabela 10). A Fragilidade média, com 6,27% ficou em terceiro lugar. A Fragilidade alta ficou com uma área de 1,57%, ou seja, entre 20% a 30%. A menor classe foi a muito baixa, com apenas 0,96%, com uma declividade maior que 30% (Figura 25).

**Figura 25** – Gráfico da distribuição da declividade por área do município de Dois Irmãos do Buriti - MS, segundo os graus de fragilidade.



Fonte: Radar SRTM, organização: Silva, A. A. M (2019).

**Tabela 10** – Quantificação das classes de declividade do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.

| <b>Classes de Declividade</b> | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Área (%)</b> | <b>Grau de Fragilidade</b> |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------------------|
| >6%                           | 1491,75                      | 63,76           | 1-Muito Baixa              |
| De 6% a 12%                   | 641,92                       | 27,44           | 2-Baixa                    |
| De 12% a 20%                  | 146,59                       | 6,27            | 3-Média                    |
| De 20 % a 30%                 | 36,79                        | 1,57            | 4-Alta                     |
| >30%                          | 22,44                        | 0,96            | 5-Muito Alta               |

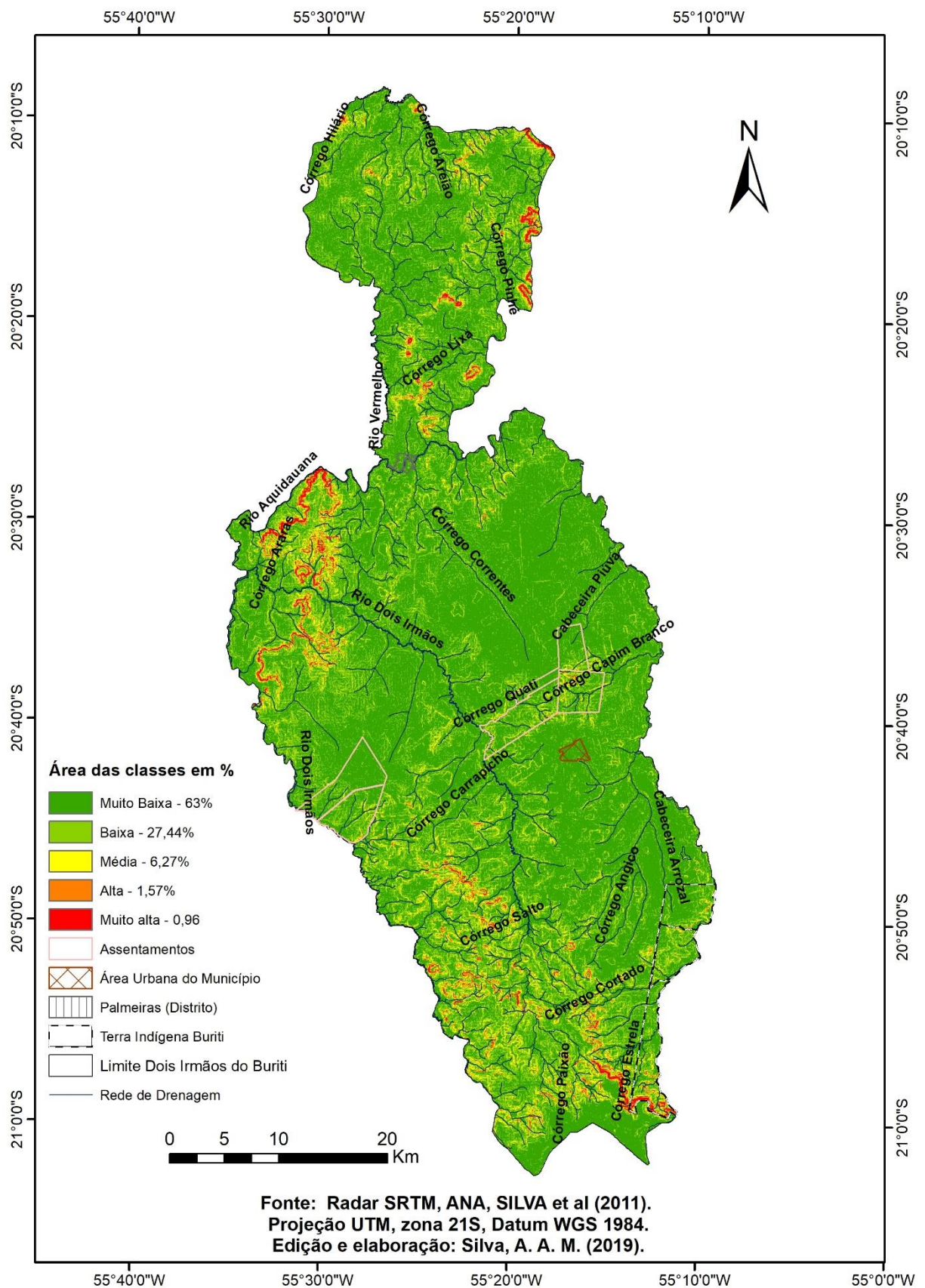
Fonte: Dados da pesquisa/Adaptado de Ross (1994).

A partir dos dados, verifica-se que na maior parte da área do município de Dois Irmãos do Buriti – MS, predominam as classes muito baixa e baixa (Figura 26), as duas classes somam 91,20% da área do município, ou seja, a maior parte do município possui relevo plano, com exceção das áreas a noroeste, próximo ao limite com os municípios de Aquidauana e Anastácio, situadas ao norte da Bacia Hidrográfica do Rio Dois Irmãos, também ao sul do município, próximo ao quilômetro 458 da BR-060 e algumas poucas áreas ao norte.

Ao comparar tais dados, com os estudos sobre fragilidade potencial e emergente, realizados próximo ao município de Dois Irmãos do Buriti, observa-se que os dados sobre a fragilidade da declividade são similares, sendo a classe muito baixa a de maior destaque. Em seu estudo sobre a Bacia Hidrográfica do Córrego Pulador em Anastácio, Navarro (2019), ao mapear a fragilidade da declividade da mesma, classificou 58,2% como muito baixa, 21,03% foi classificado como baixa, a classe média ficou com 6,15%, a classe alta com 2,15% e a classe muito alta com 2,48%.

Borges (2018), em seu estudo sobre a fragilidade ambiental e impactos erosivos na bacia hidrográfica do Rio da Prata, no Mato Grosso do Sul, também mapeou a fragilidade da declividade em sua área de estudo, chegando ao seguinte resultado: 57% foi classificada como muito baixa, 31,3% como baixa, a classe média com 8,5%, a alta com 2% e por fim, 1,2% foi classificado como muito alta.

**Figura 26** – Mapa das áreas das Classes de Declividade do município de Dois Irmãos do Buriti – MS em %.



### 5.3 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

Os dados encontrados na Tabela 11 indicam os valores encontrados em todas as estações analisadas, tais dados variam de 1152mm de precipitação mínima anual, na estação localizada em Nioaque – MS, e a máxima de 1398mm de precipitação anual, na estação localizada no município de Sidrolândia – MS, localizado ao sul do Município de Dois Irmãos do Buriti – MS.

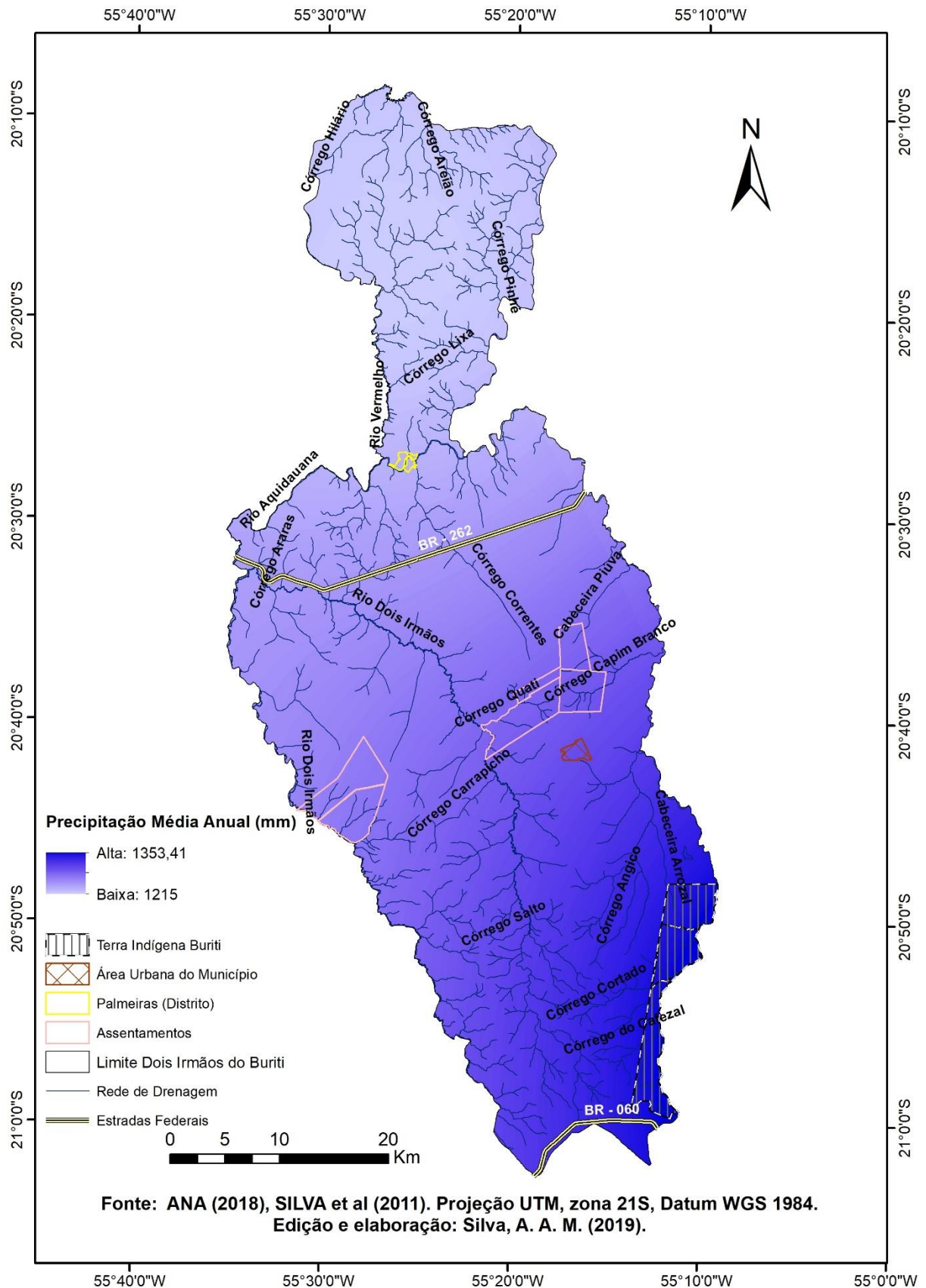
A área analisada é verifica-se que a média anual varia de 1215mm a 1353,41mm por ano (figura 27). O período chuvoso no município dura 9 meses do ano (setembro a maio), possuindo 3 meses de estiagem (junho e agosto), tais dados foram levados em conta para a elaboração da carta de intensidade pluviométrica e posterior combinação dos dados para chegar na carta de fragilidade potencial.

**Tabela 11** – Distribuição espacial das estações pluviométricas.

| Município             | Estação                       | Localização                    | Média anual (mm) |
|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------|
| Nioaque               | Nioaque (Altitude 193)        | 55°49'30,309"W, 21°9'20,693"S  | 1152             |
| Maracaju              | Maracaju (Altitude 360)       | 55°8'10,204"W, 21°37'3,731"S   | 1395             |
| Bonito                | Bonito (Altitude 390)         | 56°30'58,611"W, 21°6'54,148"S  | 1380             |
| Jardim                | Jardim (Altitude 292)         | 56°5'6,21"W, 21°27'2,822"S     | 1287             |
| Anastácio             | Estrada MS-345 (Altitude 145) | 56°5'21,364"W, 20°45'44,505"S  | 1186             |
| Dois Irmãos do Buriti | Faz. Lageado (Altitude 204)   | 55°26'40,993"W, 20°17'27,818"S | 1215             |
| Sidrolândia           | Sidrolândia (Altitude 456)    | 54°58'53,598"W, 20°57'49,695"S | 1398             |
| Campo Grande          | Vau do Balsamo (Altitude 403) | 54°30'28,555"W, 20°59'36,138"S | 1379             |
| Sidrolândia           | Capão Bonito (Altitude 408)   | 54°45'52,905"W, 21°10'34,088"S | 1293             |

Fonte: ANA, 2018.

**Figura 27** – Precipitação média anual do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.



## 5.4 FRAGILIDADE POTENCIAL

O mapa de fragilidade potencial foi obtido por meio de técnicas de álgebra de mapas incluindo as variáveis: solos, declividade, intensidade pluviométrica e áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (Figura 28).

As áreas foram agrupadas em 5 classes de fragilidade (Tabela 12), conforme a metodologia proposta por Ross (1994), foram elas: muito baixa (34,05%), baixa (34,74%), média (20,44%), Alta (6,42%) e Muito Alta (4,35%).

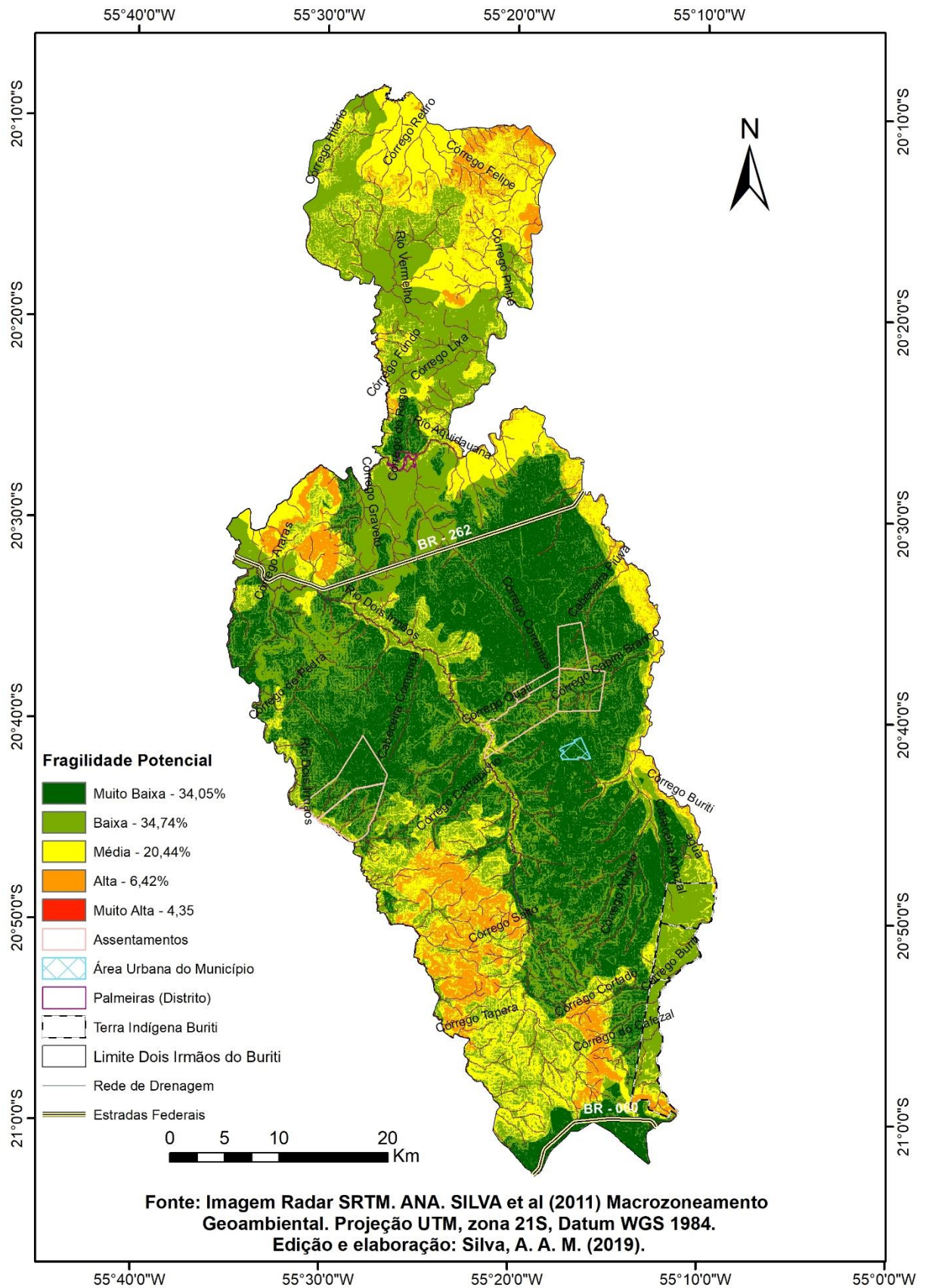
**Tabela 12** – Áreas correspondentes a Fragilidade Potencial do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.

| <b>Classes de Fragilidade Potencial</b> | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Área (%)</b> |
|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| 1 – Muito Baixa                         | 796,65                       | 34,05           |
| 2 – Baixa                               | 812,68                       | 34,74           |
| 3 – Média                               | 477,98                       | 20,44           |
| 4 – Alta                                | 150,16                       | 6,42            |
| 5 – Muito Alta                          | 101,87                       | 4,35            |

Fonte: Dados de pesquisa.

Nota-se que o maior nível de fragilidade encontrado na área é a de nível baixo, com 34,74%; seguido do nível muito baixo, com 34,05%; o terceiro maior nível de fragilidade potencial foi a média, com 20,44% da área do município. Sendo assim, essa três classes somadas equivalem a um total de 89,23% da área do município, ou seja, levando em consideração a soma de todos os fatores analisados segundo a metodologia de Ross (1994;2012) para gerar a carta de fragilidade potencial, verifica-se que a maior parte de Dois Irmãos do Buriti não possui um elevado nível de fragilidade potencial. Esse resultado, se explica, pelo solo encontrado na área, Latossolo Vermelho, cuja fragilidade é muito baixa e não possuir declividades muito acentuadas, entre 0 e 6%.

**Figura 28** – Mapa de Fragilidade Potencial do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.



Nesta perspectiva, Peixoto et al. (2018), ao mapear a fragilidade potencial do município de Ivinhema – MS, também não encontrou grandes graus de fragilidade, classificando o maior grau de fragilidade no grau Baixa, 62%, seguido da fragilidade muito baixa, com 29%, 8% com fragilidade média e 1% fragilidade alta.

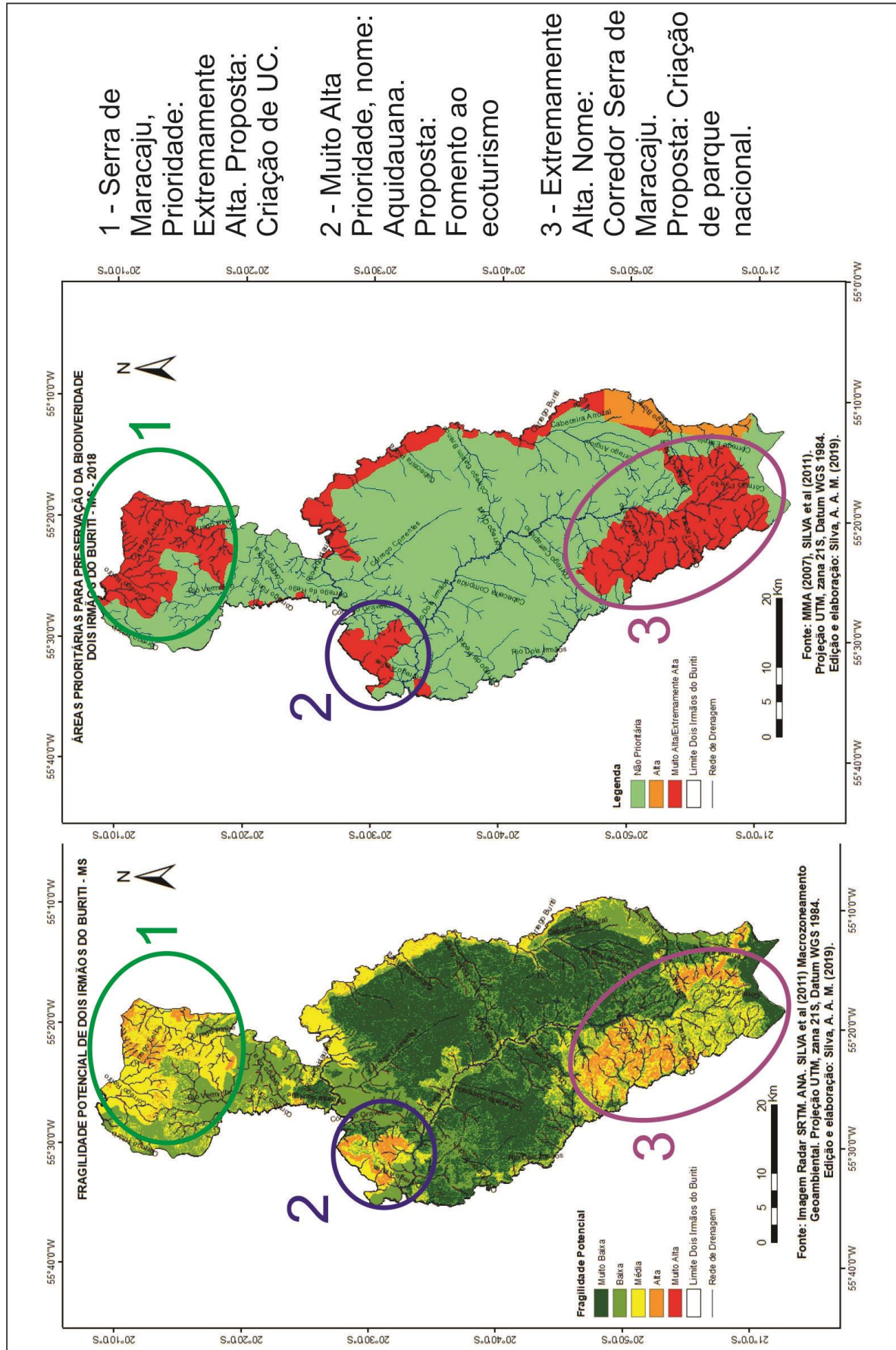
Pires, Mendonça e Bacani (2015) em seu estudo sobre o município de Aquidauana, encontrou valores diferentes, no que se refere a fragilidade potencial, sendo notável em seu trabalho a grande porcentagem da fragilidade alta, ou seja, 78,72% da área do município. A grande extensão da área classificada como de fragilidade alta se deve ao fato de nessa região está localizada a Planície do Pantanal Sul-Mato-Grossense, sendo influenciada pelas características do solo e das áreas prioritárias (Alta e extremamente alta).

Ao analisar o mapa de fragilidade potencial, observa-se que as áreas classificadas como de alta fragilidade, somando uma área de 6,42%, fazem referência às áreas classificadas como extremamente altas para a conservação da biodiversidade (BRASIL, 2007). As áreas correspondentes são: Ao norte a Serra de Maracaju, a sudeste uma região de beleza paisagística onde se considera o fomento ao ecoturismo, por fim, a sudoeste onde se situa um corredor da Serra de Maracaju, área de muitas nascentes e segundo o MMA (2007), há estudos sobre a criação de um Parque Nacional. É possível observar essas informações na figura 29.

Porém, outros fatores contribuíram para a classificação, como a alta fragilidade do solo nas mesmas regiões e a declividade acentuada.

As áreas classificadas como sendo de Muito Alta Fragilidade Potencial, 4,35% da área mapeada, basicamente correspondem às Áreas de Proteção Permanente.

**Figura 29** – Equivalência das Classes de Fragilidade Potencial e Áreas Prioritárias no município de Dois Irmãos do Buriti – MS.



## 5.5 FRAGILIDADE AMBIENTAL (EMERGENTE)

A análise da Fragilidade Ambiental (ou emergente) do Município de Dois Irmãos do Buriti foi realizada para os anos de 1998, 2008 e 2018, tendo assim um espaço temporal de 20 anos.

No ano de 1998 (Figura 30) observa-se que o grau de Fragilidade Ambiental Baixa ocupa a maior área do município, com uma área de 1130,55 km<sup>2</sup> correspondendo a 48,30% (Tabela 13).

Com uma área de 821,13km<sup>2</sup> o que equivale a 35,08%, o grau de fragilidade média ocupou a segunda maior área do município. Tal grau de fragilidade se localiza em áreas com maiores variações de relevo, entre baixa e média, possuindo as classes de solo: Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos e Gleissolo Háptico, todos com fragilidade alta, porém a fragilidade ambiental não foi alta ou muito alta por causa da cobertura vegetal e uso da terra no ano de 1998, tais áreas eram cobertas, em sua maioria por Cerrado.

A Fragilidade Muito Baixa ocupa uma área de 207,45 km<sup>2</sup>, equivalente a 8,86%, ocupadas por Cerrado ou Vegetação Ciliar, solos com baixa fragilidade e relevos planos.

Com 4,40% correspondendo a uma área de 103,14km<sup>2</sup>, a fragilidade Muito Alta foi atribuída as APPs.

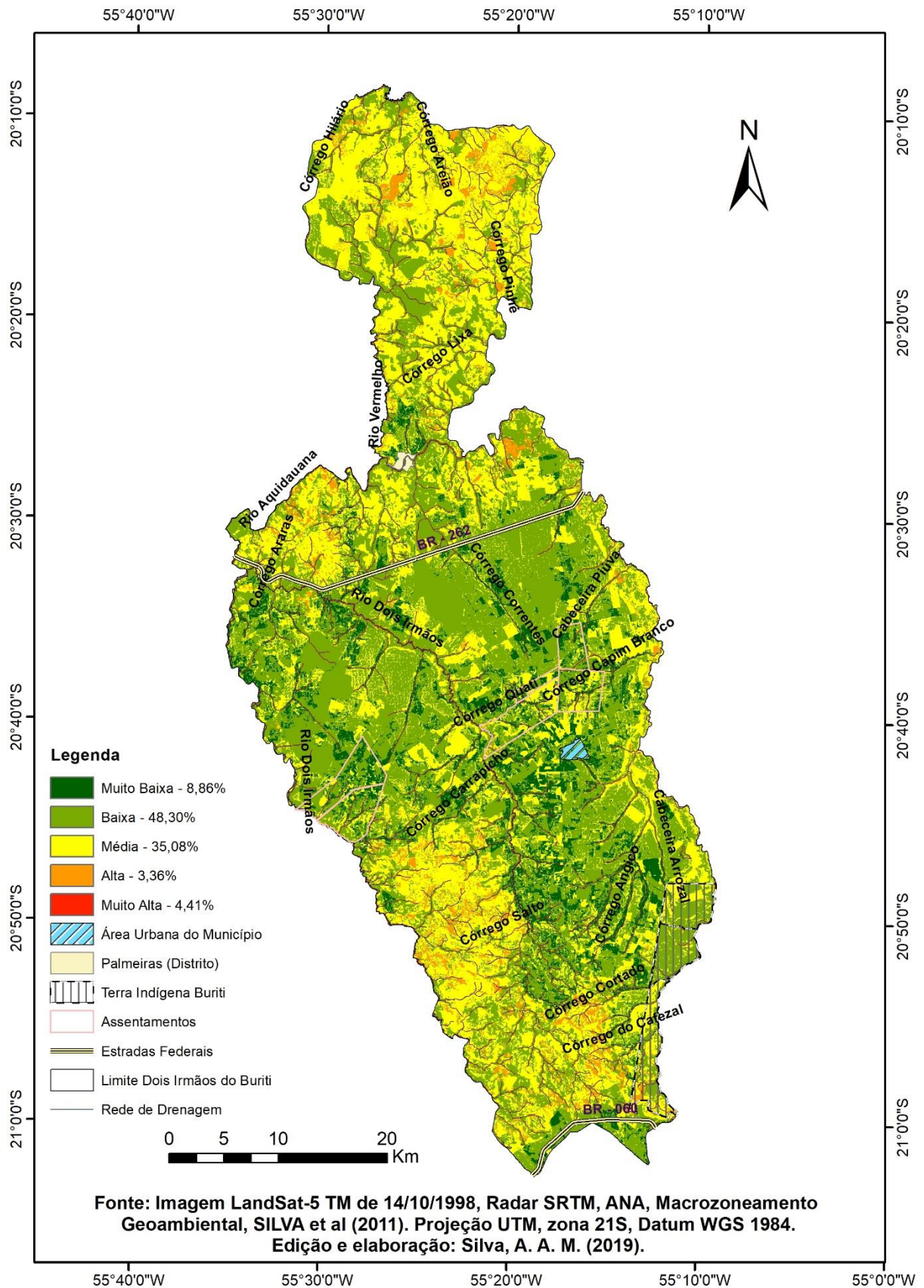
Por fim, com 3,36% e uma área de 78,58km<sup>2</sup> ficou a classe de Fragilidade Alta, associados a solos com alto grau de fragilidade, relevo acima de 30% e cobertura uso predominantemente por agricultura.

**Tabela 13** – Áreas correspondentes a Fragilidade Ambiental do município de Dois Irmãos do Buriti – MS, em 1998.

| <b>Classes de Fragilidade Ambiental</b> | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Área (%)</b> |
|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| 1 – Muito Baixa                         | 207,45                       | 8,86            |
| 2 – Baixa                               | 1130,55                      | 48,30           |
| 3 – Média                               | 821,13                       | 35,08           |
| 4 – Alta                                | 78,58                        | 3,36            |
| 5 – Muito Alta                          | 103,14                       | 4,40            |

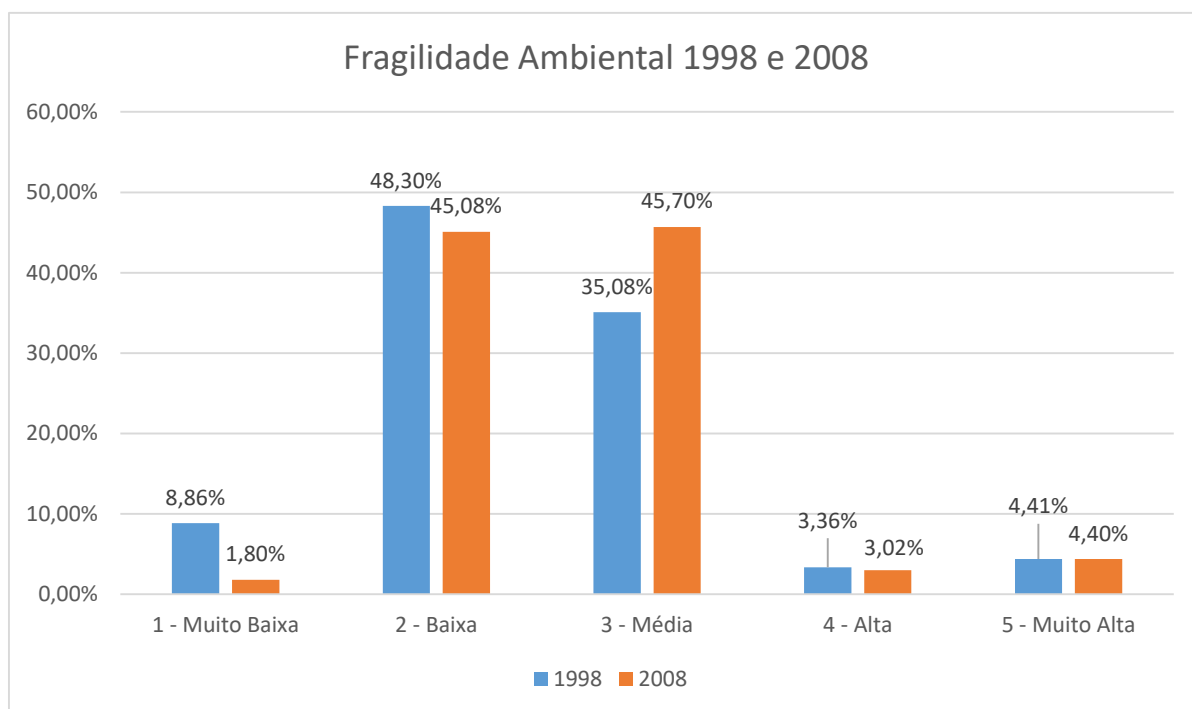
Fonte: Dados da Pesquisa

**Figura 30** – Mapa de Fragilidade Ambiental do município de Dois Irmãos do Buriti – MS – 1998.



Analisando a Fragilidade Ambiental do ano de 2008, foram obtidas as mesmas 5 classes de fragilidade (Figura 32), assim, a maior classe de fragilidade foi a de Fragilidade Média, com uma área de 1069,46 km<sup>2</sup> que equivale a 45,70% (Tabela 14). Ao compararmos com o a fragilidade de 1998, nota-se um aumento na classe de fragilidade média (Figura 31), isso se explica pelo aumento da uso do terra para pastagens, fato esse já citado no item 5.1.

**Figura 31** – Gráfico da Fragilidade Ambiental do município de Dois irmãos do Buriti – MS, dos anos 1998 e 2008.



Fonte: Silva, A. A. M. (2019).

A segunda maior classe foi a de Fragilidade Baixa, com uma área de 1055 km<sup>2</sup>, ou 45,08% do município. Sua diminuição em relação ao ano de 1998 se dá pelo mesmo motivo, o aumento de áreas destinadas à pastagem e a retirada de vegetação nativa.

A Classe de Fragilidade Ambiental Muito Alta, associada às APPs, ficou com 103,03 km<sup>2</sup> correspondendo a 4,40%. Tais áreas não sofreram alteração, pois levam em conta a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012) que prevê destinação das áreas de proteção permanentes.

Com 3,02% e uma área de 70,79 km<sup>2</sup>, foi destinada como área de Fragilidade Alta. Por fim, com 1,8% ou 42,21km<sup>2</sup> ficou a classe Muito Baixa, classe essa que teve

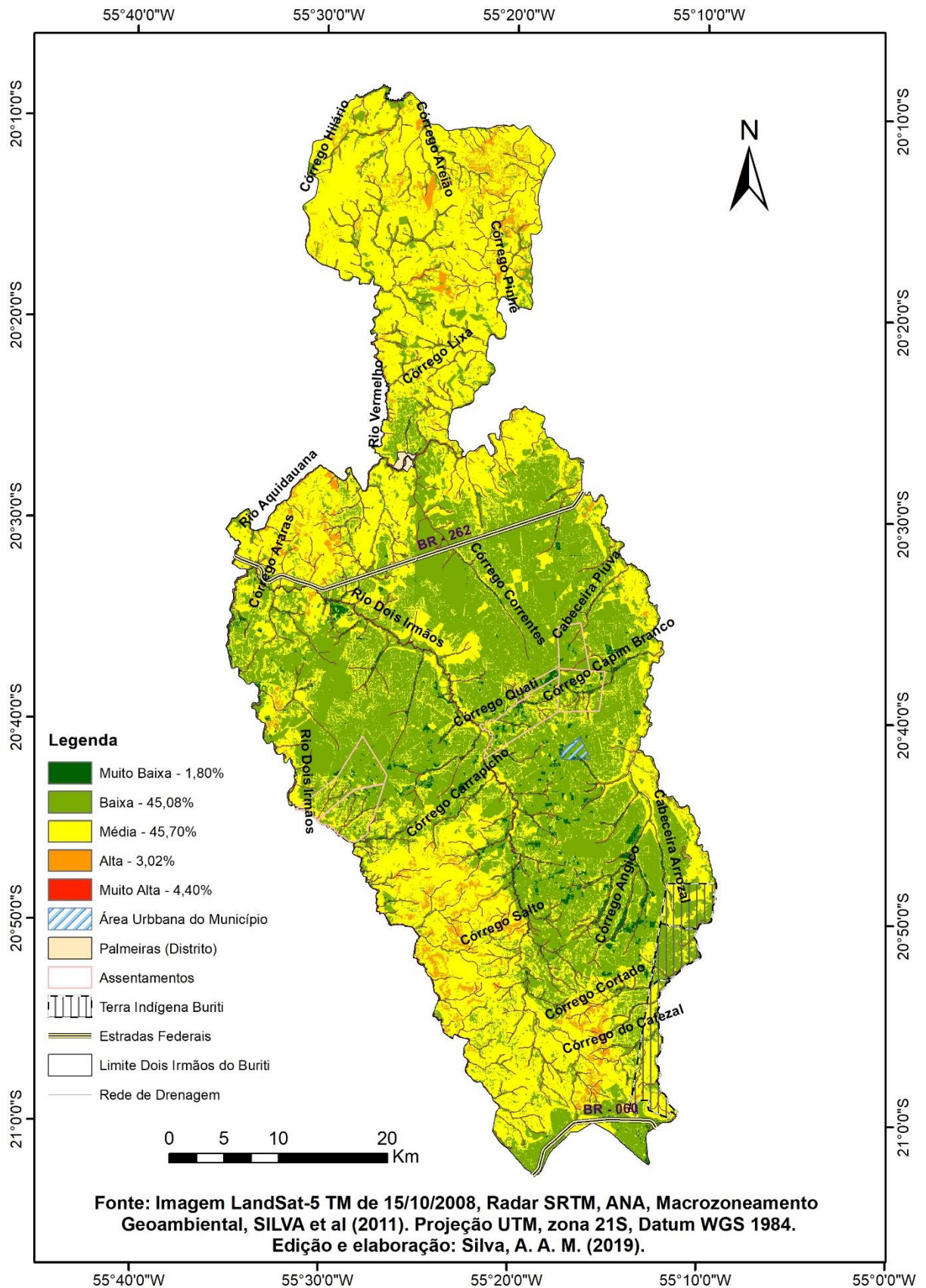
uma queda muito grande em área com relação ao ano de 1998. Tal diminuição está associada à diminuição da mata nativa para uso agrícola do solo (Figura 17).

**Tabela 14** – Áreas correspondentes a Fragilidade Ambiental em 2008.

| <b>Classes de Fragilidade Ambiental</b> | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Área (%)</b> |
|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| 1 – Muito Baixa                         | 42,21                        | 1,80            |
| 2 – Baixa                               | 1055,24                      | 45,08           |
| 3 – Média                               | 1069,46                      | 45,70           |
| 4 – Alta                                | 70,79                        | 3,02            |
| 5 – Muito Alta                          | 103,03                       | 4,40            |

Fonte: Dados da Pesquisa.

**Figura 32** – Mapa de Fragilidade Ambiental do município de Dois Irmãos do Buriti – MS – 2008.



Por meio da análise do Mapa de Fragilidade Ambiental do ano de 2018 (Figura 33), constata-se que a área de fragilidade considerada baixa, ocupando uma área de 1101,34 km<sup>2</sup> e 47,09%, foi a maior classe (Tabela 15), obtendo um crescimento de dois pontos percentuais quando comparado com 2008.

A segunda maior classe foi a de Fragilidade Ambiental Média, com 993,87 km<sup>2</sup> e 42,49% da área do município, tal classe obteve um pequeno declínio quando comprado ao ano de 2008, com 3 pontos percentuais.

A classe considerada de Fragilidade Muito Alta, que está associada às APPs, praticamente manteve os mesmos números nas três datas analisadas, em 2018 ficou com 4,35% da área do município, o que equivale a 101,83 km<sup>2</sup>.

A classe de Fragilidade Muito Baixa aumentou nos últimos 10 anos, passou de 1,8% em 2008 para 3,69% em 2018. A classe Alta ocupou uma área de 2,38%, 55,61km<sup>2</sup>, sendo a menor classe do ano analisado.

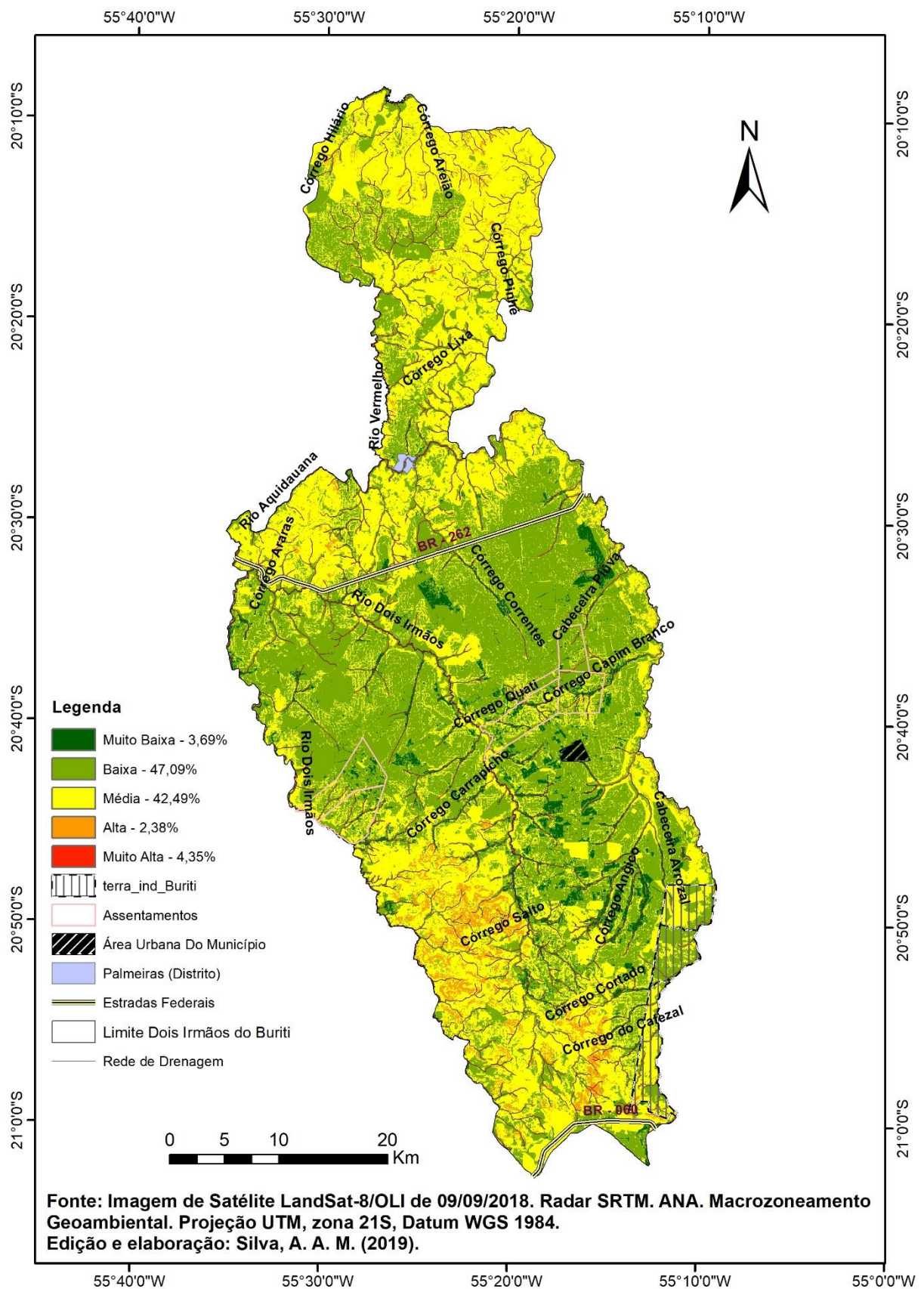
Ao vermos os dados da Tabela 15, verificamos que 93,27% do município tem um nível de fragilidade ambiental de muito baixa a média, no ano de 2018. E que apenas 6,73% é considerado como de fragilidade entre alta e muito alta. Entre as variáveis destaca-se para esse resultado o relevo, 63,76% do município com declividade entre 0 e 6%, o solo, em sua maioria de baixa fragilidade e a cobertura vegetal, em sua maioria pastagem, que embora seja uma cobertura antrópica não possui uma fragilidade elevada.

**Tabela 15** – Áreas correspondentes a Fragilidade Ambiental em 2018.

| <b>Classes de Fragilidade Ambiental</b> | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Área (%)</b> |
|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| 1 – Muito Baixa                         | 86,36                        | 3,69            |
| 2 – Baixa                               | 1101,34                      | 47,09           |
| 3 – Média                               | 993,87                       | 42,49           |
| 4 – Alta                                | 55,61                        | 2,38            |
| 5 – Muito Alta                          | 101,83                       | 4,35            |

Fonte: Dados da Pesquisa.

**Figura 33** – Mapa de Fragilidade Ambiental do município de Dois Irmãos do Buriti – MS – 2018.



Na Figura 34 verifica-se a variação dos valores em porcentagem das classes de fragilidade ambiental do município de Dois Irmãos do Buriti – MS, dos anos de 1998, 2008 e 2018.

Analisando os dados dos três anos, nota-se que a fragilidade ambiental muito baixa apresentou uma variação no período de 20 anos, no ano de 1998 representava 8,86% da área, diminuiu no ano de 2008 representando 1,8% da área de estudo, em 2018 aumentou para 3,69%. Tal fato, ocorreu devido a retirada da vegetação natural para uso antrópico, os dados podem ser associados com a redução de vegetação ciliar dos anos analisados.

A classe de fragilidade classificada como baixa também sofreu variações, representava 48,30% em 1998, caiu para 45,08% em 2008 e subiu no ano de 2018 para 47,09%. Também, influenciado pela troca de vegetação natural, para uso antrópico, associado as mudanças econômicas ocorridas no município nos últimos 20 anos, quando o município fez uma transição para a criação de bovinos, aumentando por assim, o plantio de pastagens.

A classe de fragilidade ambiental média em 1998 representava uma área equivalente a 35,08%, aumentou consideravelmente em 2008 para 45,69% e regrediu para 42,49% no ano de 2018. Tal acontecimento, se deu, pois, houve um aumento significativo na pastagem nos últimos anos, aumentando de 33,24% em 1998 para 54,79% em 2018. O uso da terra como pastagem para criação de gado foi incentivada pela inauguração do frigorífico no município em 2010 e da organização da Cooperativa de Produtores de Leite – COOPERDIB (ACRISUL, 2018).

As áreas classificadas como sendo de alta fragilidade ambiental e a muito alta não variaram muito durante as três datas analisadas. A Alta representava um total de 3,36% em 1998, foi para 3,02% no ano de 2008 e para 2,38% em 2018. A classe considerada de Muito Alta fragilidade ficou praticamente restrita as APPs variando entre 4,41% no ano de 1998, 4,40% no ano de 2018 e 4,35% no ano de 2018.

A redução da classe de alta fragilidade se deve ao fato de uma pequena recuperação da Mata Ciliar, nos últimos 10 anos e a substituição da agricultura temporária em áreas de fragilidade potencial alta, por pastagem. Essas melhorias, também coincidem com a criação da Lei Complementar nº 05/2009, de 27 de Janeiro de 2009, que dispõe sobre a Política Municipal de Meio Ambiente, que em seu art.

4º, inciso I, versa sobre o incentivo à adoção de hábitos, costumes, posturas e práticas sociais e econômicas não prejudiciais ao meio ambiente, dentre outros interesses municipais. Também foi criado, com essa lei, o Conselho Municipal de Meio Ambiente, que dentre outras funções deve estabelecer normas, padrões, critérios e parâmetros de qualidade ambiental, realizar o zoneamento ambiental e o licenciamento e revisão de atividades potencialmente poluidoras (DOIS IRMÃOS DO BURITI, 2009).

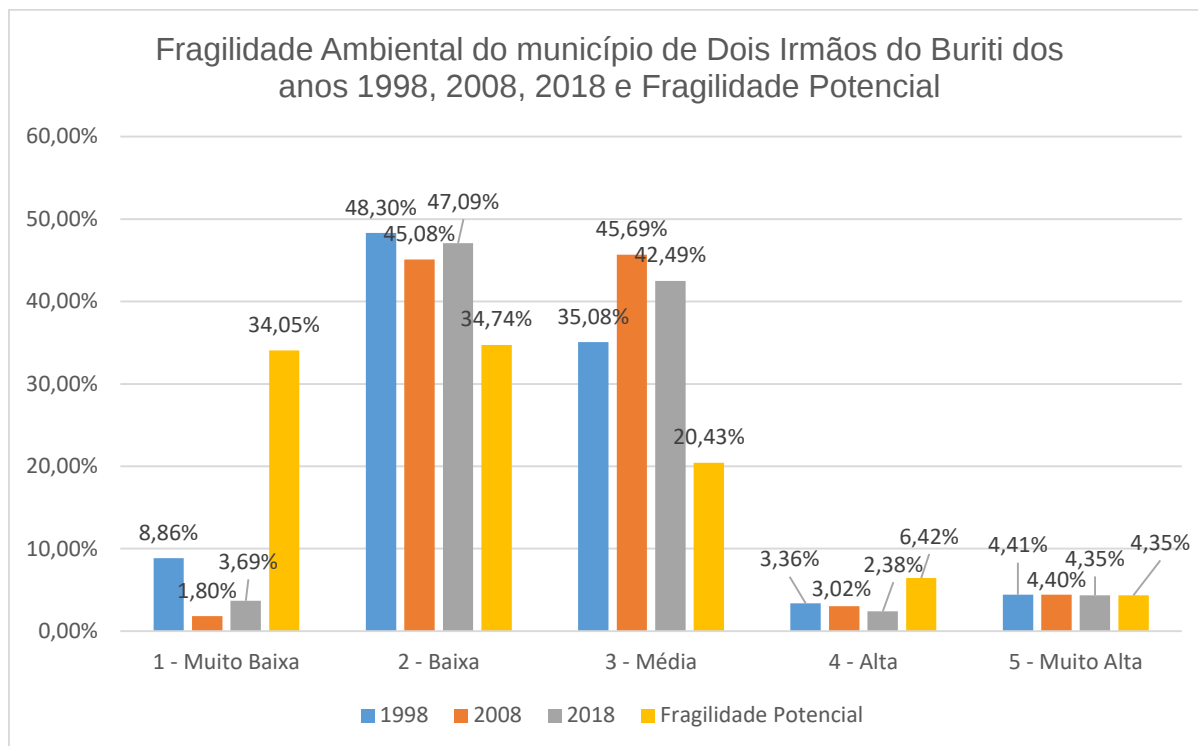
Para fins de comparação e análise dos resultados, é importante citar outros trabalhos com a temática abordando fragilidade ambiental no Estado de Mato Grosso do Sul. Em sua dissertação de mestrado, Borges (2018), analisou a fragilidade ambiental e impactos erosivos na Bacia Hidrográfica do rio da Prata, Mato Grosso do Sul. Em seus resultados, constata-se que sua área de estudo também não possui grandes níveis de fragilidade, sendo predominante a fragilidade ambiental média, com 63,08% no último ano mapeado.

Navarro (2019), Diagnosticou a fragilidade ambiental como subsídio para o planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Pulador em Anastácio – MS. Utilizando a metodologia de Ross (1994), analisou a área de estudo em três datas distintas, 1984, 2000 e 2017. A classe com maior destaque também foi a média, abrangendo 68,02% da área da bacia no ano de 2017.

Em sua dissertação de mestrado pela Universidade Federal da Grande Dourados, Gonçalves (2010) propôs procedimentos metodológicos para a determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. Foi proposto nesse trabalho o mapeamento da fragilidade potencial e ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados – MS, utilizando uma adaptação da metodologia proposta por Ross (1994). A maior classe de fragilidade ambiental, no estudo em questão, foi a baixa, ocupando 67,7% da Bacia analisada.

Desta forma, os resultados do estudo da fragilidade ambiental no município de Dois irmãos do Buriti- MS, corrobora e agrega aos outros estudos realizados no Mato Grosso do Sul, pois, assim como os estudos citados, a maior porcentagem da área de estudo está classificada com fragilidade baixa e média. Tendo também como fator predominante o uso da terra como pastagem e declividades pouco acentuadas.

**Figura 34** – Gráfico de Fragilidade Ambiental do município de Dois Irmãos do Buriti – MS, dos anos de 1998, 2008 e 2018 e Comparação das Classes.



Fonte: Silva, A. A. M. (2019).

### 5.5.1 – Análise da Fragilidade Ambiental e Erosão de Solo.

Com os pontos convertidos de KML (formato do Google Earth) para *shapefile*, foi possível fazer a sobreposição dos mesmos sobre os mapas de fragilidade ambiental, e suas variáveis, para assim, analisar a dinâmica que pode ter lavado ao processo erosivo. Todos os pontos sobrepostos ao mapa de uso da terra pode ser observado na figura 35.

**Figura 35** – Distribuição dos Pontos de Erosão e Uso da Terra no município de Dois Irmãos do Buriti – MS.

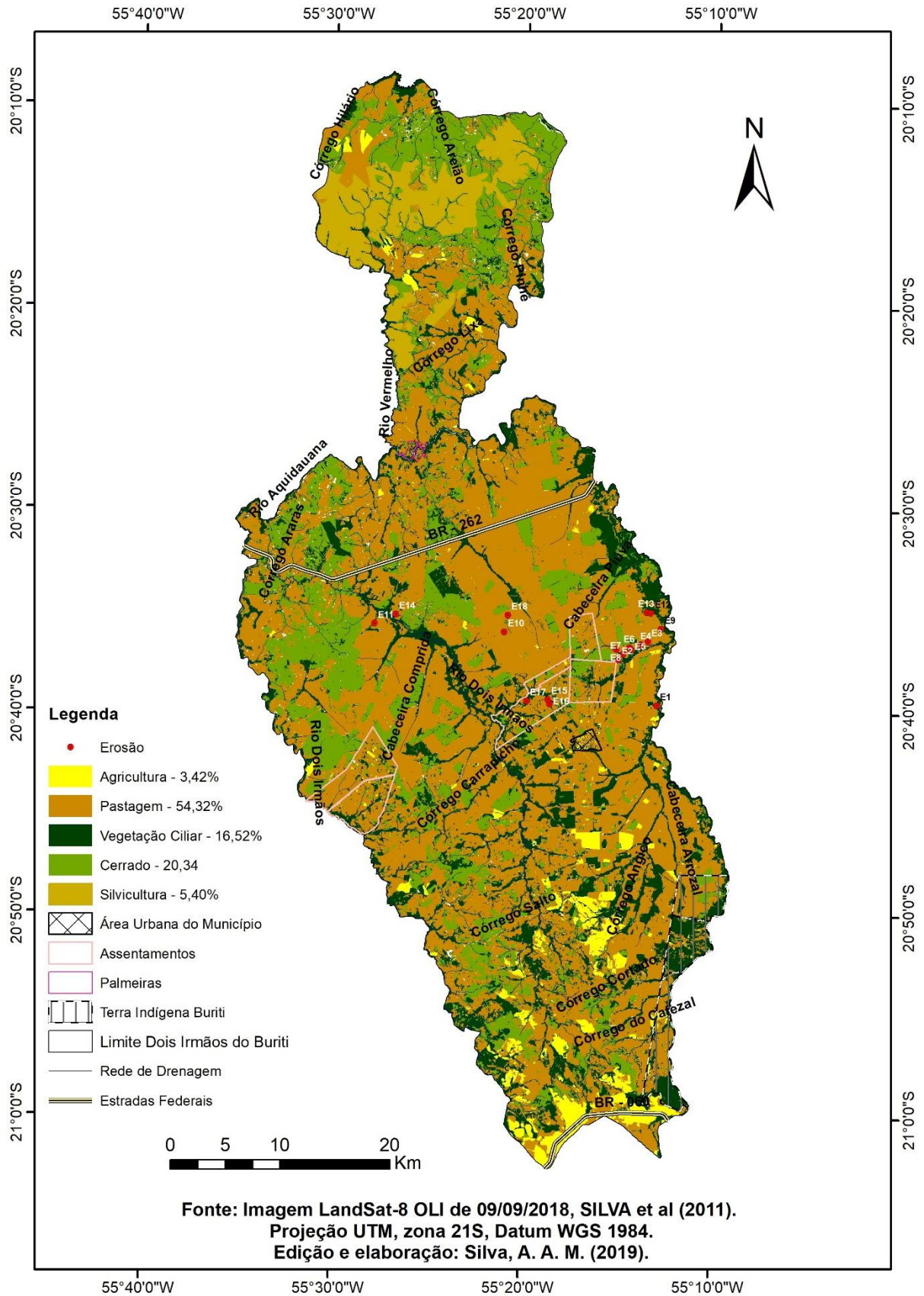


Tabela 16 – Localização dos pontos de erosão de solo.

| Ponto | Localização                  |
|-------|------------------------------|
| P1    | 20°39'38.60"S, 55°12'59.52"O |
| P2    | 20°37'23.05"S, 55°15'2.02"O  |
| P3    | 20°36'29.13"S, 55°13'28.77"O |
| P4    | 20°36'38.53"S, 55°13'51.28"O |
| P5    | 20°36'53.20"S, 55°14'20.95"O |
| P6    | 20°36'47.90"S, 55°14'27.16"O |
| P7    | 20°37'6.24"S, 55°14'46.36"O  |
| P8    | 20°36'52.77"S, 55°15'7.58"O  |
| P9    | 20°35'51.35"S, 55°12'48.35"O |
| P10   | 20°36'4.67"S, 55°21'1.44"O   |
| P11   | 20°35'41.80"S, 55°27'50.60"O |
| P12   | 20°35'4.78"S, 55°13'19.90"O  |
| P13   | 20°35'2.44"S, 55°13'32.81"O  |
| P14   | 20°35'14.44"S, 55°26'43.98"O |
| P15   | 20°39'23.87"S, 55°18'42.79"O |
| P16   | 20°39'37.05"S, 55°18'37.08"O |
| P17   | 20°35'14.97"S, 55°20'50.34"O |
| P18   | 20°33'50.94"S, 55°30'30.62"O |

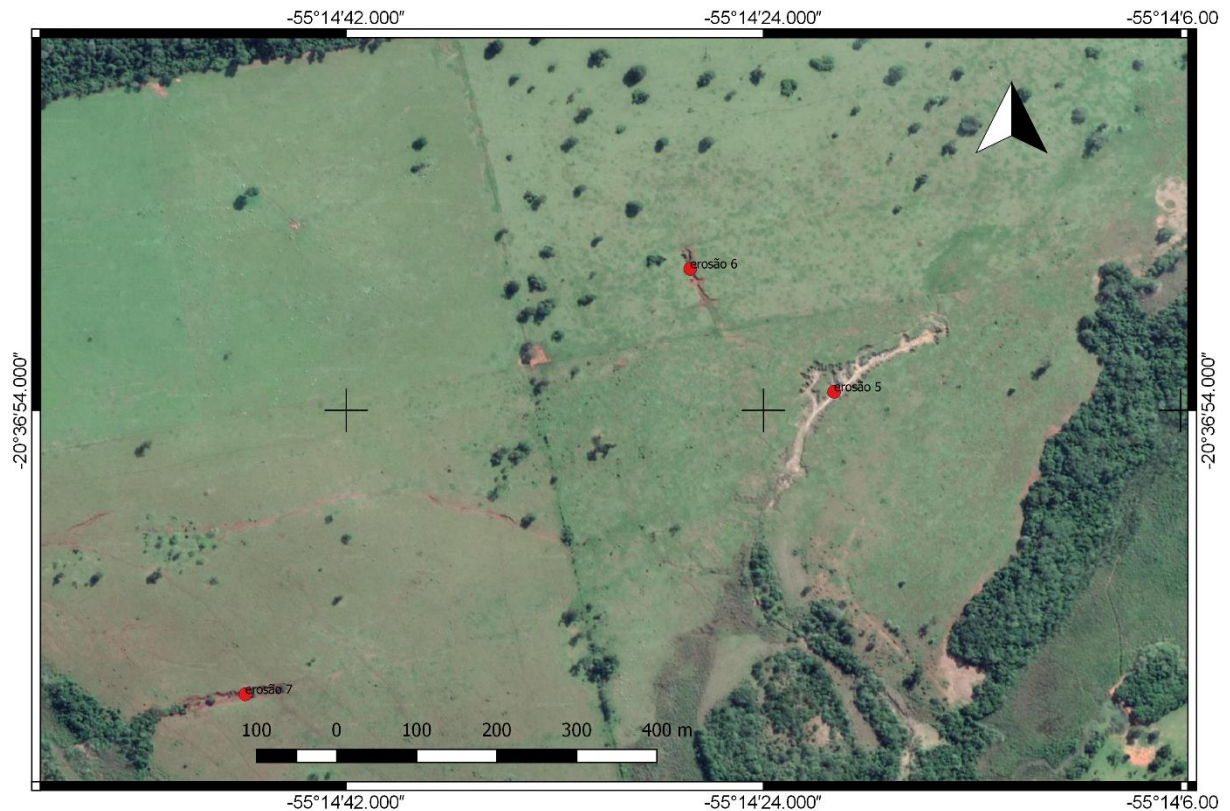
Fonte: Silva, A. A. S. (2019)

As erosões 15, 16 e 17 encontram-se no assentamento Santa Amélia, sendo que, o 15 e 16 começaram em açudes, construídos como áreas de empréstimo para a pavimentação da MS-162, em locais de pastagem, com latossolo vermelho e declividade média. As três erosões citadas estão localizadas na sub-bacia do Córrego Quati que é tributário do Rio Dois Irmãos.

Nota-se que 10 dos 18 pontos (Figura 39), estão concentrados em uma pequena região a leste do município, próximo ao Córrego Capim Branco. Tal localidade, onde os pontos se concentram, não possui uma declividade muito acentuada, possui Latossolo e/ou Argisolo o uso da terra é por pastagem plantada. Outro fato que chama a atenção é que possui uma fragilidade ambiental média ou baixa (Figura 40). Sendo assim, uma possibilidade para ocorrer a erosão de solo nessa localidade é a falta de manejo do solo adequada. Ao observar as imagens históricas do Google, nota-se que tais erosões estão presentes há mais de 10 anos. No campo, percebe-se também que em muitos pontos os produtores rurais não utilizam técnicas de conservação do solo e dos recursos d'água.

Na figura 36 verifica-se a localização das erosões 5, 6, e 7, que estão na mesma propriedade, próximo ao Córrego Capim Branco.

**Figura 36** – Pontos de Erosão 5, 6, e 7 do município de Dois Irmãos do Buriti – MS

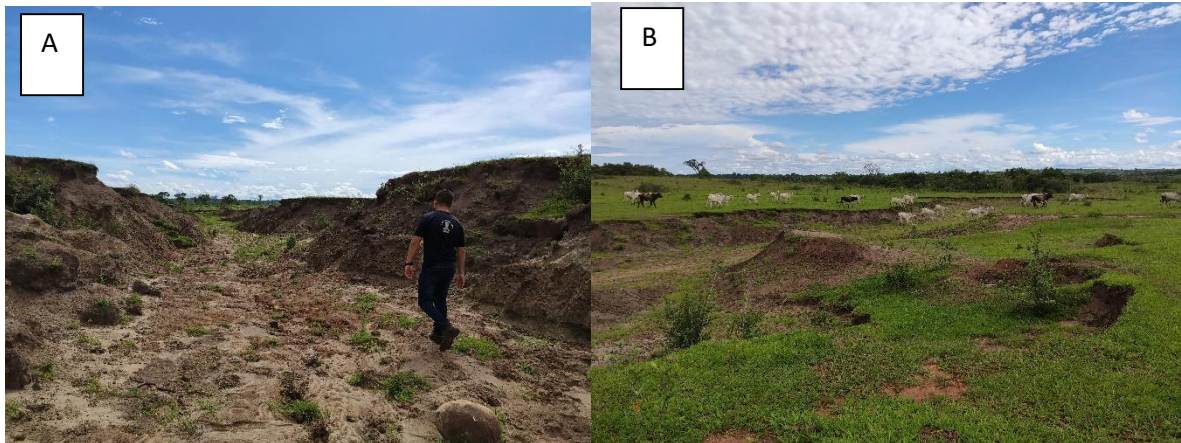


Fonte: Imagem Google Earth.

Na figura 37 (A) constata-se a extensão e profundidade de erosão de solo na região leste do município de Dois Irmãos do Buriti - MS. Ao verificar o local da erosão, comparando com a classe de solo obtida pelo Macrozoneamento Geoambiental (1989), nota-se que há outra classe de solo no local, trata-se do Argissolo, que por sua vez é mais suscetível à erosão, Ross (1994,2012) atribui o peso 3 a tal classe de solo, ou seja, tem um grau médio de fragilidade, diferente do Latossolo, que possui um grau de fragilidade muito baixa.

Na erosão 5 (figura 37 – B) observar-se que o local da erosão tem o livre acesso para o rebanho bovino, isso mostra o desconhecimento, por parte dos proprietários, de práticas de conservação e manejo do solo.

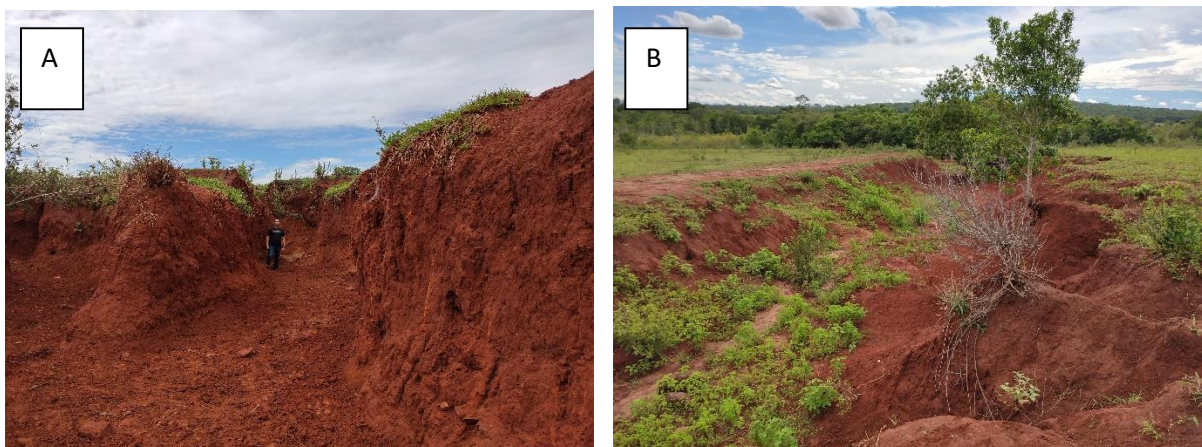
**Figura 37** – Trabalho de Campo, Erosão 5.



Fonte: Silva, A. A. M. (2019). Trabalho de Campo – Janeiro, 2019.

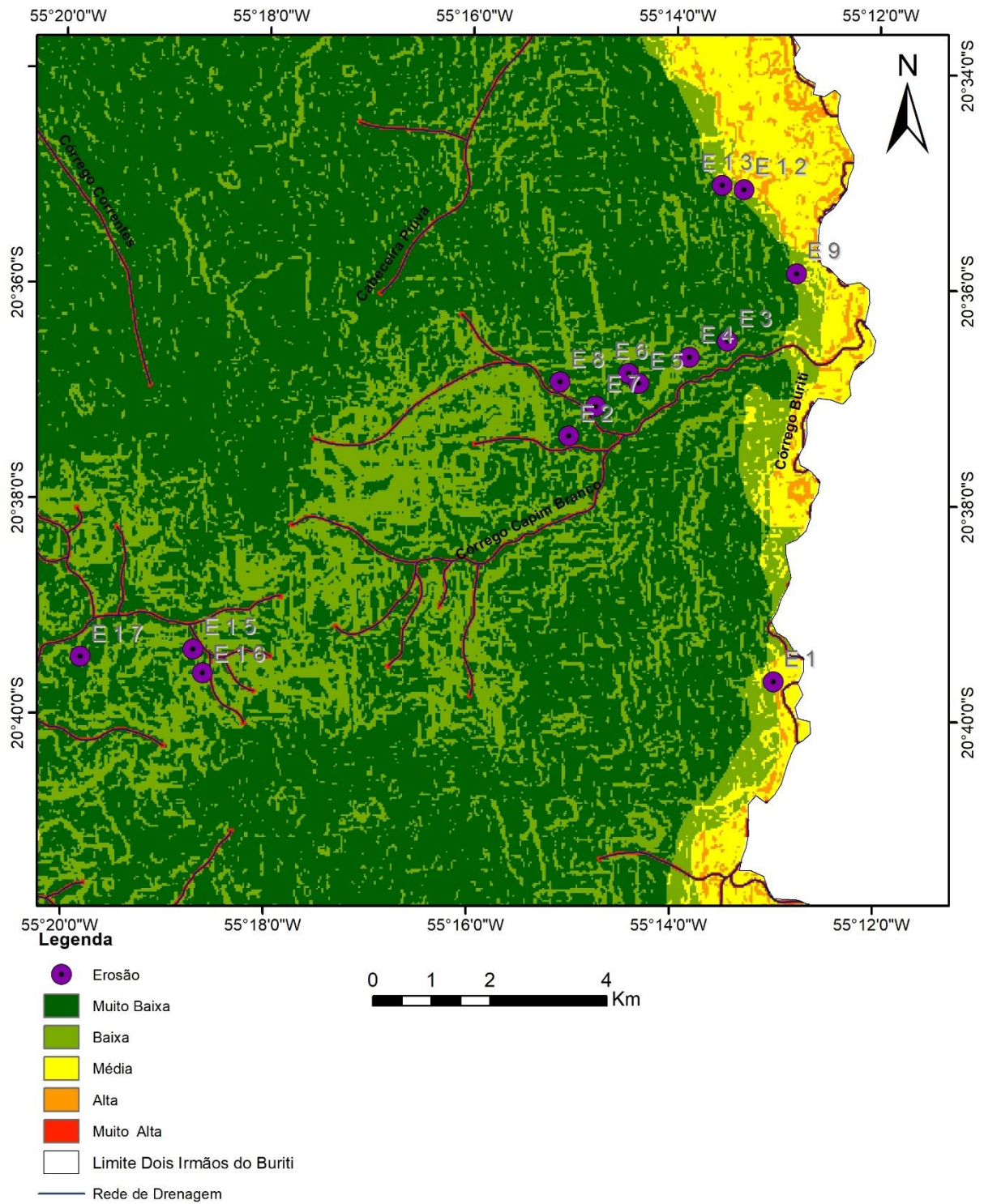
A figura 38 (A) mostra a erosão 6, tal erosão se encontra na mesma propriedade, é interessante observar a diferença dos solos entre a erosão 5 e 6, muito próximas uma da outra, apenas 160 m. Existem dois tipos de solos na mesma propriedade, latossolo vermelho, na erosão 6 e 7, e argissolo vermelho-amarelo. Porém o início do processo erosivo pode ter sido o mesmo, o pisoteio do gado abriu um caminho preferencial para as águas, dando ignição ao processo. A 650 metros a oeste da erosão 5, está a erosão 7, ilustrada na figura 38 – B, foi observado nessa erosão que o rebanho bovino a usa como caminho para chegar ao Córrego Capim Branco, para dessedentação.

**Figura 38** – Trabalho de Campo, Erosão 6 e 7



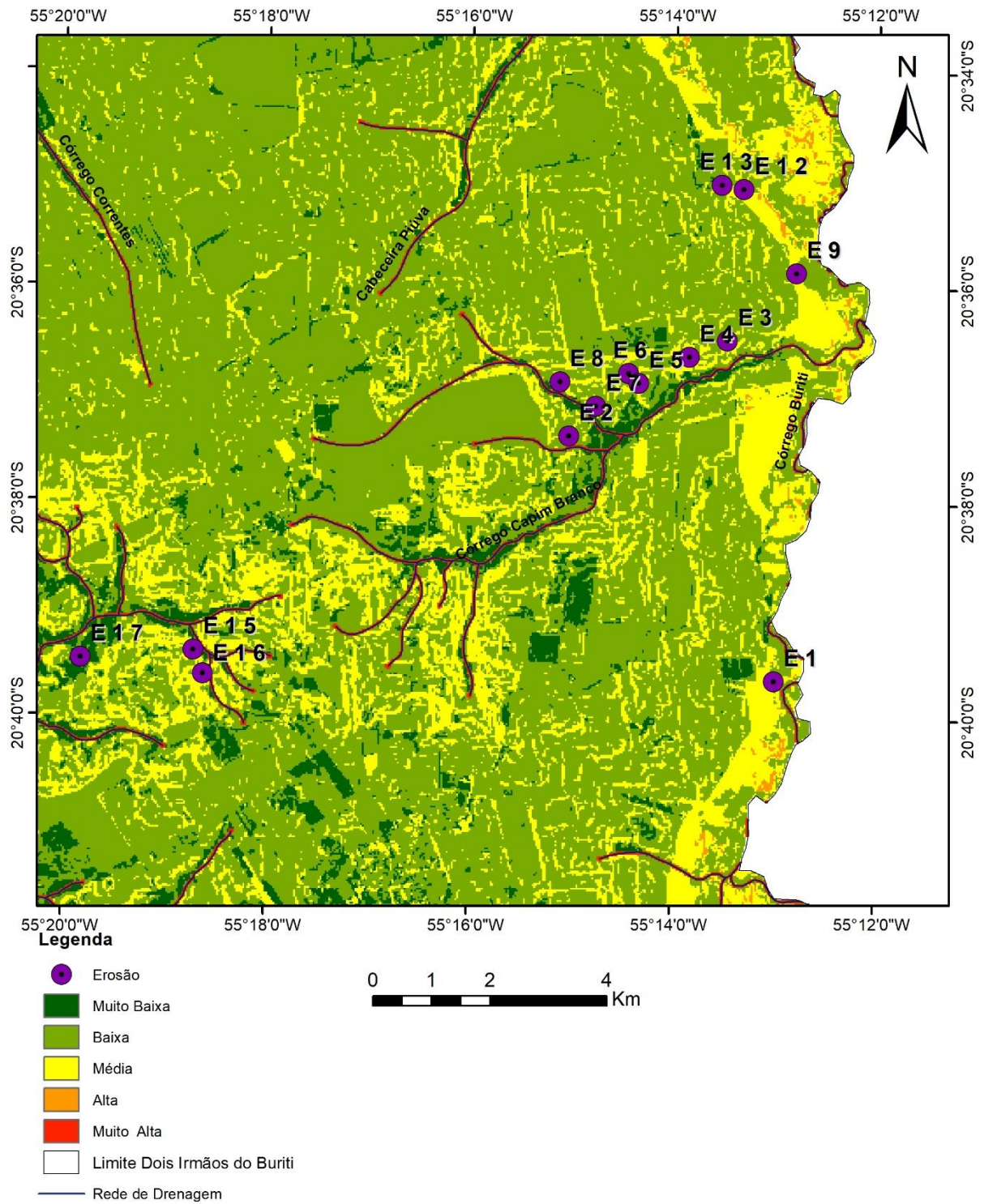
Fonte: Silva, A. A. M. (2019). Trabalho de Campo – Janeiro, 2019.

**Figura 39** – Relação da Fragilidade Potencial e erosão de solo do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.



Fonte: Radar SRTM. ANA. Macrozoneamento Geoambiental (1989). Projeção UTM, zona 21S, Datum WGS 1984.  
Edição e elaboração: Silva, A. A. M. (2019).

**Figura 40** – Relação da Fragilidade Ambiental e erosão de solo do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.



Fonte: Radar SRTM. ANA. Macrozoneamento Geoambiental (1989). Projeção UTM, zona 21S, Datum WGS 1984. Edição e elaboração: Silva, A. A. M. (2019).

## 5.6 - Validação do Mapeamento de Uso de Terra e Cobertura Vegetal

Os mapas de uso da terra do município de Dois irmãos do Buriti- MS, dos anos de 1998, 2008 e 2018 passaram por um processo de validação estatística, para isso foi utilizado o Índice Kappa. O mapa de 1998 obteve um valor de 0.99 de concordância e uma acurácia global de 95,13%. No ano de 2008, foi obtido um resultado de 0,91 do coeficiente Kappa e uma acurácia global de 99,93%. E no ano de 2018, o índice Kappa foi de 0.99 e uma acurácia global de 99,98%, sendo assim, os mapas foram avaliados como excelentes.

A tabela 17, apresenta a acurácia de produtor (A.P) que se refere a probabilidade de um pixel de referência ter sido corretamente classificado. Também será mostrado a acurácia de usuário (A.U) que indica a probabilidade que um pixel classificado na imagem representar corretamente e mesma categoria no campo (CATTANI et. al., 2013).

**Tabela 17** – Avaliação da precisão da classificação do uso da terra.

| <b>Ano</b>             | <b>1998</b>     |                | <b>2008</b>     |                 | <b>2018</b>     |                |
|------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| <b>Classes</b>         | <b>A.P (%)</b>  | <b>A.U (%)</b> | <b>A. P (%)</b> | <b>A. U (%)</b> | <b>A. P (%)</b> | <b>A.U (%)</b> |
| Agricultura            | 99,74           | 99,84          | 89,21           | 76.17           | 99,96           | 100            |
| Pastagem               | 99,98           | 100            | 96,35           | 99,47           | 100             | 99,97          |
| Mata Ciliar            | 99,76           | 99,77          | 81,92           | 42,09           | 100             | 100            |
| Savana Cerrado         | 99.99           | 99.95          | 95,41           | 9863            | 100             | 100            |
| <b>Índice Kappa</b>    | <b>0.9993</b>   |                | <b>0.9134</b>   |                 | <b>0.9998</b>   |                |
| <b>Acurácia Global</b> | <b>99.9562%</b> |                | <b>95.1339%</b> |                 | <b>99.9888%</b> |                |

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Conclui-se que, considerando apenas variáveis do meio físico-natural, o Município de Dois Irmãos do Buriti – MS tem uma fragilidade potencial predominante entre muito baixa e média, totalizando 89,23% de seu território. A fragilidade ambiental muito baixa foi a maior classe mapeada com 34,74% da área, situada em uma região com relevo plano, (declividades entre 0 e 6%), são as áreas mais utilizadas para a pecuária e plantio de eucalipto, o que reflete diretamente na fragilidade ambiental.

Quanto à análise da fragilidade ambiental dos anos de 1998, 2008 e 2018, notou-se uma variação entre as classes que evidenciam uma antropização do uso da terra nos últimos 20 anos, principalmente pelo plantio de pasto para a criação de bovinos, a agricultura sendo introduzida de maneira mecanizada no sul do município, com o plantio da soja, próximo ao limite com Sidrolândia – MS, próximo a BR-060.

Apesar do município se manter com mais de 50% de classes de fragilidade baixa e muito baixa no ano de 2018, e somado com a média chega-se ao total de 93,27%, se comparado ao ano de 1998, houve uma queda das classes de fragilidade muito baixa e baixa.

O município não tem altos níveis de fragilidade ambiental alta e muito alta, por causa do seu solo, em sua maioria Latossolos, baixas declividades e o uso da terra em sua maioria com pastagem, com fragilidade média entre outros usos, com menor fragilidade como o eucalipto.

Ao analisar as erosões de solo encontradas no município e conclui-se que as causas são o manejo inadequado do solo e dos recursos hídricos, pois salvo algumas exceções, a maioria das erosões se davam em áreas que não tinham um relevo muito inclinado e com uma fragilidade de solo e de cobertura vegetal baixa. Tais erosões, causam um prejuízo muito grande, tanto econômico como ao meio ambiente.

Desta perspectiva, para prevenir e mitigar a erosão do solo, é interessante que o poder público invista em técnicas disponíveis e comprovadas, junto aos agricultores, para o manejo e conservação do mesmo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). Pode-se pontuar como técnicas recomendadas:

- Cursos de práticas de manejo do solo;

- Ações e subsídios para o terraceamento de propriedades rurais, para evitar dardas excessivas de solo por meio do escoamento superficial;
- Cercar áreas erodidas, para isola-la e evitar o pisoteio dos bovinos;
- Preparo do solo para plantio em nível;
- Distribuição adequada dos caminhos.

Sendo o município de Dois Irmãos do Buriti – MS um município localizado na região central do Estado de Mato Grosso do Sul, próximo a capital, assume um papel de importância estratégica no estado, tanto na criação de gado, que é uma atividade econômica importante para o município, e do plantio de soja e eucalipto. Sendo assim, recomendo o que sejam levados em consideração os fatores de solo, relevo, cobertura vegetal, recursos hídricos, entre outros, para o planejamento e uso estratégico de políticas públicas.

Os assentamentos do município também possuem um papel importante na dinâmica do município, que se torna ainda mais plural por conta das aldeias localizadas em seu limite político administrativo. Tais assentamentos, devem ser observados e lavados em conta no planejamento territorial do município e nos planos de desenvolvimento, pois é a agricultura familiar é de suma importância para a alimentação do brasileiro.

Outro setor que tem muito potencial e carece de investimentos e atenção é o turismo, visto o grande potencial que o município tem, principalmente o ecoturismo na região de Palmeiras, pois tem uma beleza cênica de alto nível e pode gerar renda para a população e para o município e atrair investimentos. Para tal, seria interessante a reforma e reativação do Balneário Municipal que se localiza em Palmeira, nas margens do Rio Aquidauana.

Desse modo, um município com uma dinâmica tão rural, belezas paisagísticas e diverso, deve levar em conta os dados de fragilidades potenciais e ambientais para o planejamento e manejo do solo, pois assim, é possível produzir sem prejuízo ao meio ambiente.

Recomenda-se aos gestores uma atenção especial para as áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, áreas que podem ser destinadas a criação de UC, como a Serra de Maracaju ao norte, e outra área localizada a sudoeste do município que serve de corredor para a Serra de Maracaju e área de recarga de

Aquíferos, tais áreas são estratégicas tanto para o fomento ao turismo, como para a manutenção da biodiversidade do cerrado.

O mapeamento de Fragilidade Potencial e Ambiental foi de grande importância para a compreensão da dinâmica da área em análise, pois com os graus de fragilidades estabelecidos é possível um planejamento por parte dos gestores de forma estratégica. Analisou-se uma grande área de interesse, ou seja, toda área do município, utilizando as geotecnologias e com economia de tempo e recursos. Por fim, a pesquisa pode ser usada como subsídio para o planejamento territorial e pode ser o ponto de partida para o avanço do conhecimento da região e outras pesquisas.

## REFERÊNCIAS

ACRISSUL. **Associação dos Criadores de Mato Grosso do Sul**. 2018. Disponível em: <http://www.acrissul.com.br/noticias/ver/13743/entrepasto-de-pescado-em-dois-irmaos-do-buriti-garante-diversificacao-da-economia>. Acesso em 10 nov. 2019.

AGRAER. Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão e Rural. /Agraer promove dia de campo sobre reforma de pastagem em Dois Irmãos do Buriti/. 2019. Disponível em <<http://www.agraer.ms.gov.br/agraer-promove-dia-de-campo-sobre-reforma-de-pastagem-em-dois-irmaos-do-buriti/>> Acesso em: 13 out 2019.

ANA. Agência Nacional de Água. **Precipitação pluviométrica**. 2018. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/>. Acesso em: 15 dez. 2018.

BAATZ, M.; BENS, U. DEHGhani, S.; HEYNEM, M.; HOLTJE, A.; HOFMANM, P.; LINGENFELDER, I.; MIMLER, M.; SOHLBACH, M.; WEBER, M.; WILLHAUCK, G. Ecognition 4 user guide. Definiens Imaging. Germany. 2004. 486p. Disponível em: [www.defeniens-amaging.com](http://www.defeniens-amaging.com). Acesso em 20/08/2019.

BACANI, V. M. **Geotecnologias aplicadas ao ordenamento físico-territorial da bacia do alto rio Coxim, MS**. 2010. 222 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BACANI, V. M.; LUCHIARI, A. **Geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental da bacia do alto rio Coxim-MS**. GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 184-197, 2014.

BARBIERI, J.C. **Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos** – São Paulo, SP: Saraiva, 2004.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone Editora, 1990. p. 355.

BORGES, A, B. **Análise da Fragilidade Ambiental e Impactos Erosivos na Bacia Hidrográfica do Rio da Prata, Mato Grosso do Sul**. 2018. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2019.

BRASIL. Código Florestal Brasileiro. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012**. Brasília, Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 15. jun. 2018.

BRASIL. **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. IBGE. Contagem Populacional**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=500627>>. Acesso em: jul. 2018.

BRASIL. MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira:**

Atualização – Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007. / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. – Brasília: MMA, 2007.

BRASIL. MMA. Ministério do Meio Ambiente. **CONABIO nº 39, de 14 de dezembro de 2005**. Atualização - Portaria MMA nº9 de 23 de janeiro de 2007. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/conabio/\\_arquivos/Delib\\_039.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/conabio/_arquivos/Delib_039.pdf). Acesso em: 15. jun. 2019.

BUENO, K. **Fragilidade ambiental do município de Guaíra-PR**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Marechal Cândido Rondon - PR, 2015.

BURROUGH, P.; MCDONNELL, R. **Principles of geographical Information Systems**: Oxford: Clarendon. 1998. 333p.

CÂMARA, G; MONTEIRO, A; MEDEIRO, J. S. **Introdução a ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html>>. Acesso em: 07 mar. 2018.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2008.

CATTANI, C. E. V. MERCANTE, E. WACHHOLZ DE SOUZA, C. H. WRUBLACK, S. C. Desempenho de algoritmos de classificação supervisionada para imagens dos satélites RapidEye. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Foz do Iguaçu, p. 8005-8010. 2013.

CHAGAS, C. S. **Zoneamento Agroecológico do município de Dois Irmãos do Buriti – MS**. Dados eletrônicos. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 63 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Solos, ISSN 1678- 0892; 181).

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy classificatons of remotely sensed data. Remote Sensing Environment, v. 37, p.35-46, 1991.

CORREIA V. R. M.; MONTEIRO A. M. V.; CARVALHO M. S.; WERNECK G. L. **Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas**. Caderno Saúde Pública 2007; 23:1015-28.

COUTINHO, A. M. **Segmentação e classificação de imagens Landsat - TM para o mapeamento dos usos da Terra na Região de campinas - SP**. São Paulo, USP, 1997.

COUTO, Odir F. V. **Geração de um índice de sustentabilidade ambiental para bacias hidrográficas em áreas urbanas através do emprego de técnicas integradas de geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociência/UFRGS. 2007.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; GALLOTTI, T.; VALDETE, F.; CLÁUDIO, D.; FARIA BARBOSA, C.; JOSÉ, S.; CAMPOS, D. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 124 p., 2001.

DEFINIENS. Software Ecognition versão 2.0, Object Oriented Image Analysis München/Austrália: Definiens Imaging GmbH. 2001.

DOIS IRMÃOS DO BURITI. Lei Complementar nº 05/2009, de 27 de janeiro de 2009. Dispõe sobre a Política Municipal de Meio Ambiente e dá outras providências. Dois Irmãos do Buriti, Mato Grosso do Sul, 27 jan de 2009.

EMBRAPA - Solos, 2018. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed., Brasília: EMBRAPA Solos, 356p.

ESRI. ArcGis 10.5. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA. 2018.

FÉLIX DA SILVA, L; BACANI, V. M. Análise da Fragilidade Ambiental e das Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Córrego Fundo, Município de Aquidauana-MS. Belo Horizonte: Revista Caderno de Geografia. v.27, n.49, 2017, p.2318-2962. Disponível em: <encurtador.com.br/cmXY2 >. Acesso em: 25 jun de 2018.

FLORENZANO, T. G. **Geotecnologias na Geografia Aplicada: difusão e acesso** – Disponível em < <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47272/51008>>, Revista do Departamento de Geografia, 17, 2005, p. 24-29 Acesso em: 07 Set. 2019.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais** - São Paulo, Oficina de Textos, 2002.

FONSECA, M. B. **Resistência Terena: um estudo do impacto do agronegócio sobre a Terra Indígena Buriti, Mato Grosso do Sul**. 2017. Monografia (Departamento de Antropologia), Universidade de Brasília, Brasília.

FUENZALIDA, M.; BUZAI, G. D.; MORENO JIMÉNEZ, A.; GARCÍA DE LEÓN, A. **Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones**. 1 ed., Santiago de Chile: Editorial Triángulo. 2015.

GONÇALVES, G. G. G.; **Procedimentos Metodológicos para a Determinação da Fragilidade Ambiental de Bacias Hidrográficas**. 2010. 130 fls. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento Digital de Imagens**. 3ª Ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2010.

HOGAN, D. J.; CARMO, R. L.; CUNHA, J. M. P.; BAENINGER, R. (org.). **Migração e ambiente no Centro-Oeste**. Campinas: Núcleo de Estudos de População/UNICAMP: PRONEX, 2002. 322 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Brasília: DF. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 16 de jul. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão Regional do Brasil. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/divisao-regional/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html?edicao=15905&t=sobre>. Acesso em: 01 set. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE cidades@: Dois Irmãos do Buriti: MS. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/dois-irmaos-do-buriti/historico>. Acesso em: 31 ago. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas de biomas. 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default.shtm>. Acesso em: 15 jun. 2019.

IGC. INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. **Região administrativa Central**, 2015. Disponível em: <[www.igc.sp.gov.br/](http://www.igc.sp.gov.br/)>. Acesso em: 29 set 2019.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2203 - 2210.

LANDIS, J. R. KOCH, G. G. **The measurement of observer agreement for categorical data**. *Biometrics*, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

LEITE, V. A. W., RODRIGUES, L. P., Diagnóstico da Fragilidade Ambiental Emergente do Município de Anastácio, Mato Grosso do Sul. *Geopauta*, v. 2 n. 2, p. 17-26, 2018. Disponível em < <http://periodicos2.uesb.br/index.php/geo>>. Acesso em: 29 set 2019.

MANFRÉ, L. A.; DA SILVA, A. M.; URBAN, R. C.; RODGERS, J. **Environmental fragility evaluation and guidelines for environmental zoning: a study case on Ibiuna (the Southeastern Brazilian region)**. *Environmental Earth Sciences*, v. 69, n. 3, p. 947–957, 2013.

MATO GROSSO DO SUL. **Macrozoneamento Geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul**. Secretaria de Estado de Planejamento e de Ciência e Tecnologia. Campo Grande, 1989. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv84710.pdf>. Acesso em 10 dez 2019.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, INPE, 2002, 23p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2005.

MOYSÉS, A; SILVA, E. R. **Ocupação e urbanização dos cerrados: desafios para a sustentabilidade**. Cadernos Metrópole., [S.l.], n. 20, fev. 2008. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/metropole/article/view/8693>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

NAVARRO, F. S. S. **Diagnóstico da Fragilidade Ambiental como Subsídio para o Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Pulador em Anastácio – MS**. 2019. 124 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2019.

NOVO, E. M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto - Princípios e Aplicações**. São Paulo, Bucher, 2008. p363.

OLIVEIRA, A. U. Modo de Produção Capitalista, Agricultura e Reforma Agrária. São Paulo: FFLCH: Labur Edições, 2007.

OLIVEIRA, J. E. Sistema de assentamento e processo de territorialização entre os Terena da Terra Indígena Buriti, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Habitus - Revista do Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia**, v. 9, n. 1, p. 169-199, 2011.

OLIVEIRA, Z. M. **Utilização do Google Earth como plataforma para delimitação de áreas de preservação permanente (APP) – Um estudo de caso no Município de São Leopoldo**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo. 2009.

PARANHOS FILHO, A. C.; MIOTO, C. L.; MARCATO JÚNIOR, J.; CATALANI, T. G. T. **Geotecnologias em aplicações ambientais**: material didático. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2016.

PEIXOTO, C. S.; SILVA, C. A.; MATTOS, S. H. V. L.; BOIN, M. N. Fragilidade Potencial e Emergente no Município De Ivinhema (MS). **Revista Eletrônica AGB-TL**, p. 09-30, 2018.

PIRES, L., DO CARMO., MENDONÇA, B. G., BACANI, V. M. Análise da fragilidade ambiental do município de Aquidauana-MS. Caderno de Geografia, v.25, n.43, p. 52-65, 2015. Disponível em <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/download/8023/7598>>. Acesso em: 29 set 2019.

QGIS Development Team, 2016. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em <<http://www.qgis.org/>>.

ROCHA, C, H, B. **Geoprocessamento**. Tecnologia Transdisciplinar. 2ed, Juiz de Fora: UFJF, 2002. 219p.

ROSA, R. **Geotecnologias na Geografia aplicada**. Revista do Departamento de Geografia, 16 (2005): 81 - 90.

ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento**. Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Geografia. 2013. Disponível em:

<[http://professor.ufabc.edu.br/~flavia.feitosa/cursos/geo2016/AULA5-ELEMENTOSMAPA/Apostila\\_Geop\\_rrosa.pdf](http://professor.ufabc.edu.br/~flavia.feitosa/cursos/geo2016/AULA5-ELEMENTOSMAPA/Apostila_Geop_rrosa.pdf)> Acesso em 20 de dezembro de 2019.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. Revista do Departamento de Geografia - USP, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. **Revista do Departamento de Geografia - USP**, vol. esp. p.38-51, 2012.

SANTOS, Milton. A Natureza do Espaço – Técnica e tempo. Razão e emoção. 4. Ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

SANTOS, R. M.; NÓBREGA, M. T.; PAIVA, R. G.; SILVEIRA, H. **Análise da fragilidade ambiental no município de Tamboara - PR: Aplicação e Estudo comparativo de duas metodologias**. Geoambiente, n.14, p. 93-120,2010.

SEMAGRO. Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar. / Portal de Informações e Geoposicionamento de Mato Grosso do Sul (PIN MS)/.2019. Disponível em <<https://www.pinms.ms.gov.br/portal/home/index.html>> Acesso em: 7 de dez 2019.

SILVA, J. S. V; SPERANZA, E. A; GONÇALVES, L. V; ESQUERDO, J. C. D. M; MAURO, R. A; BIANCHINI, S. L; FLORENCE, R. O. **Projeto GeoMS: melhorando o Sistema de Licenciamento Ambiental do Estado do Mato Grosso do Sul**. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2011.

SILVA, K, A. <klennerantonio@gmail.com>. **Foto Aldeia Buriti**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <molina.and.molina@gmail.com> em 10 fev 2020.

SOARES, M. R. G. de J. **Potencial de uso agrícola e fragilidade ambiental como instrumentos voltados ao planejamento da bacia do Rio Pequeno**. Universidade Federal do Paraná – Paraná, 2008.

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. 2001. 159 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SRTM30. Topodata-INPE. 2008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>> Acesso em: 19 out. 2018.

TERRA, L. G., SCHLAVO, B. N. V., BORBA, W. F., DUARTE, M. M. Geoprocessamento Algébrico Utilizado na Caracterização da Fragilidade Ambiental do Município de Santiago – RS. Caminhos de Geografia, 2016. P. 167-174. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/29596>>. Acesso em: 29 set 2019.

TÔSTO, S. G. et al. Geotecnologias e Geoinformação: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília - DF: Embrapa, 2014.

TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E. Determinação da Fragilidade Ambiental do Município de São Carlos, São Paulo, Brasil. Geografia Ensino & Pesquisa, 2016. 159-167 p. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/21915>>. Acesso em: 29 set 2019.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Secretaria de Planejamento da Presidência da República. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1, Diretoria Técnica, Rio de Janeiro. 1977. 97 p.

USGS - **UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY**. Disponível em <<http://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em: 12 Dez 2018.

VITTE, A. C.; SANTOS, I. **Proposta Metodológica para Determinação de “Unidades de Conservação” a partir do Conceito de Fragilidade Ambiental**. Revista Paranaense de Geografia. 4, 60-68. 1999.

YAN, G.; MAS, J. F.; MAATHUIS, B.H.P.; XIANGMIN, Z.; VAN DIJK, P.M. **Comparison of pixel-based and object-oriented image classification approaches – a case study in a coal fire area, Wuda, Inner Mongolia, China**. International Journal of Remote Sensing, v.27, p.4039-4055, 2006.