



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



JÉSSICA DA SILVA LINHARES

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE DA DINÂMICA DE OCUPAÇÃO E
DA VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLOS NO MUNICÍPIO DE
ALTO ALEGRE DOS PARECIS – RONDÔNIA**

Ji-Paraná

2013

JÉSSICA DA SILVA LINHARES

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE DA DINÂMICA DE OCUPAÇÃO E
DA VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLOS NO MUNICÍPIO DE
ALTO ALEGRE DOS PARECIS – RONDÔNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), *Campus* de Ji-Paraná como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Professor Ms. Alex Mota dos Santos

Ji-Paraná

2013

Linhares, Jéssica da Silva

L755g Geotecnologias aplicadas à análise da dinâmica de ocupação e da
2013 vulnerabilidade natural à perda de solos no município de Alto Alegre dos
Parecis - Rondônia / Jéssica da Silva Linhares; orientador, Alex Mota dos
Santos. -- Ji-Paraná, 2013

66 f. : 30cm

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Ambiental. –
Universidade Federal de Rondônia, 2013

Inclui referências

1. Sensoriamento remoto. 2. Monitorização ambiental. 3.
Proteção ambiental. 4. Solos - Rondônia. 5. Engenharia ambiental. I.
Santos, Alex Mota dos. II. Universidade Federal de Rondônia. III. Título

CDU 528 (811.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



TÍTULO: GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE DA DINÂMICA DE OCUPAÇÃO E DA VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLOS NO MUNICÍPIO DE ALTO ALEGRE DOS PARECIS – RONDÔNIA

AUTOR: JÉSSICA DA SILVA LINHARES

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovado pelo Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), *Campus Ji-Paraná*, no dia 17 de Setembro de 2013.

João Gilberto Ribeiro de Souza
Universidade Federal de Rondônia

Kécio Gonçalves Leite
Universidade Federal de Rondônia

Alex Mota dos Santos
Universidade Federal de Rondônia

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Vera Lúcia da Silva Barros que sonhou comigo cada dia desse sonho que hoje se torna realidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS que iluminou meu caminho durante essa caminhada guiando-me conforme sua vontade.

À minha mãe, Vera Lúcia da Silva Barros minha base, meu exemplo e minha motivação na busca dos meus objetivos.

Ao meu namorado, Fábio Henrique Frederico pelo cuidado, amizade e o companheirismo construídos ao longo desse curso e especialmente pelo incentivo e compreensão nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, Professor Alex Mota dos Santos pelos conhecimentos transmitidos em sala de aula e no decorrer da construção deste, pela paciência e incansáveis contribuições decisivas para o êxito deste trabalho.

À Martha Politi Fernandes Frederico, pelo acolhimento e pelos valiosos conselhos.

A todos meus amigos pelo apoio e incentivo constantes, em especial à Bruno Dinato, Danielli Almeida Sanches, Laline Garcia Gomes, Ângela Carla Guidelli, Vanessa Helena de Andrade e Eloíza Ruschel Cremonese.

À Vani, pela boa energia que transmite, além da sinceridade e das preciosas contribuições no sentido de melhorar a ortografia e a coerência deste trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Estatística e Geoprocessamento, Ângela Carla Guidelli, Ronei da Silva Furtado, Mayk da Silva Sales e Jéssica Maiara por me socorrerem nas horas de dúvidas e pelos momentos de descontração.

Aos professores do Departamento de Engenharia Ambiental pelas informações e discussões proporcionadas que foram fundamentais para minha formação profissional.

Ainda desejo expressar meu sincero agradecimento a todos àqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

A crescente necessidade da sociedade por produtos industrializados e de tecnologia tem imposto um intenso ritmo de exploração dos recursos naturais, desencadeando uma série de impactos negativos sobre o ambiente. Assim, a degradação ambiental, gerada pelas atividades antrópicas tem despertado o interesse por estudos ambientais com intuito de compreender como estas atividades interferem na dinâmica do ambiente a fim de orientar o uso racional dos recursos naturais. Dessa forma, o conhecimento da vulnerabilidade do ambiente é imprescindível ao planejamento ambiental, pois, fornece uma indicação de áreas mais suscetíveis a processos de degradação do ambiente possibilitando assim, prevenir o avanço desses processos por meio da preservação da qualidade ambiental e do controle das atividades nele desenvolvidas. Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo realizar um mapeamento da vulnerabilidade à perda de solos no município de Alto Alegre dos Parecis, Estado de Rondônia e também a análise da dinâmica de ocupação da paisagem a partir da década de 1980. Para alcançar os objetivos adaptou-se a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), que faz parte do Roteiro Metodológico para o Zoneamento Ecológico Econômico da Amazônia Legal. A metodologia de Crepani et al. (2001) parte da aplicação dos conceitos de pedogênese, em que prevalecem os processos formadores de solos e, a morfogênese, em que predomina os processos modificadores das formas de relevo. Os principais resultados revelaram que 24,64% da área do município foram classificadas como Moderadamente Vulneráveis, 50,74%, Moderadamente Estáveis e 24,61% Medianamente Estáveis ou Estáveis. Observou-se ainda que os tipos de solo, as fitofisionomias vegetais e a declividade do terreno foram fatores que mais influenciaram na determinação do grau de vulnerabilidade à perda de solos. A análise multitemporal da dinâmica de ocupação da paisagem demonstrou que foi na década de 1990 que ocorreu a consolidação da antropização, que coincidiu com a criação do município de Alto Alegre dos Parecis. Por fim, estes resultados podem orientar o reordenamento territorial e a adoção de manejos mais sustentáveis segundo a capacidade suporte de cada unidade territorial.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, Análise ambiental, Fragilidade ambiental, Alterações ambientais.

ABSTRACT

The increasing need of society for industrial goods and new technologies has imposed an intense momentum of exploitation of natural resources, triggering a series of negative impacts on the environment. Therefore, environmental degradation, caused by human activities has increased interest in environmental studies in order to understand how these activities affect the dynamics of the environment in order to guide the rational use of natural resources. Thus, knowledge of the vulnerability of the environment is essential to the environmental planning therefore provides an indication of the areas most susceptible to degradation processes environment, enabling prevent the advancement of these processes through the preservation of environmental quality and control activities it developed. Thus, this paper aims to map the vulnerability the loss of soil in Alto Alegre dos Parecis, Rondônia State and also the analysis of the dynamics of occupation of the landscape from the 1980s. To achieve the objectives adapted to the methodology proposed by Crepani et al. (2001), which is part of the Roadmap Methodology for Ecological Economic Zoning in the Legal Amazon. The methodology Crepani et al. (2001) uses the concepts of pedogenesis, which prevail in the soil formation processes and morphogenesis in predominant processes modifiers of landforms. The main results showed that 24.64% of the municipal area was classified as Moderately Vulnerable, 50.74% Moderately Stable and 24.61% Averagely Stable or Stable. It was also observed that the soil types, the vegetables phytophysionomies and the slope of the terrain were factors that most influence the determination of the degree of vulnerability the loss of soil. The multitemporal analysis of the dynamics of occupation of the landscape that was demonstrated in the 1990s that was the consolidation of human occupation, which coincided with the creation of the municipality of Alto Alegre dos Parecis. Finally, these results can guide the territorial reorganization and the adoption of more sustainable management systems according to the support capacity of each territory.

Keywords: Remote sensing, environmental analysis, environmental fragility, anthropogenic changes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas	26
Figura 2 - Modelo esquemático do cálculo de vulnerabilidade à perda de solos de cada unidade de paisagem	27
Figura 3 – Localização da área em estudo	33
Figura 4 – Mapa de cobertura vegetal e uso da terra nos anos 1984 e 1990	37
Figura 5 - Mapa de cobertura vegetal e uso da terra nos anos 2000 e 2011	40
Figura 6 – Mapa de vulnerabilidade à erosão do tema geologia	44
Figura 7 – Areas identificados na área em estudo característicos de Neossolos Quartzarênicos	46
Figura 8 – Mapa de vulnerabilidade à perda de solos do tema pedologia	47
Figura 9 – Mapa de vulnerabilidade à perda de solos para o tema geomorfologia.	48
Figura 10 – Mapa de declividade da área em estudo	49
Figura 11 – Mapa de intensidade pluviométrica	50
Figura 12 – Classificação do uso do solo e seu grau de vulnerabilidade à perda de solos.	51
Figura 13 – Mapa de vulnerabilidade à perda de solos no município de Alto Alegre dos Parecis	53
Figura 14 – Aspecto da perda de solos e presença de voçoroca com aproximadamente 8 metros de profundidade, 5 metros de largura e 500 de comprimento	55
Figura 15 – Voçoroca identificada no município de Alto Alegre dos Parecis	55
Figura 16 – Perfil do solo em região classificada como medianamente estável	56
Figura 17 – Espacialização das fotografias obtidas em campo sobre o mapa de vulnerabilidade à perda de solos no município de Alto Alegre dos Parecis	56
Figura 18 – Aspectos da realocação de estrada municipal na área em estudo	57
Figura 19 – Medida de contenção do processo erosivo junto à malha viária	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas	25
Tabela 2 - Características observadas para avaliar a vulnerabilidade à perda de solo das unidades de paisagem	28
Tabela 3 – Dados vetoriais utilizados na análise de vulnerabilidade	36
Tabela 4 –Quantitativo das áreas das classes de uso da terra no município de Alto Alegre dos Parecis entre os anos de 1984 a 2011.....	41
Tabela 5 – Valores de vulnerabilidade atribuídos às unidades geológicas segundo Crepani et al. (2001) e sua representatividade na área de estudo.....	44
Tabela 6 - Valores de vulnerabilidade atribuídos às classes de solos, segundo Crepani et al. (2001) e sua representatividade na área em estudo.....	45
Tabela 7 - Associação dos valores de intensidade pluviométrica aos valores de vulnerabilidade, segundo Crepani et al. (2001).....	49
Tabela 8 - Valores de vulnerabilidade atribuídos aos tipos de vegetação segundo Crepani et al. (2001).....	50
Tabela 9 – Grau de vulnerabilidade, segundo metodologia de Crepani et al. (2001) e sua representatividade na área em estudo.....	54

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1. OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA E SEUS REFLEXOS SOBRE A PAISAGEM	15
2. GEOTECNOLOGIAS APLICADAS ÀS ANÁLISES AMBIENTAIS	19
3. VULNERABILIDADE À PERDA DE SOLOS	22
4. METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLOS – CREPANI ET AL. (2001).....	25
4.1 GEOLOGIA.....	28
4.2 GEOMORFOLOGIA	29
4.3 PEDOLOGIA.....	30
4.4 VEGETAÇÃO	30
4.5 CLIMA	31
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
5.1 ÁREA EM ESTUDO	32
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
6.1 ANÁLISE MULTITEMPORAL	37
6.1.1 Análise visual.....	37
6.1.2 Análise quantitativa.....	40
6.2 ANÁLISE DE VULNERABILIDADE À PERDA DE SOLOS	43
6.2.2 Pedologia	45
6.2.3 Geomorfologia	47
6.2.4 Clima	49
6.2.5 Vegetação	50
6.2.6 Vulnerabilidade à perda de solos no município de Alto Alegre dos Parecis.....	52

CONSIDERAÇÕES FINAIS 58

REFERÊNCIAS 60

INTRODUÇÃO

A forma como o homem vem utilizando os recursos naturais tem sido motivo de preocupação desde a Revolução Industrial. A crescente necessidade tecnológica da sociedade tem imposto um intenso ritmo de exploração desses recursos superando, na maioria das vezes, a capacidade dos sistemas ambientais restabelecerem seu estado de equilíbrio natural comprometendo, deste modo, sua estabilidade.

Segundo Sporl e Ross (2004), qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza tem reflexos diretos sobre a funcionalidade do sistema, podendo quebrar seu estado de equilíbrio dinâmico, desencadeando uma série de impactos negativos sobre o meio ambiente.

Visando amenizar esses impactos sob uma perspectiva de proteção do ecossistema global, a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou em 1972 a primeira Conferência Mundial sobre o Homem e Meio Ambiente também conhecida como Conferência de Estocolmo. Nesta ocasião reuniram-se representantes de 113 países e inúmeras instituições governamentais e não governamentais em torno de discussões que buscavam soluções para os problemas ambientais enfrentados na época, e estratégias para o desenvolvimento econômico sem prejuízos ao meio ambiente.

Segundo Ribeiro (2010) a Conferência de Estocolmo foi a primeira grande reunião mundial organizada para discutir as questões relacionadas à degradação ambiental gerada pela relação homem e meio ambiente. Nos anos seguintes, outras reuniões e conferências foram organizadas para discussão de políticas ambientais internacionais.

A Conferência de Estocolmo ficou marcada pelo impasse entre, países desenvolvidos que propunham a conservação dos recursos naturais e, países subdesenvolvidos que propunham o desenvolvimento econômico rápido frente às situações de miséria que se encontravam (MACHADO, 2006; COSTA; DAMASCENO; SANTOS, 2012). Mesmo com a

falta de consenso entre os países, a Conferência contribuiu para reflexão sobre o modelo atual de desenvolvimento econômico instituindo, a preocupação com a proteção do meio ambiente para as presentes e futuras gerações de todo o mundo.

Sob influência da Conferência de Estocolmo, na década seguinte o governo brasileiro promulgou a Lei 6.038 de 31 de agosto de 1981, que criava a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) que tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, assegurando condições de desenvolvimento socioeconômico, segundo princípios de planejamento e fiscalização dos recursos naturais, proteção dos ecossistemas, controle e zoneamento das atividades potencialmente poluidoras, incentivo ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas ao uso racional dos recursos naturais dentre outros princípios norteadores do desenvolvimento sustentável.

Desde então inúmeros estudos de cunho ambiental têm surgido com intuito de compreender a dinâmica ambiental para orientar o uso racional dos recursos naturais, bem como para monitorar impactos decorrentes da pressão antrópica sobre o meio ambiente. Muitos desses estudos são voltados para a análise das modificações ambientais na Amazônia, um dos ecossistemas mais ricos e diversificados do planeta. A percepção de sua importância como fonte de recursos naturais aumentou o interesse na exploração econômica da região, promovendo intensas transformações ambientais nesta porção do território brasileiro.

Dentre estes estudos, destacam-se os trabalhos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), que atuam no monitoramento de queimadas, desmatamento, surgimento de estradas não oficiais e outras formas de pressão antrópica sobre a Amazônia por meio do tratamento e análise de imagens de sensoriamento remoto. O uso do Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) como ferramentas de suporte ao monitoramento ambiental, permitem a rápida geração de informações sobre as alterações ambientais, atendendo demandas na área de planejamento regional e Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE).

A Política Nacional do Meio Ambiente define o ZEE com instrumento básico de organização do território. O ZEE propõe um diagnóstico ambiental para identificar potencialidades e vulnerabilidades do ambiente quanto ao desenvolvimento de atividades visando, deste modo, induzir o desenvolvimento econômico de forma planejada segundo critérios econômicos, sociais e ambientais.

Portanto, percebe-se que a análise de vulnerabilidade é um dos elementos que compõe o ZEE, pois as dimensões dos impactos são ainda maiores quando as alterações se dão em

ambientes mais vulneráveis, ou seja, em ambientes com menor capacidade de suporte às intervenções externas. Isso ocorre porque cada unidade de paisagem é formada por componentes ambientais com diferentes características morfodinâmicas (rocha, solo, vegetação, etc.) e, portanto, produzem respostas distintas mesmo que sob estímulos semelhantes. As diferentes respostas dos sistemas ambientais frente às intervenções caracterizam sua vulnerabilidade ambiental.

Segundo Tagliane (2003) a vulnerabilidade ambiental traduz a suscetibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. Dessa forma, o conhecimento das vulnerabilidades do ambiente é imprescindível ao uso racional dos recursos naturais, pois fornece uma indicação de áreas mais suscetíveis a processos de degradação ambiental possibilitando assim, prevenir o avanço desses processos por meio da preservação da qualidade ambiental e do controle das atividades ali desenvolvidas.

Nesse sentido, o planejamento ambiental é sem dúvida o caminho para a promoção do uso adequado da terra por meio do qual é possível direcionar o desenvolvimento de atividades compatíveis com a capacidade suporte de cada região. Esse processo depende da realização de estudos ambientais regionais que produzam conhecimento e informações acerca das potencialidades e limitações do ambiente.

Com intuito de subsidiar o Zoneamento Ecológico Econômico na Amazônia, Crepani et al. (2001) desenvolveu uma metodologia para mapeamento da vulnerabilidade à perda de solos. Essa metodologia requer a integração das seguintes variáveis: geologia, geomorfologia, pedologia, clima e uso da terra/vegetação para geração do mapa de vulnerabilidade à perda de solos de uma determinada região. Segundo Palmeira (2004), a associação do mapa de vulnerabilidade à perda de solos com dados de potencialidades sociais e econômicas fornece subsídio à gestão territorial.

Dessa forma, o presente trabalho propõe uma análise de vulnerabilidade natural à perda de solos no município de Alto Alegre dos Parecis – RO, segundo uma adaptação da metodologia proposta por Crepani et al. (2001), com o objetivo de identificar áreas mais vulneráveis à processos de erosão, possibilitando o uso dessas informações como subsídio ao ordenamento territorial. Essa adaptação metodológica considera apenas a amplitude altimétrica e a declividade do terreno na análise de vulnerabilidade do tema geomorfologia. A partir do objetivo geral elencaram-se os seguintes objetivos específicos:

- Gerar mapas temáticos capazes de caracterizar os componentes do meio físico, sendo eles a geologia, a geomorfologia, o solo, o clima e a cobertura vegetal/uso da terra;

- Gerar o Mapa de Vulnerabilidade à perda de solo da área em estudo;
- Analisar a evolução do uso e ocupação do solo no município de Alto Alegre dos Parecis com base na interpretação multitemporal de imagens de satélites.

1. OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA E SEUS REFLEXOS SOBRE A PAISAGEM

A Amazônia é a maior floresta úmida do mundo, com cerca de 60% de sua extensão sobre território brasileiro (MARGULIS, 2003). Este bioma sofreu grande perda de florestas após o intenso processo de ocupação da região iniciado na década de 70 em consequência da preocupação dos governos militares com a possibilidade de internacionalização da Amazônia (LEMOS, 2010).

O processo de ocupação da Amazônia foi marcado pela implantação de políticas públicas dirigidas ao desenvolvimento econômico da região como a criação de projetos de colonização, a indução de fluxos migratórios, a construção de rodovias, a exemplo da BR-364 e o estabelecimento de polos de desenvolvimento (BECKER, 1997). No entanto, estas políticas de desenvolvimento desconsideravam as populações tradicionais (indígenas, quilombos e etc.) que já habitavam a região nessa época, o que gerou inúmeros confrontos entre estes povos tradicionais e os imigrantes, além dos impactos ambientais na Amazônia.

Segundo Pedlowski (1999, p. 94), “Rondônia tem ocupado uma posição de destaque nas discussões sobre a Amazônia desde o início dos anos 70 quando o governo federal iniciou implantação de diversos projetos de colonização na região” que tiveram um papel determinante nas mudanças de paisagens no Estado (FEARNSIDE, 1989).

No início da década de 70 surgia o Programa de Integração Nacional (PIN), que tinha por objetivo integrar a região norte às demais regiões do país. Em sua essência, o PIN foi uma estratégia do governo brasileiro de redistribuição da população, pois ao tempo que induzia o fluxo migratório para a Amazônia, protegendo suas riquezas naturais por meio da ocupação das fronteiras, também solucionava o problema do excedente populacional de áreas como o Nordeste e Sul do país (PEREIRA, 1997). A partir de então, iniciou-se um intenso deslocamento de migrantes do Sul e Nordeste do país, atraídos pela promessa de terra própria conseguida através dos projetos de assentamento.

Outros projetos de colonização também se fizeram presentes por meio de ações do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Foram criados Projetos Integrados de Colonização (PIC's) e Projetos de Assentamentos Dirigidos (PAD's) para absorver os milhares de migrantes vindos para a região. Conforme Pereira (2007, p. 80), considerando dados dos relatórios do INCRA, o “estado de Rondônia foi a Unidade da Federação com maior concentração de projetos de colonização e de assentamento rápido”.

Na década de 80, o Governo Brasileiro em parceria com o Banco Mundial lançava outro programa no sentido de proporcionar a integração nacional – o Programa Integrado de

Desenvolvimento do Noroeste do Brasil (POLONOROESTE). O POLONOROESTE teve como principal objetivo a pavimentação da BR 364, no trecho Cuiabá a Porto Velho, e a construção de estradas vicinais (FEARNSIDE, 1989).

No entanto, muitas das estradas construídas durante o POLONOROESTE cruzaram ou margearam áreas ocupadas por unidades de conservação e reservas indígenas, gerando intensa pressão às terras indígenas que passaram a ser invadidas pelos migrantes, garimpeiros e madeireiros, já que a abertura de estradas fornecia acesso para a exploração de recursos dentro das áreas protegidas (FEARNSIDE E FERREIRA, 1984; MINDLIN, 1985).

Considerando este cenário de violação de áreas protegidas, Moran (1996) sugere que a abertura de estradas em Rondônia só deveria ter ocorrido após a demarcação das reservas indígenas e das unidades de conservação evitando, dessa forma, que as estradas se transformassem em instrumento de pressão e violência contra as populações tradicionais.

Em consequência, esse período foi marcado pelos altos índices de desmatamento e por intensos conflitos sociais no campo, principalmente entre colonos e indígenas, decorrentes de invasões de terras fora dos projetos de colonização que já não supriam a demanda por terras ocasionada pelo considerável fluxo migratório para a região (PEREIRA, 1997).

Numa tentativa de minimizar os impactos advindos dos programas de colonização em Rondônia, sobretudo do POLONOROESTE, foi criado em 1992 o Plano Agropecuário e Florestal do Estado de Rondônia (PLANAFLORO), que tinha como objetivo geral implantar a conservação e o manejo dos recursos naturais do estado de Rondônia, em consonância ao desenvolvimento sustentável e econômico da região.

O PLANAFLORO foi financiado com recursos do Banco Mundial, e dos Governos Federal e Estadual e justificava-se pela eminente necessidade de interromper o desmatamento predatório em Rondônia e promover a recuperação de áreas desmatadas, bem como implantar um modelo racional de ocupação do Estado, respeitando os limites das unidades de conservação e terras indígenas. No entanto, uma análise dos seus resultados demonstra que esses objetivos não foram plenamente alcançados.

Como condição para a liberação dos recursos para o PLANAFLORO, o Banco Mundial exigiu a criação do Zoneamento Socio-Econômico-Ecológico (ZSEE) de Rondônia, visando assim assegurar o uso controlado dos recursos naturais. O PLANAFLORO também previa a demarcação de unidades de conservação e reservas indígenas, no entanto, desentendimentos entre o INCRA, o Instituto de Terras de Rondônia (ITERON) e a Fundação

Nacional do Índio (FUNAI) tornou o processo de demarcação demorado (PEDLOWSKI, 1999; WATANABE, 2010).

Conforme Pedlowski (1999), “o planejamento do PLANAFLORO incluía a demarcação de cinco reservas indígenas (Sagarana, Rio Guaporé, Rio Mequéns, Karipuna e Massaco)”, todavia a morosidade do processo de demarcação comprometeu a integridade destas áreas que ao serem finalmente demarcadas ficaram menores do que havia sido acordado com o Banco Mundial durante a elaboração do PLANAFLORO.

Ainda segundo o autor a Terra Indígena Rio Mequéns, localizada no município de Alto Alegre dos Parecis, exemplifica bem a extensão da perda territorial das áreas indígenas em Rondônia, a qual teve sua área de reserva originalmente estimada em torno de 2260 km², sendo então reduzida para 1052 km². Atualmente verifica-se que a Terra Indígena Rio Mequéns possui área de 1075 km², uma redução de aproximadamente 52 % do seu território.

Os resultados do POLONOROESTE e do PLANAFLORO demonstraram que mesmo medidas potencialmente positivas, como a abertura de estradas para o desenvolvimento regional e a criação de unidades de conservação e terras indígenas para a conservação dos recursos naturais e proteção de comunidades locais podem acelerar o processo de degradação ambiental se não forem acompanhadas por mecanismos de fiscalização e desenvolvimento socioambiental (BASTOS, 2009; PEDLOWSKI, 1999).

Conforme Escada (2005, p. 2974) o complexo processo de ocupação de Amazônia tornou Rondônia,

uma importante fronteira de expansão agrícola e agropecuária nas décadas de 70 e 80, e desde então, o estado tem apresentado uma acentuada dinâmica da cobertura florestal, observada através da manutenção das elevadas taxas de desflorestamento nas últimas décadas [...].

Dessa forma, a criação e implementação de áreas legalmente protegidas como unidades de conservação e terras indígenas têm contribuído para conter o avanço do uso antrópico sobre a vegetação natural reduzindo as taxas de desflorestamento e assegurando a manutenção da cultura e modos de vida das populações tradicionais.

Entre os anos de 1998 e 2000 o Ministério do Meio Ambiente (MMA) fez um rigoroso processo de avaliação e identificação das “Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira”, no qual a Terra Indígena (TI) Rio Mequéns foi classificada com área de relevância “muito alta” no mapa de importância das áreas protegidas.

Segundo informações disponíveis no sítio do Instituto Socioambiental, uma referência na fonte de informações sobre os povos indígenas no Brasil, a TI Rio Mequéns foi demarcada

e homologada em 1996, com uma área de 107.553 há, onde vivem aproximadamente 89 indígenas do povo Makurap e Sarukabiat.

Por fim, foram encontradas poucas informações sobre o município de Alto Alegre dos Parecis onde está localizada integralmente a TI Rio Mequéns. Desta forma, esta pesquisa aplica ferramentas geotecnológicas descritas no capítulo a seguir, objetivando contribuir para discussões acerca do comprometimento da qualidade ambiental neste município no contexto do seu processo de ocupação. Assim, acredita-se que os impactos adversos dos projetos de colonização afetam o município como um todo sendo, portanto, o recorte espacial de análise adotado.

2. GEOTECNOLOGIAS APLICADAS ÀS ANÁLISES AMBIENTAIS

Segundo Rosa (2005, p. 81) “as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica”. São exemplos de geotecnologias, o Sistema de Posicionamento por Satélite, o Sensoriamento Remoto (SR), os Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) e a Cartografia Digital.

As geotecnologias são ferramentas de reconhecida importância nas análises de uso da terra e detecção de alterações antrópicas sobre o meio ambiente devido, principalmente, à agilidade na obtenção de informações em curto espaço de tempo e disponibilização de SIG's e imagens de satélite de forma gratuita.

Dessa forma, Rocha (2008, p. 4) expõe que além das possibilidades de detecção de danos ambientais, monitoramento de impactos e planejamento da exploração dos recursos naturais, “o uso das geotecnologias possibilita a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes como: sensoriamento remoto, cartografia, trabalho de campo, etc.”

Neste contexto, o sensoriamento remoto demonstra-se uma alternativa efetiva e econômica para a realização de estudos e monitoramentos ambientais, especialmente em países de grande extensão territorial como o Brasil, por permitir a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos (MORAES, 2002; SAUSEN, 2013).

Assim, estudos através de Sensoriamento Remoto facilitam análises de áreas de difícil acesso, como é o caso de alguns lugares na Amazônia, fornecendo diagnósticos eficientes quando aplicados sobre áreas específicas ou sobre um contexto mais regional (SAUSEN, 2013).

Há vários anos as técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo empregadas na análise de paisagem e uso da terra na Amazônia. Trabalhos pioneiros como o de Pinto et al. (1979), Tardin et al. (1979), Santos et al. (1980) e Santos et al. (1983) são exemplos do uso dessas ferramentas ainda nas décadas de 70 e 80 para análise da cobertura vegetal na Amazônia.

Na década de 90 a pesquisa de BARROSO; BROWN; NEPSTAD (1993) demonstrou a importância das técnicas de Sensoriamento Remoto na detecção de mudanças das formas de uso da terra e transformações na cobertura vegetal na região de Paragominas (PA), Amazônia brasileira.

Em Rondônia, destacam-se os trabalhos de Stone et al. (1991) que usaram imagens dos satélites LANDSAT e AVHRR para avaliar o uso da terra e estimar as proporções de desflorestamento em algumas regiões do Estado, e o de Alves et al. (1996) que utilizaram

técnicas de segmentação e classificação de imagens de satélites para realizar um mapeamento do uso da terra entre os municípios de Ariquemes e Ji-Paraná. Mais recentemente Santos et al. (2011) realizaram uma análise espacial de áreas degradadas em Ji-Paraná a partir do uso de sensoriamento remoto e SIG's e Carreira et al. (2012) utilizaram técnicas de sensoriamento remoto para o estudo das mudanças de cobertura vegetal entre os anos de 1991 e 2000, no município de Ji-Paraná. Cita-se ainda o trabalho de Linhares et al. (2012) que identificaram as alterações físicas decorrentes da implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas no município de Alta Floresta d'Oeste.

Assim, a manipulação e o gerenciamento de dados obtidos por sensores remotos ocorrem em ambientes denominados Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) que são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies (CÂMARA et al., 1996). Para Câmara (s.d) os SIG's possibilitam a integração de informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo, cadastro urbano e rural, imagens de satélite, modelos numéricos de terreno, mapas temáticos, redes e dados tabulares. Dessa forma, os SIG's podem ser utilizados no apoio a decisões de planejamento do uso solo, em estudos de previsão de determinados fenômenos, ou ainda no gerenciamento de equipamentos distribuídos geograficamente em grandes cidades, tais como, os da rede elétrica ou telefônica (CÂMARA, s.d; RAMIREZ E SOUZA, 2007).

Segundo Crepani et al. (1996) a adoção de imagens de satélites são como “âncoras” ao estudo de vulnerabilidade natural à perda de solos, possibilitando a utilização de todo o potencial disponível no Sensoriamento Remoto como subsídio ao Zoneamento Ecológico Econômico da Amazônia e de outras regiões do país.

Dentre os programas caracterizados como SIG se destacam o Sistema de Processamentos de Informação Georreferenciada (SPRING), disponibilizado gratuitamente através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); o GvSIG, pela Universidade de Valência (Espanha), o MAPWINDOW[®] pela Universidade Estadual de Idaho (EUA), e o ARCGIS, disponibilizado com custos pela empresa norte americana ESRI.

Outra ferramenta geotecnológica indispensável às análises ambientais é o sistema de navegação por satélite, do inglês *Global Navigation Satellite System* (GNSS), que tem como principal sistema, o Sistema de Posicionamento Global (GPS). Segundo Câmara et al. (1996) o GPS permite que o usuário obtenha sua localização (latitude, longitude e altura) em qualquer ponto da superfície terrestre. Uma vez conhecidas as coordenadas dos satélites em

um dado sistema de referência, é possível calcular as coordenadas da antena do usuário no mesmo sistema de referência dos satélites, por meio da medida de distância entre o usuário e quatro satélites (MÔNICO, 2008).

Por fim e não menos importante, a Cartografia Digital possibilita a representação gráfica dos produtos gerados em SIG's, tornando o processo de análise mais interativo ao usuário. Nesse contexto, a Cartografia Digital pode ser entendida como a representação do espaço geográfico, valendo-se dos recursos computacionais. Os resultados deste trabalho são apresentados por meio de mapas que permitem a visualização do cenário ambiental quanto às alterações da paisagem natural e a vulnerabilidade aos processos erosivos.

3. VULNERABILIDADE À PERDA DE SOLOS

Na concepção de Ross (1994), o ambiente deve ser analisado a partir da Teoria do Sistema em que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico. No entanto, esse equilíbrio é frequentemente afetado pelas intervenções antrópicas, que introduzem novas forças capazes de alterar as condições de equilíbrio do sistema, gerando estados de desequilíbrios temporários ou até mesmo permanentes (ROSS, 1994; CREPANI et al. 2001). As diversas formas de uso da terra, como agricultura, pecuária, piscicultura e a mineração introduzem diferentes estímulos ao sistema gerando condições de desequilíbrio em maior ou menor escala que dependem das características do meio.

A exploração indiscriminada dos recursos naturais conduz a instalação de processos degenerativos tornando o ambiente mais vulnerável a impactos potenciais (ROSS, 1994). Dessa forma, o mapeamento das fragilidades ou vulnerabilidades de um ambiente, é ferramenta imprescindível ao planejamento territorial possibilitando avaliar suas potencialidades e limitações de forma integrada compatibilizando as diversas formas de uso a proteção dos recursos naturais. Assim, Santos et al. (2007, p. 812) ressalta que “a eficiência da gestão ambiental de um território depende em grande parte de levantamentos e estudos sistemáticos prévios sobre os principais elementos e condicionantes do meio físico”.

Nesse contexto, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) na pessoa de Crepani et al. (2001), em convênio com a Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República desenvolveu uma metodologia para subsidiar o Zoneamento Ecológico Econômico na Amazônia (ZEE). Essa metodologia propõe a determinação da vulnerabilidade natural à perda de solos baseada no conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977), que avalia o estágio de evolução da unidade de paisagem em análise através da relação entre os processos de morfogênese e pedogênese.

Portanto, Crepani et al. (2001) consideram que a análise de uma unidade de paisagem natural deve considerar sua gênese, constituição física, forma e estágio de evolução, bem como o tipo de cobertura vegetal que sobre ela se desenvolvem. Ainda segundo o autor, estas informações são fornecidas pela geologia, geomorfologia, pedologia e fitogeografia, e precisam ser integradas para que se tenha um retrato fiel do comportamento de cada unidade frente à sua ocupação.

Sendo assim, a metodologia de estudo de vulnerabilidade ambiental proposto por Crepani et al. (2001) passa inicialmente por uma análise individual de cada componente

ambiental (geologia, geomorfologia, vegetação, solo e etc.) e, posteriormente, essas informações são integradas em ambiente SIG gerando um produto que expressa os diferentes graus de vulnerabilidade que o ambiente possui em função de suas características genéticas e das formas de uso que sustenta.

Na Amazônia se observa uma estreita relação entre o solo e a vegetação, onde o solo exerce apreciável influência sobre o tipo de vegetação natural, e a vegetação, por sua vez influencia sua estruturação e o suprimento de nutrientes por meio do aporte de matéria orgânica (LONGO; ESPINDOLA; RIBEIRO, 1999). No entanto, a substituição da vegetação natural amazônica por atividades predominantemente agropecuárias altera o equilíbrio dessa relação, reduzindo o teor de nutrientes e o tamanho dos agregados do solo deixando-o mais vulnerável aos processos erosivos. Portanto, os desequilíbrios gerados podem promover a deterioração dos solos e aumento do aporte de sedimentos e nutrientes em rios, lagos e reservatórios, causando sérios problemas ambientais, como erosão, assoreamento e eutrofização (MAEDA et al. 2008).

A erosão do solo é definida por Albuquerque et al. (1994) como um processo pelo qual as camadas de solo e minerais são retiradas pela ação das águas, ventos, gravidade e das atividades antrópicas sendo transportadas e depositadas em outros lugares.

Em geral os processos erosivos se manifestam em três estágios, sendo eles sulcos, ravinas e voçorocas. Os sulcos são pequenas irregularidades na declividade do terreno associadas ao carreamento de materiais do solo por meio do escoamento superficial difuso. Devido à concentração de fluxos superficiais por meio de canais preferenciais de escoamento (trilhas de gado, estradas, áreas desmatadas e etc.) os sulcos evoluem para ravinas (EMBRAPA, 2009). À medida que o fluxo de água canalizada nas ravinas aprofunda as feições erosivas expondo o lençol freático, dá-se origem às voçorocas e, o avanço desse processo erosivo pode dar origem a uma rede de voçorocas (GUERRA e MENDONÇA, 2010).

Nesse sentido, Longo; Espindola e Ribeiro (1999, p. 277) destacam que,

[...] estudos que visem analisar os efeitos causados pela ação antrópica sobre propriedades dos solos constituem valiosos recursos para avaliações e/ou previsões sobre os danos causados ao ambiente, servindo como subsídios à discussão sobre a manutenção desses ecossistemas ou, nessa impossibilidade, para a sua ocupação racional com previsões sobre a extensão dos efeitos dessa ocupação.

Desse modo, estudos de vulnerabilidade à perda de solos em regiões amazônicas têm reconhecida importância ao se considerar a intensa retirada de vegetação natural ocorrida durante o processo de ocupação da região e que se prolonga até os dias atuais.

4. METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLOS – CREPANI ET AL. (2001)

A análise de vulnerabilidade natural à perda de solos do município de Alto Alegre dos Parecis é adaptada da metodologia proposta por Crepani et al. (2001). Como citado anteriormente essa metodologia avalia a estabilidade das categorias morfodinâmicas conforme seu estágio de evolução, baseado na relação pedogênese/morfogênese, como observado na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas

Categoria	Relação Pedogênese/Morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre Pedogênese/Morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

Fonte: Crepani et al. 2001.

Dessa forma, quando predomina a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos e quando predomina a morfogênese prevalecem os processos erosivos, modificadores das formas de relevo (CREPANI et al., 2001). Consoante a proposta metodológica as unidades que apresentam maior estabilidade são representadas por valores mais próximos de 1,0, as unidades de estabilidade intermediária são representadas por valores ao redor de 2,0, enquanto que as unidades de paisagem mais vulneráveis à perda de solos apresentam valores mais próximos de 3,0. Sendo assim, o modelo proposto estabelece 21 classes de vulnerabilidade à perda de solos distribuídas em cinco graus de vulnerabilidade, como pode ser visto na Figura 1.






















UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA			GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			
					VERM.	VERDE	AZUL	CORES
U1	↑	3,0			255	0	0	
U2		2,9			255	51	0	
U3		2,8		VULNERÁVEL	255	102	0	
U4	V	2,7			255	153	0	
U5	U	2,6			255	204	0	
U6	L	2,5	E	MODERADAM.	255	255	0	
U7	N	2,4	S	VULNERÁVEL	204	255	0	
U8	E	2,3	T		153	255	0	
U9	R	2,2	A		102	255	0	
U10	A	2,1	B	MEDIANAM.	51	255	0	
U11	B	2,0	I	ESTÁVEL/	0	255	0	
U12	I	1,9	L	VULNERÁVEL	0	255	51	
U13	L	1,8	I		0	255	102	
U14	I	1,7	D		0	255	153	
U15	D	1,6	A	MODERADAM.	0	255	204	
U16	A	1,5	D	ESTÁVEL	0	255	255	
U17	D	1,4	E		0	204	255	
U18	E	1,3			0	153	255	
U19		1,2			0	102	255	
U20		1,1		ESTÁVEL	0	51	255	
U21		1,0	↓		0	0	255	

Figura 1 – Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas.
Fonte: Crepani et al., 2001.

Crepani et al. (2001), afirmam que, na análise, o modelo é aplicado individualmente a cada tema (Geologia, Geomorfologia, Solo, Clima e Uso do solo) que compõem cada unidade territorial básica. Assim, os temas são, então, transformados em um Plano de Informação no banco de dados geralmente em formato matricial. A cada tipo de solo, rocha, intensidade de precipitação, etc. são associados valores que indicam o seu grau de vulnerabilidade à perda de solos. Os valores atribuídos neste trabalho podem ser identificados nas tabelas do capítulo Resultados e Discussões.

Posteriormente, os temas são integrados via Álgebra de Mapas em ambiente SIG para que seja gerado o mapa de vulnerabilidade à perda de solos da unidade de paisagem. A média aritmética dos valores individuais, segundo a equação empírica (Equação 1), representa a posição da unidade territorial dentro da escala de vulnerabilidade natural à perda de solos.

$$V = \frac{G+R+S+Vg+C}{5} \quad (1)$$

Onde,

V = vulnerabilidade da unidade de paisagem

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

S = vulnerabilidade para o tema Solos

Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação/Usos do solo

C = vulnerabilidade para o tema Clima

A Figura 1 ilustra um esquema didático da avaliação de cada unidade de paisagem a partir do valor de vulnerabilidade atribuído a cada classe de cada tema (Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação/uso da Terra e Clima). O valor da caracterização final da vulnerabilidade de cada unidade de paisagem é feito pela média aritmética entre todos os valores atribuídos a cada um dos temas, conforme a equação (1).

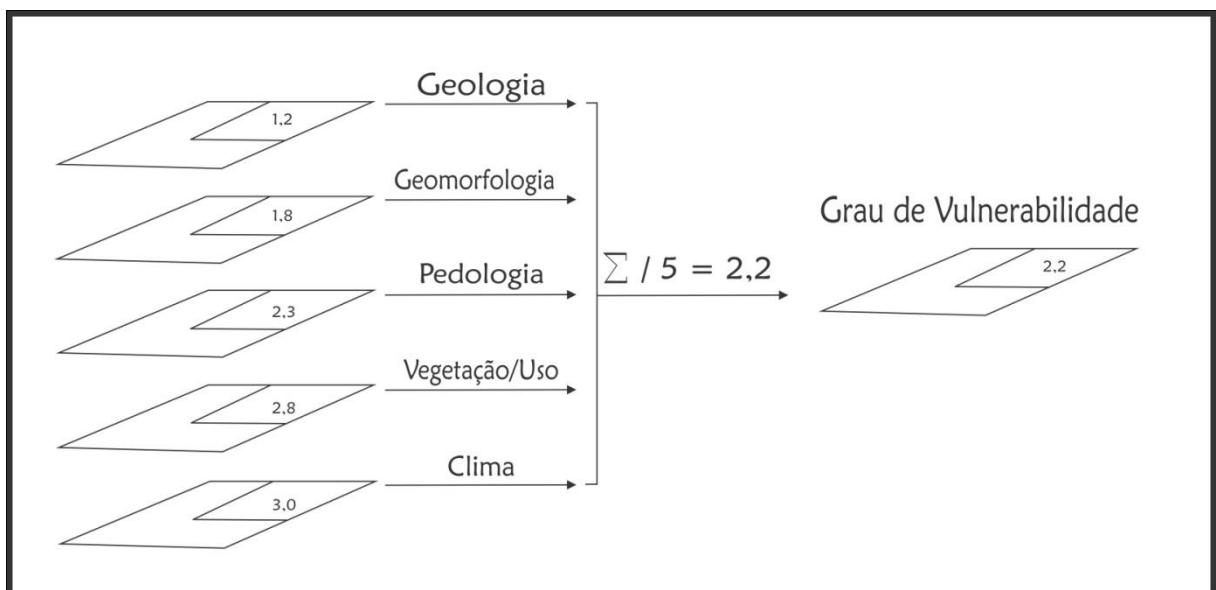


Figura 2 - Modelo esquemático do cálculo de vulnerabilidade à perda de solos de cada unidade de paisagem.

Fonte: Modificado de Souza, (1999)

Para a representação cartográfica da vulnerabilidade das unidades territoriais básicas, são utilizadas 21 cores, conforme a Figura 1, obtidas a partir da combinação das três cores aditivas primárias (azul, verde e vermelho) de modo que se associe a cada classe de vulnerabilidade sempre a mesma cor obedecendo ao critério de que ao valor de maior

estabilidade (1,0) se associe a cor azul, ao valor de estabilidade intermediária (2,0) se associe a cor verde e ao valor de maior vulnerabilidade (3,0), a cor vermelha.

Para atribuir valores de vulnerabilidade às classes de cada tema, Crepani et al. (2001) procura obedecer uma lógica diretamente relacionada ao comportamento esperado para cada um frente aos processos naturais de denudação que agem na remoção do solo e abaixamento de uma superfície pela interação de processos intempéricos e erosivos.

Dessa forma, a Tabela 2 sintetiza as características a serem observadas na avaliação da vulnerabilidade à perda de solos de cada tema.

Tabela 2 - Características observadas para avaliar a vulnerabilidade à perda de solos das unidades de paisagem.

TEMAS	CARACTERÍSTICAS
Geologia	História da evolução geológica Grau de coesão da rocha
Geomorfologia	Amplitude altimétrica Grau de dissecação Declividade
Pedologia	Maturidade do solo
Vegetação	Densidade da cobertura vegetal
Clima	Intensidade Pluviométrica

Fonte: Adaptado de Crepani et al., 2001.

Nos tópicos seguintes, apresenta-se uma descrição mais detalhada sobre a influência dessas características na determinação da vulnerabilidade à erosão de cada tema.

4.1 GEOLOGIA

Segundo Crepani et al. (2001) a contribuição da geologia para a estabilidade ou a vulnerabilidade aos processos erosivos compreende as informações relativas à história da evolução geológica e do grau de coesão das rochas, que representam a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem. Dessa forma, rochas pouco coesas, onde prevalecem os processos modificadores das formas de relevos, apresentam maior vulnerabilidade à erosão, enquanto rochas mais coesas apresentam maior estabilidade.

4.2 GEOMORFOLOGIA

Na metodologia de Crepani et al. (2001) o grau de vulnerabilidade do tema geomorfologia é obtido por meio da média aritmética das informações relativas à amplitude de relevo, declividade e o grau de dissecação da unidade de paisagem. Ainda segundo o autor, a partir dessas informações é possível quantificar empiricamente a quantidade de energia potencial disponível ao escoamento superficial “*runoff*”, e o consequente transporte de materiais. Dessa forma, unidades de paisagem com altos valores de amplitude de relevo, declividade e grau de dissecação apresentam maior vulnerabilidade aos processos erosivos.

A amplitude altimétrica, entendida como a diferença entre as cotas máximas e mínimas do terreno, está relacionada à quantidade de energia potencial disponível ao escoamento superficial “*runoff*”. Desse modo, quanto maior a amplitude altimétrica, maior a energia disponível para a drenagem das águas pluviais das partes altas do terreno em direção às partes mais baixas e, portanto, maior a capacidade de erosão das águas pluviais.

A declividade refere-se à inclinação do relevo em relação ao horizonte, apresentando influência direta sobre a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte de materiais, responsáveis pela erosão. Assim, quanto maior a declividade do terreno, maior a velocidade de transformação de energia potencial em energia cinética, o que se traduz em maior velocidade das massas de água e, conseqüentemente, maior poder erosivo.

A intensidade de dissecação do relevo pela drenagem, relacionada à porosidade e à permeabilidade do solo e da rocha, exerce influência direta sobre a quantidade de água escoada superficialmente e a quantidade de água infiltrada. Isto porque solos e rochas mais impermeáveis apresentam maior volume de água escoando em superfície, o que implica em maior número de canais de drenagem e, portanto, maior suscetibilidade erosiva. Inversamente, quanto maior a porosidade do solo e das rochas, maior a parcela de água infiltrada, e menor sua vulnerabilidade à erosão. Esse índice pode ser obtido através de medidas nas cartas topográficas ou imagens de satélite, da amplitude dos interflúvios (distância entre os canais de drenagem), ou da densidade de drenagem (número de canais/unidade de áreas).

Neste estudo, a amplitude altimétrica, e a declividade, foram obtidas a partir da imagem ASTER. Após a determinação dos valores de vulnerabilidade à erosão para cada índice morfométrico, a vulnerabilidade do tema geomorfologia é obtida através da Equação 2:

$$R = \frac{G+A+D}{3} \quad (2)$$

Onde,

- R = Vulnerabilidade para o tema geomorfologia;
- G = Vulnerabilidade atribuída ao grau de dissecação do relevo;
- A = Vulnerabilidade atribuída à amplitude altimétrica;
- D = Vulnerabilidade atribuída a declividade.

4.3 PEDOLOGIA

Segundo Guerra e Mendonça (2010) a formação dos solos é resultado da interação de diversos processos que retratam sua variabilidade temporal e espacial. A ação da chuva sobre o solo é a principal causa da erosão hídrica. Segundo Crepani et al. (2001), a capacidade de um solo resistir à erosão é função de sua composição mineral e granulométrica, de suas características físicoquímicas, bem como das suas condições de manejo. Nesse sentido, Crepani et al. (2001) considera as informações relativas à maturidade do solo, a principal característica a ser analisada para se estabelecer a maior ou menor vulnerabilidade do solo à erosão. A partir desta análise, solos mais jovens e pouco desenvolvidos são considerados mais vulneráveis aos processos erosivos, recebendo então os maiores valores dentro da escala de vulnerabilidade. Por outro lado, considera-se que solos mais maduros e bem desenvolvidos apresentam maior estabilidade e, portanto, recebem menores valores na escala de vulnerabilidade.

4.4 VEGETAÇÃO

Segundo Crepani et al. (2001) a vegetação representa um fator de grande importância na caracterização da vulnerabilidade à perda de solos de uma unidade de paisagem, uma vez que a vegetação se constitui na proteção do solo contra os efeitos dos processos modificadores das formas de relevo. Ainda segundo o autor, vegetações com alta densidade de cobertura vegetal, evitam o impacto direto das gotas da chuva contra o solo. Deste modo, quanto maior a densidade de cobertura vegetal, maior sua capacidade de proteção e, conseqüentemente, menores os valores de vulnerabilidade. Vegetações com baixa densidade de cobertura vegetal, como pastagens e culturas perenes, recebem os maiores valores de vulnerabilidade.

4.5 CLIMA

O clima é o principal responsável pelo intemperismo do solo e das rochas. A ação da chuva como principal agente climático causa a remoção dos materiais da superfície caracterizando o processo de denudação. Dessa forma, Crepani et al. (2001) considera as informações relativas à quantidade, intensidade e distribuição sazonal das chuvas as principais características envolvidas nos processos erosivos. Especialmente importante a intensidade pluviométrica representa a relação entre a quantidade/duração da chuva, pois uma elevada pluviosidade anual, mas com distribuição ao longo do ano, tem um poder erosivo muito menor do que uma precipitação anual mais reduzida que se despeja torrencialmente em um período do ano (CREPANI et al., 2001).

O autor afirma que a partir da análise da intensidade pluviométrica é possível estimar empiricamente o grau de risco sob o qual está inserida a unidade de paisagem. Deste modo, quanto maior a intensidade pluviométrica sobre determinada região maior sua vulnerabilidade a processos erosivos.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 ÁREA EM ESTUDO

A área em estudo compreende o município de Alto Alegre dos Parecis, localizado na porção Sul do estado de Rondônia, região Norte do Brasil (Figura 1). Ao Sul, o município faz limite com a Bolívia, separado pelo Rio Guaporé. O município foi criado em 22 de junho de 1994 pela Lei nº 570, com áreas desmembradas dos municípios de Alta Floresta D'Oeste e Cerejeiras. Possui uma população de 12.816 habitantes (IBGE, 2010), e ocupa uma área de 3958,30 km² (SEPLAN, 2013), dos quais 1075,33 km², aproximadamente 27% da área total do município, pertencem à Terra Indígena Rio Mequéns.

A economia é baseada na produção agropecuária. Dentre as atividades agrícolas destaca-se a produção de milho, café e mandioca, enquanto a pecuária é representada pela criação de gado bovino, com aproximadamente 154.300 bovinos (SEPLAN, 2013).

De acordo com a classificação climática de Köppen a região está sob influência do clima tropical com estação seca (Aw) onde se observam duas estações bem definidas, a seca entre os meses de maio a agosto, e a chuvosa de setembro a março. O regime pluviométrico do município varia entre 1400 a 1800mm/ano com temperatura média anual em torno de 24° a 26°C (MEDEIROS et al., 2008).

A vegetação natural tem predomínio de Floresta Ombrófila Submontana alocada sobre latossolos, e em menor quantidade Floresta Aberta Submontana sobre solos mais antigos, rasos e fortemente intemperizados, com afloramento de rochas e seixos superficiais, onde a topografia é declivosa, dominada por vales e ravinas (MEDEIROS et al., 2008).

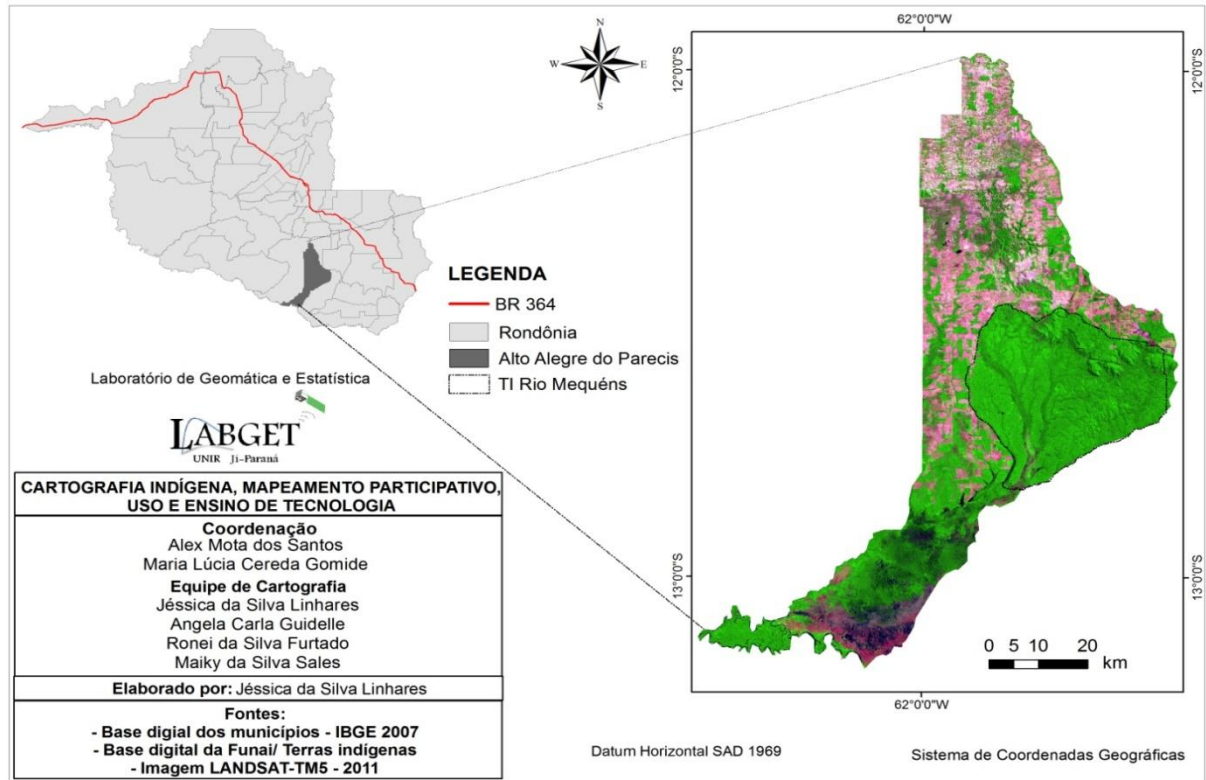


Figura 3 – Localização da área em estudo.

5.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A análise da dinâmica de cobertura vegetal foi sustentada por dados orbitais dos anos de 1984, 1990, 2000 e 2011, do satélite *Land Remote Sensing Satellite* (LANDSAT), sensor *Thematic Mapper* (TM) obtidos gratuitamente através do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), cujas informações estão sintetizadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características dos dados orbitais utilizados neste estudo.

Satélite	Órbita/Ponto	Imageamento
LANDSAT 5	231/68 – 231/69	19/07/1984
LANDSAT 5	230/68 – 230/69	13/08/1984
LANDSAT 5	231/68 – 231/69	04/07/1990
LANDSAT 5	230/68 – 230/69	13/07/1990
LANDSAT 5	231/68 – 231/69	15/07/2000
LANDSAT 5	230/68 – 230/69	08/07/2000
LANDSAT 5	231/68 – 231/69	15/08/2011
LANDSAT 5	230/68 – 230/69	23/07/2011

O LANDSAT 5 imagea em sete faixas espectrais, com resolução espacial de 30 metros, para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, e de 120 metros para a banda 6. A resolução espacial vai indicar o detalhamento dos alvos na imagem, ou seja, quanto menor a resolução espacial, menor o detalhe dos alvos. A resolução espectral indica o número de bandas (refere-se à largura da faixa do espectro eletromagnético), assim, quanto maior o número de bandas melhor a resolução espectral. Devido à elevada resolução espectral, com amplo alcance no espectro eletromagnético, as imagens geradas pelo sensor TM têm alto potencial para atender a múltiplos requisitos de aplicações, como análises de vegetação, agricultura, solos, áreas urbanas entre outros, uma vez que cada faixa espectral realça alvos diferentes.

Para processamento das imagens utilizadas foi empregado o Sistema de Processamento de Informação Georreferenciada (SPRING), versão 5.2.2, disponibilizado gratuitamente no sítio do INPE. Para este estudo foram empregadas as bandas 3, 4 e 5 do sensor TM na composição 5R4G3B (banda 5 no vermelho, banda 4 no verde e banda 3 no azul). O uso das composições acima referidas se deve ao fato de que nestas a reflectância da vegetação é associada ao canal verde; aos aspectos do solo e área urbana ao vermelho; e água e sombra ao azul, dando a esta composição o aspecto falsa cor, que mais se associa às cores reais destes alvos.

Para cobrir toda a área em estudo foram necessárias quatro cenas 231 (68 e 69) e 230 (68 e 69) exigindo então a realização de um mosaico. Em seguida, as imagens foram georreferenciadas a partir da associação de pontos notáveis na imagem com seus correspondentes nas bases vetoriais de “malha viária” e “rede de drenagem” obtidas através da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) tornando, deste modo, as coordenadas das imagens conhecidas num dado sistema de referência.

Posteriormente, as imagens foram submetidas à etapa de Processamento Digital de Imagens (PDI), que segundo Crósta (1992), trata especificamente das técnicas utilizadas para identificar, extrair, condensar e realçar a informação de interesse para determinados fins. Nesta fase foram usadas técnicas de realce de contraste, que em conformidade com Câmara et al.,(1996), melhoraram a qualidade visual das imagens sob critérios subjetivos do olho humano, facilitando assim, a extração de informações pelo operador, técnicas de segmentação e classificação.

A segmentação é um processo que “rotula” a imagem em diversas regiões, ou segmentos, que contenham características homogêneas considerando nesse processo a resposta espectral, a textura e o contraste entre os pixels. Neste estudo a segmentação foi

realizada pelo método de crescimento de regiões que inicialmente rotula cada pixel como uma região distinta e posteriormente agrupa regiões adjacentes segundo um critério de similaridade baseado num teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões (CÂMERA et al., 1996). A segmentação também é essencial à etapa de classificação por regiões realizada posteriormente.

De acordo com Câmara et al. (1996) a classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Para o autor, o resultado da classificação digital é apresentado por meio de classes espectrais que possuem características espectrais semelhantes. Para a classificação foi adotado o classificador por regiões de Bhattacharya, sendo este o que apresentou melhores resultados à classificação da área em estudo após a realização de vários testes com outros classificadores como Ioseg, Clatex e Histograma. A classificação pelo método Bhattacharya utiliza a distância média entre as distribuições de probabilidade para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais (INPE, 2006).

A partir do trabalho de campo definiu cinco classes predominantes na área em estudo, sendo elas: Florestas; Savanas, Uso Antrópico, Água e Campos Inundáveis. Na classe Florestas encontram-se dois fitofisionomias principais: a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Estacional Semidecidual. A classe Savanas compreende fitofisionomias do cerrado, que possuem menor densidade de cobertura vegetal (RIBEIRO e WALTER, 1998). A classe Uso Antrópico inclui agricultura, pecuária e demais áreas em que a vegetação foi retirada. A classe Água compreende os rios, igarapés, lagos e lagoas. Por fim, a classe Campos Inundáveis refere-se à vegetação que está sob influência fluvial e/ou lacustre.

Após a classificação das imagens referentes às quatro décadas em análise, foram estruturados mapas temáticos para facilitar a visualização das alterações que ocorreram nas classes temáticas ao longo dos anos, possibilitando, assim, visualizar a dinâmica de cobertura vegetal ocorrida no decorrer do processo de ocupação da região.

Para a análise de vulnerabilidade foram utilizados arquivos vetoriais de geologia, geomorfologia, pedologia, clima e vegetação/uso da terra (Tabela 3) e imagens do ano de 2013 do satélite LANDSAT 8, sensor *Operational Land Imager* (OLI), para análise das fitofisionomias vegetais do município, as quais foram obtidas gratuitamente através do serviço geológico norte americano no sítio <http://glovis.usgs.gov/>. Observa-se que os dados estão disponibilizados em diferentes escalas, mas tal fato não inviabilizou a modelagem geográfica. Estes dados foram reclassificados e convertidos em formato matricial, aos quais

foram atribuídos pesos segundo a escala de vulnerabilidade proposta Crepani et al. (2001), já discutida no capítulo quatro.

Tabela 3 – Dados vetoriais utilizados na análise de vulnerabilidade.

Tema	Formato	Escala	Fonte
Geologia	Shapefile	1:100.000	Geobank/CPRM
Pedologia	Shapefile	1:250.000	IBGE
Clima	Shapefile	1:500.00	CPRM
Vegetação/Uso	Shapefile	1:50.000	MMA

No tema clima são analisadas as informações de precipitação disponíveis nas Isoietas Médias Mensais de uma série histórica de 1977 a 2006 disponibilizadas no sítio da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

Os dados de vegetação do MMA serviram apenas para orientar a identificação das diferentes fitofisionomias vegetais durante a classificação das imagens de 2013, porque nesta classificação é importante distinguir os diferentes tipos de vegetação uma vez que cada um apresenta valores de vulnerabilidade distintos, que variam conforme a densidade de cobertura vegetal. Para classificação foi empregado o classificador por regiões de Bhattacharya. As informações relativas à geomorfologia (amplitude altimétrica e declividade do terreno) foram obtidas através da imagem do sensor ASTER do satélite EOS.

Posteriormente passou-se à elaboração dos mapas temáticos através de processos cartográficos e técnicas de sensoriamento remoto que permitiram a identificação da vegetação e os usos da terra, bem como dos mapas de solos, geologia, geomorfologia e vegetação. Complementarmente foi realizada uma etapa de levantamento de campo para dar maior acurácia aos dados obtidos no PDI. Sendo assim, foram coletados pontos geográficos representativos da vegetação, geologia, geomorfologia, sistemas de drenagens e etc. por meio do sistema de posicionamento global (GPS). Após os trabalhos de campo, retornou-se ao gabinete para a reinterpretação e cruzamento dos dados para a confecção final dos mapas temáticos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa estão organizados em duas etapas, a primeira refere-se aos resultados da análise multitemporal da dinâmica de uso e cobertura da terra, e a segunda refere-se à análise de vulnerabilidade à perda de solos no município de Alto Alegre dos Parecis.

6.1 ANÁLISE MULTITEMPORAL

6.1.1 Análise visual

A partir da análise visual dos mapas temáticos foi possível verificar a dinâmica de ocupação e as mudanças do uso e cobertura vegetal ao longo do processo de ocupação do município. Na Figura 4 observa-se que, no ano 1984, ainda eram insipientes os sinais de ocupação no município, com poucas áreas desflorestadas. Destaca-se que nesse período o município não era emancipado e, portanto, a análise do recorte 1984, é apenas comparativa.

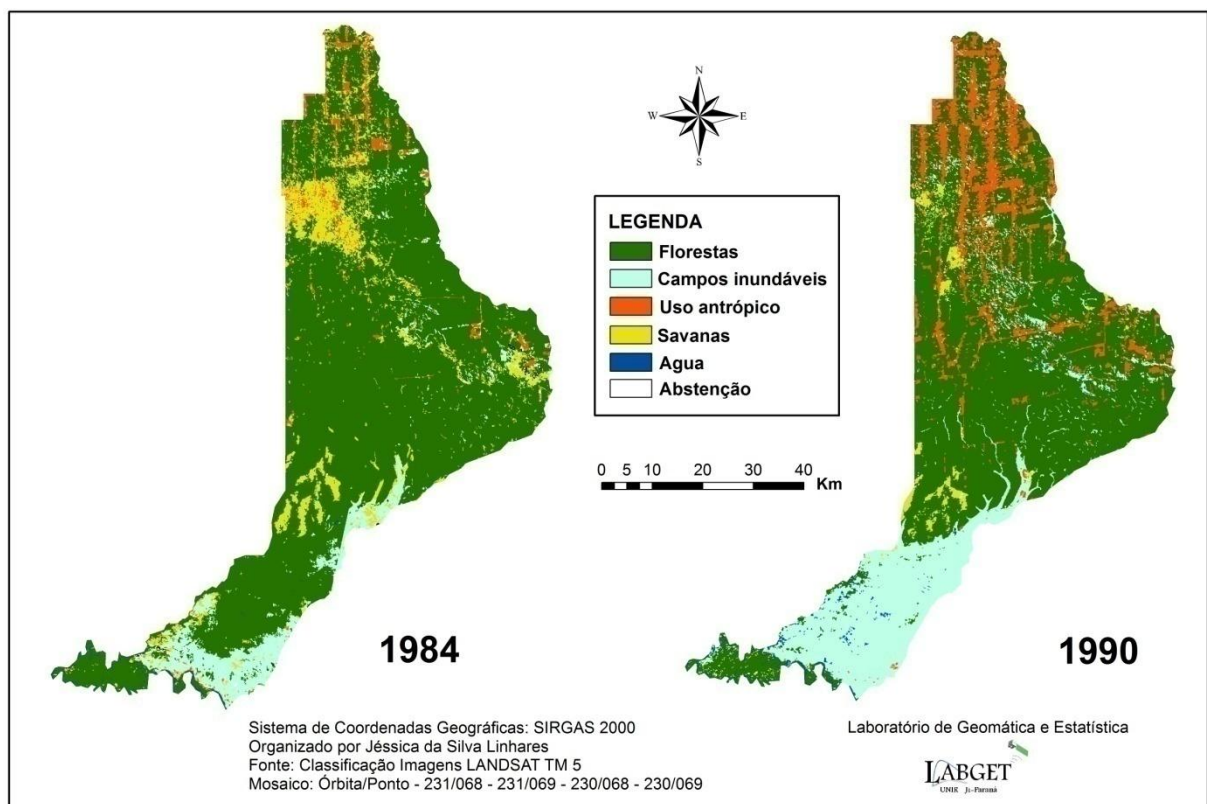


Figura 4 – Mapa de cobertura vegetal e uso da terra nos anos 1984 e 1990.

Na análise da Figura 4 também é possível perceber que o processo de ocupação do município ocorreu de norte para sul, uma vez que a malha viária, especialmente a BR-364, está localizada mais ao norte. Posteriormente, a malha viária foi ampliada para o interior do município, após a estruturação das estradas vicinais que ainda estavam sendo abertas nesse período.

A abertura de estradas e os projetos de colonização tiveram reflexos diretos sobre a paisagem do estado, o que se confirma através da evolução das áreas de Uso Antrópico no município de Alto Alegre dos Parecis, entre os anos de 1984 e 1990. A retirada da vegetação tinha como principal finalidade a exploração madeireira seguida da instalação de áreas de pastagens, conforme orientação das instituições responsáveis pela gestão dos projetos de colonização agrícola no estado.

Em 1990, verifica-se a expansão das áreas de retirada de vegetação com o avanço das áreas de Uso Antrópico sobre a fitofisionomia vegetal Savana, localizada ao norte do município e, que até então permanecia preservada. Nesse período, essa porção já está praticamente antropizada, ficando evidentes áreas de retirada da vegetação na porção central do município. Percebe-se também, que na região noroeste uma área que aparece como savana em 1984 aparece como floresta em 1990. Essa mudança reflete uma confusão do classificador, que pode ter sido afetado por:

- a) confusão espectral decorrente das características da vegetação em zona de transição (ecótono). A classe Savanas apresenta vegetação do tipo Cerradão, que segundo Sano e Almeida (1998) são formações florestais com presença de espécies que ocorrem no cerrado e por espécies de mata, caracterizando uma “mata mais rala e fraca”. Essa semelhança pode dificultar a distinção entre as savanas e florestas, aumentando a confusão espectral.
- b) confusão espectral decorrente das características do clima que afeta o conteúdo de água na folha modificando sua reflectância (MOREIRA, 2001).

No entanto, esta confusão espectral não afeta a análise multitemporal, visto que o objetivo desta é demonstrar como o processo de ocupação do município influenciou a substituição de vegetação natural por áreas de uso antrópico. Portanto, se é savana ou floresta não há relevância significativa, visto que as duas são vegetações naturais, que podem ter características muito semelhantes, além de terem a mesma “função de representação” nos mapeamentos de uso e cobertura da terra.

Ainda na Figura 4 verifica-se um aumento significativo da classe Campos Inundáveis de 1984 para 1990, o que possivelmente está relacionado às variações do regime hidrológico

da região, uma vez que a área sul do município faz parte da planície de inundação da bacia do Rio Guaporé e, portanto, está sob influência do seu regime de inundações que varia ao longo dos anos. Mesmo que a região não estivesse inundada à época de passagem do satélite, a influência das inundações ainda poderia refletir em variações da reflectância da vegetação que provavelmente apresentava maior teor de umidade em 1990.

Na Figura 5 observa-se que a área da classe Uso Antrópico continua aumentando, fato que pode ter sido intensificado pela emancipação do Município de Alto Alegre dos Parecis no ano de 1994. Percebe-se que no ano de 2000 há sinais de ocupação antrópica dentro da Terra Indígena (TI) Rio Mequéns.

Como citado no Capítulo 1, a morosidade do processo de demarcação das TIs, em Rondônia, gerou inúmeros conflitos no campo envolvendo camponeses e indígenas, devido às invasões de suas terras. A demarcação da TI Rio Mequéns só foi concluída no ano de 1996, portanto, as áreas de uso antrópico dentro dos limites da TI, no ano de 2000, podem ser referentes às áreas que foram ocupadas por não indígenas na época das invasões, e que ainda não haviam se regenerado no ano de 2000. No entanto, Pedlowski (1999) expõe que mesmo com a demarcação das TIs, essas áreas não estavam livres da deterioração, fator corroborado pelo limitadíssimo quadro de funcionários dos órgãos fiscalizadores. Ao observar a imagem de 2011, percebe-se que os sinais de uso antrópico dentro da TI desaparecem, possivelmente com o passar dos anos essas áreas se regeneraram e voltaram a um estágio de vegetação próximo ao natural.

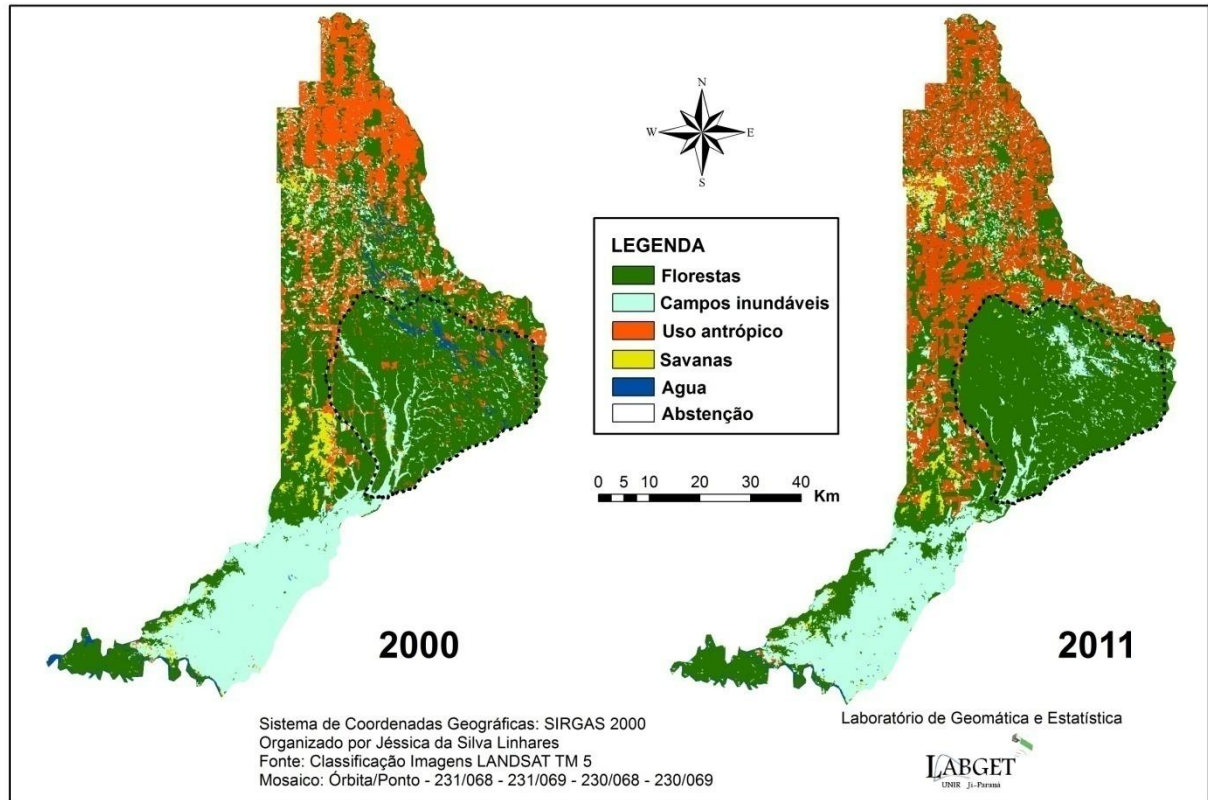


Figura 5 - Mapa de cobertura vegetal e uso da terra nos anos 2000 e 2011.

Ainda sob a análise da Figura 5, pode-se também concluir que, apesar dos esforços para conter a retirada da vegetação por meio do Plano Agropecuário e Florestal do Estado de Rondônia (PLANAFLORO), implantado no ano de 1992, o avanço da agropecuária e exploração madeireira na região reduziram grandes áreas de vegetação natural entre os anos de 1990 e 2000. Isto demonstra que de nada adianta a implantação de programas de redução da retirada da vegetação se estes não forem acompanhados de devida fiscalização.

6.1.2 Análise quantitativa

Os resultados da classificação foram tabulados, permitindo a análise quantitativa da área, de cada classe, no período de 1984 a 2011. (Tabela 4).

Assim, a classe Florestas ocupava 78,67% da área do município, em 1984, e foi reduzindo até ocupar 49,4%, no ano de 2011. A classe Savanas foi aquela que apresentou redução maior, pois em 1984 ocupava 10,08% da área em estudo e em 2011 reduziu para 1,8%. A classe Campos Inundáveis apresentou aumento da área ocupada, passando de 7,73%,

em 1984 para 22,14% em 2011. A classe Água apresentou variação de 34% e a classe Uso Antrópico apresentou aumento significativo, passando de 3,06% em 1984 para 26,04% em 2011.

Tabela 4 – Quantitativo das áreas das classes de uso da terra no município de Alto Alegre dos Parecis entre os anos de 1984 a 2011.

Ano	1984	1990	2000	2011	Varição 1984 /2011
Classes de uso	Área %				
Florestas	78,67	63,6	52,68	49,4	- 37,23
Savanas	10,08	2,38	2,5	1,8	- 82,18
Campos Inundáveis	7,73	20,22	24,52	22,14	+185,90
Água	0,44	0,97	2,02	0,59	+34,09
Uso Antrópico	3,06	12,81	18,17	26,04	+750,98

Algumas considerações acerca da apropriação dos recursos naturais podem ser explicadas por meio dos resultados, como por exemplo, a conversão da vegetação natural em áreas de pastagens. Na Tabela 4, fica claro que, à medida que há um aumento na classe Uso Antrópico (+750,98%), há simultaneamente uma redução percentual na classe Florestas (-37,23%) e Savanas (-82,18%). Neste sentido, o aumento da área de pastagem pode ser justificado, em parte, pelo aumento no número de bovinos. Ao se analisar os dados do censo agropecuário do IBGE), observou-se que de 2004 a 2011 a taxa de crescimento do número de bovinos no município de Alto Alegre dos Parecis foi de 29,62%. Não se identificou dados do número de bovinos para o período pretérito, no entanto, segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) entre os anos de 1967 a 1973 a taxa de crescimento do número de bovinos para todo o Estado de Rondônia foi de 191,07%.

Observa-se ainda que as Savanas sofreram maior redução que as Florestas, fato que pode estar relacionado à maior facilidade na conversão de vegetações menos densas em áreas antropizadas, que a conversão de vegetações muito densas, como é o caso da Floresta Ombrófila Densa e da Floresta Estacional Semidecidual verificadas na área em estudo. No entanto, a retirada de vegetações densas apresenta a “vantagem”, para quem maneja a área, da exploração madeireira.

Vale destacar que o aumento da área ocupada pela classe Uso Antrópico não foi maior, porque que as áreas de Formações Pioneiras, onde predominam vegetações sob influência fluvial e/ou lacustre, classificadas como Campos Inundáveis, foram, de forma geral, preservadas. A princípio, essas áreas não são propícias ao desenvolvimento de

atividades agropecuárias, por se tratarem de áreas alagadas durante boa parte do ano. No entanto, verificou-se na análise de campo que, quando o nível dos rios diminui, alguns fazendeiros da região utilizam essas áreas para pastagem do rebanho bovino, visto que estas possuem vegetação predominantemente gramínea.

Diante do exposto, evidencia-se a importância da pesquisa de campo na validação das análises de imagens de satélites, uma vez que não foi possível identificar a utilização dos campos inundáveis para atividade pecuária por meio destas análises. Isso ocorreu devido o fato de que as imagens de sensoriamento remoto, de forma geral, revelam apenas a paisagem e não o espaço geográfico que, na visão de Santos (1996) é dinâmico e está em constante movimento. Nesse sentido, Melgaço (2007) afirma que o sensoriamento remoto jamais será capaz de apreender o espaço geográfico em sua totalidade por ser, uma redução da realidade.

Sendo assim, o aumento da área da classe Campos Inundáveis pode ainda estar relacionado ao aumento da taxa de escoamento superficial, uma vez que a retirada da vegetação, associada à instalação das atividades agropecuárias, aumenta a compactação do solo, diminuindo sua capacidade de infiltração, gerando um aumento das áreas alagadas nas regiões mais baixas do relevo. Este fenômeno resulta ainda no aumento de sedimentos provenientes das erosões e voçorocas nas áreas mais altas do relevo e atingem o leito do rio e condicionam o aumento no surgimento dos bancos de areia nos leito dos mesmos (SANTOS, 2008).

Santos (2008, p. 102), numa abordagem semelhante, ao avaliar o processo de antropização na planície de inundação no rio Araguaia, Estado de Goiás, afirma que “as fezes do gado bovino podem contribuir para a eutrofização dos ambientes lacustres, já que a enxurrada leva as fezes para os lagos, o que contribui para o acúmulo de matéria orgânica nos ambientes aquáticos”. O autor afirma ainda que tal processo pode favorecer o aumento de plantas aquáticas, que comprometem a qualidade da água e das espécies da ictiofauna.

Além disto, as áreas classificadas como Campos Inundáveis podem ser consideradas Zonas Úmidas, pois segundo Brasil (2013), na Convenção de Ramsar, definiu-se as zonas úmidas como pântanos, charcos, turfas e corpos de água, naturais ou artificiais, permanentes ou temporários, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo estuários, planícies inundáveis, ilhas e áreas marinhas costeiras. Vale destacar que em Rondônia ainda não há nenhuma área incluída na lista de Ramsar. No entanto, defende-se que a extensa planície do Rio Guaporé apresenta potencial para tal, uma vez que o título de sítio

Ramsar confere às áreas úmidas prioridade na implementação de políticas governamentais e fortalece sua proteção.

6.2 ANÁLISE DE VULNERABILIDADE À PERDA DE SOLOS

A partir dos mapas de vulnerabilidade, gerados para cada tema (geologia, geomorfologia, solo, clima e vegetação), foram discutidos os aspectos de sua vulnerabilidade natural aos processos erosivos e, posteriormente, os mapas foram integrados, gerando um mapa de vulnerabilidade à erosão do solo, no município de Alto Alegre dos Parecis. Destaca-se o fato de que todos os resultados estão apresentados em forma de mapas temáticos, portanto, as análises são variadas e não esgotadas nesta pesquisa.

6.2.1 Geologia

Como discutido no tópico 4.1, a vulnerabilidade do tema geologia é determinada pela história de evolução e o grau de coesão das rochas. Deste modo, as unidades litológicas, onde predominam rochas caracterizadas pelo baixo grau de coesão entre as partículas, receberam os maiores valores de vulnerabilidade. Inversamente, as litologias que apresentam elevado grau de coesão entre as partículas receberam os menores valores de vulnerabilidade.

Para as classes que apresentaram diferentes variedades litológicas foi realizada uma média entre os valores atribuídos a cada litologia encontrada na unidade geológica (Tabela 5), e a espacialização da vulnerabilidade à erosão do tema geologia é apresentada por meio da Figura 6.

A análise do mapa de vulnerabilidade à erosão para o tema geologia (Figura 6) revelou que grande parte do município está sobre formações geológicas instáveis, onde predominam rochas de origem sedimentar e sedimentos inconsolidados, que somadas representam 83,44% da área total do município. As unidades geológicas representadas pela cor laranja são consideradas vulneráveis e as representadas pela cor amarela moderadamente vulneráveis segundo, o grau de vulnerabilidade proposto por Crepani et al., (2001).

Tabela 5 – Valores de vulnerabilidade atribuídos às unidades geológicas segundo Crepani et al. (2001) e sua representatividade na área de estudo.

CLASSES	ORIGEM	Vulnerab. Crepani et al., (2001)	Área (%)
Tonalito, Granodiorito, Monzogranito/Ortognaisse, Granitóide	Ígnea	1,2	4,52
Rocha máfica, Tranquito, Riolito, Sienogranito, Álcali-feldspato granito	Ígnea	1,3	4,16
Formação ferrífera bandada, Metagabro, Anfibolito, Gnaiss calcissilicático, Quartzito, Paragnaisse, Xisto Aluminoso	Metamórfica	1,4	4,73
Diabásio, Basalto	Ígnea	1,5	0,28
Metagabro, Anortosito, Gabro, Olivina, Gabronito, Metapiroxenito	Ígnea/Metamórfica	1,6	1,63
Anfibolito, Metadiabásio, Metagabronorito	Metamórfica	1,7	1,24
Siltito, Argilito, Conglomerado	Sedimentar	2,6	21,73
Argila, Cascalho, Areia,	Sedimento inconsolidado	2,7	57,80
Calcário dolomítico, Siltito carbonoso, Siltito, Arenito	Sedimentar	2,8	3,91

Na porção Norte do município, verifica-se áreas mais estáveis, onde predominam granitóides, gnaisses e anfibolitos, que são rochas de origem ígnea e metamórfica, que apresentam maior estabilidade devido aos processos intempéricos de formação que favorecem rochas coesas e são, portanto, mais resistentes aos processos erosivos.

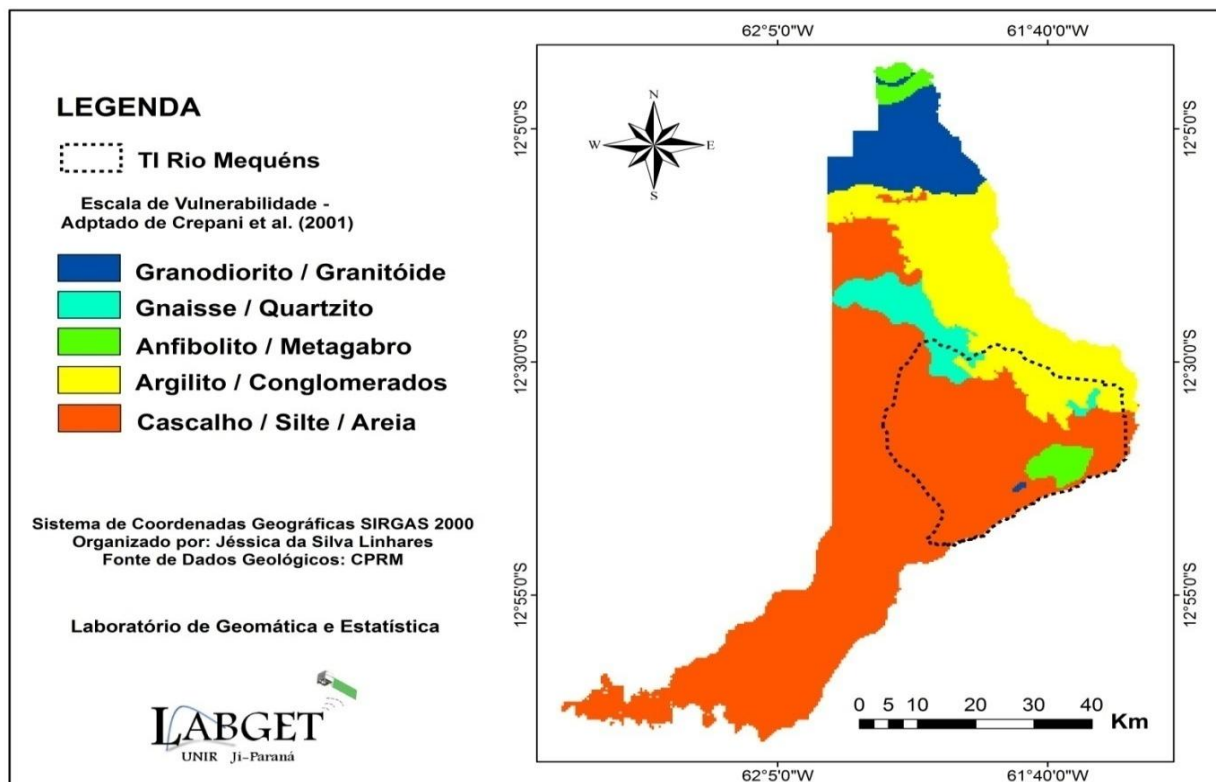


Figura 6–Mapa de vulnerabilidade à erosão do tema geologia.

6.2.2 Pedologia

A maturidade do solo é fator determinante do grau de vulnerabilidade, conforme a metodologia de Crepani et al. (2001). Assim, identificou-se sete tipos de solos na área em estudo, aos quais foram atribuídos valores de vulnerabilidade apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores de vulnerabilidade atribuídos às classes de solos, segundo Crepani et al. (2001) e sua representatividade na área em estudo.

CLASSE DE SOLO	Vulnerab. Crepani et al. (2001)	Área (%)
Latossolo Amarelo	1,0	25,50
Argissolo Vermelho Amarelo	2,0	26,78
Cambissolo Háptico Alumínico	2,5	3,50
Plintossolo Argilúvico	3,0	16,89
Gleissolo Háptico	3,0	6,05
Neossolo Quartzarênico	3,0	11,08
Neossolo Litólico	3,0	10,10

Os neossolos, gleissolos e plintossolos são considerados altamente vulneráveis aos processos erosivos, pois segundo Crepani et al. (2001), se tratam de solos jovens e pouco desenvolvidos, que ainda estão em fase de formação a partir dos materiais recentemente depositados.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (2009), os neossolos são solos pouco evoluídos, sem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Na etapa de campo, verificou-se a presença de areais (Figura 7), característicos de Neossolos Quartzarênicos, que conforme Frazão et al., (2008), são solos originados de depósitos arenosos, com textura de areia ou areia franca até 2 m de profundidade.



Figura 7 – Formação de areais identificados na área em estudo, característicos de Neossolos Quartzarênicos.

Fonte: o autor, fotografia tomada em 25/06/2013.

Outra classe de solos considerados pouco desenvolvidos são os Cambissolos, que ocorrem em cerca de 3,5% da área em estudo, e compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente (EMBRAPA, 2009).

Para Crepani et al. (2001), os Argissolos são considerados solos de vulnerabilidade intermediária. Segundo a Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2013), a maioria dos solos desta classe apresenta um incremento no teor de argila do horizonte A superficial para o horizonte B subsuperficial. Em condições de intensa precipitação, essa característica favorece a rápida saturação do horizonte A, visto que a elevada concentração de argila no horizonte B dificulta a infiltração da água, aumentando deste modo o escoamento superficial responsável pela erosão do solo. Verificou-se, também, a ocorrência de Argissolo Vermelho Amarelo em 26,78% da área em estudo.

O Latossolo Amarelo Distrófico é o solo mais estável encontrado na área e ocorre em cerca de 26,78% da área. Os latossolos, em geral, são solos em avançado estágio de intemperização, bem desenvolvidos, maduros e de elevada profundidade (EMBRAPA, 2009).

Portanto, Crepani et al. (2001) classifica os latossolos como os solos menos vulneráveis aos processos erosivos. A Figura 8 apresenta o mapa de vulnerabilidade à erosão do tema pedologia.

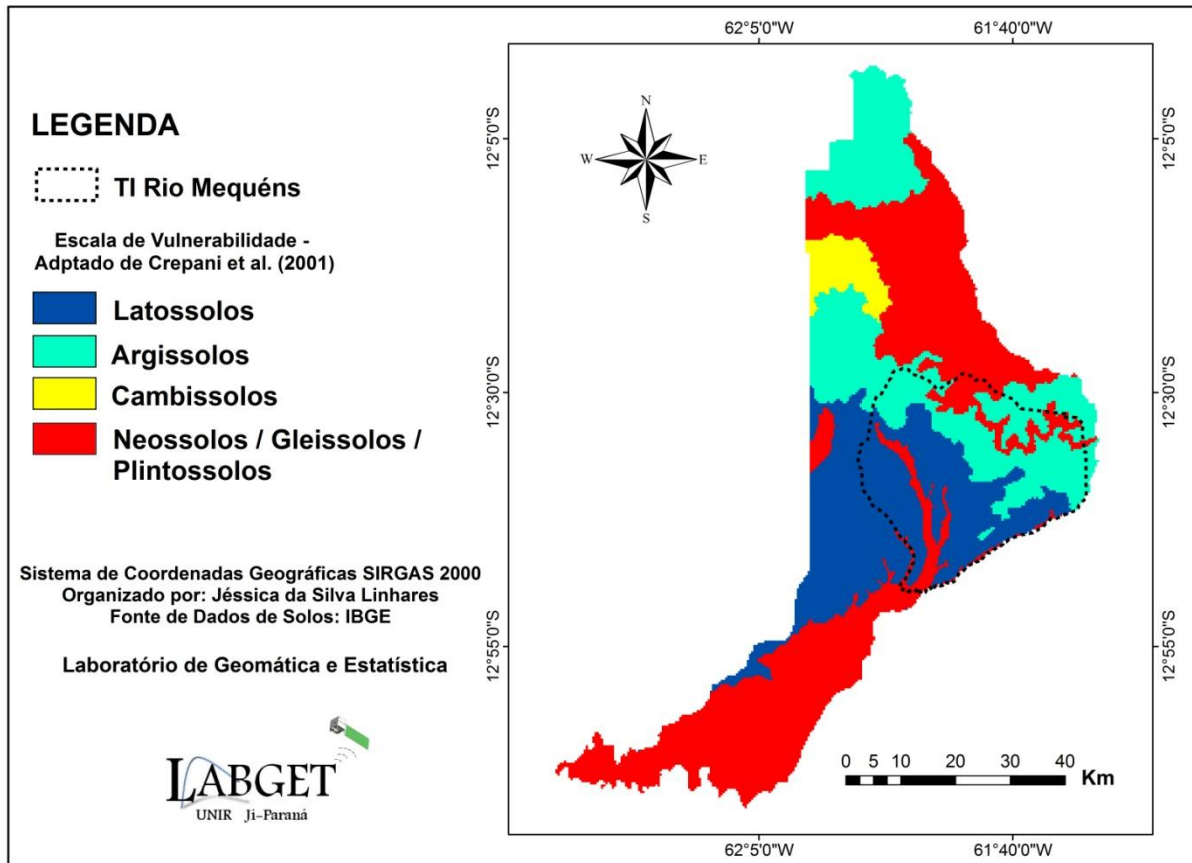


Figura 8 – Mapa de vulnerabilidade à perda de solos do tema pedologia.

A partir da análise da Figura 8, percebeu-se que os solos mais vulneráveis, representados pela cor vermelha, estão localizados na porção sul, que se refere à planície de inundação do Rio Guaporé e logo acima do limite norte da TI Rio Mequéns.

6.2.3 Geomorfologia

Segundo a metodologia de Crepani et al. (2001), para estabelecer a vulnerabilidade com relação ao tema geomorfologia são analisados os seguintes índices morfométricos: dissecação do relevo pela drenagem, amplitude altimétrica e a declividade do terreno. No entanto, neste estudo, foram consideradas somente a amplitude altimétrica e a declividade do terreno para a análise geomorfológica. Como citado no tópico 4.2, a dissecação do relevo é um índice diretamente relacionado à porosidade e a permeabilidade do solo e da rocha, portanto, optou-se por não incluir esse fator, uma vez que a metodologia de análise da vulnerabilidade adotada já considera a influência do solo e da rocha no processo erosivo por

meio dos temas específicos, pedologia e geologia. Dessa forma, o grau de vulnerabilidade para o tema geomorfologia pode ser observado na Figura 9.

Na análise da Figura 9, percebe-se que as áreas, onde prevalece a cor azul, são as que possuem os menores valores de vulnerabilidade, e as representadas pelas cores amarela e vermelha possuem os maiores valores de vulnerabilidade.

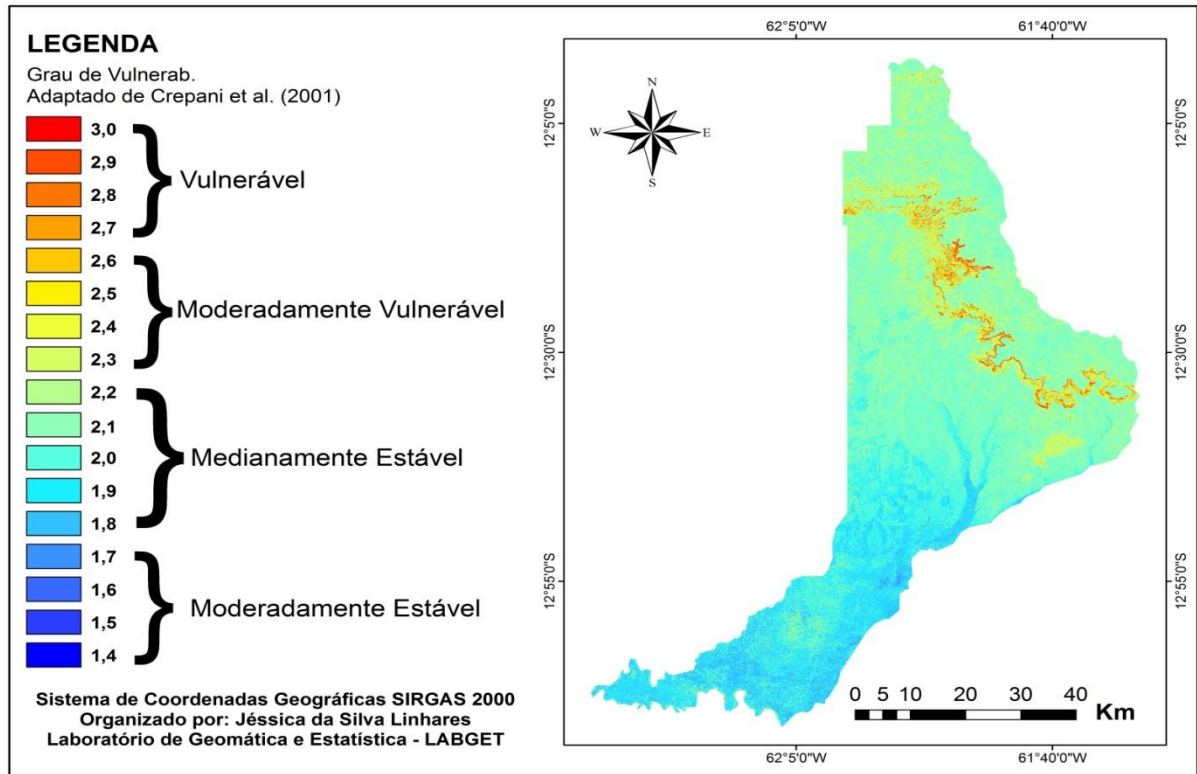


Figura 9 – Mapa de vulnerabilidade à perda de solos para o tema geomorfologia.

Na Figura 10, observa-se que a declividade foi fator determinante no grau de vulnerabilidade do tema geomorfologia. Assim, verifica-se que as áreas que apresentaram menor grau de vulnerabilidade (Figura 9) correspondem às áreas de baixa declividade o terreno (Figura 10). Inversamente, a área que apresentou maior grau de vulnerabilidade, para o tema geomorfologia, refere-se à área de maior declividade no município.

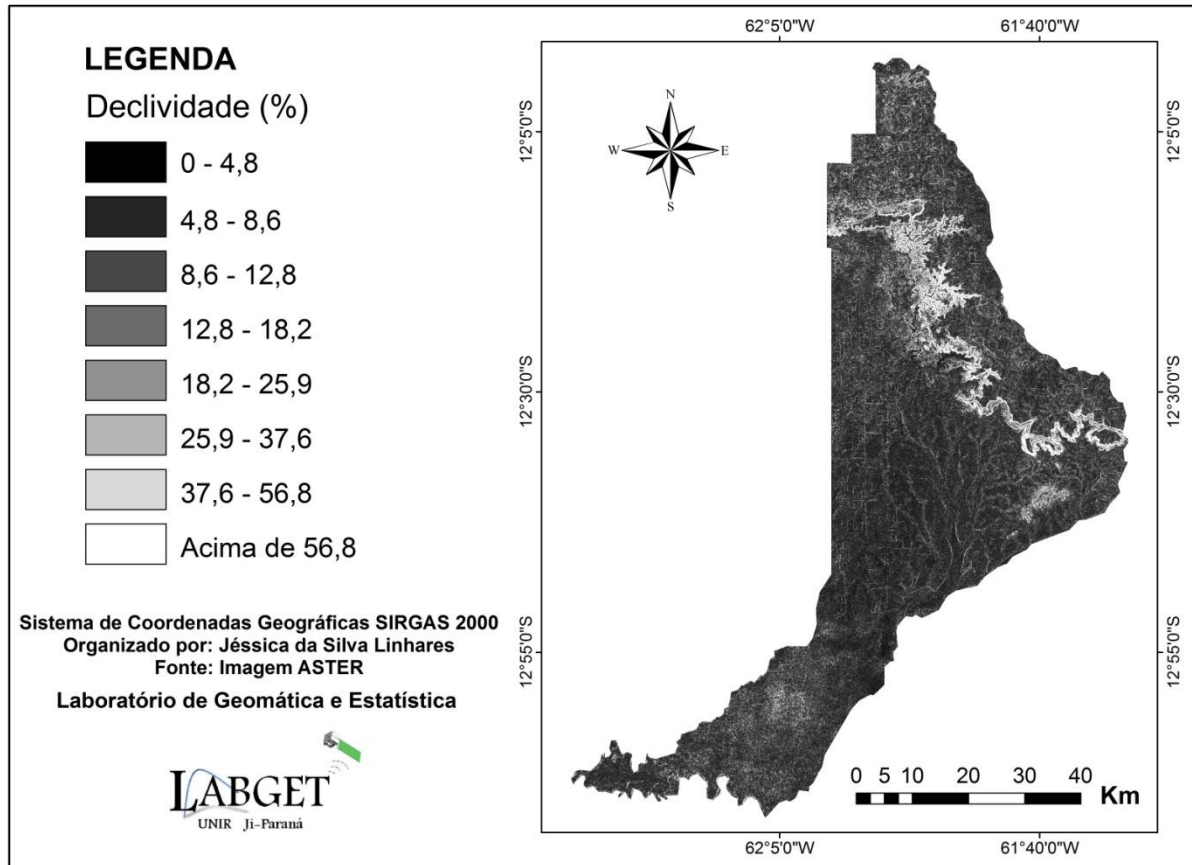


Figura 10 – Mapa de declividade da área em estudo.

6.2.4 Clima

A área em estudo apresentou somente dois intervalos de precipitação média mensal, sendo eles 141 mm/mês e 167 mm/mês. Os valores de vulnerabilidade atribuídos a cada intervalo são apresentados na tabela 7.

Tabela 7 - Associação dos valores de intensidade pluviométrica aos valores de vulnerabilidade, segundo Crepani et al. (2001).

Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade
125 – 150	1,4
150 – 175	1,5

O mapa de intensidade pluviométrica (Figura 11) mostra a distribuição da precipitação sobre a área em estudo.

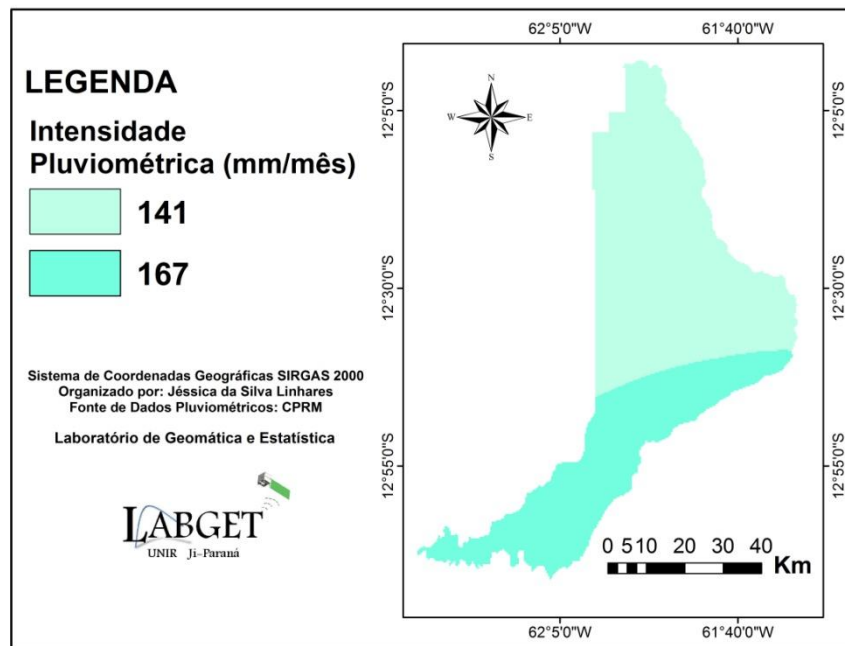


Figura 11 – Mapa de intensidade pluviométrica.

A análise do mapa mostra que há um aumento da intensidade pluviométrica no sentido norte/sul. Dessa forma, a vulnerabilidade do tema clima também nesse sentido, em que a cor azul mais clara refere-se à área de menor vulnerabilidade.

6.2.5 Vegetação

Por meio de informações obtidas do arquivo vetorial de vegetação, disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), da análise da classificação da imagem de 2013 e das observações em campo, foram identificados seis tipos de cobertura vegetal representativos na região em estudo. Cada fitofisionomia vegetal recebeu valores de vulnerabilidade (Tabela 8) segundo a metodologia de Crepani et al. (2001), que considera a densidade de cobertura vegetal como fator determinante do grau de vulnerabilidade da vegetação.

Tabela 8 - Valores de vulnerabilidade atribuídos aos tipos de vegetação segundo Crepani et al. (2001).

Vegetação	Vulnerabilidade Crepani et al. (2001)
Floresta Ombrófila Aberta	1,2
Floresta Estacional Semidecidual	1,6
Savana Florestada	1,7
Savana Arborizada	2,1
Formações Pioneiras	2,6
Pastagem	2,8

A Figura 12 apresenta a classificação da área em estudo realizada através da imagem do satélite LANDSAT 8 e o mapa de vulnerabilidade estruturado a partir da metodologia de Crepani et al. (2001).

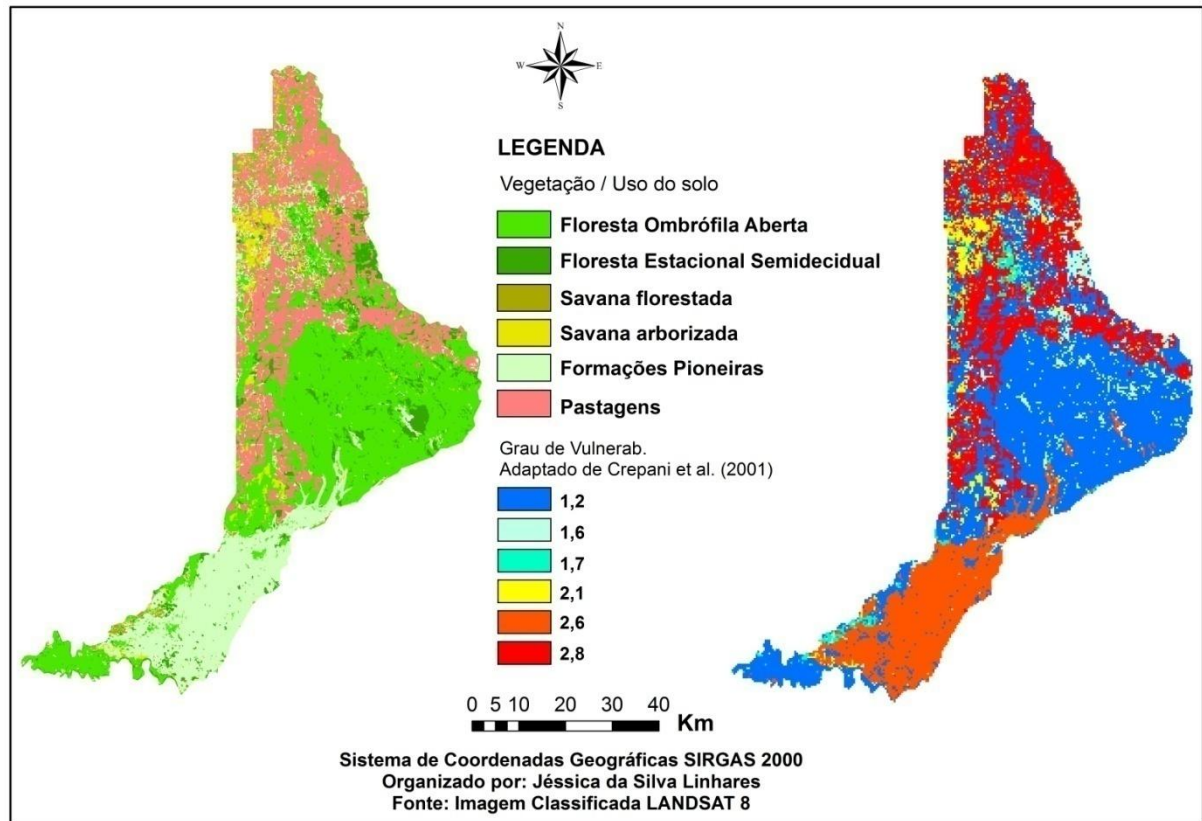


Figura 12 – Classificação do uso do solo e seu grau de vulnerabilidade à perda de solos.

Verifica-se assim, que as áreas onde prevalecem Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual apresentam os menores valores de vulnerabilidade. Como já referido por Crepani et al. (2001), as fitofisionomias de florestas, que possuem elevada densidade de cobertura vegetal, protegem os solos do impacto das águas das chuvas, deixando-os menos vulneráveis. As Savanas, por serem vegetações menos densas, apresentam vulnerabilidade intermediária. As áreas de Formações Pioneiras, que possuem vegetação predominantemente gramínea, apresentaram vulnerabilidade elevada, visto que apresentam baixa densidade de cobertura vegetal, expondo os solos aos agentes intempéricos do clima. Por fim, as pastagens apresentam a maior vulnerabilidade identificada na área em estudo devido à baixa capacidade de cobertura do solo, deixando-o praticamente exposto à ação da chuva e consequentemente aos processos erosivos.

6.2.6 Vulnerabilidade à perda de solos no município de Alto Alegre dos Parecis

Após a análise individual de cada tema, foi realizada a integração dos dados em Sistema de Informação Geográfica (SIG) via álgebra de mapas, estruturando-se assim o mapa de vulnerabilidade à perda de solos no município de Alto Alegre dos Parecis, apresentado na Figura 13. A área correspondente a cada grau de vulnerabilidade é apresentada na Tabela 9.

Ao analisar a Figura 13, verifica-se que a vulnerabilidade variou de 1,2, nas regiões classificadas como estáveis, a 2,5 nas regiões classificadas como moderadamente vulneráveis. Percebe-se também que as áreas que apresentaram maior vulnerabilidade, classificadas como moderadamente vulneráveis, estão concentradas em duas regiões predominantes: a primeira, logo acima do limite norte da Terra indígena Rio Mequéns, e a segunda, no extremo sul do município de Alto Alegre dos Parecis. Destaca-se que estas duas regiões possuem em comum a predominância de solos jovens (Neossolos, Gleissolos e Plintossolos), que por serem solos pouco desenvolvidos apresentam maior vulnerabilidade à perda de solos. Portanto, percebe-se que o tipo de solo foi um dos fatores determinantes do grau de vulnerabilidade.

Citam-se ainda outros fatores que contribuíram para a classificação dessas regiões como moderadamente vulneráveis. Na região acima do limite norte da TI, o fato de que a associação da elevada declividade com a intensa atividade antrópica expõe o ambiente à perda de solos, justificando seu elevado grau de vulnerabilidade. No extremo sul do município, apesar da baixa declividade, a alta vulnerabilidade também se explica porque a região está inserida na planície de inundação do Rio Guaporé. Segundo Palmeira (2004) apesar do relevo plano das Planícies Aluviais, áreas sujeitas à inundação têm predomínio dos processos morfogênicos, modificadores das formas de relevo.

As áreas classificadas como moderadamente estáveis estão distribuídas próximas das áreas moderadamente vulneráveis e representam cerca de 24, 53% da área total do município. Dessa forma, acredita-se que, se medidas de controle de perda de solos não forem implantadas estas áreas podem evoluir para o grau de vulnerabilidade moderadamente vulnerável, já que estão sob influência dos mesmos fatores, declividade e inundação.

As áreas medianamente estáveis e as estáveis estão em sua maioria concentradas na área da Terra Indígena Rio Mequéns. Portanto, verifica-se a importância da TI para a conservação dos solos, visto que nessa área ainda predomina a vegetação natural. Outro fator importante, é que nessa região predominam solos mais maduros e desenvolvidos, como é o caso do Latossolo Amarelo e do Argissolos Vermelho Amarelo, que tornam essa região menos vulnerável à perda de solos.

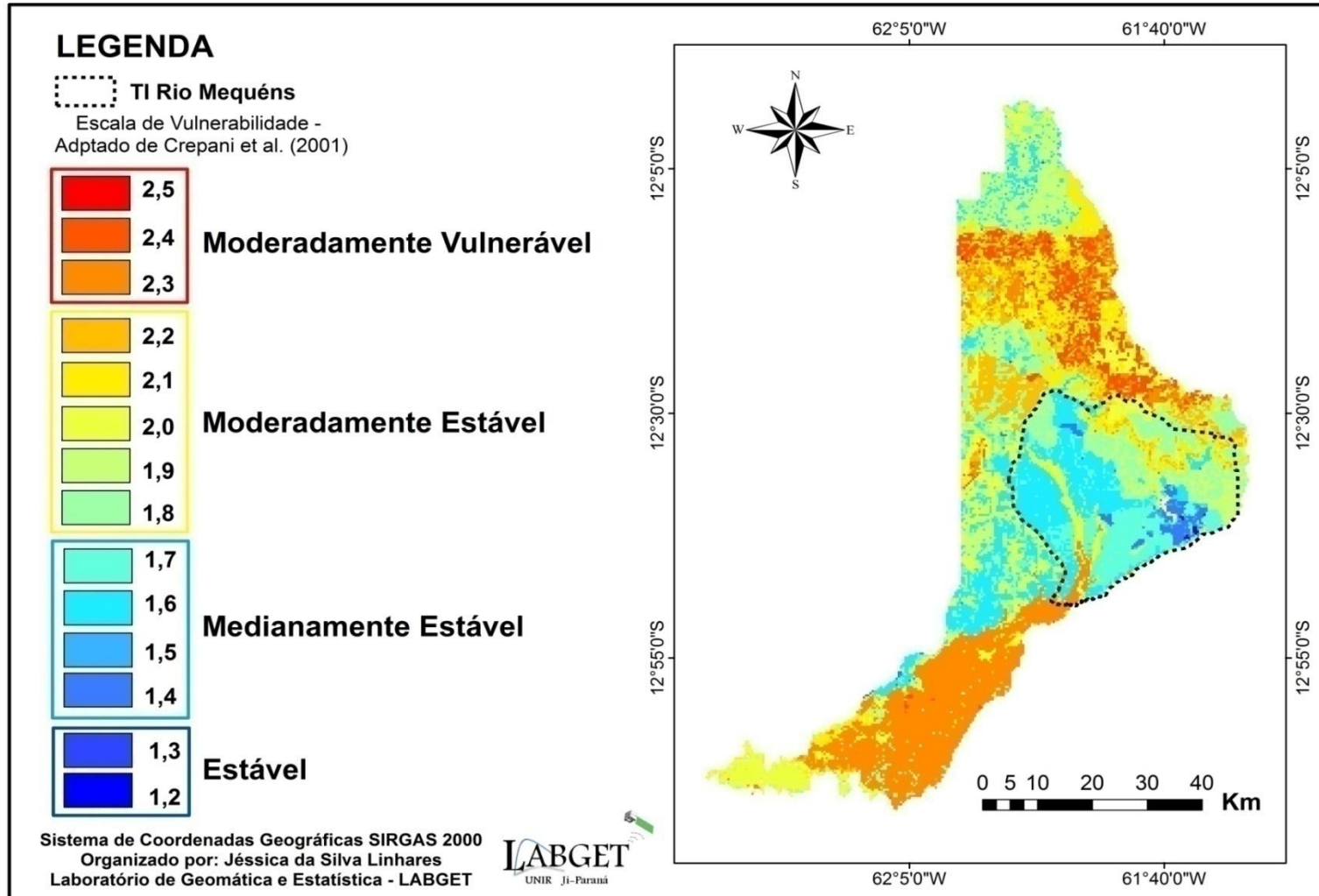


Figura 13 – Mapa de vulnerabilidade à perda de solos no município de Alto Alegre dos Parecis.

A análise da Tabela 9 demonstra que somente 0,07% da área foi classificada como estável e está inserida integralmente no interior da terra indígena Rio Mequéns, reforçando seu papel na conservação dos solos. A classe medianamente estável ocorreu em cerca de 24,53%. A classe mais representativa é a moderadamente estável que ocorreu em 50,78%. E as moderadamente vulneráveis ocorreram em 24,64%. Percebe-se que não se identificou áreas classificadas como vulnerável, pois a área em estudo não apresentou valores de vulnerabilidade entre 2,7 e 3,0.

Tabela 9 – Grau de vulnerabilidade, segundo metodologia de Crepani et al. (2001) e sua representatividade na área em estudo.

Grau de Vulnerabilidade	Valor de Vulnerabilidade	Área (%)
Estável	1,2	0,06
Estável	1,3	0,007
Medianamente Estável	1,4	1,29
Medianamente Estável	1,5	0,37
Medianamente Estável	1,6	15,51
Medianamente Estável	1,7	7,35
Moderadamente Estável	1,8	8,73
Moderadamente Estável	1,9	12,68
Moderadamente Estável	2	12,72
Moderadamente Estável	2,1	10,13
Moderadamente Estável	2,2	6,47
Moderadamente Vulnerável	2,3	18,73
Moderadamente Vulnerável	2,4	5,85
Moderadamente Vulnerável	2,5	0,06
Vulnerável	2,7 a 3,0	--

Na Figura 14 e Figura 15 verifica-se uma voçoroca identificada na pesquisa de campo, que indica um estágio avançado de perda de solos.



Figura 14 – Voçoroca identificada no município de Alto Alegre dos Parecis.
Fonte: A autora, tomada em 25/06/2013, coordenadas 61° 39' 9" e 12° 26' 43".



Figura 15 – Aspecto da perda de solos e presença de voçoroca com aproximadamente 8 metros de profundidade, 5 metros de largura e 500 metros de comprimento.
Fonte: A autora, tomada em 25/06/2013, coordenadas 61° 39' 9" e 12° 26' 43".

Vale destacar que a voçoroca identificada na área em estudo (Figura 14) e (Figura 15) está justamente sobre áreas em que a modelagem classificou como moderadamente vulnerável, sendo este o maior grau de vulnerabilidade ocorrente na área em estudo. A Figura 16 refere-se ao perfil de um solo identificado numa área classificada como medianamente

estável, onde é possível observar que o solo é aparentemente mais desenvolvido, tornando essa região menos vulnerável à perda de solos.



Figura 16 – Perfil do solo em região classificada como medianamente estável.

Fonte: A autora, tomada em 25/06/2013, coordenadas 12° 7' 38'' e 61° 50' 42''.

Portanto, para facilitar a visualização dessas observações, as fotos obtidas foram espacializadas no mapa de vulnerabilidade à perda de solos (Figura 17).

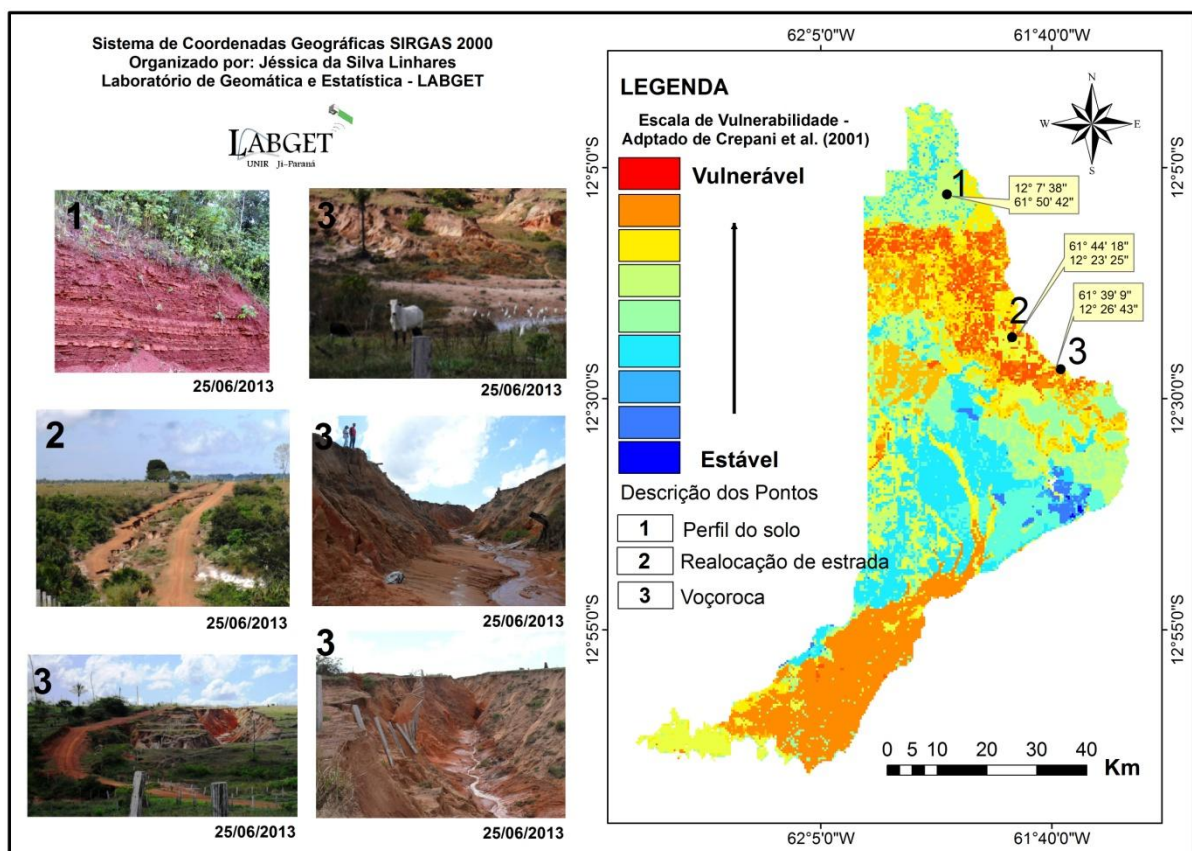


Figura 17 – Espacialização das fotografias obtidas em campo sobre o mapa de vulnerabilidade à perda de solos no município de Alto Alegre dos Parecis.

No campo, observou-se que a perda de solos forma grandes ravinas e voçorocas que comprometem algumas estradas, tornando-as intransitáveis, o que força os proprietários rurais a ocuparem as faixas de domínio público, que são áreas junto às estradas municipais (Figura 18). A necessidade de realocação de estradas gera impactos econômicos aos cofres públicos do município, que é responsável pela manutenção da malha viária.



Figura 18 – Realocação de estrada municipal na área em estudo devido à formação de ravina.
Fonte: A autora, tomada em 25/06/2013, coordenadas 61° 44' 18" e 12° 23' 25".

Neste sentido, na Figura 19 verifica-se a adoção de medidas de contenção junto à malha viária. Possivelmente, os troncos de madeira envoltos pelo solo, foram colocados com intuito de conter o avanço da erosão que se formava ao lado da estrada. No entanto, observa-se que a medida adotada não foi suficiente, visto que o solo continuou a ser carregado, expondo os troncos colocados anteriormente. Se medidas mais específicas não forem tomadas, a estrada poderá ser tomada pela erosão, exigindo, portanto, sua realocação, como outros casos verificados em campo.



Figura 19 – Medida de contenção do processo erosivo junto à malha viária.

Fonte: A autora, tomada em 25/06/2013, coordenadas 61° 44' 18'' e 12° 23' 25''.

Desta forma verifica-se que no município de Alto Alegre dos Parecis há regiões expostas a intensos processos de perda de solos, como verificado no mapa de vulnerabilidade à perda de solo, bem como nas constatações em campo, onde identificaram-se as ravinas e voçorocas em avançado estágio de desenvolvimento. Este cenário revela a urgência na adoção de medidas de controle dos processos erosivos para que o solo mantenha seu papel de sustentar a sociedade e o meio ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados é possível afirmar que a pesquisa contribuiu para o desenvolvimento ordenado do município, pois identificou e mapeou ambientes com alto e baixo potencial à perda de solos.

A metodologia aplicada se mostrou eficaz atendendo os objetivos propostos especialmente por que revelou o cenário multitemporal da dinâmica de ocupação na área em estudo e proporcionou, a partir das ferramentas de análise espacial em SIG, a classificação dos ambientes suscetíveis à perda de solos. Além disso explicou as relações edafoclimáticas e de uso que contribuiriam para o comprometimento da qualidade ambiental.

O processamento digital das imagens (PDI) contribuiu para a disponibilização de dados que manipulados através de métodos de Cartografia Digital proporcionou a

especialização dos resultados em formas de mapas temáticos autoexplicativos. Este recurso facilitou e tornou mais interativo a apresentação da dinâmica de uso da paisagem e a classificação da vulnerabilidade à perda de solos. Propiciou ainda, a análise quantitativa da área de cada classe de uso da terra utilizada na pesquisa. Neste sentido, destacou-se que o recurso -mapa temático- permitiu análises variadas, não esgotadas nesta pesquisa e ir além dependerá do interesse de quem o analisa.

Além do uso das geotecnologias o trabalho de campo se mostrou uma etapa de extrema importância para as análises de perda de solos, uma vez que atestou a presença de gigantescas voçorocas nos mesmos pontos onde a modelagem identificou o maior grau de vulnerabilidade da área em estudo.

A pesquisa apresentou e discutiu ainda as ações degradantes no entorno da Terra Indígena identificada no Município. Neste sentido, provou que estas áreas configuram-se ambientes que conservam a fauna, a flora, e a sociodiversidade da Amazônia garantindo a estabilidade do ambiente físico. Tal fato pode ser explicado pelo modo de vida do povo indígena que apesar do contato com o não indígena, mantém práticas sustentáveis com o meio.

Nas discussões sobre o uso dos recursos naturais a pesquisa chamou a atenção para a necessidade de ações compatíveis com a capacidade de suporte de cada ambiente, especialmente daqueles mais vulneráveis a impactos potenciais. Neste contexto, destacou-se a importância da conservação das áreas úmidas que abrigam uma das mais ricas biodiversidades do planeta.

Sendo assim, tendo em vista a dimensão das mudanças na paisagem decorridas do modelo de ocupação na área de estudo, fica evidente a necessidade de ações que visem à preservação dos recursos naturais na região. E por fim acredita-se que a pesquisa possa subsidiar a recuperação das áreas degradadas, especialmente as erosões e voçorocas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Disponível em: <
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g5twggzi02wx5ok01edq5sp172540.html> Acesso em: 02 jun. 2013.

ALBUQUERQUE, A. W.; CHAVES, I.B.; VASQUES FILHO, J. Características físicas da chuva correlacionadas com as perdas de solo num regolito eutrófico de Caruaru (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n.18, p. 279-283, 1994.

ALVES, D. S.; MOREIRA, J. C.; KALIL, E. M.; SOARES, J. V.; FERNANDEZ, O.; ALMEIDA, S.; ORTIZ, J. D.; AMARAL, S. Mapeamento do uso da terra em Rondônia utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., 1996, São José dos campos. **Anais... INPE**. 1996. p.2278-1996.

ANTUNES, O, E, D. **Análise multicritério em SIG para determinação de um índice espacializado de pressão antrópica litoral. Casos de Espinho, Caparica e Faro**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2012. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território área de especialização em Detecção Remota e Sistemas de Informação Geográfica). Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 2012.

BARROSO, L. V.; BROWN, I. F.; NEPSTAD, D. C. Dinâmica do uso da terra em assentamentos humanos na região de Paragominas, Amazônia brasileira, através de sensoriamento remoto e sistema geográfico de informação. In: Congresso Florestal Brasileiro, 7.; Congresso Florestal Panamericano, 1., Curitiba, 19-24 set. 1993. **Anais... Curitiba, 1993**, v.2, p. 338-340.

BASTOS, A. S. **A Dinâmica da Ocupação e Seus Reflexos para Estabilidade do Meio Físico na Terra Indígena Uru Eu WauWau/ Ro e seu Entorno**. Porto Velho: UNIR, 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Rondônia, 2009.

BECKER, B. K. **Amazônia**. 5ª edição. São Paulo. Ática. 1997.

BRAGA, T. M.; FREITAS, A. P. G.; DUARTE, G. S.; SOUSA, J. C. **Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar**. Belo Horizonte. Resultados de pesquisas apoiadas pela FAPEMIG e pelo programa PIE/PELD-CNPq. 2003.

BRASIL. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Lei Federal, nº 6938. 31 de agosto. 1981.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Prioritárias para Conservação** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha/areas-prioritarias-para-conservacao>. Acesso em: 21 jul. 2013.

CÂMARA, G. **Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral**. s.d.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2013.

CARREIRA, J. C.; RUDKE, A. P.; BRITO, A. C. C.; BEZERRA, R. R.; SANTOS, A. M. Técnicas de sensoriamento remoto aplicada a análise da cobertura vegetal do município de Ji-Paraná/RO (1991 – 2010). **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**. V. 1. N. 1. 2012.

COSTA, L. G.; DAMASCENO, M. V. N.; SANTOS, R. de S. A Conferência de Estocolmo e o pensamento ambientalista: como tudo começou. In: **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, n. 105, out 2012. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=12292>. Acesso em: 02 jun. 2013.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. INPE. São José dos Campos: 1996.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CRÓSTA, Á. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. São Paulo. UNICAMP, Instituto de Geociências. 1992.

EMBRAPA. Sistema Brasileira de classificação dos solos. 2. Embrapa: Brasília, 2009.

ESCADA, M. I. S.; MONTEIRO, A. M. V.; AGUIAR, A. P. D.; CARNEIRO, T. G. S.; CÂMARA, G. Análise de padrões e processos de ocupação para a construção de modelos na Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 7. 2005. Goiânia. **Anais...INPE**. 2005. 16-21 abril 2005. p. 2973-2983.

FEARNSIDE, P. M. .**A ocupação humana de Rondônia: Impactos, limites e planejamento.** Brasília: Assessoria Editorial e Divulgação Científica, 1989. Relatório de pesquisa.

FEARNSIDE, P.M.; FERREIRA, G.L. **Roads in Rondônia: highway construction and the farse of unprotected reserves.** In: Brazil's Amazonian forest. Environmental Conservation, 11 (4): 358-360, 1984.

FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. **Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense.** Brasília, v.43, n.5, 2008. p.641-648.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão do solos e a questão ambiental. In: **Reflexões sobre a geografia física no Brasil.** 3º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 225 a 256.

HERCULANO, S. C. **A qualidade de vida e seus indicadores.** Niterói: Eduff, 1998.

IBGE. **Censo 2010.** Disponível em: < <http://censo2010.ibge.gov.br/> > Acesso em: 12 ago. 2013.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **SPRING: Tutorial de Geoprocessamento.** 2006. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em: 20/08/2013.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. Disponível em: < <http://www.socioambiental.org/> >. Acesso em: 23 jun. 2013.

LEMOS, A. L. F. **Desmatamento na Amazônia Legal: Evolução, Causas, Monitoramento E Possibilidades de Mitigação Através do Fundo Amazônia.Seropédica.** Rio de janeiro: UFRRJ, 2010. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal), Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

LINHARES, J. S.; FREDERICO, F. H.; GOMES, L. G.; SANTOS, A. M. Identificação das transformações físicas decorrentes da implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas através de técnicas de sensoriamento remoto - estudo de caso: PCH Ângelo Cassol no município de Alta Floresta do Oeste – RO. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. 4. 2012. Bonito. **Anais...**Embrapa Informática Agropecuária/INPE. 2012. 20 a 24 de outubro 2012. p. 457 – 466.

- LONGO, R. M.; ESPINDOLA, C. R.; RIBEIRO, A. I. Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.3, n.3, p.276-280, 1999.
- MACHADO, A. A. Ambiental internacional: A construção social do acidente químico ampliado de Bhopale da convenção 174 da OIT. **Contexto Internacional**. Rio de Janeiro, vol. 28, no 1, p. 7-51, janeiro/junho 2006.
- MAEDA, E. E. Análise histórica das transformações da floresta amazônica em áreas agrícolas na bacia do rio Suia-miçu. In: **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 20 (1): 5-24, jun. 2008.
- MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. Brasília: Estação Gráfica, 2003.
- MEDEIROS, G.; FREITAS, J. L. G; OLIVEIRA, J. L. C.; PAULA, S. N.; FREITAS NETA, V. T.; MOREIRA, K. F. A. **Diagnóstico local do município de Alto Alegre dos Parecis – RO**. Prefeitura municipal de Alto Alegre dos Parecis, Secretaria municipal de Saúde: CEPESCO. 2008. Relatório.
- MELGAÇO, L. M. **Constatar não é compreender: limitações do geoprocessamento enquanto instrumental analítico de representação da realidade**. Florianópolis: INPE, 2007.
- MÔNICO, J. F. G.. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e Aplicações**. 2. São Paulo: UNESP. p. 978-85-7139-788-0. 2008.
- MINDLIN, B. **Nós Paiter, Os Suruí de Rondônia**. Petrópolis: Vozes, 1985.
- MORAES, E. C de. **Fundamentos de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, 2002.
- MORAN, E. F. Deforestation in the Brazilian Amazon. 96-04. **ACT Publication**: New York, 1996. p. 151-161.
- PALMEIRA, A. F. **Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas à gestão do território do município de Paragominas (estado do Pará)**. São José dos Campos: INPE, 2004.

PEDLOWSKI, M.; DALE, V.; MATRICARDI, E. A criação de áreas protegidas e os limites da conservação ambiental em Rondônia. **Ambiente & Sociedade**, n. 5, p. 93-107, 1999.

PEREIRA, J. M. O processo de ocupação e de desenvolvimento da Amazônia: A implementação de políticas públicas e seus efeitos sobre o meio ambiente. **Revista de Informação Legislativa**. Brasília a. 34, n. 134, abr./jun, 1997.

PEREIRA, L. M.; ESCADA, M. I. S.; RENNÓ, C. D. Análise da evolução do desmatamento em áreas de pequenas, médias e grandes propriedades na região centro-norte de Rondônia, entre 1985 e 2000. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11. 2007. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 21-26 abril. 2007, INPE, p. 6905-6912.

PINTO, J. H. D. **Levantamento integrado dos recursos naturais da área do Parque Nacional da Amazônia. (Tapajós), Baseado nas Imagens MSS do Landsat**. São José dos Campos: INPE, 1979.

RAMIREZ, M. R.; SOUZA, J. M.. **Sistema Gerenciador de Banco de Dados em Sistemas de Informações Geográficas**. Geomática: modelos e aplicações ambientais. Editado por Meirelles, M. S. P., Camara, G. e Almeida, C. M. Brasília, DF: Embrapa Informação e tecnologia, 2007.

RIBEIRO, W. C. **Geografia política e gestão internacional dos recursos naturais**. São Paulo: USP, 2010.

ROCHA, J. G.; OLIVEIRA, A. G.; SILVA NETO, C. F.; ROLIM, K. A.; LIMA, E. R. V. **Análise de degradação ambiental no assentamento rural de Santa Helena/PB com o auxílio de técnicas e ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. In: Encontro Nacional da Anppas, 4. Brasília. 2008.

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

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998.

SANTOS, A. M.; REIS, R. D.; ANDRADE, N. L. R.; ROSA, A. L. D.; SOUZA, J. G. R. Sensoriamento Remoto orbital e SIG aplicados a análise espacial de áreas degradadas na cidade de Ji-Paraná, Rondônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. 2011. Curitiba. **Anais...** Curitiba. 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.0667

SANTOS, A. P. et al. **Exemplo de Aplicação de dados do Sistema Landsat, no Estudo das Relações entre Compartimentação Topográfica e Qualidade de Pastagens no Município de Paragominas (Pa)**. São José dos Campos: INPE, 1980.

SANTOS, J. R.; SANTOS, A.P.; AQUINO, L. C. S. **Avaliação da cobertura vegetal e uso da terra nas áreas programa do PDRI-AM, através da técnica de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, 1983. p. 68.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALLI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. S. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 37 (4), p. 812-820. 2007.

SANTOS, M. **Metamorfoses do Espaço Habitado**. São Paulo: HUCETC, 1996. 126 p.

SAUSEN, T. M. **Sensoriamento remoto e suas aplicações para recursos naturais**.

Disponível em: <

<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm#bernardo>>. Acesso em: 26 de Jul. 2013.

SEPLAN. Perfil do município de Alto Alegre dos Parecis. Disponível em: <<http://www.seplan.ro.gov.br/>> Acesso em: 01 jul. 2013.

SOUZA, C.J.S. **Carta de Vulnerabilidade à erosão como subsídio ao zoneamento ecológico-econômico em área intensamente antropizada**. São José dos Campos: 172p. (INPE-7030-TDI/662). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1999.

SPÖRI, C.; ROSS J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 15, p.39-49,2004.

STONE, T. A.; BROWN, I. F.; WOODWELL, G. M. Estimation by remote sensing of deforestation in central Rondônia, Brazil. **Journal of Forest Ecology and Management**, 38(1): p. 291-304, 1991.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo. N. 8, FFLCH-USP, 1994.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia-USP**. N. 16. p. 81-90.2011.

TAGLIANI, C. R. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. In: SBRS. 11., **Anais...** Belo Horizonte, 2003. p. 1657-1664.

TARDIN, A. T. et al. **Levantamento de áreas de desmatamento na Amazônia Legal através de imagens do satélite Landsat**. São José dos Campos: INPE, 1979.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1977.

WATANABE, M. A.; DE ABREU, L. S. **Estudo Agroecológico de Agricultoras Familiares de Base Ecológica no Sudoeste da Amazônia (Ouro Preto do Oeste, Rondônia)**. Embrapa Meio Ambiente. 81. 2010. ISSN 1516-4691.