

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
CAMPUS DE RIO CLARO

ANÁLISE DIAGNÓSTICA DE INDICADORES DE EROSÃO DO SOLO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO JOÃO DIAS, AQUIDAUANA/MS.

RIO CLARO – SP

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
CAMPUS DE RIO CLARO

ELISÂNGELA MARTINS DE CARVALHO

ANÁLISE DIAGNÓSTICA DE INDICADORES DE EROSÃO DO SOLO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO JOÃO DIAS, AQUIDAUANA/MS.

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto

RIO CLARO- SP

2012

551.302 Carvalho, Elisângela Martins de
C331a Análise diagnóstica de indicadores de erosão do solo na
bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS /
Elisângela Martins de Carvalho. - Rio Claro : [s.n.], 2012
143 f. : il., figs., gráfs., tabs., quadros, fots., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto

1. Erosão. 2. Erosão laminar - Risco. 3.
Geoprocessamento. I. Título.

ELISÂNGELA MARTINS DE CARVALHO

ANÁLISE DIAGNÓSTICA DE INDICADORES DE EROÇÃO DO SOLO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO JOÃO DIAS, AQUIDAUNA/MS.

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto

Prof.^a Dr.^a. Edna Maria Facincani

Prof. Dr. André Luiz Pinto

Prof.^a Dr.^a. Cenira Maria Lupinacci da Cunha

Prof.^a Dr.^a. Andréia Medinilha Pancher

Rio Claro/SP 21 de setembro de 2012

Resultado: Aprovada

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho, em especial:

- A Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul pelo afastamento concedido para dedicação exclusiva à pesquisa;

- Prof. Dr. Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto (Unesp/ Rio Claro) pela orientação;

- Prof. Dr. Edna Maria Facincani (UFMS/ Aquidauana) pela contribuição na elaboração dos mapas geológico e geomorfológico;

- Aos professores da UEMS - Prof. Msc. Nanci Cappi, Prof. Dr. Eduardo Francisco Torres e Prof. Dr. Elói Panachuki, pelo apoio a esta pesquisa na disponibilização de dados e análises em laboratório.

- Aos professores: Prof. Dr. Lucy Ribeiro Ayach, Prof. Dr. Jaime Ferreira da Silva e Prof. Msc. Renato Prates Garcia, pela amizade e apoio na obtenção de dados para o desenvolvimento deste trabalho.

- Aos acadêmicos do curso de geografia: Bruno de Miranda Nogueira, Rafael Gonçalves de Oliveira, Tiago Morais Navarro, Roquinaldo Regis, Vanessa Araújo da Silva Matos e Francisco Gonçalves Caetano pela colaboração nos trabalhos de campo.

- Ao meu companheiro Emerson Figueiredo Leite pela paciência, compreensão e apoio técnico para o desenvolvimento desta tese.

EPÍGRAFE

Êxito e derrota são duas bandejas que retêm
matérias-primas diferentes, mas que nos conduzem
ao mesmo legado sublime: o aprendizado.

Batuíra

RESUMO

A erosão é um processo que ocorre em toda a superfície terrestre e, em conjunto com outros processos naturais, é responsável pela modelagem das formas de relevo. Entretanto, com o incremento da ação antrópica, através da supressão da cobertura vegetal para a introdução de práticas agropecuárias, exploração de bens minerais e implantação de núcleos urbanos, os processos erosivos se intensificam e passam a comprometer os principais recursos naturais terrestres, o solo e a água superficial. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é realizar análise diagnóstica de impactos ambientais, em termos da erosão hídrica de superfície, na Bacia Hidrográfica do Córrego João Dias (Aquidauana/MS), com base em um modelo preditivo e das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. A bacia do Córrego João Dias, localiza-se no município de Aquidauana/MS, sua nascente situa-se no morro de Santa Bárbara, ramificação da serra de Maracaju, em terras pertencentes à Terra indígena Limão Verde. A área da bacia é de 11.665 hectares e encontra-se compreendida entre as latitudes sul de 20°18'19" e 20°28'21" e as longitudes oeste de 55°38'55" e 55°48'54" do meridiano de Greenwich. Sua foz localiza-se no Rio Aquidauana, sendo este, um importante tributário do rio Miranda. A análise e integração dos dados foram realizadas através das técnicas de Geoprocessamento utilizando-se o Software SPRING (INPE/Brasil), para a aquisição, armazenamento e processamento dos dados. Os resultados demonstraram que há uma predominância na bacia de áreas com baixo e médio potencial natural à erosão, sendo que, ao correlacionar o mapa de potencial natural à erosão com o uso atual do solo observou-se que 72,71% da bacia foi classificada como de médio risco à erosão, sendo o uso destas áreas incompatíveis com o potencial natural à erosão, necessitando assim, de técnicas de conservação para o controle da perda de solo. Essa é a situação de praticamente toda a bacia, onde a principal prática é a pecuária extensiva e apenas cerca de 40% das propriedades utilizam práticas conservacionistas.

Palavras Chaves: Bacia Hidrográfica, Erosão laminar e Geoprocessamento.

ABSTRACT

The erosion is a process that occurs across the surface and along with other natural processes, it's responsible for modeling the relief forms. However, with the increasing of the human activity, through the removal of vegetation for the introduction of agricultural practices, exploitation of minerals and implementation of urban areas, erosion processes intensify and begin to compromise the main terrestrial natural resources, soil and surface water. In this connection, the objective of this study is to perform a diagnostic analysis of environmental impacts, in terms of the erosion of the water in the surface in the Watershed of the Creek João Dias (Aquidauana/MS), based on a predictive model and the techniques of remote sensing and GIS. The basin of João Dias Creek, located in the city of Aquidauana, Mato Grosso state, its source lies in the hills of Santa Bárbara branch of Serra de Maracaju, on land belonging to the indigenous land Limão Verde. The basin area is 11,665 hectares and lies between the latitudes south of 20°18'19" and 20°28'21" west longitude and 55°38'55" and 55°48'54" of Greenwich. Its mouth is located in Rio Aquidauana, which is an important tributary of Miranda River. The analysis and integration of data were performed through techniques of GIS using the software SPRING (INPE/Brazil) for the acquisition, storage and processing of data. The results showed that in the basin there is a predominance of areas of low and medium natural potential to erosion, and, when correlating the map of natural potential to erosion with the current use of the soil was observed that 72.71% of the basin was classified as medium-risk of erosion, the use of these areas being incompatible with the natural potential to erosion, thus requiring, for techniques of conservation for controlling the loss of soil. This is the situation of almost the entire basin, where the main practice is the extensive livestock and only about 40% of farms use conservationists' practices.

Keywords: Watershed, laminar erosion and GIS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Localização da área de estudo - (A) localização do Mato Grosso do Sul no Brasil; (B) localização da Bacia Hidrográfica do Córrego João Dias no Estado de Mato Grosso do Sul; (C) Bacia Hidrográfica do Córrego João Dias.	19
Figura 02 - Mapa Geológico da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS	21
Figura 03 - Mapa Geomorfológico da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS	24
Figura 04 - Mapa de solos da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS ...	25
Figura 05 - Pluviosidade Média do Município de Aquidauana/MS, período de 1931 a 1990.	27
Figura 06 - Roteiro metodológico para definição das classes de suscetibilidade à erosão laminar.....	47
Figura 07 - Cruzamento para a geração do mapa de potencial à erosão laminar	47
Figura 08 - Abrangência do termo Geoprocessamento	51
Figura 09 - Principais módulos de um SIG	56
Figura 10 - Dado Geográfico.....	58
Figura 11 - Reclassificação matricial	60
Figura 12 - Sobreposição utilizando os operadores adição e multiplicação.....	61
Figura 13 - Fluxograma da proposta metodológica.....	64
Figura 14 - Ilustração da fotointerpretação sistemática elaborada para o alto curso da bacia hidrográfica do córrego João Dias, Aquidauana/MS	69
Figura 15 – Mapa de localização dos pontos amostrados para identificação das formações geológicas da bacia hidrográfica do córrego João Dias, Aquidauana/MS	70
Figura 16 – Chave de interpretação utilizada para identificação das formações geológicas .	71
Figura 17 - Localização dos pontos de coleta de precipitação na bacia hidrográfica do Córrego João Dias e entorno	73
Figura 18 - Procedimentos para a interpolação dos dados de Erosividade no software Surfer 8.0.....	74
Figura 19 - Localização dos pontos onde foram coletadas amostras de solo na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.....	75
Figura 20 - Procedimentos metodológicos utilizados nas etapas da coleta de amostras de solos na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.....	76

Figura 21 - Procedimentos para elaboração do mapa de comprimento de vertentes	78
Figura 22 - Procedimentos para a geração do mapa de declividade.....	79
Figura 23 - Espacialização das propriedades amostradas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS	81
Figura 24 - Mapa Cadastral da Colônia XV de Agosto	82
Figura 25 - Procedimentos utilizados para a elaboração do mapa de uso e ocupação das terras, utilizando o processo de segmentação.....	84
Figura 26 - Procedimentos para a elaboração do mapa de Potencial Natural à Erosão Laminar na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS	86
Figura 27 - Procedimentos para a elaboração do mapa de Predisposição ao risco de Erosão Laminar na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.....	89
Figura 28 - Mapa Geológico da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS	91
Figura 29 - Grupo Cuiabá constituído de filitos, onde são marcadas foliações com megulhos verticalizados e padrão de juntas bem desenvolvidas ambas favorecendo a percolação e alteração da rocha. Localizada na margem da BR 419 (conhecida regionalmente como Estrada do Taboco).....	90
Figura 30 - Formação Furnas, arenitos esbranquiçados	92
Figura 31 - Detalhe da foto anterior com destaque para a estratificação cruzada de médio porte.....	92
Figura 32 - Exposição da Formação Aquidauana no alto curso da bacia do Córrego João Dias. Arenitos bem selecionados e avermelhados.....	93
Figura 33 - Exposição de material detrítico-laterítico na bacia hidrográfica do Córrego João Dias.....	94
Figura 34 - Formação Pantanal - arenitos amarelados e compactos situados na foz do Córrego João Dias com o rio Aquidauana de idade Pleistocênica	94
Figura 35 - Mapa de feições geomorfológicas da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.....	96
Figura 36 - Mapa Hipsométrico e perfis transversais e longitudinal da bacia do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.....	97
Figura 37 - Borda da Bacia Sedimentar do Paraná, marcada por Feições geomorfológicas erosivas (escarpas principais e secundárias) sustentadas pelas formações Furnas e Aquidauana	98

Figura 38 - Morro testemunho localizado no médio curso da bacia do Córrego João Dias, sustentado por arenitos da Formação Aquidauana	99
Figura 39 - Escarpas principais sustentadas por arenitos Formação Aquidauana, na Aldeia indígena Limão Verde	99
Figura 40 - Mapa de distribuição de classes de Erosividade da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS	101
Figura 41 - Mapa de distribuição de classes de Erodibilidade da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS	103
Figura 42 - Mapa de distribuição de classes de Comprimento de Vertentes da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.....	105
Figura 43 - Mapa de distribuição de classes de Declividade da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS	106
Figura 44 - Mapa Fundiário da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.	109
Figura 45 - Mapa de uso da terra (cenário atual - 2012) da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.....	113
Figura 46 - Mapa de Potencial Natural à Erosão Laminar da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS	116
Figura 47 - Mapa de Predisposição ao Risco de Erosão Laminar da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS	118
Figura 48 - Solo exposto, sendo preparado para o plantio na Aldeia Limão Verde, Aquidauana/MS.....	119
Figura 49 - Colinas médias destinadas à pastagem no médio curso da bacia, sulcada pela rede de drenagem. Ao fundo escarpas principais sustentadas pela Formação Aquidauana.....	120
Figura 50 - Caminhos preferenciais criados pelo pisoteio do gado no médio curso da bacia hidrográfica do Córrego João Dias.....	121
Figura 51 - Vegetação natural e densa, posicionadas nas colinas médias e escarpas secundárias na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.....	121
Figura 52 - Solapamento nas margens do Córrego João Dias, na Aldeia Limão Verde	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Valores do fator R para os pontos de coleta localizados na bacia e em seu entorno	100
Tabela 02 - Classes de Erodibilidade e suas respectivas áreas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.....	102
Tabela 03 - Classes de comprimento de vertentes e suas respectivas áreas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.....	104
Tabela 04 - Classes de declividade e suas respectivas áreas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.....	107
Tabela 05 – Relação das propriedades amostras e suas respectivas áreas.....	110
Tabela 06 - Classes de uso da terra e suas respectivas áreas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS	112
Tabela 07 - Classes de Potencial Natural à Erosão Laminar e suas respectivas áreas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.....	115
Tabela 08 - Classes de Predisposição ao Risco de Erosão Laminar e suas respectivas áreas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Características das imagens utilizadas	67
Quadro 02 - Localização e período de coleta dos pluviômetros/estações na bacia do Córrego João Dias e entorno	72
Quadro 03 - Características das imagens utilizadas para elaboração do mapa de uso da terra	83
Quadro 04 - Matriz de definição das classes de potencial atual à erosão laminar (IPT,1990)	87

SUMÁRIO

1 - Introdução.....	15
2 - Localização e Caracterização da Área de Estudo.....	18
2.1 – Caracterização do Meio Físico da Área de Estudo.....	20
2.1.1 – Contexto Geológico	20
2.1.2 - Contexto Geomorfológico e Pedológico.....	23
2.1.3 – Aspectos Climáticos.....	26
3 – Fundamentação Teórica.....	28
3.1 - A Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo.....	28
3.2 – Avaliação do Potencial Natural à Erosão Laminar.....	41
3.3 - Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica Aplicados a Estudos do Meio Físico	50
4 - Metodologia	64
4.1 – Proposta Metodológica.....	64
4.2 – Procedimentos Metodológicos.....	66
4.2.1- Obtenção de dados dos elementos do meio físico.....	68
4.2.1.1 – Geologia e Geomorfologia.....	68
4.2.1.2 – Fator R – Erosividade.....	72
4.2.1.3 – Fator K – Erodibilidade do solo.....	74
4.2.1.4 – Fator LS ou Fator Topográfico.....	77
4.2.2 - Obtenção de dados do uso e ocupação das terras.....	80
4.2.3 – Potencial Natural à Erosão Laminar.....	85
4.2.4 – Predisposição ao Risco de Erosão Laminar.....	87
5 – Resultados e Discussões.....	90
5.1 - Elementos do meio físico.....	90
5.1.1 – Geologia.....	90
5.1.2 – Geomorfologia.....	95
5.1.3 – Erosividade.....	100
5.1.4 – Erodibilidade.....	102
5.1.5 – Comprimento de Vertentes e Declividade.....	104
5.2 - Condicionantes socioeconômicos.....	108
5.3 – Potencial Natural à Erosão Laminar.....	115
5.4 – Predisposição ao Risco de Erosão Laminar.....	117

Conclusões.....	124
Referências.....	126
Apêndice.....	138

1 - INTRODUÇÃO

A ocupação de áreas, sem o conhecimento prévio de suas suscetibilidades e restrições de uso podem comprometer os recursos naturais, principalmente o solo e a água. Nesse sentido, estudos integrados que visem analisar e diagnosticar as condições do ambiente natural, identificando suas potencialidades e usos indicados por classificações técnicas das terras, bem como, avaliando a dinâmica do uso da terra, contribuem para o ordenamento do uso, ocupação e gestão sustentável de bacias hidrográficas.

Diversos autores propõem a utilização da bacia hidrográfica como unidade de estudo, considerando a diversidade de elementos que podem ser analisados e integrados, bem como, a crescente preocupação com a qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas (Botelho; Silva, 2004; Carpi Junior, 2001; Andreozzi, 2005; Cunha, 2003; Rocha et. al., 2000; Lanna, 1995).

Os tipos de uso e ocupação da terra podem levar ao comprometimento, primeiramente do solo, através de processos erosivos e posteriormente da qualidade das águas superficiais, pois a partir do escoamento superficial os resíduos presentes no solo podem ser carregados para os recursos hídricos comprometendo sua quantidade e qualidade.

Atualmente os processos de degradação do solo constituem grave problema em escala mundial, com consequências ambientais, sociais e econômicas significativas. Para tanto é de fundamental importância estudos que avaliem a susceptibilidade dos terrenos aos processos erosivos, bem como, os fatores que influenciam nesse processo, como a quantidade e distribuição das chuvas, a declividade, o comprimento das encostas, as propriedades químicas e físicas do solo, o tipo de cobertura vegetal, e também a ação do homem, através do uso e manejo da terra que, na maioria das vezes, interferem nos processos erosivos.

Nesse sentido a caracterização da predisposição dos terrenos ao risco de erosão laminar tem importância não apenas para identificação de áreas críticas, mas também para auxiliar no planejamento de bacias hidrográficas, principalmente ao se utilizar modelos de predição, permitindo assim, a determinação das práticas conservacionistas e de manejos mais indicados para os diferentes cenários.

Para isso, a utilização de ferramentas que auxiliem na coleta e análise de dados torna-se fundamental, implicando na adoção de técnicas, instrumentos e produtos do geoprocessamento, sendo este caracterizado como um conjunto de técnicas e metodologias voltadas ao levantamento e análise de informações espaciais tornando-se uma ferramenta de

importância, pois permite a coleta, a manipulação, a análise e a geração de uma diversidade de dados.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é realizar análise diagnóstica de impactos ambientais, em termos da erosão hídrica de superfície, na Bacia Hidrográfica do Córrego João Dias (Aquidauana/MS), com base em um modelo preditivo e das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. A análise foi realizada à montante da área urbana de Aquidauana. Para alcançar objetivo geral têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar os aspectos geológicos e geomorfológicos da área de estudo;
- Caracterizar as áreas de potencial natural à erosão laminar, a partir do modelo EUPS;
- Caracterizar o uso e ocupação de terras na bacia;
- Relacionar o potencial natural à erosão laminar com as atividades antrópicas instaladas na bacia;
- Aplicar técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento para extração, análise e integração de dados de interesse temático desse trabalho;

A bacia do Córrego João Dias caracteriza-se pela diversidade de atividades produtivas, sendo que o seu alto curso é ocupado pela Aldeia indígena Limão Verde, onde a prática da agricultura é a principal atividade desenvolvida. O seu médio curso é ocupado por pequenas propriedades rurais na margem esquerda e grandes propriedades na margem direita. O baixo curso compreende parte da área urbana do município de Aquidauana.

No baixo curso da bacia, mais especificamente na área destinada à expansão urbana de Aquidauana encontram-se localizadas atividades de: piscicultura, siderurgia, aterro sanitário, olarias, cemitério, entre outras atividades.

Devido a essa dinâmica da bacia, estudos desenvolvidos na área por Silva (2002), Pereira (2006) Galvan (2007), e Silva (2007) apontam sérios problemas de degradação ambiental, com reflexos nas variáveis físicas, químicas e biológicas das águas da bacia do córrego João Dias.

Pereira (2006) ressalta que na bacia do córrego João Dias vários fatores estão contribuindo para a degradação ambiental, tem-se observado problemas de erosão, assoreamento da calha do rio, lançamento de esgoto urbano “in natura” na água, despejos de resíduos sólidos inadequados, contaminação aquática por resíduos da atividade pecuária e das atividades da indústria siderúrgica e redução da mata ciliar.

Assim, visando alcançar os objetivos deste trabalho os capítulos foram organizados da seguinte forma: no primeiro capítulo é apresentada a introdução com a contextualização do tema e os objetivos geral e específico. No segundo capítulo foram inseridas informações referentes à caracterização da área de estudo, utilizando informações já existentes visando caracterizar seu contexto socioeconômico e natural.

No terceiro capítulo foi abordado o referencial teórico contendo uma discussão sobre bacias hidrográficas - sua importância enquanto unidade de planejamento e dos elementos que fazem parte de sua dinâmica no contexto de um sistema aberto com entrada e saída de matéria e energia; erosão laminar - os elementos naturais e antrópicos que interferem em seu processo; aplicações do geoprocessamento - uma discussão de sua definição e o conjunto de técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial envolvendo a cartografia, sensoriamento remoto e SIG.

No quarto capítulo foi descrita a proposta metodológica do trabalho, assim como, todas as técnicas e materiais utilizados. O quinto e último capítulo apresenta os resultados alcançados na pesquisa, contemplando a discussão dos mapas dos elementos do meio físico e socioeconômico, assim como, a discussão do mapa síntese.

2 – LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Córrego João Dias, localiza-se no município de Aquidauana. Sua nascente situa-se no morro de Santa Bárbara, ramificação da serra de Maracaju, em terras pertencentes à Aldeia indígena Limão Verde. A área da bacia hidrográfica é de 11.665 hectares e encontra-se compreendida entre as coordenadas geográficas 20°18'19" e 20°28'21" S e 55°38'55" e 55°48'54" W (**Figura 01**). Sua foz localiza-se no Rio Aquidauana, sendo este, um importante tributário do rio Miranda.

O alto curso da bacia do Córrego João Dias é ocupado pela Terra Indígena Limão Verde, onde a prática da agricultura é a principal atividade desenvolvida. A área total da Terra Indígena Limão Verde é de 4.086 ha, sendo que apenas parte de sua área encontra-se na área da bacia, cerca de 3.415 ha, onde residem cerca de 1094 indígenas (301 famílias e 233 residências) de acordo com a FUNASA (Fundação nacional de Saúde, 2007).

Conforme Silva (2002) a atividade agrícola que mais se destaca na bacia do Córrego João Dias se restringe ao aldeamento do Limão Verde. A produção agrícola da nação Terena está voltada para o consumo interno da aldeia e também para a comercialização na feira indígena e nas ruas da cidade de Aquidauana. Os principais produtos cultivados são banana, mandioca, batata doce e frutas cítricas.

O médio curso da bacia é ocupado por pequenas propriedades rurais na margem esquerda e grandes propriedades na margem direita. O baixo curso compreende a área urbana do município de Aquidauana.

Na margem esquerda do Córrego João Dias, em seu médio curso, localiza-se a colônia XV de Agosto, sendo esta caracterizada principalmente por pequenas propriedades rurais, cujas principais atividades desenvolvidas são: a pecuária de corte, pecuária leiteira e agricultura de subsistência. A margem direita do Córrego João Dias é caracterizada por propriedades rurais maiores, onde é desenvolvida a pecuária de corte.

No baixo curso da bacia, mais especificamente na área destinada à expansão urbana da cidade de Aquidauana encontram-se localizadas atividades de: piscicultura, siderurgia, aterro sanitário, olarias, cemitério, entre outras atividades. Parte da área urbana de Aquidauana também se localiza no baixo curso da bacia, compreendendo área de 666 ha.

Ainda no baixo curso está localizado o Parque Natural Municipal do João Dias, abrangendo uma área de 51 ha, criado com o objetivo de preservar o ecossistema natural de grande relevância ecológica e beleza cênica, protegendo o patrimônio natural e cultural da região, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (Decreto 087/2001).

2.1 – Caracterização do meio físico da área de estudo

2.1.1 – Contexto Geológico

A área de estudo encontra-se inserida na borda oeste da Bacia Sedimentar do Paraná. De acordo com a **Figura 02** as unidades geológicas que compreendem a área são: Grupo Cuiabá (Neoproterozóico), Bacia Sedimentar do Paraná: formações Furnas e Aquidauana, Depósitos Aluvionares (Cenozóico).

Rochas Metamórficas de Idade Neoproterozóica

Grupo Cuiabá

Almeida (1948) descreveu a Série Cuiabá como composta por metassedimentos de baixo grau metamórfico, predominantemente filitos com intercalações de quartzitos, ambos cortados por veio de quartzo. Brasil (1979) complementa salientando que esta unidade é constituída por uma sequência de xistos, filitos, calcários, metaconglomerados, quartzitos e mármores.

Quanto a sua área de ocorrência no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil (2004, p. 33) salienta que “localiza-se na região centro-sudoeste do estado, mas outras localidades situam-se na borda das escarpas da Serra de Maracaju, na borda da Bacia do Paraná, onde ocorre em estreita e descontínua faixa com 2 Km de largura média e direção nordeste”.

Conforme a **Figura 02** o Grupo Cuiabá localiza-se na porção noroeste da bacia, em seu alto curso e abrange área de 353,97 ha, o equivalente a 3,03% da área.

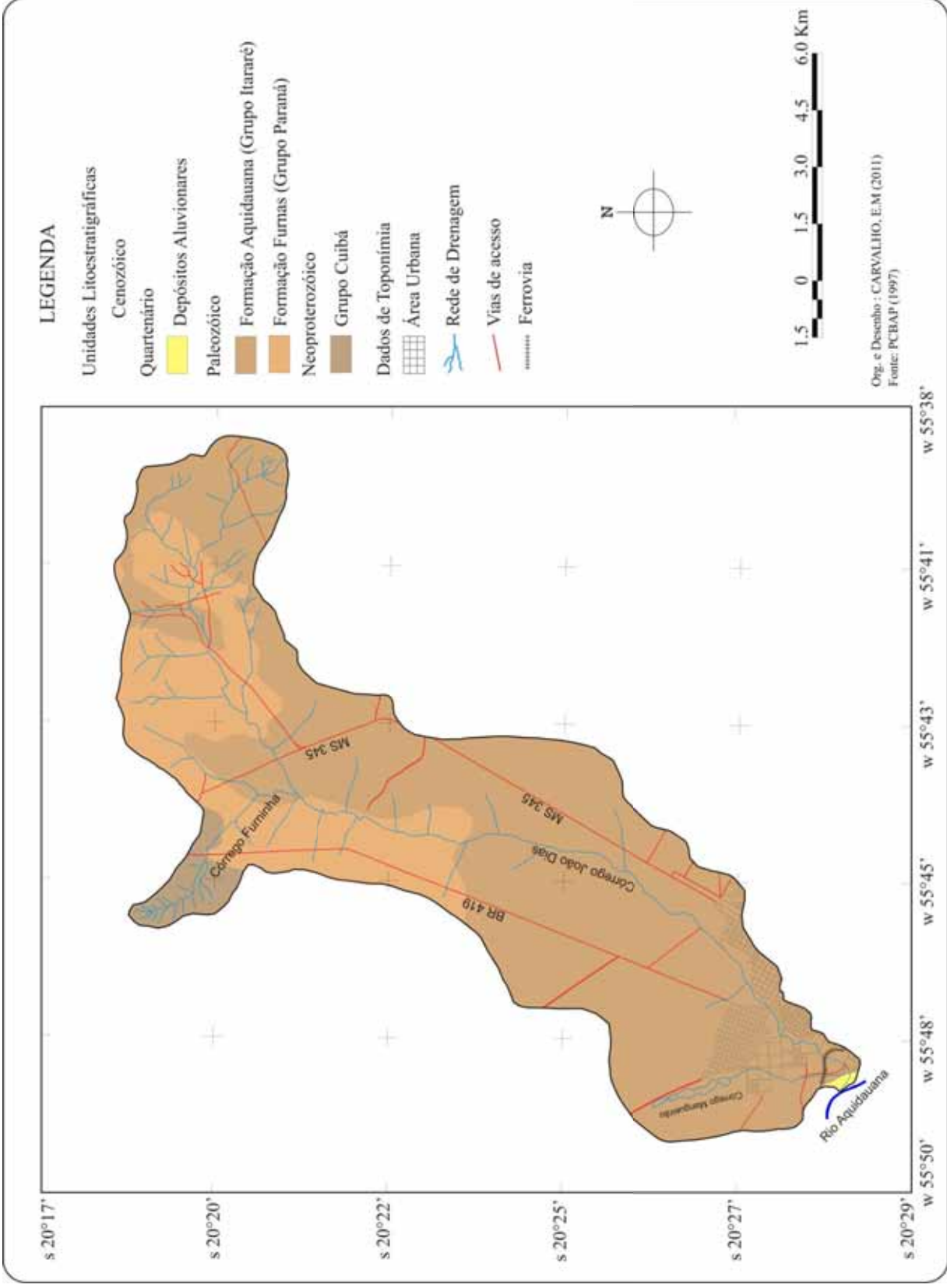


Figura 02. Mapa Geológico da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

Rochas Sedimentares da Bacia Sedimentar do Paraná de Idade Paleozóica

Formação Furnas

Segundo (Brasil, 1979) a Formação Furnas constitui-se de um pacote de sedimentos essencialmente arenosos, de cores claras, branco, cinza-claro e rosado, apresentando níveis conglomeráticos e estratificação cruzada normalmente abundante.

Perinotto (1997) salienta que a Formação Furnas é bastante homogênea litologicamente, apresentando arenitos feldspáticos-caolínicos, predominantemente grossos e imaturos texturalmente. As estruturas predominantes são cruzadas, tabulares e acanaladas.

Na bacia a Formação Furnas ocupa a porção norte e noroeste da bacia (**Figura 02**), possui área de 2.805,48 ha, representando 24,05% da área.

Formação Aquidauana

Segundo Beurlen (1956) citado por Brasil (1982) a Formação Aquidauana foi descrita como constituindo-se completamente de sedimentos clásticos, apresentando uma variabilidade granulométrica enorme. Predominam arenitos médios ou finos com estratificação na maioria das vezes grosseira e mais raramente fina. Todos os arenitos contêm um componente menor ou maior de argila e ocorrem sempre grãos de feldspato.

A Formação Aquidauana ocupa, no Mato Grosso do Sul, pouco mais de 14.000 Km², ao longo de faixa NE-SW, com cerca de 35 km de largura média e mais de 500 km desde a cidade de Caracol, no sudoeste do Estado, até Pedro Gomes ao Norte (BRASIL, 2004).

Na bacia a Formação Aquidauana é a unidade que ocupa maior área, cerca de 8.489,16 ha, o que representa 72,77% da área, localizando-se no baixo, médio e alto curso da bacia (**Figura 02**).

Depósitos Aluvionares (Quaternário)

Brasil (1979) caracteriza os Depósitos Aluvionares como constituídos principalmente por cascalho grosseiro, mal selecionado, matriz normalmente arenosa e seixos arredondados, por areia grossa a fina e por silte, distribuídos de maneira irregular por toda sua faixa de ocorrência. Por suas características, apresentam espessura extremamente variável, desde poucos centímetros a até mais de uma dezena de metros.

Brasil (1999) ao descrever esses depósitos na folha SF.21-X-A (Aquidauana) salienta que estão às calhas e margens dos principais rios e córregos da área, fora da zona de

influência da planície do Pantanal. Os sedimentos são granulometricamente variáveis, desde argila a areia, sendo que termos mais grosseiros são ocasionais.

Na bacia esses depósitos localizam-se na foz do córrego João Dias (**Figura 02**), ocupando área de 18,27 ha.

2.1.2 – Contexto Geomorfológico e Pedológico

O Estado de Mato Grosso do Sul apresenta quatro fisionomias distintas no relevo. A parte oriental compreende um relevo constituído por planaltos, patamares e chapadões inseridos na Bacia Sedimentar do Paraná. De sua borda ocidental em direção a Oeste estende-se vasta superfície rebaixada recoberta por sedimentos quaternários – a região do Pantanal Mato-Grossense e a Depressão do Alto Paraguai. Em meio a essas regiões rebaixadas erguem-se relevos elevados da Bodoquena e as morrarias do Urucum-Amolar (Mato Grosso do Sul, 2003).

O mapa geomorfológico da bacia (**Figura 03**) apresenta 2 unidades geomorfológicas, sendo: Depressão do Miranda/Aquidauana e Planalto de Maracaju.

Aproximadamente 87% da área da bacia é ocupada pela unidade de relevo denominada Depressão do Miranda/ Aquidauana, localizada no baixo, médio e parte do alto curso da bacia (**Figura 03**), sendo caracterizada principalmente por superfície de aplanamento elaborada por processos de pediplanação.

A Depressão do Miranda/Aquidauana também apresenta formas tabulares, na porção nordeste, no alto curso da bacia (**Figura 03**), sendo caracterizadas como relevo de topo aplanado com diferentes ordens de grandeza e aprofundamento de drenagem, separados por vales de fundo plano (BRASIL, 1997).

A unidade de relevo Planalto de Maracaju localiza-se no alto curso da bacia (**Figura 03**), apresentando relevo de topo convexo. Também apresenta patamar estrutural, com relevo escalonado, comportando degraus topográficos, resultantes de erosão diferencial (BRASIL, 1997).

Quanto aos solos existentes na bacia podem ser observados os seguintes na **Figura 04**: Argissolos, Neossolos e Gleissolos.

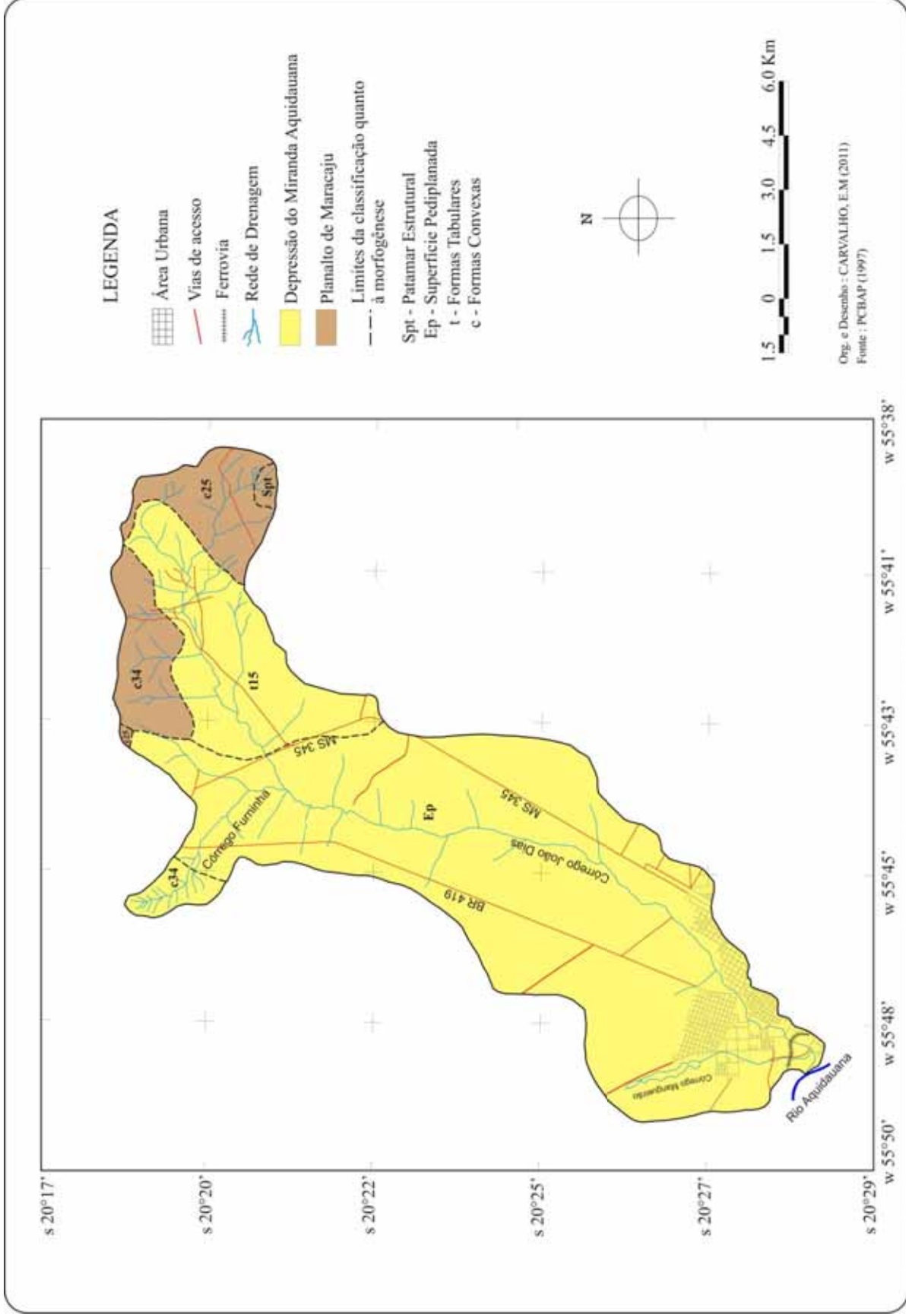


Figura 03. Mapa Geomorfológico da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

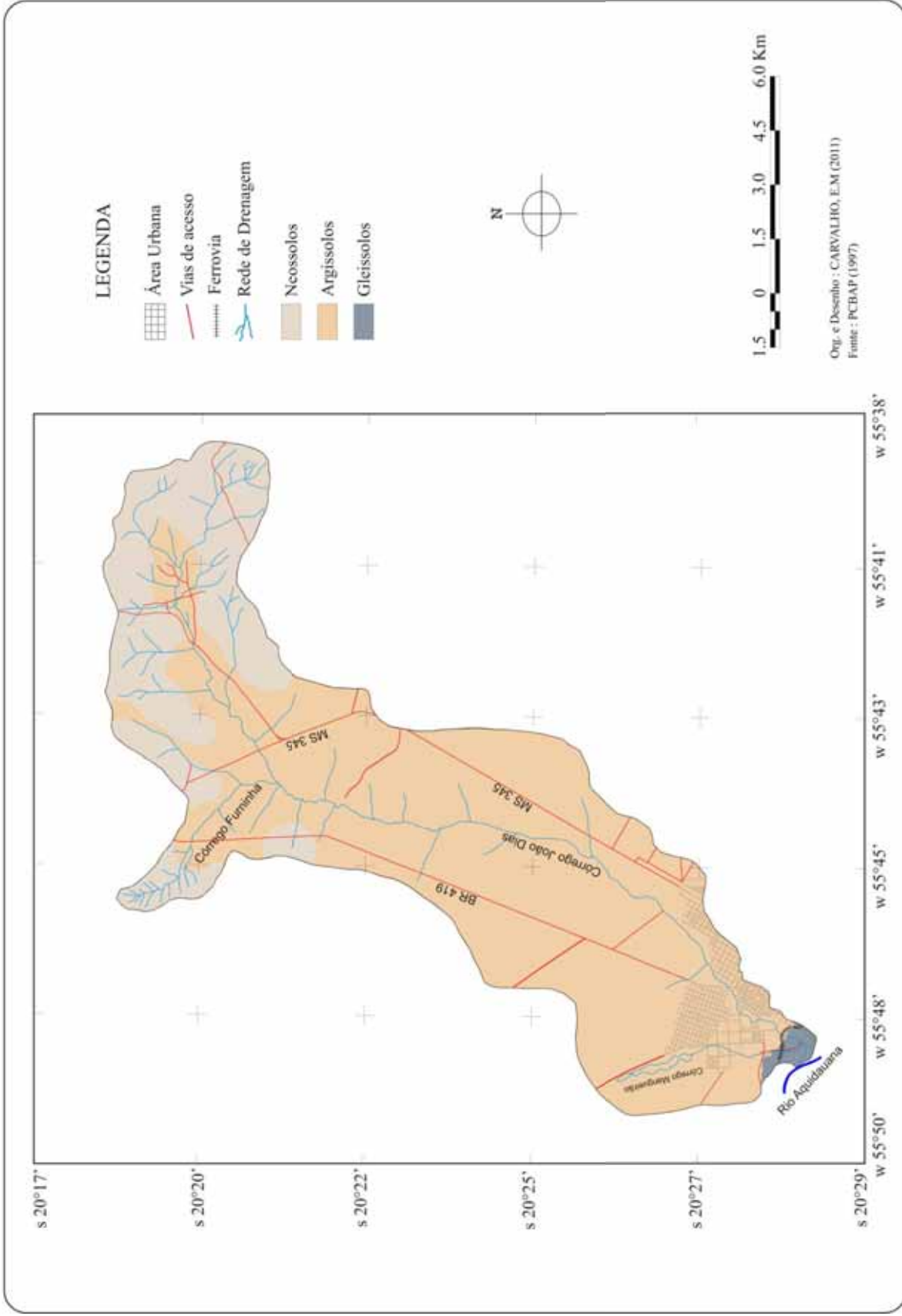


Figura 04. Mapa de solos da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

O solo predominante na bacia é o Argissolo que ocupa cerca de 75% da área, localizando-se no baixo, médio e alto curso da bacia. De acordo com a EMBRAPA (1999) compreende solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acizentadas.

O alto curso da bacia caracteriza-se pela predominância dos neossolos. Segundo a descrição da EMBRAPA (1999) estes compreendem solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos.

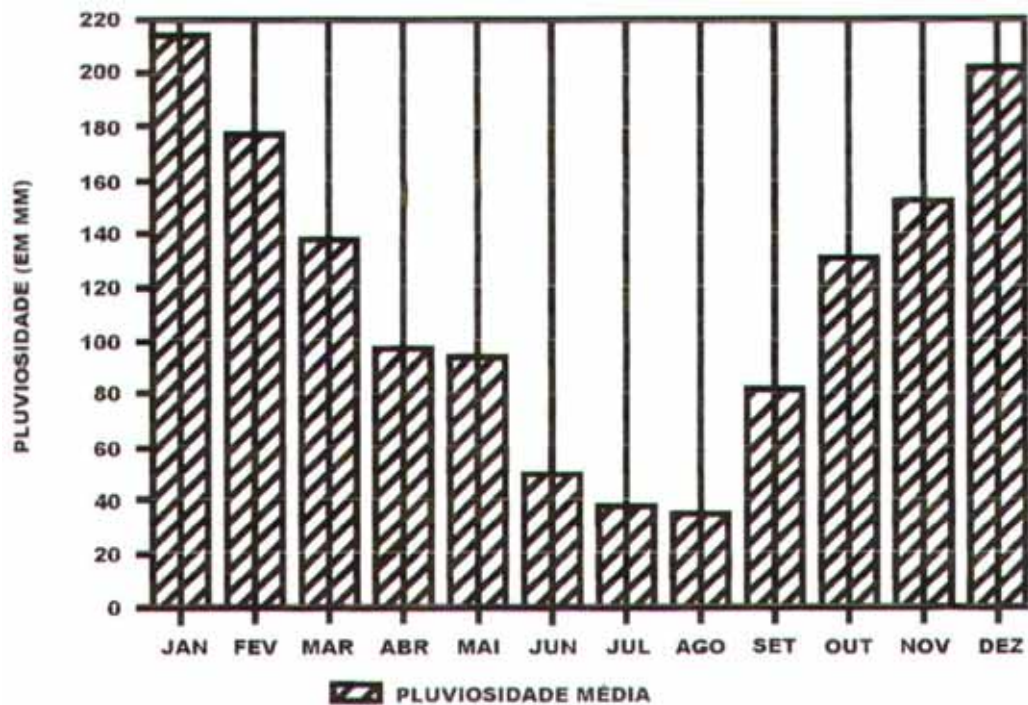
Devido à pequena espessura desses solos, o fluxo d'água em seu interior é precocemente interrompido, facilitando o escoamento em superfície, gerado pela rápida saturação do solo, e em subsuperfície, na zona de contato solo-rocha. Tal situação pode responder pela ocorrência de processos erosivos e, mais especificamente, de deslizamentos, se agravando nas encostas mais íngremes e desprovidas de vegetação (Guerra e Botelho, 2003).

Na foz do córrego há ocorrência dos gleissolos, representando 0,85% da área da bacia. Esses solos caracterizam-se pela forte gleização, em decorrência do regime de umidade redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período (EMBRAPA, 1999).

2.1.3 – Aspectos climáticos

O município de Aquidauana possui duas estações climáticas bem definidas, a chuvosa (outubro a março) e a seca (abril a setembro), que segundo a classificação de Koppen enquadra-se no tipo AW, definido como clima tropical úmido (**Figura 05**). Possui precipitação média anual em torno de 1.350 mm (SANT'ANNA NETO, 1993).

O referido autor ainda salienta que mesmo os períodos mais secos não chegam a provocar grandes estiagens e a carência hídrica é menor que em outras regiões de características pluviométricas semelhantes, pois os rios que drenam a área nascem no Planalto de Maracaju, demoram cerca de um a dois meses para provocarem cheias no Pantanal de



Fonte: PINTO (1998)

Figura 05. Pluviosidade Média do Município de Aquidauana/MS, período de 1931 a 1990.

Aquidauana/ Miranda, contribuindo assim com expressiva umidade da área, mesmo na estação seca.

Os canais de drenagem quando aumentam seu volume hídrico devido às precipitações, têm maior capacidade de dissecação e transporte. As chuvas causam a saturação da camada superior do solo, gerando o escoamento superficial, a dissecação das vertentes, e conseqüentemente elevadas cargas de sedimentos são transportados até os córregos. Tais processos além de ocasionarem a perda de solo e assoreamento dos canais, contribuem para a queda da qualidade química, biológica e física das águas.

Quanto à temperatura Artigas; Andrade (2011) ressaltam que a fisionomia de tropicalidade da área é evidenciada no ciclo sazonal da distribuição das temperaturas que se resume em duas estações bem definidas, sendo, a primeira de abril a setembro em que as temperaturas médias variam entre 20,71 °C e 24,54 °C, e a segunda de outubro a março em que as temperaturas médias oscilam entre 25,87 °C e 29,98 °C.

3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 – A Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo

As diversas formas de uso, ocupação e manejo da terra podem comprometer os recursos naturais, principalmente quando não se conhece suas fragilidades. Nesse sentido, estudos integrados que visem diagnosticar as condições do ambiente natural, bem como, avaliar a dinâmica do uso do solo podem contribuir para o ordenamento do uso, ocupação e gestão sustentável de bacias hidrográficas.

Nesse contexto, diversos estudos propõem a utilização da bacia hidrográfica como unidade de estudo, considerando a diversidade de elementos que podem ser analisados e integrados, bem como, a crescente preocupação com a qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas.

Botelho; Silva (2004, p. 155) salientam que:

creceu enormemente o valor da bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento ambientais. Nela é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem.

Para Pires; Santos (1995), devido ao caráter integrador das dinâmicas ocorridas nas unidades ambientais, e entre elas, as bacias de drenagem revelam-se excelentes áreas de estudo para o planejamento. Carpi Junior (2001, p. 02), complementa:

a bacia hidrográfica se constitui em uma unidade geográfica importante para esses estudos, fundamental para a conservação e manejo dos recursos naturais, como a água e o solo. Os problemas de uma bacia hidrográfica não podem ser tratados isoladamente, pois podem envolver sistemas fluviais em extensas áreas geográficas, e as soluções dos problemas locais devem ser tomadas em consonância com as interações ambientais e econômicas de ocupação de toda a bacia.

De acordo com Botelho (2005, p. 269) a bacia hidrográfica ou bacia de drenagem pode ser caracterizada como:

a área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, sendo limitada pelos divisores de água. A bacia hidrográfica é uma célula natural que pode, a partir da definição do seu *outlet* ou ponto de saída, ser delimitada sobre uma superfície cartográfica que contenha cotas altimétricas,

como as cartas topográficas, ou que permita uma visão tridimensional da paisagem, como as fotografias aéreas.

Considerando a bacia hidrográfica a partir de seus elementos naturais, a mesma possui uma série de características que a individualizam e ao mesmo tempo caracterizam sua dinâmica. Nesse sentido Andreozzi; Viadana (2005, p. 38) salientam que “as bacias de drenagem não são estáticas e estáveis, estão continuamente sofrendo os processos de construção e desconstrução do relevo, ou seja, a dinâmica da modelagem fisiográfica é contínua”.

Para Cunha (2003, p. 263) “as bacias hidrográficas brasileiras possuem particularidades em função das características ambientais dominantes, em especial, a distribuição das precipitações no espaço e no tempo, o tipo de geologia e solo de seus terrenos”.

Tais características propiciam maior ou menor perda de solo através do aumento do escoamento superficial e da quantidade de sedimentos e demais detritos carreados para os canais fluviais.

A água do escoamento superficial aumentará significativamente o volume de água nos rios durante os eventos chuvosos. Além disso, essa água também será a responsável por perdas de solo por erosão. A elevada capacidade de transporte da água poderá carrear toneladas de sedimentos para os canais fluviais, diminuindo a fertilidade dos solos, pois erodem os horizontes superficiais mais ricos em nutrientes e matéria orgânica; assorear e deteriorar a qualidade da água dos rios, em função da enorme quantidade de sedimentos e matéria orgânica; e finalmente, provocar inundações nas áreas mais baixas das bacias hidrográficas. (BOTELHO; SILVA, 2004, p.168).

A caracterização dos elementos naturais de uma bacia, bem como, a interação de tais informações contribui para a avaliação de suscetibilidades e vulnerabilidades ambientais. Nesse sentido Mello (1999, p. 48) salienta que:

nos estudos das bacias hidrográficas o solo, a vegetação e a água são elementos imprescindíveis, pois o conhecimento das relações existentes entre si e com os outros, permite que se possa perceber como os mesmos podem interferir na dinâmica de uma bacia hidrográfica e, conseqüentemente contribuir para intensificar ou reduzir o processo de degradação ambiental.

Rocha et. al. (2000, p. 01) caracterizam a bacia hidrográfica através da diversidade de elementos que a compõem, ressaltando não só os condicionantes naturais como também a dinâmica socioeconômica, salientando que a mesma corresponde a:

um sistema biofísico e socioeconômico, integrado e interdependente, contemplando atividades agrícolas, industriais, comunicações, serviços, facilidades recreacionais, formações vegetais, nascentes, córregos e riachos, lagoas e represas, enfim todos os habitats e unidades da paisagem. Seus limites são estabelecidos topograficamente pela linha que une os pontos de maior altitude e que definem os divisores de água entre uma bacia e outra adjacente.

Nesse contexto, Lanna (1995, p. 51) considera a bacia hidrográfica como:

um quebra-cabeça composto de micro e pequenas bacias, sujeito a atividades humanas difusas (agricultura) e concentradas (cidades e áreas industriais), mas que, além da complexidade intrínseca da interrelação entre as partes e o todo, apresenta variabilidade temporal com elementos de imprevisibilidade (comportamento aleatório). Ou seja, trata-se de um quebra-cabeça que assume configurações distintas e imprevisíveis ao longo do tempo.

Devido à diversidade de elementos que a constituem e as constantes inter-relações entre os mesmos, a bacia hidrográfica apresenta dinâmicas distintas ao longo do tempo, sendo estas associadas à dinâmica natural da bacia, ao emprego de tecnologias, fomento de políticas públicas, entre outros.

Nesse sentido, para análise em bacias hidrográficas, a abordagem sistêmica contribui de forma significativa visando compreender suas dinâmicas. Tricart (1977, p. 19) afirma que o conceito de sistema é o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas ambientais, definindo-o como: “um conjunto de fenômenos que se processam, mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relação de dependência mútua entre fenômenos”.

Existe uma estreita relação entre todos os elementos componentes de um sistema, a modificação de um deles pode ocasionar mudanças no sistema como um todo, desde os elementos naturais até as formas de organização socioeconômicas.

Para Christofolletti (1979, p. 01) deve-se considerar que os sistemas devem ter:

- elementos ou unidades - são as suas partes componentes;
- relações - os elementos integrantes dos sistemas encontram-se interrelacionados, um dependendo do outro, por meio de ligações que denunciam os fluxos;
- atributos - são as qualidades que se atribuem aos elementos ou ao sistema, a fim de caracterizá-los. Conforme o sistema podemos selecionar algumas qualidades para melhor descrever as suas partes. Os atributos podem se referir ao comprimento, área, volume, características da composição, densidade dos fenômenos observados em outros;
- entrada (input) - é constituída por aquilo que o sistema recebe. Um rio recebe água e sedimentos fornecidos pelas vertentes, etc.;

- saída (output) - as entradas recebidas pelo sistema sofrem transformações em seu interior e, depois, são encaminhadas.

O referido autor ainda ressalta que:

quando se conceituam os fenômenos como sistemas, uma das principais atribuições e dificuldades está em identificar os elementos, seus atributos e suas relações, a fim de delinear com clareza a extensão abrangida pelo sistema em foco. Praticamente, a totalidade dos sistemas que interessam aos geógrafos não atua de modo isolado, mas funciona dentro de um ambiente e faz parte de um conjunto maior (CHRISTOFOLETTI, 1979, P. 02).

Nesse sentido ao analisar a bacia hidrográfica enquanto um sistema aberto, necessário se faz a identificação de entrada e saída de matéria e energia, bem como avaliar a sua inserção em um sistema maior que influencia e recebe influência externa. Para Andreozzi (2005, p.44):

a bacia hidrográfica é um sistema bem caracterizado, identificado pela entrada de material e energia (através da precipitação atmosférica), pela circulação interna deste material (o escoamento superficial, por exemplo) e por sua saída, (que num curso fluvial corresponde à sua foz). Este sistema, individualizado para uma facilitação de análise, pode ser considerado um subsistema, quando inserido em um outro sistema, sendo influenciado e influenciando através dos fluxos que se estabelecem.

A quantidade das entradas de matéria e energia no sistema bacia hidrográfica associada aos condicionantes ambientais, como infiltração dos solos, declividades, ausência de vegetação natural, podem intensificar processos de degradação principalmente quando associado ao uso antrópico.

Para Campos (2010, P. 25) “os elementos que compõem um sistema podem ser de diversas espécies, como bióticos e abióticos, organizações sociais ou econômicas. Contudo isso não quer dizer que o sistema seja a soma dos elementos que o constituem, o sistema não se reduz a suas partes”.

Com a visão sistêmica, as propriedades essenciais de um organismo, ou sistema vivo, são propriedades do todo, que nenhuma das partes possui. Elas surgem das interações e das relações entre as partes. Essas propriedades são destruídas quando o sistema é dissecado, física ou teoricamente, em elementos isolados. Embora possamos discernir partes individuais em qualquer sistema, essas partes não são isoladas, e a natureza do todo é sempre diferente da mera soma de suas partes (CAPRA, 1996, P. 40).

Nesse sentido Christofolletti (1999, p. 02) salienta a importância do entendimento de 3 princípios de funcionamento e de análise sistêmica:

a unidade representa a qualidade do que é um, único, só ou sem partes sendo tudo o que pode ser considerado individualmente. A unidade constitui o componente indivíduo, mas não significa que seja simples. A harmonia de conjunto estabelece-se como norma de caracterização, podendo inclusive ser composto por agrupamento de seres individuais considerados pelas relações mútuas que existem entre si, por seus caracteres comuns, por sua mútua dependência. Nesse contexto, as unidades reais ou os lugares são entidades individualizadas, únicas, em sua ocorrência. **A totalidade** aplica-se às entidades constituídas por um conjunto de partes, cuja interação resulta numa composição diferente e específica, independente da somatória dos elementos componentes. O todo assume uma estrutura e funcionalidade diferenciada dos seus subcomponentes. Em todo nível hierárquico, cada componente do todo possui características específicas, podendo ser considerado como unidade, sendo também analisada como uma totalidade. A noção sempre envolve o contexto do todo, em seu nível hierárquico e na categoria classificatória, constituindo-se uma entidade unitária, individualizada. Inerente à totalidade encontra-se a concepção e a análise da **complexidade**. Os sistemas complexos apresentam diversidade de elementos, encadeamentos, interações, fluxos e retroalimentação compondo uma entidade organizada.

Capra (1982, p. 245) salienta que a abordagem sistêmica vê o mundo em termos de relações e de integração, salientando que “os sistemas são totalidades integradas, cujas propriedades não podem ser reduzidas às de unidades menores. Em vez de se concentrar nos elementos ou substâncias básicas, a abordagem sistêmica enfatiza princípios básicos de organização”.

Nesse sentido Morin (2003, p. 132) concebe o sistema como “unidade global organizada de inter-relações entre elementos, ações ou indivíduos”, o referido autor salienta que:

não basta associar inter-relação e totalidade é preciso ligar totalidade à inter-relação pela ideia de organização. Em outras palavras, assim que adquirem um caráter regulador ou estável, as inter-relações entre elementos, acontecimentos ou indivíduos se tornam organizacionais (MORIN, 2003 p. 132).

Campos (2010, p. 25) ratifica a ideia salientando que a composição de uma bacia hidrográfica corresponde a “elementos, compreendidos como físicos, biológicos, sociais, políticos, culturais e econômicos. A interação desses numerosos elementos constitui a complexidade sistêmica. As interações e os elementos dão a noção de organização e totalidade”.

Desta forma, para a mensuração da totalidade de um sistema, torna-se necessário conhecer suas partes componentes, identificando suas características e a influência dos mesmos nos demais elementos, subsidiando assim, o entendimento e o nível das interações existentes, sendo estas fundamentais para o entendimento da complexidade do sistema.

A partir do momento que se conhece as interações existentes, assim como o peso e importância de cada elemento, e as influências internas e externas ao sistema, torna-se possível propor formas de uso e ocupação do solo, minimizando os impactos ambientais.

Christofoletti (1999, p. 37) afirma que:

no universo sistêmico, o meio ambiente é constituído pelos sistemas que interferem e condicionam as atividades sociais e econômicas, isto é, pelas organizações espaciais dos elementos físicos e biogeográficos (da natureza). Os sistemas ambientais são os responsáveis pelo fornecimento de materiais e energia aos sistemas socioeconômicos e deles recebem os seus produtos (edificações, emissões, insumos, dejetos, etc).

Existe uma complexa relação entre meio natural e a sociedade, pois ao mesmo tempo em que, a natureza oferece condições para a sociedade desenvolver suas atividades econômicas, existem as limitações do ambiente que se ultrapassadas ocasionam desequilíbrios ambientais, que afetam tanto o meio natural como socioeconômico.

Para Silva; Triano (2005) um marco ao que se refere à aplicação da visão sistêmica na geografia diz respeito às publicações de Sotchava no início da década de 1960, quando o mesmo define a noção de Geossistemas, como sendo formações naturais que obedecem à dinâmica dos fluxos de matéria e energia que, juntamente aos aspectos antrópicos, formam um modelo global de apreensão da paisagem, ou seja, tal ponto de vista insere o homem na interação com o meio natural e na formação e evolução da paisagem.

Troppmair (2006, p. 82) caracteriza o Geossistema como “uma unidade complexa, um espaço amplo que se caracteriza por certa homogeneidade de seus componentes, estruturas, fluxos e relações que, integrados, formam o ambiente físico onde há exploração biológica”.

Nascimento (2005, p. 170) ressalta que:

devem ser consideradas três questões estruturais iniciais no geossistema: “sua morfologia – é a expressão física do arranjo dos elementos e da conseqüente estrutura espacial; sua dinâmica – é o fluxo de energia e matéria que passa pelo sistema variando no tempo e no espaço; e a exploração biológica – flora, fauna e o próprio homem”.

Para Troppmair (2004, p.13)

ao pesquisar os geossistemas, que são sistemas dinâmicos, devemos abordar os elementos abióticos, bióticos e noóticos, não somente os existentes no momento, mas levar em consideração também sua história. Assim ganha importância fundamental o elemento “tempo”, seja este linear, de evolução normal, ou cíclico, alterações no decorrer do ano com a fenologia das estações, refletindo-se na dinâmica da natureza, no agir e no comportamento social e nas atividades econômicas.

O referido autor ainda acrescenta um Terceiro Tempo:

o Tempo Antrópico ou de Impactos é o tempo que altera de forma mais rápida e drástica o geossistema e sua paisagem, pois ocorre em curtíssimo espaço de tempo, ou seja, em poucos anos, meses ou mesmo em dias ou horas. São queimadas do Brasil Central e da Amazônia, inundações, movimentos coletivos do solo, desmatamentos ou implantação de monoculturas. (TROPMAIR, 2006, p. 84).

Para Dias (2003, p. 50) o conceito de geossistema “inclui, necessariamente, o conceito de paisagem e que ambos se identificam e, nesse caso, o geossistema como modelo teórico e a paisagem, como categoria de análise espacial, associam uma forma comum de análise sistêmica muito vigorosa para a ciência geográfica”.

A paisagem pode ser considerada como uma categoria de análise que permite o reconhecimento da diferenciação espacial. Esta diferenciação pode ser oriunda de uma condição natural ou ser reflexo das condições de uso antrópico do ambiente, o que pode representar que tipo de relações à sociedade mantém com o suporte (natureza). (MEZZOMO, 2008 p. 62).

Dentro do contexto do Geossistema, a paisagem é a resultante de toda a interação existente no mesmo, pois as modificações sofridas, ocasionando novas formas de reorganização do sistema, são perceptíveis a partir da paisagem.

Assim, a paisagem representando a dinâmica ocorrida no sistema torna-se a fisionomia do Geossistema. A partir da mesma, um primeiro contato com os problemas ambientais de uma área podem ser perceptíveis, possibilitando uma análise mais detalhada e contribuindo para o entendimento da dinâmica da mesma.

Nesse sentido Dias (2003, p. 51) salienta que a paisagem:

representa a síntese da relação estabelecida permanentemente entre a sociedade e a natureza. O grau de inter-relação entre ambas será função do poder de transformação da sociedade – o que depende dos aparatos técnicos disponíveis – somado as potencialidades do suporte natural.

Dias; Santos (2007) acrescentam que a combinação dos elementos de uma unidade de paisagem é que vai garantir a fragilidade ou a potencialidade para determinadas atividades de exploração humana. Dependendo da topografia, da declividade, do tipo de solo, dentre outros fatores, pode-se condicionar a exploração dos recursos naturais para o reflorestamento, para a agricultura, para o turismo ou até mesmo para a implantação de uma indústria.

Bertrand; Bertrand (2009) propõe tratar a paisagem como uma dimensão do espaço geográfico no âmbito do paradigma GTP (Geossistema-Território-Paisagem). O paradigma GTP, é uma construção de tipo sistêmico destinada a demonstrar a complexidade do meio ambiente geográfico respeitando, tanto quanto possível, a sua diversidade e sua interatividade.

Para Bertrand; Bertrand (2009, p.334)

estas três entradas, correspondendo à trilogia fonte-recurso-aprisionamento, são baseadas em critérios de antropização, de artificialização e de artialização. Elas abrem três vias metodológicas: - O Geossistema, conceito naturalista, permite analisar a estrutura e o funcionamento biofísico de um espaço geográfico tal como ele funciona atualmente, ou seja, com seu grau de antropização; - O Território, conceito bem conhecido dos geógrafos, que permite aqui analisar as repercussões da organização e dos funcionamentos sociais e econômicos sobre o espaço considerado; - A paisagem, enfim, que representa a dimensão sociocultural deste mesmo conjunto geográfico.

Pissinati; Archela (2009, p. 11) complementam a ideia:

considerando o geossistema como um complexo formado e as relações naturais existentes entre os elementos bióticos e abióticos; o território é a forma de uso político, social e econômico do espaço geográfico; e a paisagem é expressão cultural, manifesta através da apropriação, da utilização e do significado que é atribuído aos elementos do geossistema, pela comunidade local. A meta do sistema GTP, como metodologia é reaproximar estes três conceitos para analisar como funciona um determinado espaço geográfico em sua totalidade. Trata-se então, essencialmente, de apreender as interações entre elementos constitutivos diferentes para compreender a interação entre a paisagem, o território e o geossistema.

Visando identificar os elementos e compreender suas interações em um sistema, percebe-se a importância da representação desse sistema, de modo a facilitar sua análise e interpretação. Nesse contexto Avelino (2006, p.48) salienta que “o uso de modelos está intimamente relacionado com a verificação de teorias, com a quantificação e com a abordagem sistêmica, desenvolvendo o uso e a construção de modelos”.

Haggett; Chorley (1974, p. 04) assinalam que:

um modelo é, assim, uma estruturação simplificada da realidade que apresenta supostamente características ou relações sob forma generalizada. Os modelos são aproximações altamente subjetivas no sentido de não incluírem todas as observações e medições associadas, mas como tais, são valiosas em ocultar detalhes secundários e permitir o aparecimento dos aspectos fundamentais da realidade.

Para Rocha *et. al.* (2000) uma característica importante é o fato de a bacia hidrográfica ser uma unidade funcional, com processos e interações ecológicas passíveis de serem estruturalmente caracterizados, quantificados e matematicamente modelados.

Nesse contexto a modelagem de sistemas ambientais procura descrever o sistema como um todo, através da representação das interações entre todos os seus componentes.

Para Chistofolletti (1999, p. 11), os modelos:

procurando sintetizar os sistemas tem a finalidade fornecer um quadro global da totalidade do sistema, estabelecendo o grau de conhecimento sobre as partes componentes, interação entre os elementos e funcionamento interativo entre os inputs e outputs do sistema.

A proposição de um modelo pode gerar novas indagações, permitindo assim, a construção de novas propostas de modelos, bem como, adaptações de modelos anteriores. Todos os modelos têm necessidade constante de aperfeiçoamento, à medida que surgem novas informações ou perspectivas da realidade.

Para Hagget; Chorley (1975, P. 08), a característica fundamental dos modelos é:

que sua construção implica numa atitude altamente seletiva em relação às informações, na qual não só as interferências como os sinais menos importantes são eliminados para permitir que se observe algo da intimidade das coisas. Ainda salientam que outra característica importante dos modelos é que são estruturados, no sentido que os aspectos importantes selecionados da “trama da realidade” são explorados em termos de suas relações.

Quanto à tipologia dos modelos existem diversas classificações. Para George (1975, p.20) “os modelos podem ser classificados de várias maneiras, mas pelo menos podemos distinguir os que representam a estrutura, os que representam à função e os que representam ambas. Esses modelos são estáticos (para a estrutura) e dinâmicos (para os processos ou funções)”.

Brunet; Ferras; Théry (1993) citado por Christofolletti (1999) consideram que:

os geógrafos utilizam, sobretudo as seguintes categorias de modelos, no tocante à linguagem utilizada: a) modelos matemáticos, que eventualmente

são apresentados sob a forma de equação; b) modelos de sistemas, denominados também como esquemas lógicos, que procuram representar a estrutura do sistema e identificar os elementos, fluxos e retroalimentações; c) modelos preditivos que, construídos como imagens de sistemas, como matrizes de relações entre os elementos de um sistema espacial, prevêem a sua evolução quando se modificam alguns parâmetros, isto é, certas condições de input e valores das variáveis de seus elementos e relações; d) modelos gráficos, ou mais adequadamente coromáticos, que representam a estrutura de um espaço determinado, de um campo geográfico.

Considerando a modelagem sobre a perspectiva dos sistemas de informação geográfica, Christofolletti (1999, p.25) salienta que:

O acelerado desenvolvimento tecnológico da informática está propiciando recursos técnicos cada vez mais potentes, permitindo que programas específicos possam ser cada vez mais utilizados para se fazer previsões, usando-se a análise de dados por meio de modelos estatísticos padrões e pela construção de modelos de simulação, com base maior ou menor nas informações sobre os processos físicos.

Nesse sentido Barreto Neto (2004, p. 02) ressalta que:

as simulações de processos ambientais com modelos computacionais dinâmicos estão expandindo rapidamente nas comunidades científicas, principalmente em campos da ecologia, hidrologia, degradação dos solos, climatologia, geomorfologia, mudanças no uso da terra e expansão urbana. Modelos dinâmicos ajudam em uma melhor representação e entendimento das características dos fenômenos ambientais e permitem a realização de diagnósticos e prognósticos de impacto ao meio ambiente.

Rosa; Brito (1996 p. 80) destacam as aplicações dos SIG's no desenvolvimento de modelos hidrológicos de bacias hidrográficas para previsão de enchentes, para os autores:

nestes tipos de modelos as características físicas das bacias hidrográficas (tipo de solo, cobertura vegetal e declividade) são armazenadas no SIG como planos de informação e os dados de precipitação, escoamento e infiltração são as entradas do modelo para calcular a vazão do curso d' água principal. As informações de saída do modelo são então utilizadas para prever situações de impactos permitindo assim a tomada de medidas preventivas contra esses impactos

Nesse aspecto Singh; Fiorentino (1996, p. 195) ressaltam que:

The principal aim of modern hydrological research is the correct definition of the interconnected relationships between the different hydrometeorological quantities within a basin and their representation by mathematical models of varying complexity. A basin, defined by the whole of its measurable attributes (climate, temperature, precipitation, humidity,

infiltration, transpiration, evaporation, runoff, lithological, pedological, geomorphological characteristics, etc.), can be assumed to be a natural system which at whatever action (rainfall) creates corresponding response (runoff) depending on the actual state of the system. The state of the system can be defined by state variables (water level, discharge, soil humidity, etc.) a knowledge of which allows the precise identification of the outflow in relation to a determined inflow.

Assim, o uso de modelos tem contribuído para o conhecimento da evolução dos sistemas ambientais, bem como tem auxiliado o planejamento e gerenciamento das organizações espaciais e o uso dos recursos naturais.

Para Christofletti (1999, p. 160):

desde a década de 70 há desenvolvimento dos esforços procurando realizar a modelagem das interações entre as atividades econômicas, o desenvolvimento demográfico e os processos ecológicos na grandeza da escala regional. A razão principal para a modelagem dessas conexões complexas entre economia e sistemas ambientais foi a crescente percepção de quão grande se tornam os impactos ambientais provocados pelas atividades econômicas.

Mattos;Perez Filho (2005. P. 1318) ressaltam que:

nos sistemas ambientais, há interação e transformação recíprocas (de “mão dupla”) entre os subsistemas físico-natural e socioeconômico. Assim ao tratar da qualidade do meio ambiente, é impossível dissociar as relações entre os subsistemas físico-naturais e socioeconômicos, pois essa é à base dos sistemas ambientais.

Ao tratar de subsistemas Tricart (1976, p. 19) ressalta que “cada um dos fenômenos incorporados num sistema, geralmente pode ser analisado, ele mesmo, como um sistema. Convencionalmente denomina-se subsistema”. Nesse sentido o sistema poderá apresentar subsistemas de acordo com a escala que se deseja analisar.

Para tais subdivisões (subsistemas) dentro de um sistema é muito importante que o pesquisador tenha bem definido a noção de escala que se pretende trabalhar, tanto do ponto de vista espacial, quanto temporal.

Para Silva; Triano (2005, p. 1785) “todos os sistemas e subsistemas se relacionam entre si como uma teia, funcionando esta relação de interdependência em forma de redes que se articulam, penetram-se e dependem uma das outras”.

De acordo com Carvalho (2007, p. 23)

o sistema bacia hidrográfica configura-se por uma série de elementos, sendo eles articulados e caracterizados dentro de subsistemas. A possibilidade de entendimento das correlações existentes entre os diversos elementos dos subsistemas natural, construído, social e produtivo, torna a bacia hidrográfica uma excelente unidade de estudo ambiental, pois possibilita identificar os elementos constituintes de cada subsistema, as interações existentes entre eles, assim como as entradas e saídas de energia, sendo fundamentais para o entendimento da dinâmica desse sistema.

Todos os elementos de um sistema são interligados e exercem influência sobre o todo, mesmo de forma mais tenra e imperceptível, às vezes muito difícil de serem detectadas e, especialmente de serem mensuradas e qualificadas.

Troppmair (2004) salienta que alguns desses elementos (clima, solos, geomorfologia, hidrografia, cobertura vegetal, centros urbanos) assumem liderança e são dominantes na dinâmica de um sistema, regulando a intensidade das inter-relações em macroescala e na dinâmica até em ritmo sazonal.

Em se tratando da bacia hidrográfica, qualquer tipo de uso do solo, as formas diferenciadas das relações sociais de produção, o emprego adequado de tecnologias, as lutas de classes, modificações climáticas e de fluxos das águas subterrâneas dentro dos limites da bacia interferem no ciclo hidrológico e na qualidade de suas águas. Assim a água apresenta-se como indicador de qualidade ambiental do sistema como um todo.

A maior parte dos problemas relacionados aos recursos hídricos, tem como causas principais a sua má utilização expressa sobretudo pela falta de um planejamento prévio. Para Machado (2001), a função do planejamento dos recursos hídricos é impedir, previamente, o agravamento dos problemas de natureza ambiental, evitando ou minimizando seus efeitos negativos.

Nishiyama (1998) salienta que o estudo ambiental, objetivando uma situação de equilíbrio no fluxo de matéria e energia, entre os meios físico, biótico e antrópico, em outras palavras, uma condição de sustentabilidade, não pode ser implementado sem o conhecimento das características do meio ambiente (quanto as suas inter-relações entre os meios que o compõem, aos seus limites de tolerância, aos processos geológicos e biológicos em curso e, por fim, aos vários níveis de informações necessários).

Guerra (1989) vai além e ressalta que através do levantamento integrado do meio físico, correlacionando-o com o uso da terra, nas diversas unidades ambientais, pode-se gerar subsídios de grande valia ao planejamento.

Para que ações e decisões sejam tomadas, torna-se necessário o conhecimento dos elementos constituintes do sistema, assim como, as interações existentes entre os mesmos, para o entendimento de sua complexidade, subsidiando tomadas de decisões mais racionais.

Para avaliar as interações existentes no sistema, Silva; Souza (1996) propõem a utilização de 5 princípios científicos, sendo: localização, extensão, evolução, correlação e causalidade. Todos esses princípios referem-se tanto aos elementos quanto ao sistema em si e influenciam na sua unidade, totalidade e complexidade.

A partir da localização dos elementos podem ser feitas relações de acordo com o arranjo espacial destes, e de acordo com a localização do próprio sistema pode-se entender o contexto em que o mesmo se insere e as relações que podem ser estabelecidas com um sistema maior e com sistemas adjacentes (input e output).

A extensão corresponde ao espaço que o elemento ou o sistema ocupa, compreendendo a extensão do elemento consegue-se identificar alguns aspectos, como o peso (relevância), características, etc., deste no sistema, e a partir da extensão do sistema pode-se mensurar o tamanho do mesmo, assim como o espaço que este ocupa.

A correlação acontece a partir do relacionamento entre as variáveis internas do sistema, e das interações dos sistemas com outros sistemas (input e output).

Para a análise do sistema é importante entender que não há condição estática absoluta na natureza, isto é, todos os fenômenos estão em constante modificação. Partindo disso, a evolução corresponde às modificações ocorridas ao longo do tempo, sendo que da compreensão dessa evolução pode-se entender vários aspectos do presente, buscando no passado informações que justifiquem as características atuais.

A causalidade corresponde aos fluxos de energia atuantes na correlação dos elementos, provocando modificações e caracterizando assim, a evolução através do tempo. Essas correlações acontecem de acordo com a localização e extensão dos elementos.

A causalidade mostra qual é a variável independente e a dependente, sendo que a segunda sofre modificações se a primeira se alterar, sendo este o princípio de causa e efeito.

Assim, a partir do levantamento de informações, análise e entendimento das interações existentes entre os diferentes elementos constituintes do sistema bacia hidrográfica, torna-se possível avaliar a predisposição à erosão laminar em bacias hidrográficas, sendo esta resultante das diversas formas de organização social frente à fragilidade natural da área.

3.2 – Avaliação do Potencial Natural de Erosão Laminar

Atualmente os processos de degradação do solo constituem grave problema em escala mundial, com consequências ambientais, sociais e econômicas significativas. Para tanto é de fundamental importância estudos que avaliem a susceptibilidade dos terrenos aos processos erosivos, possibilitando uma melhor gestão das práticas desenvolvidas em bacias hidrográficas.

os problemas advindos do uso irracional do solo, seja ele urbano ou rural, têm despertado cada vez mais o interesse de estudiosos e pesquisadores do mundo inteiro. O aumento da população mundial e a crescente demanda por alimentos têm levado cientistas a buscar soluções para um uso mais eficiente do solo, equacionando uma maior produção com menores perdas por erosão (SILVA, 2005 p. 101).

Para Bigarella (2007, p. 895) existe uma diferença entre a erosão geológica ou natural e a acelerada ou antrópica, caracterizando a erosão geológica como “aquela que atua normalmente sem interferência do homem”. Em relação à erosão acelerada o autor salienta que “desenvolve-se com taxas muito incrementadas quando comparadas àquelas da erosão normal. Inicia-se muitas vezes de forma muito lenta, passando a sofrer interferências posteriores que aceleram o processo”.

Dessa forma, para Guerra; Mendonça (2004, p. 225)

a erosão dos solos tem causas relacionadas à própria natureza, como a quantidade e distribuição das chuvas, a declividade, o comprimento e forma das encostas, as propriedades químicas e físicas do solo, o tipo de cobertura vegetal, e também a ação do homem, como o uso e manejo da terra que, na maioria das vezes, tende a acelerar os processos erosivos.

Segundo Lepsch (2002, p. 155) no Brasil, a erosão hídrica é a mais importante, sendo que, ela se processa em duas fases distintas: desagregação e transporte.

A desagregação é ocasionada tanto pelo impacto direto ao solo das gotas da chuva como pelas águas que escorrem na sua superfície. Em ambos os casos é uma intensa forma de energia que desagrega e arrasta o solo, que é a energia cinética ou energia de movimento e sabe-se que é proporcional ao peso (ou massa) do que está se movendo (água e/ou partículas do solo) e ao quadrado de sua velocidade.

Baptista (2003) salienta que a erosão hídrica subdivide-se em laminar, em sulcos ou ravinas e em voçorocas. Para o autor a erosão laminar:

pode ser entendida como a remoção de uma camada fina, teoricamente homogênea (para isso seriam necessários solos e declividades uniformes em toda a vertente). É a forma de erosão hídrica menos percebida. Porém, em dias chuvosos nota-se que a água de escoamento sobre os terrenos é normalmente barrenta, o que dá a ideia de que parte dos sedimentos superficiais está sendo transportada. É, portanto, a mais perigosa forma de erosão hídrica e mais difícil de ser controlada, pois quando se percebe a perda foi significativa (BAPTISTA, 2003 P. 19).

Para Bertoni e Lombardi Neto (2008, p. 76) a erosão laminar “arrasta primeiro as partículas mais leves do solo, e considerando que a parte mais ativa do solo de maior valor, é a integrada pelas menores partículas, pode-se julgar seus efeitos sobre a fertilidade do solo”.

Quanto à erosão em sulcos Bertoni; Lombardi Neto (2008 p. 77) salientam que

resulta de pequenas irregularidades na declividade do terreno que faz que a enxurrada, concentrando-se em alguns pontos do terreno, atinja volume e velocidade suficientes para formar riscos maiores ou menos profundos. Na sua fase inicial, os sulcos podem ser desfeitos com as operações normais de preparo do solo, em um estágio mais adiantado, porém, eles atingem tal profundidade que interrompem o trabalho de máquinas agrícolas.

A evolução da erosão em sulcos pode gerar a voçoroca, segundo Baptista (2003, p. 19) caso os sulcos não sejam rapidamente revertidos, “o processo intensifica-se gerando as voçorocas, que podem ser entendidas como grandes cavidades, em profundidade e extensão, dependendo da maciez e coesão dos materiais constituintes do perfil do solo, que já atingiram o nível do lençol freático”.

A água da chuva provoca a erosão laminar por meio do impacto das gotas sobre a superfície do solo, caindo com velocidade e energia variáveis, e por meio da enxurrada, sendo que, sua ação erosiva depende da distribuição pluviométrica, mais ou menos regular, no tempo e no espaço, e sua intensidade (Salomão, 2005).

Guerra (2005, p.18) ressalta que a ação do splash, também conhecida por erosão de salpicamento é o estágio inicial do processo erosivo, pois:

prepara as partículas que compõem o solo, para serem transportadas pelo escoamento superficial. Essa preparação se dá tanto pela ruptura dos agregados, quebrando-os em tamanhos menores, como pela própria ação transportadora que o salpicamento provoca nas partículas dos solos. Além disso, os agregados vão preenchendo os poros da superfície do solo, provocando a selagem e a conseqüente diminuição da porosidade, o que aumenta o escoamento das águas.

Deve ser apontado ainda que o processo erosivo não ocorre da mesma forma em solos com diferentes propriedades. O comportamento de um solo frente à ação das águas varia principalmente em função de sua permeabilidade, estrutura, densidade e textura, que definem o grau de erodibilidade do solo. Estas características conferem maior ou menor resistência das partículas do solo à desagregação e capacidade de absorver e infiltrar água pluvial, aumentando o limite para início do escoamento pluvial (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

Guerra (1995, p.171) ressalta a importância da cobertura vegetal como fator controlador do escoamento superficial, “a ausência da cobertura vegetal facilita o impacto das gotas de chuva, fazendo com que os agregados se quebrem, crostas sejam formadas na superfície do solo, o que aumenta os efeitos do escoamento superficial, causando maiores taxas de erosão”.

Neste processo, algumas características naturais da área exercem grande influência sobre a erosão, tais como a declividade e o comprimento da vertente, já que estas características condicionam a velocidade de escoamento da água, agindo diretamente na quantidade e no tamanho do material transportado pela água.

Segundo Oliveira *et.al.* (1987, p. 52) “a erosão envolve importantes processos de degradação do meio físico provocando a perda de solos agricultáveis, de equipamentos urbanos, a deterioração de obras civis e o assoreamento de reservatórios e cursos d’água”.

Segundo Mafra (2005, p. 307) “o maior problema da erosão em terras com vocação agrícola consiste na eliminação da capa superficial do solo, importante por seu conteúdo em matéria orgânica e frações minerais finas, as quais garantem a nutrição indispensável ao crescimento dos vegetais”.

Guerra (1995, p. 171) complementa a ideia ao salientar que “a diminuição do teor de matéria orgânica no solo não só afeta sua fertilidade natural, mas também diminui sua resistência ao impacto das gotas de chuva, resultando, quase sempre, em aumento das taxas de escoamento superficial”.

Botelho; Silva (2004, P. 166)

ressaltam que há grandes diferenças nas taxas de infiltração e escoamento superficial entre os diversos usos do solo. É necessário adotar práticas conservacionistas que melhorem a taxa de infiltração. Essas práticas visam manter a água o maior tempo possível na encosta, permitindo que o solo tenha tempo para absorvê-la. A adoção destas práticas reduz o escoamento superficial e as perdas de solo por erosão hídrica.

Os autores ainda enfatizam que as áreas com agricultura e pastagens irão apresentar comportamentos diferentes. Nas pastagens, o sistema radicular das gramíneas favorece a infiltração, ocorrendo perdas mínimas de solo e água através do escoamento superficial, no entanto o pastoreio compacta o solo e cria caminhos preferenciais para o escoamento superficial, aumentando o risco de erosão. As áreas com agricultura apresentam problemas maiores quanto ao aumento do escoamento superficial, pois fatores como exposição do solo às gotas de chuvas, ausência de cobertura vegetal durante uma parte do ano e falta de práticas conservacionistas, propiciam a formação de fluxo superficial.

Dessa forma diversos tipos de uso e ocupação do solo podem levar ao comprometimento, primeiramente do solo e posteriormente da qualidade das águas superficiais, pois a partir do escoamento superficial os resíduos presentes no solo podem ser carregados para os recursos hídricos e podem vir a comprometer sua quantidade e qualidade.

Carpi Jr. (2001, p. 43) salienta que

a água ao escoar superficialmente, tanto na forma de cursos d'água como enxurradas, transporta junto diversos tipos de resíduos e efluentes industriais, domésticos, hospitalares, produtos químicos provenientes de atividades agrícolas e de acidentes de transporte, sedimentos produzidos pela erosão, microorganismos vetores de doenças. Tais elementos podem configurar-se como impactos negativos, podendo afetar o homem das mais diversas formas.

Em áreas rurais o manejo inadequado do solo pode gerar a perda de sua produtividade, assim como, pode comprometer a qualidade das águas de uma bacia hidrográfica, pois fatores como o tipo de solo, declividade do terreno, ausência de vegetação natural, intensidade das precipitações podem carrear sedimentos e demais compostos para os recursos hídricos, o que pode comprometer a qualidade e a quantidade de suas águas, assim como, a lixiviação pode comprometer a produtividade dos solos, aumentando o custo de produção através da implementação de insumos.

Para Guerra; Mendonça (2004, p. 233)

os processos erosivos acelerados causam prejuízos ao meio ambiente e a sociedade, tanto no local (*onsite*) onde os processos ocorrem como em áreas próximas ou afastadas (*offsite*). Os efeitos *onsite* incluem uma diminuição da fertilidade dos solos, afetando o crescimento de plantas, bem como, uma diminuição da capacidade de retenção de água nos solos. Os efeitos *Offsite* devem-se ao escoamento de água e sedimentos, causando danos em áreas agrícolas afastadas ou contíguas àquelas onde a erosão esteja ocorrendo, mudanças negativas no meio ambiente, bem como danos relacionados a

enchentes, assoreamento de rios, lagos e reservatórios, contaminação de corpos líquidos etc.

Dessa forma, a avaliação do potencial de erosão laminar tem um papel fundamental enquanto contribuição ao ordenamento do uso do solo em bacias hidrográficas. Um dos métodos mais conhecidos e utilizados de simulação, predição e quantificação da erosão hídrica é o modelo matemático EUPS – Equação Universal de Perda de Solo.

Segundo Pinto; Garcia (2005) o modelo EUPS foi desenvolvido e vinha sendo aplicado originalmente no âmbito do *Soil Conservation Service* (SCS) e do *Agricultural Research Service* (ARS) dos Estados Unidos, em cooperação com algumas universidades norte americanas, desde a década de 1980. Ainda segundo estes autores o modelo se presta à análise conjunta dos fatores condicionantes da erosão para estimativa de perda de solo pela ação do escoamento das águas pluviais em superfície, com ênfase nos processos de erosão laminar.

Conforme proposto por WISCHMEIER; SMITH (1978) citado por Bertoni; Lombardi Neto (2008), no modelo EUPS, a perda anual de solo em toneladas por hectare (A) é expressa por:

$A = R K L S C P$, onde:

A = perda de solo calculada por unidade de área, t/ha;

R = fator chuva: índice de erosão pela chuva, (MJ/ha.mm/ha)

K = fator erodibilidade do solo: intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25m, t/ha/(MJ/ha.mm/ha);

L = fator comprimento do declive: relação de perdas de solo entre um comprimento de declive qualquer e um comprimento de rampa de 25m para o mesmo solo e grau de declive;

S = fator grau de declive: relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa;

C = fator uso e manejo do solo: relação entre perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto, isto é, nas mesmas condições em que o fator K é avaliado.

P = fator da prática conservacionista: relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo.

Com o objetivo de criar um modelo para prever o aporte de sedimentos na bacia hidrográfica, o modelo EUPS foi modificado por Willians em 1975, originando a MEUPS (Modified USLE, ou MUSLE), que passa a incorporar o fator runoff no lugar do fator erosividade (PINTO; GARCIA, 2005).

Diversos autores apontam contudo que, para trabalhar com a EUPS modificada, os fatores hidrológicos necessários à estimativa do aporte de sedimentos nem sempre são de simples obtenção.

As aplicações são as mais variadas abrangendo desde estudos preditivos de erosão visando o manejo de práticas agrícolas em bacias hidrográficas, bem como instrumento de planejamento de áreas de proteção ambiental – APAs e de áreas urbanas e periurbanas (DONZELI et.al, 1992; PINTO, 1991 e 1996; FUJIHARA, 2002; VENIZIANI JUNIOR, 2003; PEDRO; LORANDI, 2004; COSTA, 2005; OLIVEIRA et al, 2009; GRILO; ENAMI, 2008).

Deve ser destacado ainda que diversos estudos foram realizados calculando o Potencial Natural de Erosão – PNE . Podem ser citados os trabalhos de Ridente Jr. et al. (2001) para o município São Manuel (SP), Weill et al., (2001) para a avaliação do risco de degradação das terras na bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu, Lorandi et. al. (2001) para bacia do córrego do Monjolinho e Marcomin (2002) em uma análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Pinheiros, em Santa Catarina.

Os valores de PNE podem ser obtidos através do fracionamento ou cálculo parcial da EUPS, considerando apenas os elementos do meio físico, que intervêm no processo de erosão, não sendo computados os fatores que dependem das ações antrópicas sobre o meio físico (Potencial Antrópico). Para tal o PNE pode ser calculado a partir de:

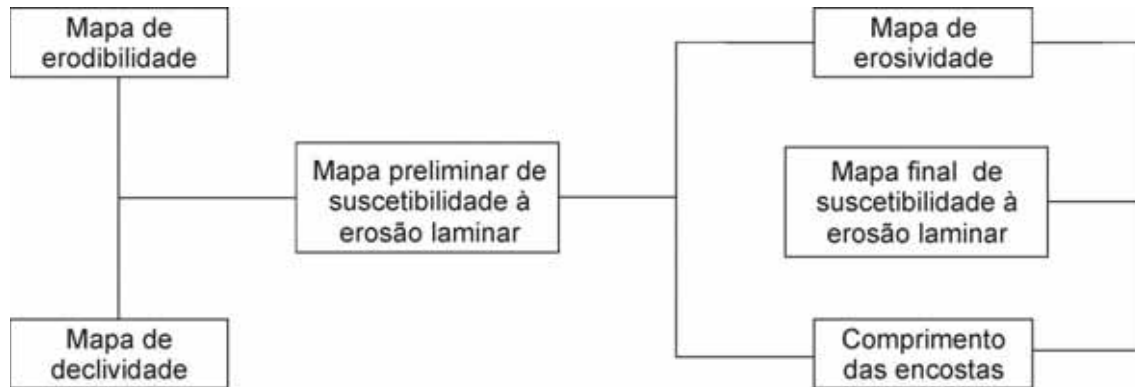
$$\mathbf{PNE = R K L S.}$$

Para Stein *et.al.* (1987, p. 117)

o Potencial Natural à Erosão Laminar, representa a interação dos principais fatores naturais do meio físico intervenientes no processo da erosão laminar. Corresponde às estimativas de perdas de solo em áreas continuamente destituídas de cobertura vegetal e sem qualquer intervenção antrópica. Devido a limitações diversas, os valores alcançados não podem ser tomados quantitativamente, exprimindo apenas uma ordenação qualitativa das áreas quanto a seu potencial de perdas de solo por erosão laminar.

Salomão (2005) propõe um roteiro metodológico para a definição de classes de suscetibilidade à erosão laminar (**Figura 06**), sendo considerada a erodibilidade dos solos e a

declividade das encostas como fatores determinantes na definição das classes de suscetibilidade e segundo o autor os fatores erosividade e comprimento das encostas devem ser utilizados em complementação à avaliação final das classes de suscetibilidade.



Fonte: Salomão (2005)

Figura 06. Roteiro metodológico para definição das classes de suscetibilidade à erosão laminar.

Para o referido autor o mapa de suscetibilidade à erosão laminar reflete

as características naturais dos terrenos, em face do desenvolvimento dos processos erosivos. No entanto, a erosão laminar é fortemente condicionada pela ação do homem, por meio das formas de uso e ocupação do solo. Áreas com um mesmo nível de suscetibilidade ocupadas de maneira diferente apresentam variados potenciais ao desenvolvimento da erosão laminar. O potencial à erosão laminar pode assim ser definido como resultado da interação entre a suscetibilidade dos terrenos em desenvolver erosão e a ocupação atual das terras (SALOMÃO, 2005 P. 241).

Desta forma, o método proposto baseia-se no cruzamento matricial do mapa de suscetibilidade à erosão laminar com o mapa de uso e ocupação atual do solo (**Figura 07**).

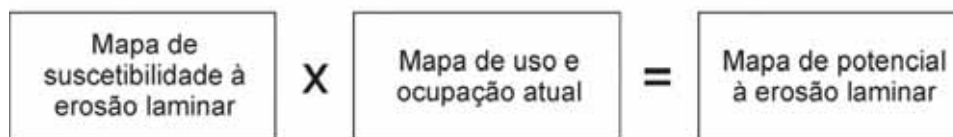


Figura 07. Cruzamento para a geração do mapa de potencial à erosão laminar.

Crepani *et. al.* (2001) também propõe uma metodologia para elaborar cartas de vulnerabilidade natural à perda de solo, sendo estas geradas a partir de um banco de dados

contendo informações básicas do meio físico (geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima) e de uso da terra de uma determinada região.

Segundo esta proposta a vulnerabilidade é expressa pela atribuição de valores (de 1 a 3) para cada unidade da paisagem. Dentro desta escala de vulnerabilidade 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 territoriais básicas mais vulneráveis apresentam valores mais próximos de 3,0.

As análises envolvendo a avaliação do potencial de erosão são facilitadas com a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) que possibilitam a geração e cruzamento de uma série de dados.

Nesse sentido Silva (2001, p.35) salienta que

Com o advento do Sistema de Informações Geográficas (SIG), a quantificação da distribuição espacial da erosão foi bastante facilitada. A maioria dos modelos atuais de predição de erosão já possui interfaces para SIG. Geralmente, as informações sobre o solo (tipo, uso e manejo), clima, e topografia são compiladas sob a forma de mapas temáticos (coberturas) que, depois de trabalhadas, tornam-se as entradas e parâmetros (georreferenciados) dos modelos. Além disso, os instrumentos computacionais dos SIGs permitem a realização de análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes, processando-os em bancos de dados georreferenciados. Esses podem ser manipulados, permitindo recuperar e combinar informações, bem como efetuar os mais diversos tipos de análise sobre os mesmos.

Como parte do planejamento e controle da erosão, a quantificação da perda de solo pelo processo de erosão atual e do potencial de erosão é importante não apenas para identificação de áreas críticas, mas também para o planejamento conservacionista regional. Modelos de simulação, como os de predição de erosão hídrica, são ferramentas importantes para a pesquisa e para a aplicação de técnicas agrícolas adequadas. Aplicados à situação de campo, esses modelos auxiliam na determinação das práticas conservacionistas e de manejos mais indicados para os diferentes cenários de aplicação (CHAVES, 1995).

Para Lepsch (2002) as práticas conservacionistas evitam, entre outras vantagens, o impacto da chuva e/ou o escoamento das enxurradas. Evitando as enxurradas, a água das chuvas mais fortes infiltra-se no solo, enriquecendo os mananciais subterrâneos e, não havendo o escoamento súbito, os rios não são perigosamente sobrecarregados, evitando as inundações dos campos de cultivo e de cidades.

Para o autor existem muitos meios de conservar o solo, os quais, para efeito didático, podem ser classificados em três grupos representados por **práticas de caráter edáfico, mecânico e vegetativo**, sendo que o autor caracteriza cada uma delas da seguinte forma:

As práticas de caráter edáfico são medidas que dizem respeito ao solo em si, procurando manter e melhorar sua fertilidade, principalmente no que diz respeito à adequada disponibilidade de nutrientes para as plantas. Estas medidas baseiam-se em quatro princípios: eliminação ou controle das queimadas, adubações (incluindo calagens) e rotação de culturas.

As Práticas de caráter mecânico são as que dizem respeito ao trabalho de conservação do solo com a utilização de máquinas. Em geral, introduzem alterações no relevo, procurando corrigir os declives muito acentuados pela construção de canais ou patamares em linhas de nível, os quais interceptam as águas das enxurradas, forçando-as se infiltrar em vez de escorrer. Entre as principais práticas mecânicas de conservação do solo podem-se citar o preparo do solo e plantio em curvas de nível, os terraços do tipo camalhão e as estruturas para desvio e infiltração das águas que escoam das estradas.

As Práticas de caráter vegetativo são métodos de cultivo que visam controlar a erosão pelo aumento da cobertura vegetal do solo. Como principais práticas de caráter vegetativo, podem-se citar: reflorestamento, formação e manejo adequado das pastagens, cultivos em faixas, controle das capinas, faixas de árvores formando quebra-ventos e cobertura do solo com palha ou acolchoamento.

Assim, necessário se faz a identificação das susceptibilidades das áreas à erosão laminar, utilizando-se para isso as técnicas e metodologias do geoprocessamento, bem como, a abordagem sistêmica como princípio norteador das análises.

3.3- Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica Aplicados a Estudos do Meio Físico

Para a gestão de áreas urbanas e rurais necessário se faz conhecer seus condicionantes ambientais, sociais e econômicos, sendo este possível através do levantamento e análise de uma série de informações. Nesse contexto, a utilização de ferramentas que permitam a coleta e o tratamento destas informações é fundamental para a adequada tomada de decisões.

Assim o geoprocessamento que é caracterizado como um conjunto de técnicas e metodologias voltadas ao levantamento e análise de informações espaciais torna-se uma ferramenta de importância, pois permite a coleta, a manipulação, a análise e a geração de uma diversidade de dados.

Para Silva (2007, p. 12)

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e ao tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. Essas atividades são executadas por sistemas chamados de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Eles são destinados ao processamento de dados georreferenciados desde a sua coleta até a geração de produtos como mapas, relatórios e arquivos digitais, oferecendo recursos para armazenamento, gerenciamento, manipulação e análise dos dados.

A **Figura 08** demonstra a abrangência do conceito de geoprocessamento, sendo que, o mesmo abrange desde atividades relacionadas à coleta de informações, utilizando-se técnicas específicas através de áreas do conhecimento como a cartografia, o sensoriamento remoto, a fotogrametria, entre outras, bem como, o tratamento e análise de tais informações utilizando-se de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) ou Geographic Information System (GIS).

Rosa (2007, p.237) corrobora com a ideia ao afirmar que:

O geoprocessamento envolve pelo menos quatro categorias de técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial:

- Técnicas para coleta de informação espacial (cartografia, sensoriamento remoto, GPS, topografia, levantamento de dados alfanuméricos);
- Técnicas de armazenamento de informação espacial (banco de dados – orientado a objetos, relacional, hierárquico, etc.);
- Técnicas para tratamento e análise de informação espacial (modelagem de dados, geoestatística, aritmética lógica, funções topológicas, redes, etc.);

- Técnicas para o uso integrado de informação espacial como os sistemas GIS, LIS, AM/FM, CADD).



Fonte (Silva, 2007)

Figura 08. Abrangência do termo Geoprocessamento.

O autor ainda salienta que “a base cartográfica é o ponto de partida para qualquer SIG, e ela deve ser elaborada obedecendo aos princípios básicos da cartografia. Devemos ter atenção ao elipsóide de referência, datum geodésico, projeção cartográfica, precisão gráfica e generalização” (Rosa, 2007, P. 238). Situação também mencionada por Fitz (2008, p.06) onde ressalta que “por vezes, o desconhecimento ou emprego incorreto dos parâmetros cartográficos geram erros consideráveis nas análises realizadas e, conseqüentemente, nos resultados obtidos”.

Nesse sentido, Rodriguez (2005, p. 22) afirma:

a cartografia, por meio das formas de representação do espaço, utiliza os produtos cartográficos para o conhecimento e estudo da geografia de um determinado lugar. Ou seja, esses produtos registram e armazenam informações que podem apoiar o planejamento e gestão no espaço geográfico.

O autor enfatiza ainda que “a necessidade crescente de representação do espaço geográfico e dos fenômenos possibilitou o surgimento de avanços tecnológicos”, e cita como exemplo a cartografia digital, o sensoriamento remoto e demais geotecnologias no âmbito do geoprocessamento. Com isso, explica o autor, “permitiu uma constante análise e sistematização do conhecimento geográfico para o aprimoramento de pesquisas em Geografia, principalmente dentro do âmbito da questão ambiental” (RODRIGUEZ, 2005, p. 22).

Assim, além da cartografia, o sensoriamento remoto apresenta-se como ferramenta de grande importância na obtenção de dados para o geoprocessamento, sendo este caracterizado por Florenzano (2002, p. 09) como “a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície”. Paranhos Filho *et.al.* (2008, p. 16) ainda acrescenta que “isto inclui além das imagens de satélite e radar, as fotografias aéreas, digitais ou não”.

Os avanços obtidos com os novos sensores remotos, produzindo dados com melhores resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal, permitem mapear, medir e estudar uma variedade de fenômenos geomorfológicos e ambientais, por exemplo, com uma rapidez e precisão nunca obtidas anteriormente (FLORENZANO, 2005 p. 25).

Para Rosa (2007) ao utilizar fotografias aéreas ou imagens de satélite nos diferentes tipos de aplicação (geomorfologia, geologia, pedologia, vegetação, agricultura e uso do solo) em geral, inicia-se com a escolha da escala com que se deseja trabalhar, esta depende da precisão dos resultados e dos objetivos da pesquisa. Posteriormente define-se a banda ou o conjunto de bandas dependendo das características dos alvos de estudo.

No caso de imagens de satélite compreender as diferentes resoluções é fundamental, sendo estas classificadas em: resolução temporal, resolução espacial, resolução espectral, resolução radiométrica e resolução digital. Fitz (2008, p. 115-116) caracteriza cada uma delas:

Resolução temporal, ou seja, o espaço de tempo que o sensor leva para obtenção de cada cena. O satélite sino-brasileiro Cbers-2, lançado em 21 de outubro, por exemplo, capta imagens de 26 em 26 dias. Sua resolução temporal é, portanto, de 26 dias;

Resolução espacial, entendida como a capacidade óptica do sensor em função do seu campo de visada, o Instantaneous Field of View (Ifov). Essa resolução pode ser traduzida como a área real abrangida no terreno por cada pixel correspondente na imagem. No caso de imagens de satélite, o Ifov varia principalmente em função da finalidade na utilização das imagens. O Cbers-2 apresenta uma câmera imageadora com alta resolução espacial (20m), ou seja, cada pixel da imagem representa uma dimensão do terreno de 20 m por 20 m (400 m²). Já o satélite Ikonos chega a uma resolução

espacial de 1 m na banda pancromática, ou seja, pode-se distinguir objetos maiores do que 1 m²;

Resolução espectral, dada pela banda espectral suportada pelo equipamento, ou seja, pela capacidade de absorção (número de canais) do sensor utilizado em função do intervalo do comprimento de onda utilizada pelo mesmo. O Cbers-2 possui 5 (cinco) bandas, ao passo que o Landsat TM5 possui 7 (sete);

Resolução radiométrica, relacionada com a quantidade de níveis digitais presentes em uma imagem, vinculando-se com a qualidade desejada da imagem: quanto maiores forem os níveis digitais, tanto maior será a resolução radiométrica. Esse atributo digital, representado pelos níveis de cinza (ou cores) de uma imagem, e normalmente apresentado na forma de valores binários, ou bits, necessários para o seu armazenamento; e

Resolução digital, dada pela quantidade de pixels ou pontos por polegada (dpi) desejada pelo usuário. Em geral, utilizada para digitalização e/ou impressão de arquivos.

Paranhos Filho *et. al.* (2008) ressaltam que o entendimento das diferentes resoluções espectrais é o principal aspecto para o reconhecimento dos diferentes tipos de cobertura de solo.

Moreira (2011) salienta que para interpretar uma imagem de satélite, existem duas abordagens: a interpretação visual e a realizada através de programas implementados em computadores, muitas vezes denominada de classificação automática, análise digital, entre outras.

a interpretação visual de imagens orbitais, ou fotointerpretação, é muito semelhante à interpretação de fotografias aéreas. Em outras palavras, consiste em extrair informações de alvos da superfície terrestre, com base nas suas respostas espectrais, quando observados nas imagens. Além disso, na interpretação visual são utilizados alguns dos elementos fotointerpretativos empregados na técnica de fotografias aéreas, como textura, forma, tamanho, tonalidade ou cor. (MOREIRA, 2007 p. 239).

Moreira (2007) também destaca que além das características da fotointerpretação e dos fatores relacionados aos dados dos satélites, o foto intérprete deve utilizar outros tipos de dados auxiliares (materiais colaterais) e algumas regras básicas, no preparo do material que irá conter os resultados da fotointerpretação (introdução de certos atributos cartográficos e de pontos de controle) e no estabelecimento do método de interpretação (método comparativo, método sistemático).

Quanto ao processamento digital de imagens, Rosa (2007, p. 190) destaca que as principais técnicas são: correção de imagens, realce de imagens, classificação de imagens e transformação de imagens, sendo:

a correção diz respeito ao ajuste das imagens de forma a obter uma representação da superfície da terra o mais fiel possível à realidade. O realce está predominantemente voltado a modificação das imagens para otimizar sua aparência para o sistema visual. A classificação refere-se à interpretação de imagens auxiliada por computador. E a transformação refere-se à derivação de novas imagens através de algum tratamento matemático das bandas das imagens brutas.

Segundo Novo (1993, p. 237) “as técnicas de classificação multiespectral podem ser divididas em três grandes conjuntos: técnicas de classificação supervisionada, técnicas de classificação não-supervisionada e técnicas de classificação híbrida”.

Nas classificações supervisionadas, o analista está em constante interação com o sistema de análise de imagens digitais. Além disto, ele dispõe de informações sobre a cena, que servem de “treinamento” para o sistema. Essas informações são conhecidas pelo nome de “amostras de treinamento” e representa o “comportamento” médio das classes que deverão ser mapeadas automaticamente. No caso das classificações não-supervisionadas, o analista tem pouco controle sobre a separação entre as classes. Além disto, ele não precisa preocupar-se com a homogeneidade das amostras. As classificações híbridas são aquelas em que o analista utiliza uma classificação não-supervisionada como base para a seleção de amostras de treinamento para realizar uma classificação supervisionada (NOVO, 1993).

Moreira (2011, p. 200) ratifica a ideia em relação à classificação híbrida ao salientar que

apesar da melhoria nos sistemas de classificação de dados orbitais no computador, os resultados nem sempre eram satisfatórios, dada a complexidade do comportamento espectral dos alvos na cena. A precisão de uma classificação nunca era acima de 90%. Isso fez com que fosse implementada nesses sistemas de classificação a ferramenta de Edição Matricial, que permite a interação do analista sobre os resultados da classificação. Com isso, surgiu uma nova abordagem de interpretação de imagens, denominada Método Híbrido, que nada mais é do que a junção das abordagens visual e digital.

Vale destacar que ao utilizar a classificação automática de imagens se torna necessário para o especialista, além da fundamentação de sensoriamento remoto, uma noção de processamento digital de imagens, visto que os dados de satélite são fornecidos no formato digital e, necessitam ser trabalhados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando-se métodos específicos para tal fim.

Defini-se SIG como um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação,

transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos. A estrutura topológica representa os relacionamentos entre as suas entidades como conectividade, adjacência, proximidade, continência, interseção. Essa estrutura é que dá identidade ao sistema, diferenciando-o dos demais. (ROCHA, 2000 p. 48).

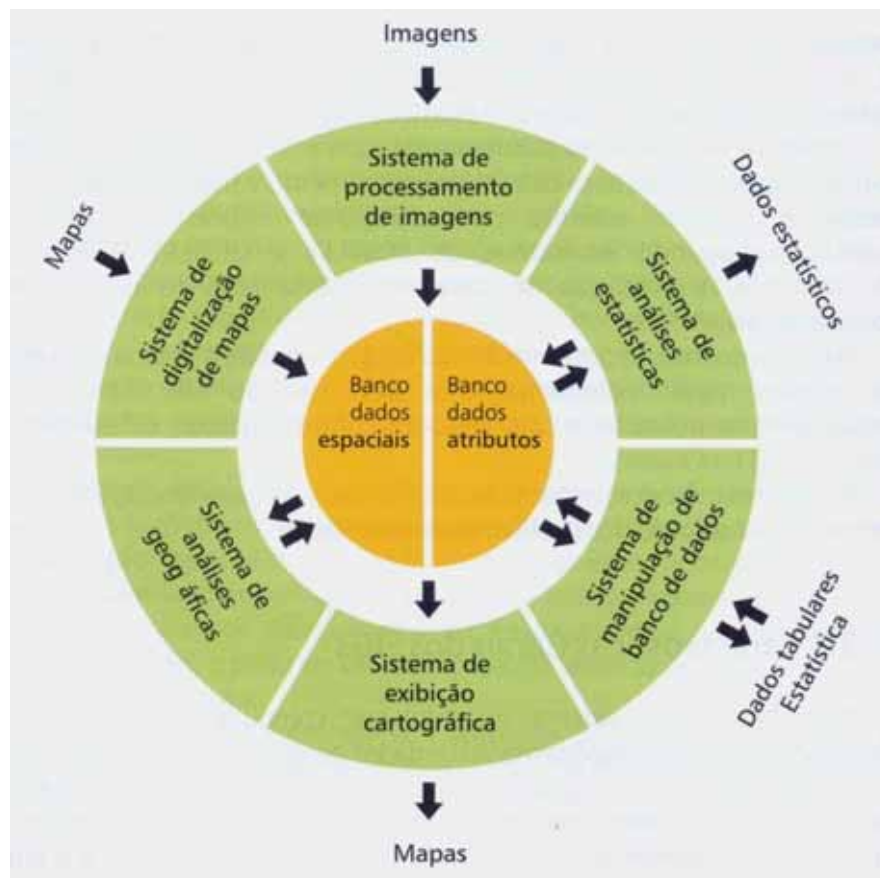
Para Rosa (2007) muitas pessoas quando descrevem SIG referem-se, especificamente ao software e não a tecnologia, tornando-se necessário explicar os principais componentes de um SIG, no qual o software é apenas um desses componentes. Os outros elementos a serem definidos são: hardware, dados, usuários, e metodologias de análise.

O autor define os elementos da seguinte forma:

Software - é formado por um conjunto de programas (geridos por um determinado sistema operacional), cuja finalidade básica é coletar, armazenar, processar, e analisar dados geográficos, tirando partido do aumento da velocidade, facilidade de uso e segurança no manuseio destas informações, apontando para uma perspectiva multi, intra e interdisciplinar de sua utilização [...]. **Hardware** – é o conjunto de equipamentos necessários para que o software possa desempenhar as funções descritas. Trata-se do componente físico do sistema envolvendo o computador e seus periféricos, ou equipamentos auxiliares [...] **Dados** – é o material bruto que alimenta o sistema, permitindo gerar informação, que nada mais é do que o significado atribuído aos dados, do ponto de vista de um determinado usuário [...] **Usuários** – são pessoas com objetivos comuns que formam uma organização ou grupo de trabalho. O GIS por si só não garante a eficiência nem a eficácia de sua aplicação. Como em qualquer organização, ferramentas novas só se tornam eficientes quando se consegue integrá-las adequadamente a todo o processo de trabalho.[...] **Metodologias ou técnicas de análise** – Estão diretamente ligadas ao conhecimento e à experiência do profissional que, a partir de um objetivo definido, submete seus dados a um tratamento específico para obter os resultados desejados (ROSA, 2007 P. 240).

Silva (2007. p.25) ressalta que “atualmente existe um grande número de softwares adequados para SIG que, entretanto, podem ter diferenças significativas principalmente na maneira como representam e trabalham com dados geográficos e a ênfase dada nas várias operações”.

Para o autor o SIG é constituído de vários módulos, sendo os principais apresentados na **Figura 09**. Nem todos os sistemas possuem todos os módulos mostrados na referida figura, mas devem ser compostos por um grupo essencial para ser considerado um verdadeiro SIG.



Fonte: Calijuri, 1995 citado por Silva, 2007.

Figura 09. Principais módulos de um SIG.

Silva (2007) complementa a ideia apresentando os principais componentes de um SIG, sendo:

Banco de Dados Espaciais e de Atributos: o banco de dados é o núcleo do sistema e pode ser entendido como uma coleção de mapas e informações associadas na forma digital. O banco de dados é composto por dois elementos, um com dados espaciais mostrando a representação gráfica da superfície do terreno, e um com dados descrevendo as características ou qualidades.

Sistema de Apresentação Cartográfica: é um dos módulos mais básicos do SIG, permite a extração de elementos selecionados do banco de dados e a produção de mapas no monitor de vídeo, ou cópia impressa utilizando impressora ou plotter.

Sistema de Digitalização de Mapas: permite que mapas existentes em papel sejam convertidos para a forma digital. Esse sistema, além de conter módulos para digitalização, é provido de ferramentas para a edição de mapas.

Sistema de Gerenciamento de banco de dados: um SIG incorpora não somente um tradicional sistema gerenciador de banco de dados, mas também uma variedade de utilitários para gerenciar os componentes espaciais e de atributos do dado geográfico armazenado.

Sistema de Análise Geográfica: com o sistema de análise geográfica, é ampliada a capacidade de consultas tradicionais ao banco de dados, incluindo a potencialidade da análise de dados baseada em sua localização.

Sistema de Processamento de Imagens: possibilita a análise de imagens de sensoriamento remoto, através da conversão dessas imagens em dados de mapas, interpretados de acordo com vários processos de classificação.

Sistema de Análise Estatística: esse sistema oferece procedimentos estatísticos tradicionais e rotinas especializadas para a análise estatística do dado espacial.

Para Fitz (2008, p. 25) torna-se importante a caracterização de sistemas associados aos SIGs e, não raro, confundidos com estes, sendo:

Sistemas CAD (Computer Aided Design – Projeto Auxiliado por Computador), que podem ser descritos como sistemas que armazenam dados espaciais como entidades gráficas. São utilizados, principalmente, em projetos de arquitetura e engenharia dada sua excepcional precisão. Em razão de sua funcionalidade, são bastante usados para digitalizar cartas topográficas.

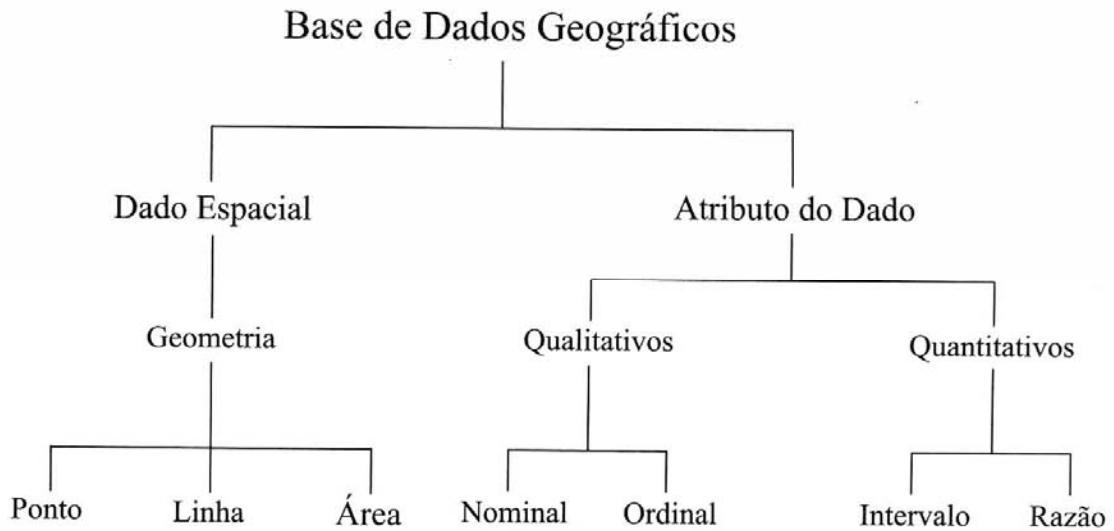
Sistemas CAM (Computer Aided Mapping – Mapeamento Auxiliado por Computador), os quais são utilizados para a produção de mapas utilizando Layers ou camadas de entidades gráficas georreferenciadas. Podem ser considerados como uma sofisticação dos CAD no que diz respeito ao uso em cartografia, mas ainda sem as possibilidades de um SIG.

Sistemas AM/FM (Automated Mapping/ Facility Management- Mapeamento Automatizado/ Gerenciamento de Equipamentos), que são baseados nos sistemas CAD, mas menos precisos e/ou detalhados que os CAM. Apresentam ênfase no armazenamento e na análise de dados para a produção de relatórios.

Para Miranda (2005, p. 34) a base de dados ocupa posição de destaque no SIG ressaltando que:

Geralmente, o dado espacial pode assumir três formas distintas: a) ponto; b) linha; c) área. Estes dados são identificados por diferentes dimensões. O ponto é o elemento sem dimensão, a linha possui uma dimensão e a área duas dimensões. Existe também o elemento com três dimensões: a superfície. O atributo destes dados pode ser quantitativo ou qualitativo. O dado qualitativo especifica o tipo de objeto, sendo do tipo nominal ou ordinal (mina de ouro, estrada principal ou secundária, área agrícola ou industrial, etc.). O dado quantitativo expressa uma medida deste objeto compreendendo dois tipos: razão ou intervalo. A razão é medida em relação

a um zero ou uma referência inicial. O intervalo é definido em termos de classes (**Figura 10**).



Fonte: Miranda (2005)

Figura 10. Dado Geográfico.

Quanto aos atributos dos dados espaciais Rosa; Brito (1996, p.10) salientam que:

temos quatro níveis ou escalas de mensuração: nominal, ordinal, intervalo e razão. A primeira maneira é a mais simples e a última é a mais complexa. É importante definir as escalas de mensuração considerando que as técnicas de análise estatística que podem ser aplicadas para os dados dependem parcialmente da escala de mensuração. É importante observar que a maioria das descrições qualitativas, isto é, verbais, podem ser transformadas em quantitativas, particularmente para as escalas nominal e ordinal.

Em um sistema de Informação Geográfica geralmente se utiliza dados armazenados em dois formatos: o formato vetorial e o formato raster, sendo:

O formato vetorial é usado para a entrada de dados manualmente ou por meio de mesas digitalizadoras. Os dados no formato vetorial são armazenados em uma série de pares de coordenadas plano-retangulares bidimensionais, com o traçado linear e de área das feições. Rodovias, estradas, rios, limites, etc. são armazenados desta forma. Esses dados podem ser transformados para o formato raster se o tipo de análise assim o exigir. O formato raster é usado para o processamento de imagens e de dados geográficos. Neste tipo de formato os temas espaciais são representados por células quadradas, onde em cada célula são identificadas as características desejáveis, como por exemplo: uso da terra, vegetação, geologia,

declividade, altitude, etc. Este formato de dados nos possibilita a sobreposição (cruzamento) de mapas (ROSA, 2007 p. 242).

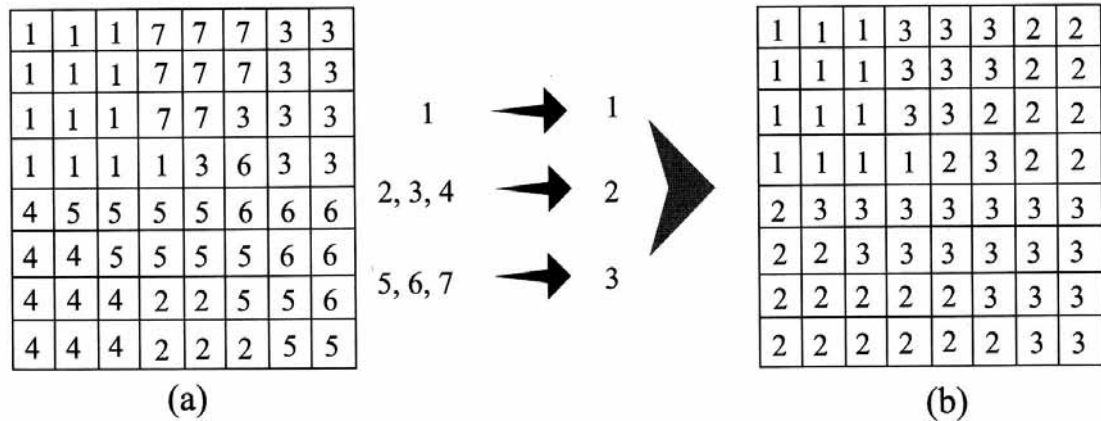
Quanto à manipulação e análise de dados em SIG Rosa; Brito (1996, p.59) esclarecem que as técnicas de extração de informações numa base de dados armazenadas em SIG podem ser subdivididas em técnicas de manipulação e técnicas de análise de dados. Para os autores “As funções de manipulação de dados referem-se às técnicas que envolvem o manuseio de objetos para um propósito particular e as funções de análise de dados referem-se às técnicas que envolvem os princípios gerais de sobreposição e cruzamento de dados”.

Nesse sentido, com relação à análise espacial em SIG Gomasca (2004, p. 497) salienta que:

The GIS can perform a spatial analysis; spatial relationships among the features and their attributes and the persistent link with their geometry (shape and position) make the GIS a tool able to simulate the real world and hence to help decision makers in solving actual problems and in forecasting potential consequences of risky phenomena. The information contained in a traditional map is stored in a GIS as a sequence of thematic layers, each one containing one theme and possibly containing the same type of primitives (a polygon layer, a point layer, etc.). The transportation layer for example contains roads and railway lines, while the hydrogeology layer might include the hydrographical network, or water bodies, etc. This basic structure of data inside a GIS, where information is fragmented in layers according to the content and the type of primitives (if vector), defines the typology of operations that can be performed on the layers. For example, the length computation can be performed just on polygon (perimeter) or polyline type layers, while spatial interpolation operates on point layers, etc. Operations can be carried out on a single data layer or by combining two or more data layers. Spatial interpolation, for example, is the most common task performed on a single layer.

Rosa; Brito (1996) destacam que as operações de análise mais comuns no SIG's podem ser subdivididas em: reclassificação, sobreposição, ponderação, medidas, tabulação cruzada, análise de vizinhança, análise de rede, análises estatísticas e consulta a banco de dados geo-referenciado. Algumas dessas análises estão descritas a seguir.

Para Miranda (2005, p. 190) na reclassificação “o SIG reagrupa classes do mapa original, geralmente por meio de um processo de fusão, em novas classes, gerando um novo. Ou seja, valores de atributos são modificados, mas não sua geometria. No processo de reclassificação, novos padrões espaciais são criados” (**Figura 11**).



Fonte: Miranda (2005)

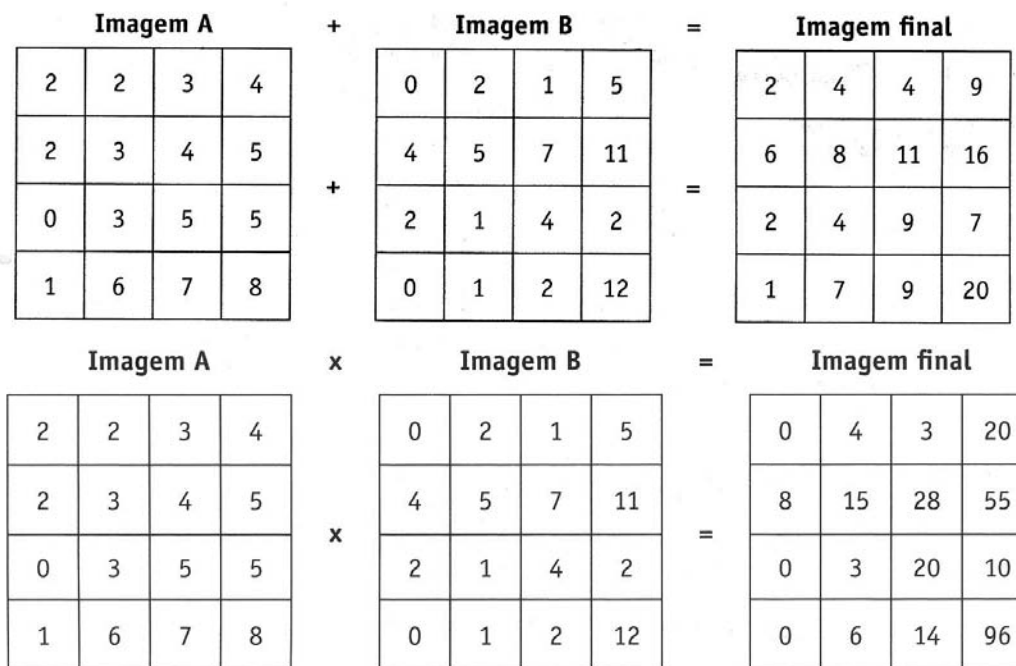
Figura 11. Reclassificação matricial.

Quanto à operação de sobreposição ela se torna fundamental pela necessidade de se utilizar dados de diferentes origens. Fitz (2008) salienta que pode-se distinguir duas formas de sobreposição, sendo, a sobreposição lógica, quando se faz uso de operadores lógicos (análise booleana) e a sobreposição aritmética, quando são utilizados operadores matemáticos (adição, subtração, multiplicação, etc.).

A sobreposição lógica trabalha os arquivos (vetoriais ou matriciais) a partir do empilhamento de diferentes camadas de dados. Em arquivos vetoriais, essa sobreposição traz como vantagem a manutenção dos vínculos do arquivo-imagem com os dados alfanuméricos, além da possibilidade de articulação das camadas. Em arquivos matriciais, o procedimento de sobreposição de camadas gera um novo arquivo, dissociados dos originais. [...] No caso da sobreposição aritmética, a estrutura do arquivo é completamente alterada, não sendo utilizada para formatos vetoriais. Assim, em uma imagem raster, cada pixel é modificado de acordo com o operador utilizado (FITZ, 2008 P. 88-89).

A **Figura 12** simula os efeitos da sobreposição com os operadores adição e multiplicação em imagens raster, nas quais os valores dos pixels são dados pelas linhas e colunas das matrizes representadas.

Quanto à ponderação esta consiste em “gerar um mapa a partir da média ponderada dos planos de informação contidos na base de dados (solo, relevo, geologia, cobertura vegetal, etc.). Um exemplo típico de ponderação é a geração de mapas de aptidão agrícola das terras, a partir de vários planos de informação” (Rosa; Brito, 1996, p. 70).



Fonte: Fitz, 2008

Figura 12. Sobreposição utilizando os operadores adição e multiplicação.

Os autores ainda destacam que o valor de cada classe no mapa final pode ser definido como o somatório (Σ) do produto dos pesos ou pelo produtório (P) do produto dos pesos, ou seja:

$$V = \Sigma (PI \cdot PC)$$

Ou

$$V = P (PI \cdot PC)$$

Onde:

PI= Peso de cada plano de informação

PC= Peso de cada categoria

V= Valor de cada categoria no mapa final.

Em relação às análises estatísticas Fitz (2008, p. 92) afirma que

os dados contidos no SGBD podem ser trabalhados estatisticamente dentro do próprio sistema ou com o auxílio de Softwares próprios. Dessa forma, pode-se extrair informações geradas pelo uso da estatística, com dados disponíveis em tabelas, gráficos ou mapas derivados. A chamada geoestatística tem merecido importante destaque dentro do uso das geotecnologias. Entre as funções presentes na maioria dos SIGs, destacam-se: regressões, interpolações, correlações, estabelecimento de médias, desvios-padrão, variância, etc.

Miranda (2005, p.187) destaca que

dificilmente existirá um SIG contendo um conjunto completo de funções de análise espacial. Muitas vezes é preciso fazer uma combinação de funções de SIG com outros sistemas. Nesse caso se enquadram os sistemas de análise estatística, modelagem matemática, geoestatística e outros, mesmo que a geoestatística esteja cada vez mais disponibilizada no ambiente SIG. Como exemplo, o Spring já conta com um módulo de geoestatística em seu menu de opções.

Assim, diversas informações podem ser armazenadas e posteriormente correlacionadas em ambiente SIG. Nessa perspectiva Câmara (1993) ressalta que os SIGs são sistemas cujas principais características são: integrar, em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, dados e modelos numéricos de terreno; combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados.

Nesse contexto a utilização do geoprocessamento permite maior agilidade na coleta e tratamento de informações, assim como, através da possibilidade de correlações entre diversas variáveis, possibilita uma análise mais abrangente e complexa a respeito do objeto de estudo.

Nesse sentido a definição de Rocha (2000, p. 210) ressalta essas possibilidades ao definir geoprocessamento

como uma tecnologia transdisciplinar, que através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados.

Na perspectiva do geoprocessamento como tecnologia transdisciplinar, seu desenvolvimento e contribuições estão atrelados ao avanço de áreas como o sensoriamento remoto, ou de softwares que possibilitam a conjugação de inúmeras informações.

Silva (2007, p.13) complementa afirmando que “o geoprocessamento, que nada mais é do que o resultado de uma forte interação dessas tecnologias constitui-se no grande fator de universalização e compartilhamento de informações que, por sua vez, são a matéria-prima responsável pela qualidade das decisões tomadas pelos administradores”.

O geoprocessamento também vem de encontro com a abordagem sistêmica, pois o mesmo possibilita a integração de dados em única base, bem como, o tratamento de tais informações, sendo estas umas das principais contribuições do geoprocessamento como salientado por Moura (2005, p. 49):

Uma das principais contribuições metodológicas do geoprocessamento à pesquisa geográfica é, certamente, a possibilidade de implantar processos de análise que, quando trabalhados somente em termos conceituais, aparentavam ser muito complexos. Esses processos são a abordagem e a análise sistêmicas, conceitos que trouxeram para as ciências que lidam com complexa gama de variáveis, em especial para as ciências espaciais, grande ganho na aproximação entre o modelo de estudo e a realidade.

Assim, para a presente proposta, o geoprocessamento é um conjunto de ferramentas de relevância, principalmente ao disponibilizar técnicas para coleta e processamento de dados espaciais, possibilitando a interação de uma série de informações e gerando resultados que podem auxiliar no planejamento de bacias hidrográficas.

4 – METODOLOGIA

4.1 – Proposta metodológica

A presente proposta metodológica visa realizar análise diagnóstica de impactos ambientais, em termos da erosão hídrica de superfície, na Bacia Hidrográfica do Córrego João Dias (Aquidauana/MS).

Para Santos (2004) o diagnóstico envolve, pelo menos, três fases, cada qual compreende um processo: a seleção e obtenção de dados de entrada, a análise integrada e a elaboração de informações e indicadores que servirão de base para a tomada de decisão.

Dessa forma, foram levantadas informações do meio físico (geologia, geomorfologia, erosividade, erodibilidade, declividade, comprimento de vertentes), bem como, informações das condições socioeconômicas (estrutura fundiária, atividades produtivas, práticas conservacionistas, caracterização da população residente) possibilitando assim, avaliar o potencial natural à erosão laminar e a influência do uso e ocupação do solo nessas áreas (Figura 13).

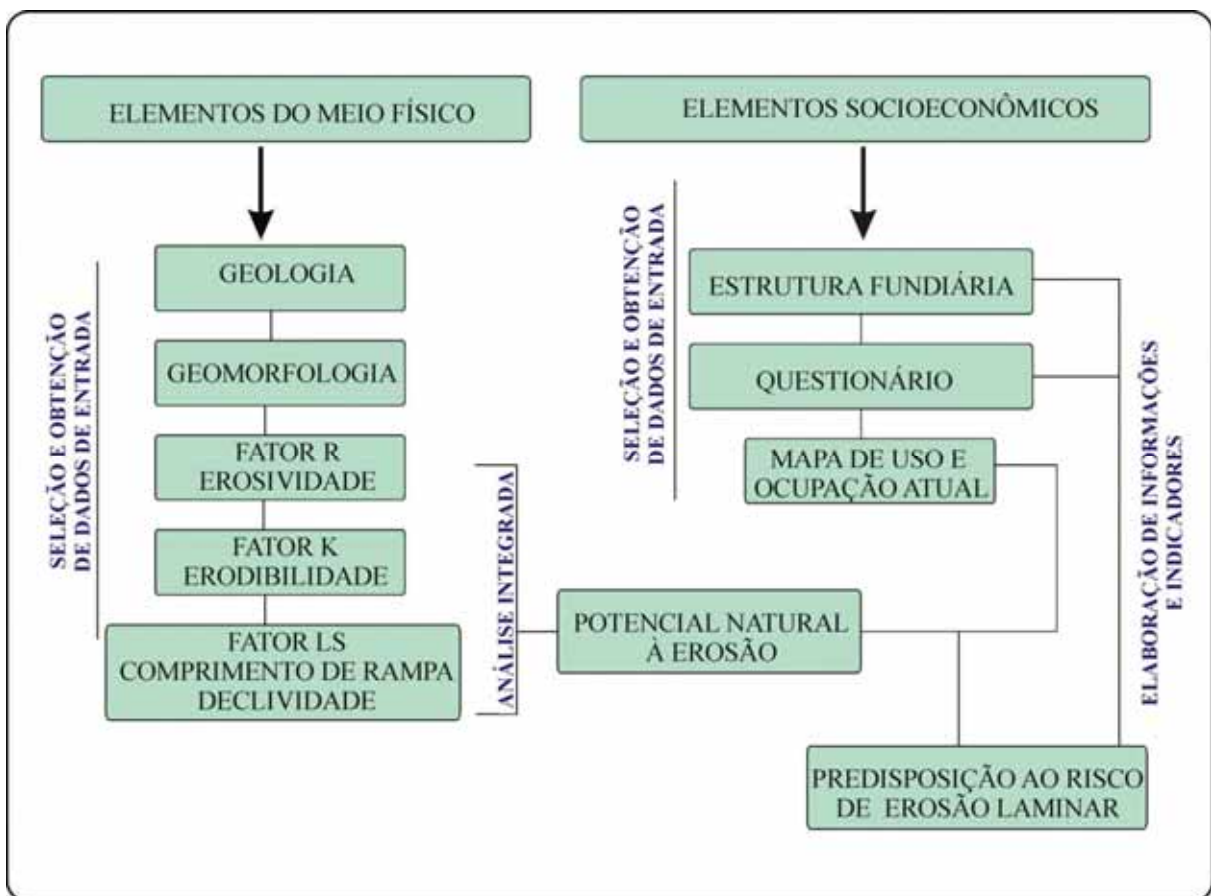


Figura 13. Fluxograma da proposta metodológica.

O potencial natural à erosão foi obtido através do fracionamento ou cálculo parcial da EUPS, considerando apenas os fatores naturais do meio físico, intervenientes no processo de erosão.

Para tal o PNE foi calculado a partir de:

PNE = R * K * L * S, onde:

PNE = Potencial Natural à Erosão Laminar.

R = é o fator de chuva caracterizado pelo índice de erosão, provocado pelas chuvas. É uma medida do potencial de erosão por chuva média anual de área. O fator chuva é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva, esperada em dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção.

K = é o fator erodibilidade do solo; é a intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25m. O fator erodibilidade refere-se ao risco que determinado tipo de solo tem de se erodir, levando-se em consideração as propriedades inerentes de cada solo.

L = fator comprimento do declive que se refere ao comprimento de declive em metros.

S = fator grau de declive: é o grau do declive em porcentagem.

O mapa final, denominado de predisposição ao risco de erosão laminar, foi obtido a partir do cruzamento matricial dos mapas de potencial natural à erosão e uso e ocupação atual, conforme proposta de Salomão (2005).

A integração dos dados foi realizada utilizando-se da programação em LEGAL - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico. Felgueiras (2006) salienta que através da linguagem Legal o usuário pode programar e rodar um modelo espacial relacionado com o seu objeto de estudo. A linguagem legal permite manipular dados espaciais e contém uma série de operadores espaciais, tais como: reclassificação, ponderação, fatiamento, operações lógicas (booleanas), classificação contínua e operações zonais.

A proposta do trabalho foi produzir mapas em nível semidetalhado, na escala de 1:50.000 conforme proposto pelo IBGE (2007).

4.2 – Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolvimento do trabalho foi montado um banco de dados utilizando-se do software Spring 5.2. A base de dados foi a Carta Topográfica do DSG (Departamento do Serviço Geográfico) de 1972, folha SF.21-X-A-III, na escala 1:100.000 e as fotografias aéreas da área provenientes de um recobrimento aerofotogramétrico realizado de 1964 a 1966, da AST/USAF, na escala de 1: 60.000.

As fotografias aéreas foram submetidas a procedimentos de equalização de seus níveis de cinza. Conforme salienta Rossetti (2007) os níveis de cinza contidos nas imagens aerofotogramétricas variam em função das características da área imageada, do momento do imageamento (geometria da cena) e do processo de geração das imagens (processamentos em laboratório fotográfico especializado).

Para a equalização das fotografias foi necessário realizar os cálculos dos parâmetros de ganho e offset, que consiste em igualar as médias e variâncias das imagens. Os valores da média e do desvio padrão foram obtidos a partir da função “análise estatística de amostras” e utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Ganho} = (\text{VR}/\text{VE})^{1/2}$$

$$\text{Offset} = \text{MR} - (\text{ganho} * \text{ME}), \text{ onde:}$$

VR,VE,MR,ME são as variâncias e as médias das imagens de referência (R) e a ser equalizada (E), respectivamente.

Após o cálculo do ganho e offset, executou-se a função de “operação aritmética” aplicando a seguinte fórmula:

$$C = \text{ganho} * A + \text{offset}, \text{ onde:}$$

A= imagem a ser modificada

C= imagem equalizada resultante

Visando atualizar os dados referentes à área urbana da bacia, vias de acesso, identificação de propriedades rurais, entre outros, foi realizada uma fusão envolvendo uma imagem pancromática de alta resolução espacial com uma imagem multiespectral com menor resolução espacial, provenientes do satélite CBERS-2B (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres).

O primeiro procedimento para a realização da fusão foi à seleção das imagens, no **Quadro 01** encontram-se as informações das imagens selecionadas, bem como o sumário de suas características.

Quadro 01 – Características das imagens utilizadas.

Satélite (sensor)	Resolução Espacial	Bandas	Faixa Imageada	Resolução temporal	Cena (órbita/ponto)	Data da Aquisição
CBERS-2B (CCD)	20 m	Multiespectrais 0,52-0,59 μm (azul) 0,63-0,69 μm (vermelho) 0,77-0,89 (verde)	113 Km	26 dias	164/123	05/03/2010
CBERS-2B (HRC)	2,7	Pancromática 0,50-0,80 μm	27Km	130 dias	164_B/123_2	05/03/2010

Após o registro, as imagens do sensor CCD foram restauradas. O uso desta técnica permite gerar a partir da imagem de uma banda CCD com resolução espacial de 20 metros uma nova imagem com resolução espacial de 10 metros.

O processo de restauração de imagens tem por objetivo reduzir o efeito de borramento de uma imagem, inserido pelo sensor, a partir do conhecimento a priori do fenômeno de degradação. Através de técnicas de restauração é possível melhorar a qualidade da imagem degradada e também gerar imagens com melhor resolução espacial efetiva em uma grade de amostragem mais fina (FONSECA, 1988).

Posteriormente as imagens foram reamostradas, pois como a imagem HRC cobre uma área 25 vezes menor que a da imagem CCD, durante a reamostragem, além de reduzir a resolução do pixel das bandas CCD restauradas de 10 para 2.5 metros, as bandas foram recortadas para o mesmo retângulo envolvente da imagem HRC. O interpolador bilinear foi utilizado para a reamostragem para garantir uma transição suave de cores entre pixels.

Em seguida utilizou-se a técnica de fusão de imagens IHS. A técnica consiste em realizar uma combinação de imagens no sistema de cor vermelho (R), verde (G) e azul (B), para produzir as componentes: intensidade (I), que representa a energia total envolvida, matiz (H), que representa a cor dominante ou a medida do comprimento de onda médio da luz que foi refletida ou transmitida, e saturação (S), que expressa o intervalo de comprimento de onda ao redor do comprimento de onda médio, no qual a energia é refletida ou transmitida (ADAMI, et.al, 2007).

As cores RGB são obtidas de uma composição colorida de bandas CCD reamostradas e transformadas nas componentes de Intensidade, Saturação e Matiz (RGB-

IHS). Após a transformação as componentes de Saturação e Matiz geradas no passo anterior são transformadas em cores RGB novamente, substituindo a componente de Intensidade pela imagem HRC.

Assim, foi obtida a imagem fusionada com resolução espacial nominal de 2,7 metros, possibilitando as atualizações cartográficas, tanto na área urbana, como na área rural.

4.2.1 – Obtenção de dados dos elementos do meio físico

Para a elaboração da caracterização natural da bacia, visando identificar o potencial natural à erosão, foram elaborados os seguintes mapas: geológico, geomorfológico, erosividade, erodibilidade, comprimento de vertentes e declividade.

4.2.1.1 – Geologia e Geomorfologia

Os mapas geológicos e geomorfológicos foram elaborados a partir das fotografias aéreas, na escala de 1:60.000 de 1966. A metodologia utilizada foi à proposta por Soares e Fiori (1976) através das técnicas de fotoleitura, foto-análise e fotointerpretação.

Conforme proposto por Soares e Fiori (1976) inicialmente foi preparado uma mapa de fotointerpretação sistemática, contendo:

- 1) Alinhamento de relevo, quebras negativas e positivas, lineações de drenagem e de relevo (**Figura 14**);
- 2) Limites de zonas fotolitológicas (**Figura 14**);
- 3) Propriedades das zonas fotolitológicas;
- 4) Elementos indicativos da estrutura geológica: mergulhos, falhas, dobras e fraturas;
- 5) Se necessário, podem ser traçados os limites de zonas homólogas de drenagem com sua interpretação estrutural.

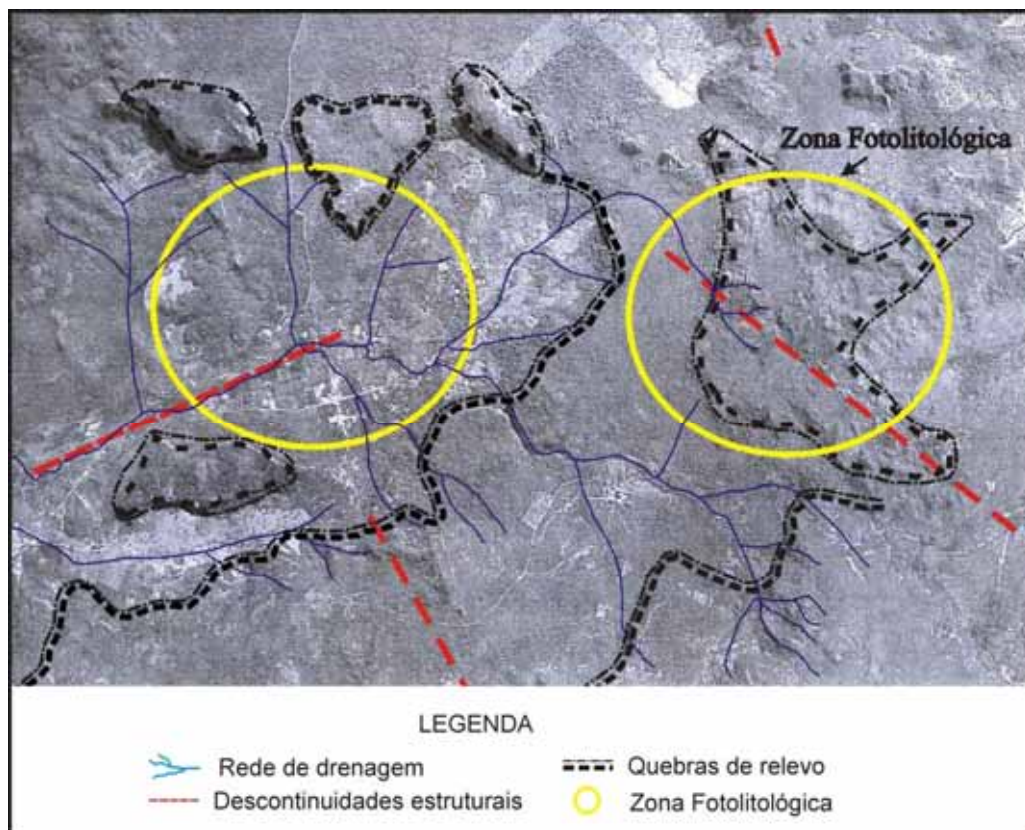


Figura 14. Ilustração da fotointerpretação sistemática elaborada para o alto curso da bacia hidrográfica do córrego João Dias, Aquidauana/MS.

O passo seguinte foi à obtenção de um controle de campo visando caracterizar as zonas fotolitológicas identificadas na fotointerpretação. Para tanto foram levantados um total de 14 pontos (**Figura 15**), onde foi realizada a descrição dos afloramentos, bem como, observação das feições geomorfológicas, o que possibilitou a revisão da fotointerpretação e preparação do mapa geológico e geomorfológico final.

Os levantamentos em campo possibilitaram a obtenção de uma chave de interpretação relacionada à geologia, possibilitando assim, a confrontação das características das imagens (tonalidade, textura, forma e padrão) com as unidades geológicas (**Figura 16**).

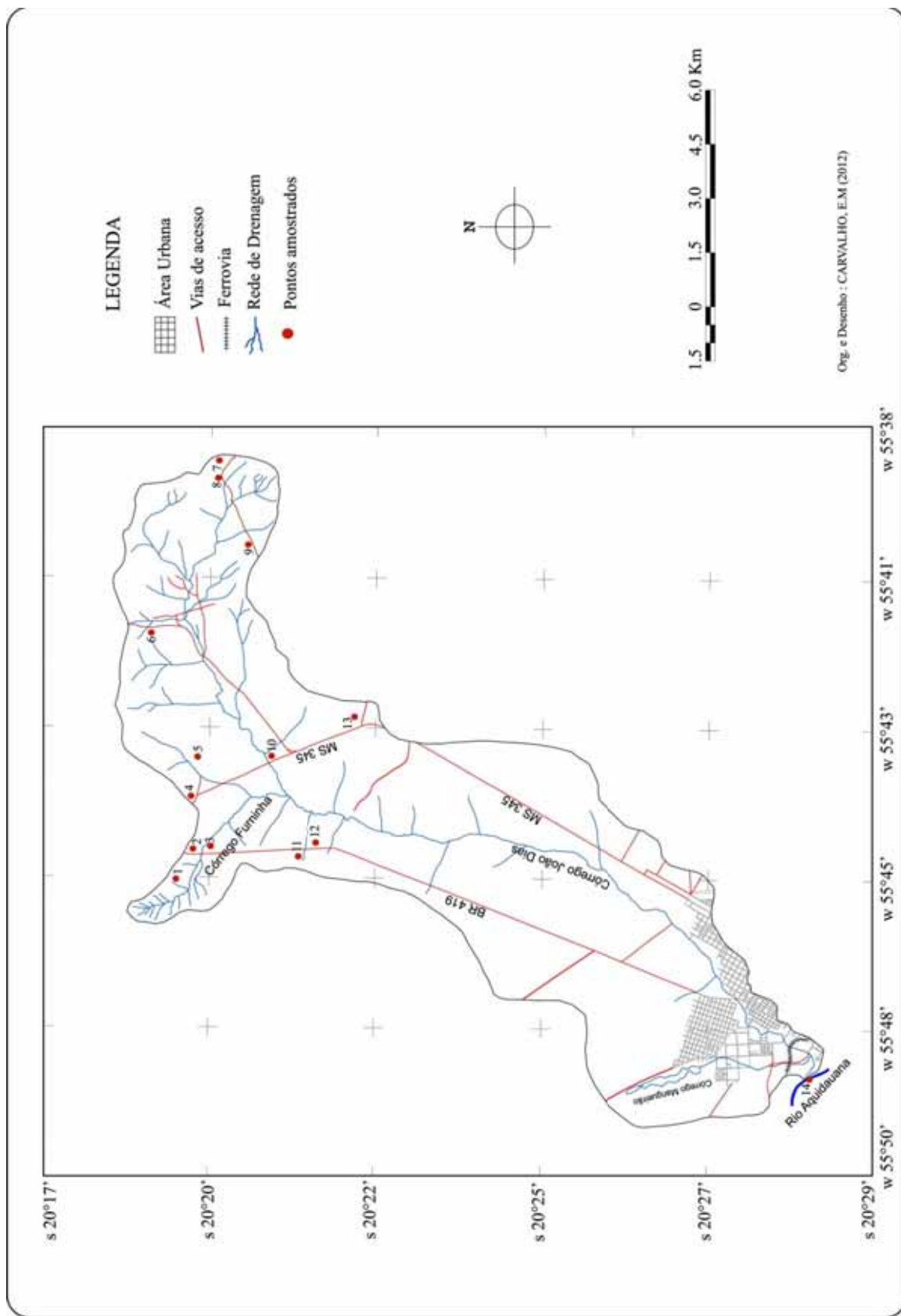


Figura 15. Mapa de localização dos pontos amostrados para identificação das formações geológicas da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.







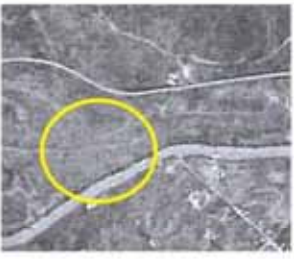

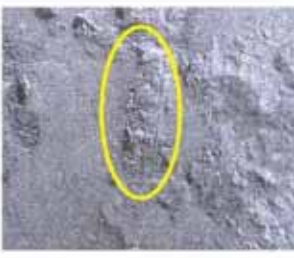



Ponto	Coordenadas	Unidade Geológica	Comportamento na Fotografia aérea	Exposição no campo
02	630736/ 7752116	Grupo Cuiabá		
04	632208/ 7752072	Formação Furnas		
05	633167/ 7751871	Formação Aquidauana		
14	624645/ 7735725	Formação Pantanal		
07	641177/ 7751224	Coberturas Detritico-Lateríticas		
10	633123/ 7750042	Depósitos Aluvionares		

Figura 16. Chave de interpretação utilizada para identificação das formações geológicas.

4.2.1.2 – Fator R - Erosividade

Visando refinar os dados referentes à erosividade, foram instalados pluviômetros na bacia, bem como, solicitados dados de pluviômetros e estações já existentes, sendo as localizações descritas a seguir (**Quadro 02 e Figura 17**):

Quadro 02 – Localização e período de coleta dos pluviômetros/estações na bacia do Córrego João Dias e entorno.

Ponto	Coordenadas	Série
01	0629665/7754887	Jan/2009 - Dez/2011
02	0633172/7758124	Jan/2000 - Abr/2012
03	0639873/7755300	Jan/2002 - Abr/2012
04	0631177/7751134	Abr/2000 - Abr/2012
05	0636802/7752385	Jul/2010 - Dez/2011
06	0629235/7747799	Jan/2000 - Abr/2012
07	0630365/7746114	Jan/2006-Abr/2012
08	0622695/7743435	Jan/2000 - Abr/2012
09	0624826/7742838	Jan/2000 - Abr/2012
10	0626705/7735166	Jan/2007- Dez/2011
11	639255/7737433	Jan/2007 – Dez/2011

Para calcular a erosividade (R) foi necessário determinar a média mensal do índice de erosão. Os dados desta média foram determinados através da equação elaborada por Lombardi Neto; Moldenhauer, citados por Bertoni e Lombardi Neto (2008), onde:

$$EI = 67,355 (r^2 / P)^{0,85}$$

em que

EI = Média mensal do índice de erosão, MJ mm ha⁻¹ h⁻¹;

r = precipitação média mensal, mm; e

p = precipitação média anual, mm.

Os dados pluviométricos foram manipulados no software Excel, agrupados e somados para o cálculo das médias e aplicação da fórmula.

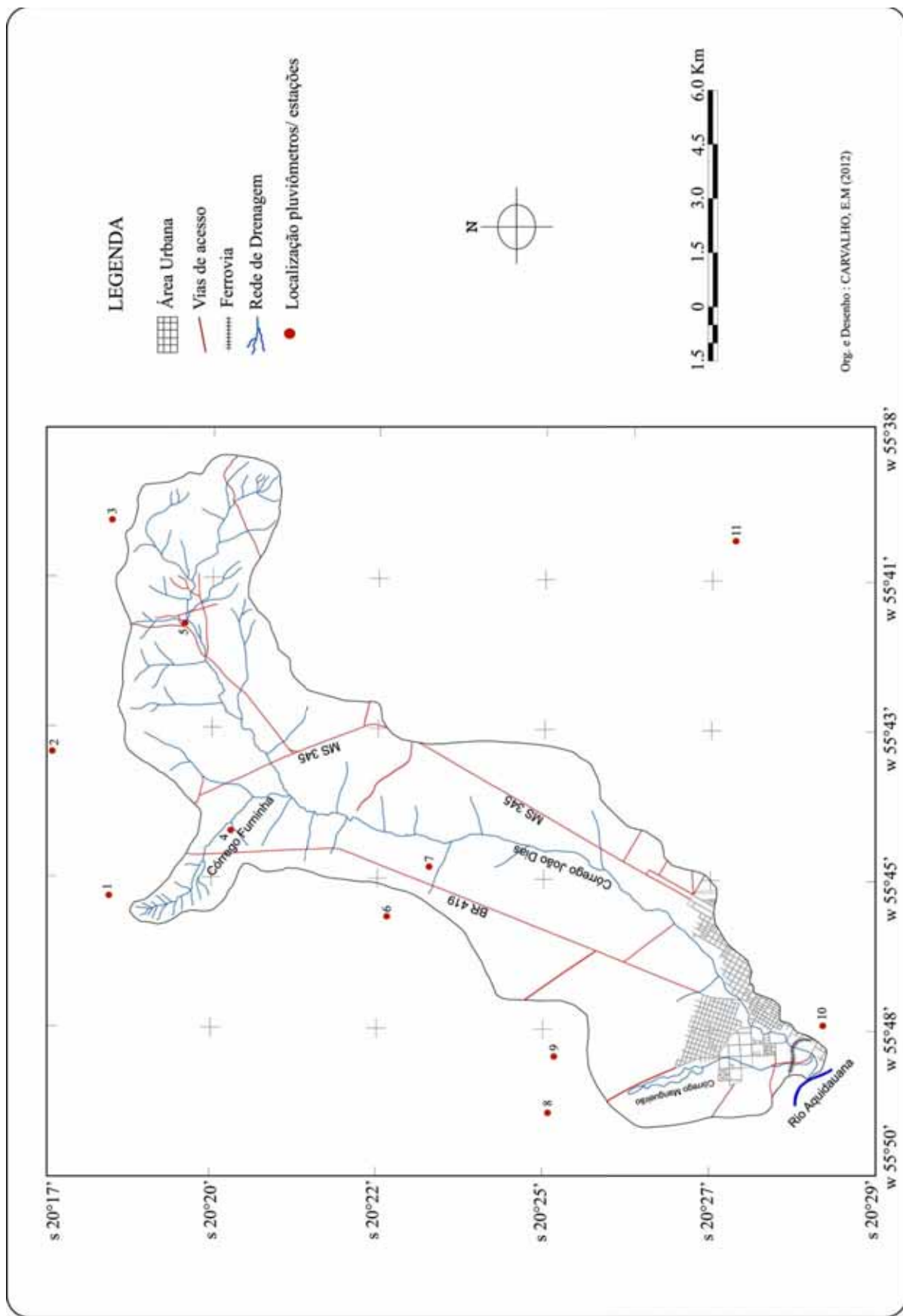


Figura 17. Localização dos pontos de coleta de precipitação na bacia hidrográfica do Córrego João Dias e entorno.

Os valores de ‘p’ foram obtidos através do somatório dos ‘r’. Por meio da Equação aplicando-se os valores de ‘r’ e ‘p’, calculou-se o EI mensal da série de cada estação. A soma dos valores mensais de EI forneceu a erosividade (R) de cada estação.

Com os dados de erosividade (R) das estações, utilizou-se o software Surfer 8.0 para a interpolação destas informações. A tabela gerada no Excel com a localização dos pluviômetros (X e Y) e o valor de erosividade (Z) foi importada no surfer, gerando-se um arquivo da malha de amostragem com os dados dispostos regularmente, sendo utilizado o interpolador - inverso do quadrado da distância. A partir da malha foi gerado o mapa de contornos apresentando as curvas de isovalores (**Figura 18**). Após a edição o resultado foi exportado para o SPRING.

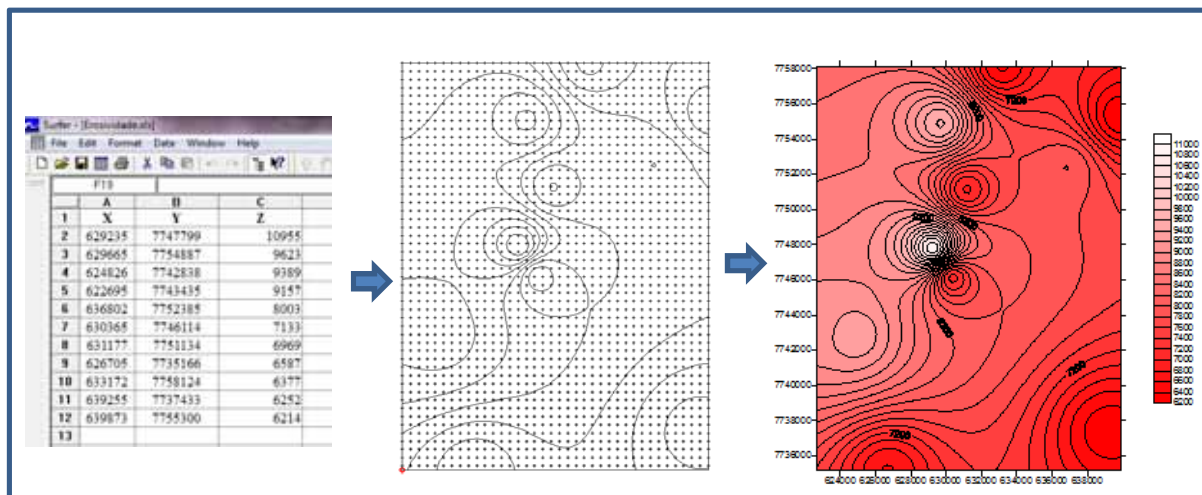


Figura 18. Procedimentos para a interpolação dos dados de Erosividade no software Surfer 8.0.

4.2.1.3 – Fator K – Erodibilidade do solo

Em relação aos dados referentes à erodibilidade, também houve necessidade de refinamento da escala, pois a escala do mapa de solos compilado do PCBAP (1997) era de 1:250.000.

A proposta do trabalho não é reclassificar os solos existentes na bacia e sim realizar análise da textura (fração menor que 2 mm de diâmetro) em amostras para melhor caracterização do potencial erosivo dos solos. Para tanto foram utilizadas técnicas de fotopedologia, considerando elementos como: o relevo, a rede de drenagem, a vegetação e o uso atual.

O primeiro procedimento foi a delimitação das quebras de relevo através das fotografias aéreas da área (1:60.000). Após a delimitação das áreas com patamares diferenciados foram realizadas amostragens de campo com trado, em um total de 10 pontos (**Figura 19**). Em cada

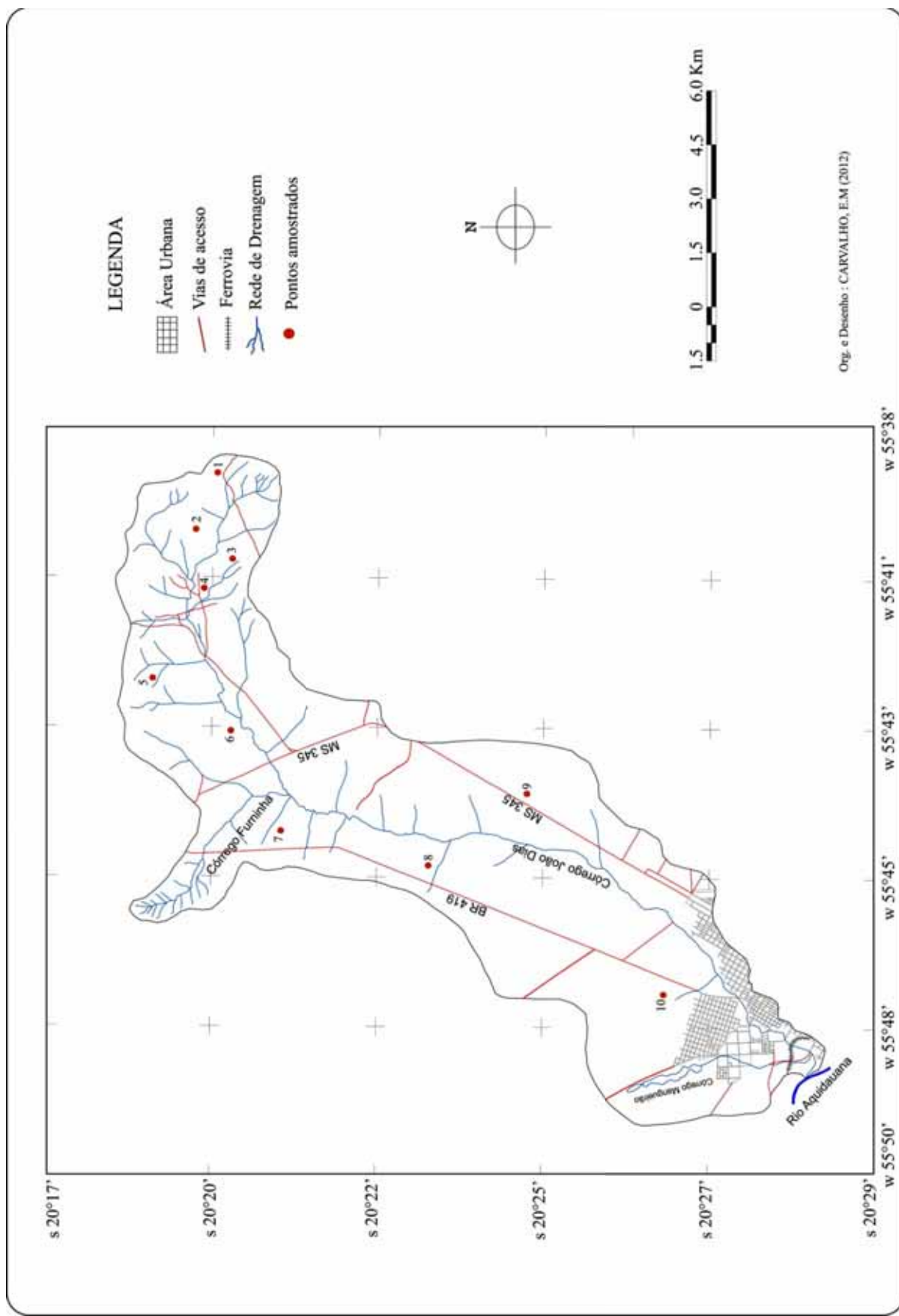


Figura 19. Localização dos pontos onde foram coletadas amostras de solo na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

ponto foram coletadas amostras na profundidade de 0 - 30 cm (superficial) e 30 - 60 cm (subsuperficial) conforme Santos et.al. (2005).

Para melhor descrição do local da coleta, bem como, do material coletado foi elaborada uma planilha de campo (**Apêndice 01**), de acordo com IBGE (2007). A **Figura 20** apresenta as etapas de coleta, bem como as áreas selecionadas.









ETAPAS	PROCEDIMENTOS	COBERTURA DAS ÁREAS SELECIONADAS
Limpeza da área	 20/06/2011	 16/06/2011 Pastagem
Coleta do material com trado holandês	 16/06/2011	 16/06/2011 Savana Arbórea Aberta
Armazenamento do material coletado	 20/06/2011	 20/06/2011 Cultura temporária - Milho
Descrição do local e do material coletado	 20/06/2011 Apêndice 01	 20/06/2011 Contato Savana/Floresta Estacional

Figura 20. Procedimentos metodológicos utilizados nas etapas da coleta de amostras de solos na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

Para a análise das amostras foi utilizado o método da Pipeta (EMBRAPA, 1997). A partir dos resultados foi determinada a relação textural entre os horizontes de superfície e subsuperfície, visando avaliar a infiltração e permeabilidade do solo. Para tanto foi utilizada a seguinte expressão:

$$RT = (\% \text{ Arg. B}) / (\% \text{ Arg. A})$$

Onde:

RT é a relação textural da fração argila;

(% Arg. B) representa a distribuição média porcentual da argila no horizonte B;

(% Arg. A) representa a distribuição média porcentual da argila no horizonte A.

O fator erodibilidade do solo (K) foi calculado pelo método indireto, para cada horizonte através da seguinte expressão de Bouyoucos (citado por Mannigel et.al. (2002):

$$\text{Fator K} = ((\% \text{ areia} + \% \text{ silte}) / (\% \text{ argila})) / 100$$

Onde: K = erodibilidade do solo de cada subhorizonte (t.ah.h./ ha.MJ.mm);

% areia, % silte e % argila = porcentagem das respectivas frações para cada horizonte.

Dessa forma foi calculado o fator K para cada horizonte (superficial, subsuperficial) através da média aritmética entre os valores dos horizontes.

Após os cálculos foi utilizada a classificação proposta por Mannigel et.al. (2002) quanto às classes de erodibilidade, sendo:

- a) Extremamente alto: para o fator K maior do que 0,0600 t.ah.h./ ha.MJ.mm;
- b) Muito alto: para valores de K entre 0,0450 e 0,0600 t.ah.h./ ha.MJ.mm;
- c) Alto: para valores de K entre 0,0300 e 0,0450 t.ah.h./ ha.MJ.mm;
- d) Médio: para valores de K entre 0,0150 e 0,0300 t.ah.h./ ha.MJ.mm;
- e) Baixo: para valores de K entre 0,0090 e 0,0150 t.ah.h./ ha.MJ.mm;
- f) Muito baixo: para valores de K menores do que 0,0090 t.ah.h./ ha.MJ.mm.

4.2.1.4 – Fator LS ou Fator Topográfico

Na adaptação do modelo original, o fator L, ou fator comprimento da encosta, e o fator S, ou fator grau de declividade foram combinados em um único fator denominado LS ou topográfico, de acordo com a equação desenvolvida por Bertoni; Lombardi Neto (2008):

$$LS = 0,00984 C^{0,63} D^{1,18}$$

sendo: LS = fator topográfico (adimensional); C = comprimento da vertente, em m; D = declividade, em %.

Dessa forma foram gerados no software Spring 5.2 os mapas de comprimento de vertentes e de declividade.

Para a elaboração do mapa de comprimento de vertentes foi utilizada a proposta de Mendes (1993), onde: dissecação horizontal = comprimento de vertente. Para Pinheiro; Cunha (2008) a carta de Dissecação horizontal “identifica a distância que separa os canais fluviais dos divisores de água da bacia”.

Na presente pesquisa foram utilizados os procedimentos propostos por Leite (2011) para a obtenção semiautomática dos valores de dissecação horizontal no Spring 5.2. Para tanto foram delimitadas todas as sub-bacias, com o apoio das curvas de nível e da imagem de orientação de vertentes provenientes do projeto Topodata. Logo após foi gerado um buffer com as classes já definidas e com a função “edição matricial” juntamente com a função “operações métricas” foram editadas as áreas correspondentes a cada classe (**Figura 21**).

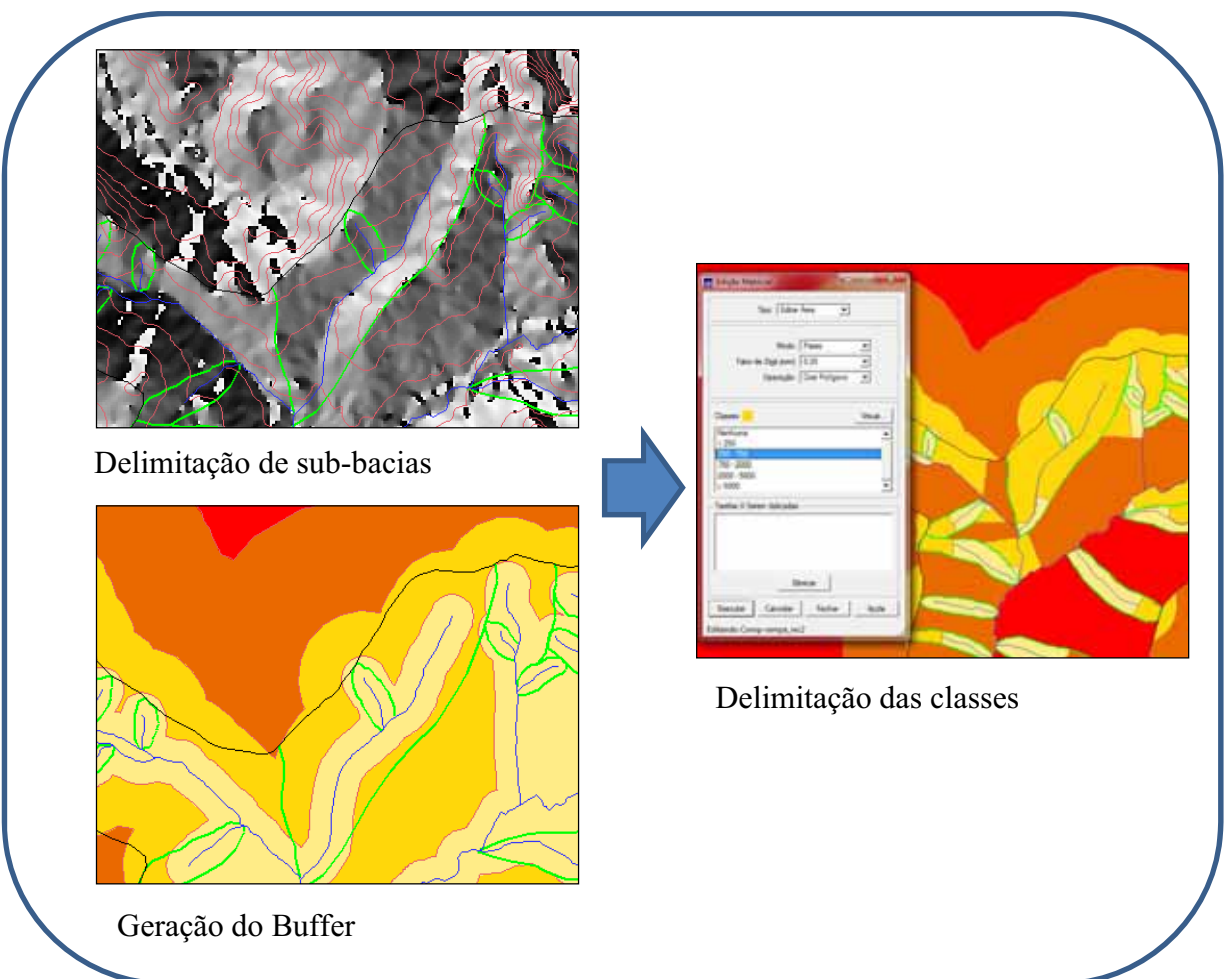


Figura 21. Procedimentos para elaboração do mapa de comprimento de vertentes.

As classes foram definidas de acordo com Crepani et.al. (2001), sendo:

Muito pequena - < 250 m

Pequena – 250 m a 750 m

Média – 750 a 2000 m

Grande – 2000 a 5000 m

Muito grande - > 5000 m

Para a geração do mapa de declividade foi utilizada a grade do Projeto Topodata para a geração das isolinhas e posteriormente da Grade Triangular. Após a geração da Grade Triangular foi gerada uma grade numérica de declividade em um PI MNT, sendo esta fatiada de acordo com as classes estabelecidas (**Figura 22**).

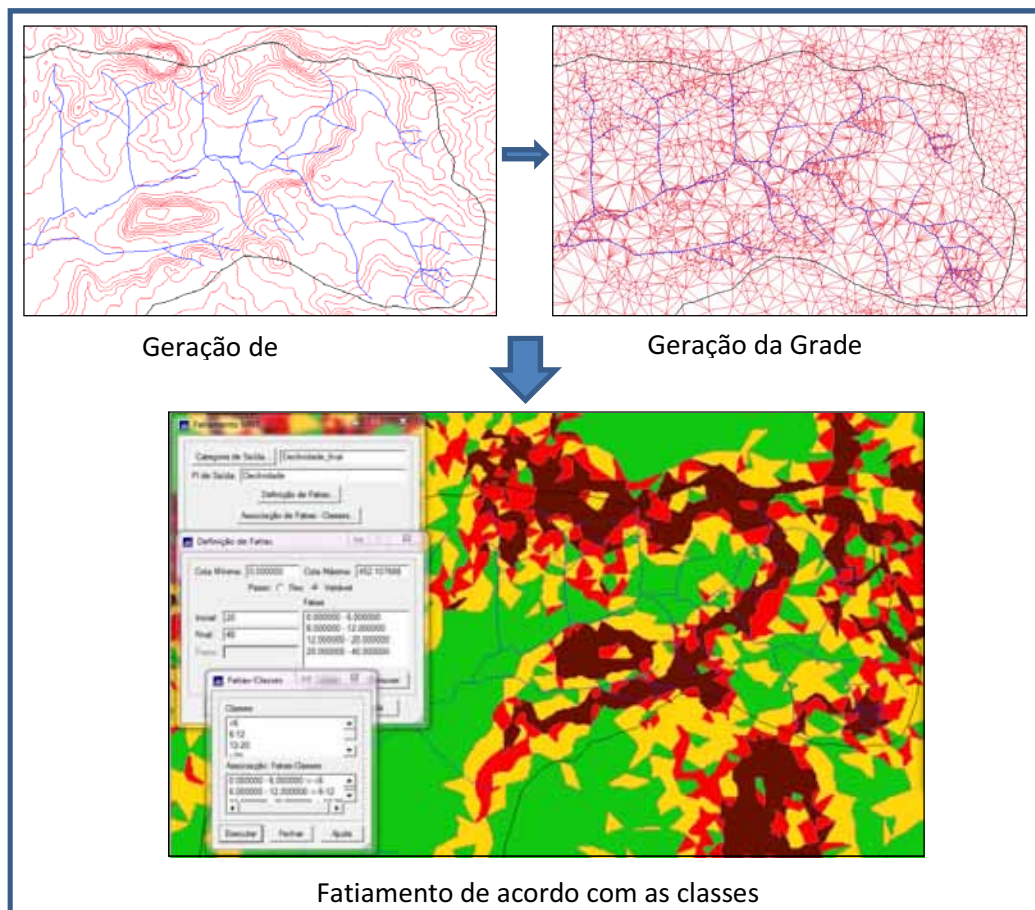


Figura 22. Procedimentos para a geração do mapa de declividade.

As classes foram adotadas de acordo com Salomão (2005), sendo:

- < 6%
- 6 a 12%
- 12 a 20%
- > 20 %

4.2.2 – Obtenção de dados do uso e ocupação das terras

Para o levantamento das condições socioeconômicas da bacia foi elaborado um questionário (**Apêndice 02**), sendo este aplicado em 33 propriedades. O critério utilizado para a aplicação dos questionários foi à localização das sedes das propriedades rurais na bacia (total de 43 propriedades). Não foram aplicados questionários em todas as propriedades com sede na bacia devido à ausência de proprietários ou funcionários nas mesmas (**Figura 23**).

Antes da atividade de campo para a aplicação dos questionários foi organizado um mapa constando a localização das sedes das propriedades rurais, obtidas a partir da imagem fusionada, bem como foram inseridos no banco de dados a delimitação de propriedades rurais localizadas na margem esquerda do Córrego João Dias, correspondendo ao Colônia XV de agosto, sendo este material cedido pela Prefeitura Municipal de Aquidauana (**Figura 24**).

Juntamente com a aplicação dos questionários foram realizados os ajustes necessários em relação à delimitação das propriedades na margem esquerda. Quanto à margem direita, quando da aplicação dos questionários foram solicitados os desenhos com os limites das propriedades e posteriormente os mesmos foram inseridos no banco de dados, bem como, na ausência dos desenhos os limites foram descritos e demarcados com GPS.

O objetivo não foi o levantamento para fins de georreferenciamento rural, sendo apenas uma contribuição para avaliação do potencial natural de erosão em relação às propriedades rurais.

Ainda visando caracterizar a bacia foi inserida no banco de dados a área do Parque Natural Municipal do João Dias, sendo este localizado em seu baixo curso. O limite do parque foi obtido a partir da descrição dos pontos contendo os azimutes e as distâncias disponibilizados no Decreto n° 087/2001. Essas descrições foram inseridas em ambiente Cad e após a obtenção dos limites os dados foram exportados em formato DXF e importados no banco de dados do software Spring 5.2.

O limite da Terra Indígena Limão Verde foi obtido pelo site do IMASUL (Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul), sendo disponibilizado como “terras indígenas MS FUNAI”, em formato shape, sendo o arquivo importado para o banco de dados.

A Aldeia Tico Lipú foi delimitada com GPS por ocupar pequena área na bacia e ainda não existir uma área demarcada para essa aldeia.

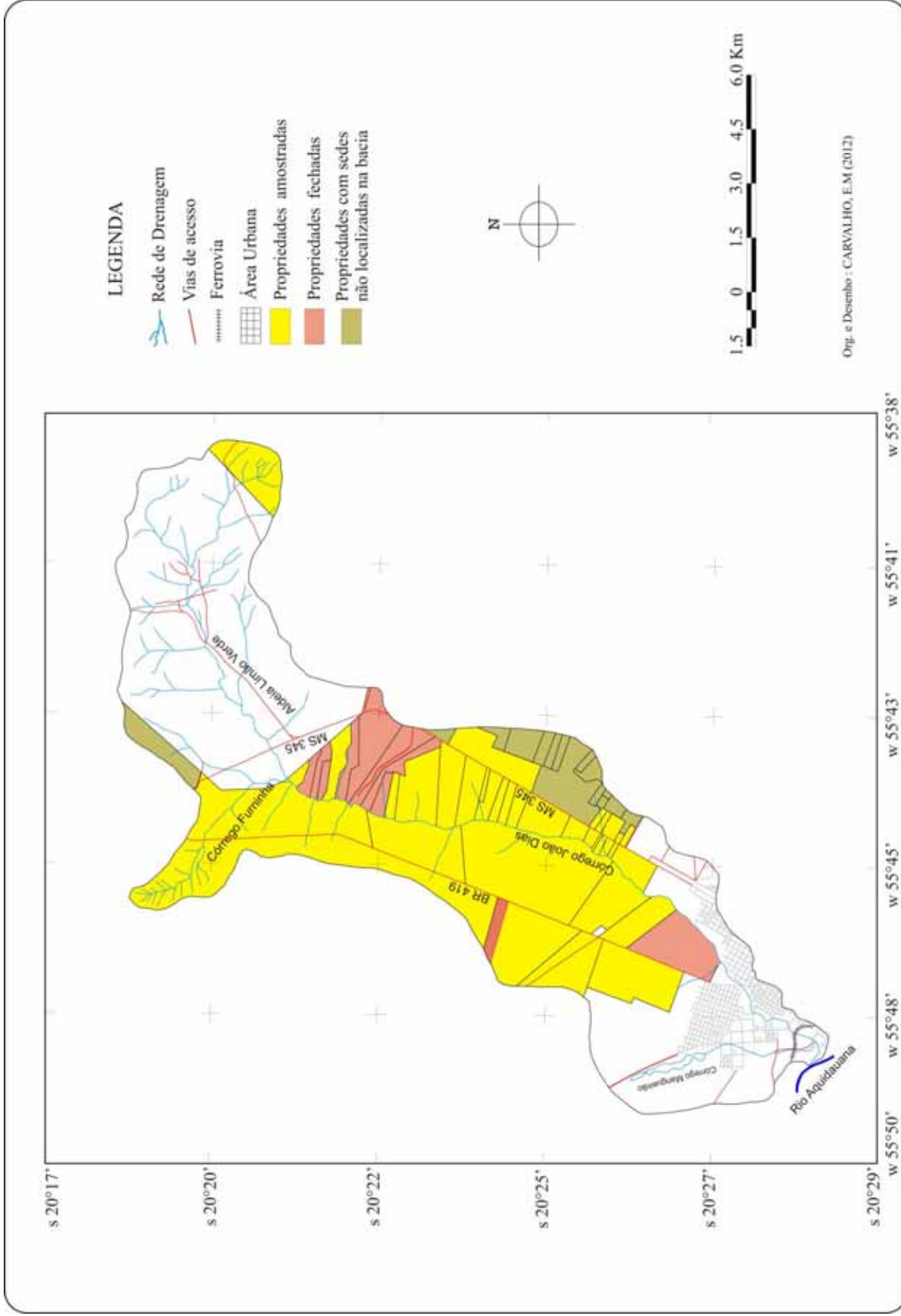
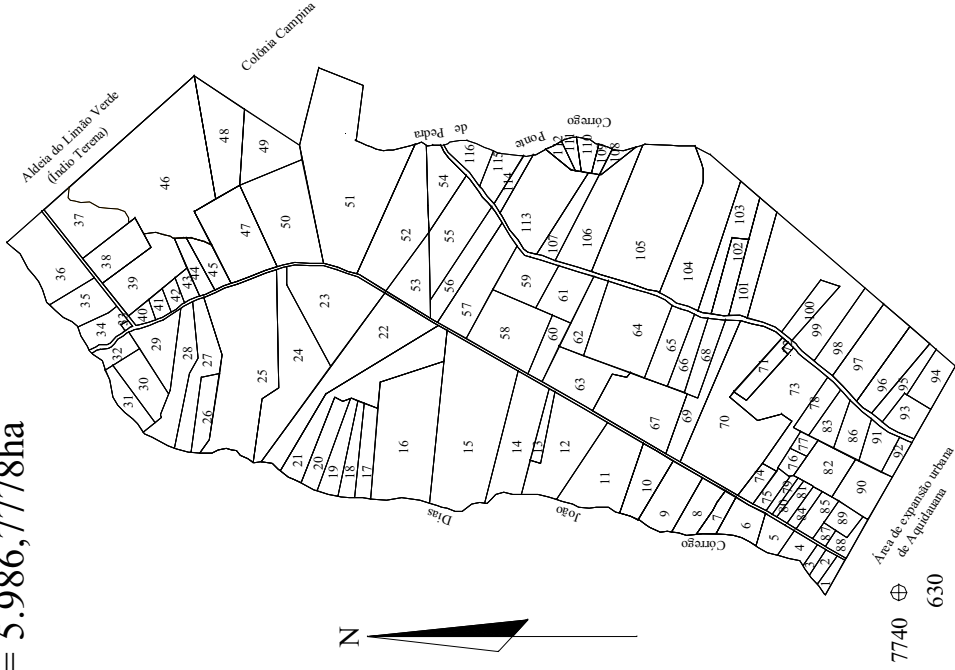


Figura 23. Espacialização das propriedades amostradas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL
Município de aquidauana
Colônia XV de Agosto
Mapa Cadastral
Área = 5.986,7778ha



QUADRO DEMONSTRATIVO

Nº do Lote	Área da Propriedade	Uso	Nº do Lote	Área da Propriedade	Uso
001	6,2202ha	Leite	059	33,7236ha	Leite
002	6,1172ha	Leite	060	17,9529ha	Leite
003	4,5148ha	Leite	061	28,8595ha	Leite
004	11,0462ha	Gado	062	2,55762ha	Leite
005	14,3202ha	Leite	063	4,2477ha	Gado
006	20,3847ha	Gado	064	83,3681ha	Gado
007	10,4593ha	Frango	065	29,0941	Leite
008	22,2456ha	Gado	066	19,8168ha	Leite
009	36,4348ha	Gado	067	69,1816ha	Gado
010	29,8775ha	Gado	068	19,8883ha	Leite
011	67,0328ha	Gado	069	34,3930ha	Leite
012	68,4258ha	Gado	070	136,2713ha	Gado
013	9,9437ha	Ovos	071	16,0105ha	Gado
014	63,4369ha	Frango	072	1,0002ha	Frango
015	162,0808ha	Gado	073	65,8070ha	Gado
016	121,3601ha	Gado	074	10,5290ha	Leite
017	21,6309ha	Peixe	075	9,5675ha	Leite
018	18,0426ha	Peixe	076	6,9568ha	Leite
019	22,4253ha	Peixe	077	5,6774ha	Frango
020	24,3491ha	Peixe	078	16,2275ha	Ovos
021	73,9984ha	Gado	079	4,8003ha	Ovos
022	91,3384ha	Gado	080	4,0378ha	Frango
023	84,6881ha	Gado	081	8,2495ha	Leite
024	91,0359ha	Leite	082	29,0888ha	Gado
025	154,9592ha	Gado	083	16,5929ha	Leite
026	20,0628ha	Leite	084	7,1528ha	Leite
027	41,8771ha	Leite	085	13,9426ha	Leite
028	42,7242ha	Leite	086	20,2422ha	Gado
029	31,8268ha	Leite	087	4,5128ha	Ovos
030	29,5231ha	Leite	088	9,7857ha	Frango
031	17,5346ha	Leite	089	11,6817ha	Leite
032	12,0740ha	Leite	090	30,3999ha	Gado
033	0,9564ha	Frango	091	17,9792ha	Gado
034	17,8811ha	Leite	092	7,9073ha	Frango
035	27,0704ha	Frango	093	18,7439ha	Gado
036	58,4847ha	Gado	094	21,8441ha	Gado
037	44,9602ha	Gado	095	17,5789ha	Ovos
038	31,8432ha	Gado	096	33,0843ha	Leite
039	53,3543ha	Gado	097	47,8511ha	Gado
040	5,9468ha	Leite	098	33,2737ha	Gado
041	6,1298ha	Leite	099	123,8703ha	Gado
042	6,6542ha	Leite	100	17,2426ha	Leite
043	7,0587ha	Leite	101	34,7331ha	Gado
044	12,9905ha	Leite	102	21,0634ha	Gado
045	14,9781ha	Gado	103	34,1678ha	Gado
046	200,0688ha	Gado	104	88,1562ha	Gado
047	67,9081ha	Gado	105	136,7559ha	Gado
048	56,0909ha	Gado	106	59,8780ha	Gado
049	41,4604ha	Gado	107	22,0397ha	Leite
050	85,2097ha	Gado	108	4,6398ha	Gado
051	199,2729ha	Gado	109	5,1165ha	Gado
052	80,6513ha	Gado	110	8,4075ha	Gado
053	29,5936ha	Leite	111	5,3555ha	Gado
054	28,9865ha	Leite	112	5,1828ha	Gado
055	53,6276ha	Gado	113	74,5176ha	Gado
056	34,5833ha	Gado	114	8,5887ha	Leite
057	49,5123ha	Gado	115	17,8817ha	Leite
058	65,5971ha	Gado	116	17,7476ha	Leite

Fonte: Prefeitura Municipal de Aquidauana

Figura 24. Mapa Cadastral da Colônia XV de Agosto.

Também foi elaborado o mapa de uso da terra da área através das imagens do satélite IRS-P6 ou RESOURCESAT-1 (**Quadro 03**) de 18/04/2012, ponto órbita 322/092, bandas 2,3 e 4.

Quadro 03 – Características das imagens utilizadas para elaboração do mapa de uso da terra.

(sensor)	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
LISS III (Linear Imaging Self-Scanner)	VERDE	0.52-0.59 μm	23,5 m	24 dias	141 Km	7 bits
	VERMELHO	0.62-0.68 μm				
	INFRA VERMELHO PRÓXIMO	0.77-0.86 μm				
	INFRAVERMELHO MÉDIO	1.55-1.70 μm				

As imagens foram submetidas à correção geométrica, realce do contraste através da função “Equalização de Histogramas” e classificação.

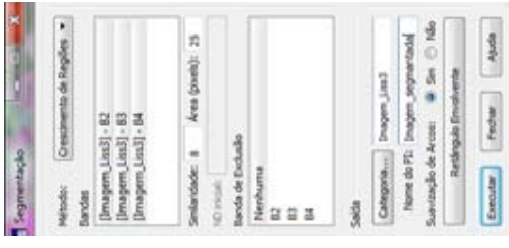
Para a classificação da imagem foi utilizado o processo de segmentação (**Figura 25**) e posteriormente de edição matricial para a correção dos possíveis erros de classificação.

Moreira (2007) ressalta que no Spring estão implementados dois tipos de segmentador: crescimento de regiões e detecção de bordas. Na presente pesquisa a técnica utilizada foi a Segmentação por crescimento de regiões, sendo esta, caracterizada pelo referido autor como uma técnica em que somente as regiões espacialmente adjacentes são agrupadas, segundo algum critério de similaridade. Para cada região, o segmentador calcula os seguintes atributos espectrais: média, variância e textura. A agregação das regiões é feita segundo os critérios de similaridade e de área, que são fornecidos pelo analista.

Após o mapeamento das classes de uso pelo processo de segmentação foi realizada a edição matricial para a correção de algumas informações, baseada em atividades de campo já realizadas na área.



Composição Colorida da Imagem



Processo de Segmentação

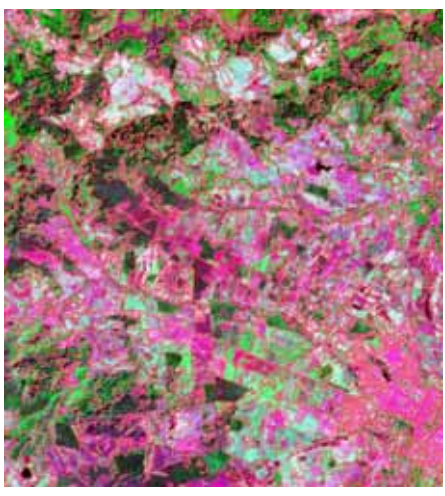


Imagem Rotulada

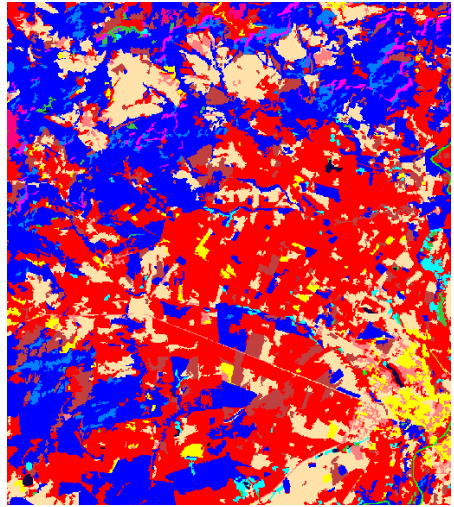
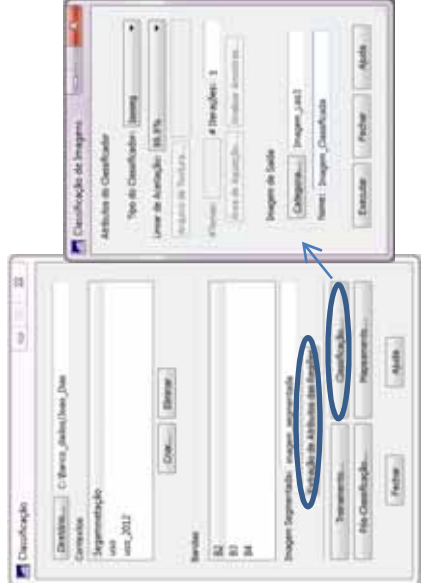


Imagem Classificada



Processo de Classificação

Mapeamento das classes



Figura 25. Procedimentos utilizados para a elaboração do mapa de uso e ocupação das terras, utilizando o processo de segmentação.

4.2.3 – Potencial Natural à Erosão Laminar

Os valores de potencial natural à erosão foram obtidos através do fracionamento ou cálculo parcial da EUPS, considerando apenas os fatores naturais do meio físico, intervenientes no processo de erosão.

Para tanto os mapas de erosividade, erodibilidade, comprimento de vertentes e declividade foram transformados em matrizes com os mesmos valores de linhas e colunas para o cruzamento.

Através da programação em LEGAL (**Apêndice 03**) os mapas foram ponderados gerando grades MNT, possibilitando assim, a aplicação da operação de multiplicação entre os mapas (**Figura 26**), sendo:

$$\text{PNE} = (0.00984 * L * S) * K * R$$

Para a ponderação dos mapas de Declividade (Fator S) e Comprimento de vertentes (Fator L) foram calculados os valores dos respectivos fatores através da fórmula proposta por Bertoni; Lombardi Neto (2008):

$$\text{LS} = 0,00984 C^{0,63} D^{1,18}$$

sendo: LS = fator topográfico (adimensional); C = comprimento da vertente, em m; D = declividade, em %.

Dessa forma, através da multiplicação dos fatores foi gerada uma grade MNT com os resultados da operação realizada, possibilitando assim, o fatiamento para a obtenção do mapa.

Neste mapa não foi quantificada a área urbana de Aquidauana, por não ser objeto da pesquisa, e as áreas onde prevalecem os processos de sedimentação, que foram extraídas do mapa morfotectônico.

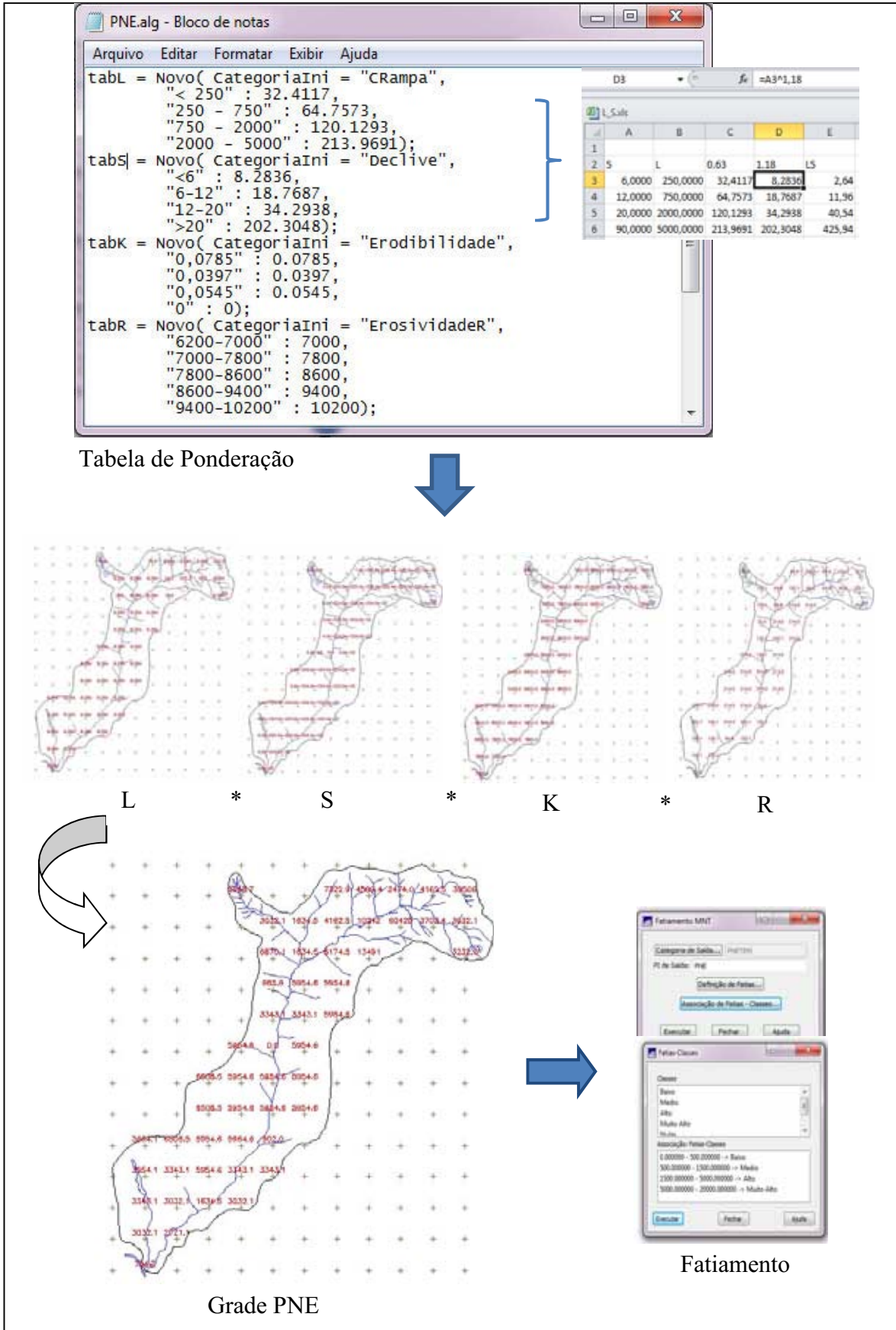


Figura 26. Procedimentos para a elaboração do mapa de Potencial Natural à Erosão Laminar na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

4.2.4 – Predisposição ao Risco de Erosão Laminar

O mapa de predisposição ao risco de erosão laminar foi elaborado a partir do cruzamento matricial do mapa de potencial natural à erosão laminar com o mapa de uso e ocupação atual do solo, conforme proposta metodológica de Salomão (2005).

Para tanto foram realizadas adequações no mapa de uso do solo atual conforme proposto por Salomão (2005), considerando como critério para o estabelecimento das classes de ocupação o porte da cobertura vegetal e a intensidade da ação antrópica no manejo da terra, sendo as classes:

Classe I: cobertura vegetal de baixo e médio porte, com intensa atividade antrópica (culturas anuais, estradas e áreas urbanizadas);

Classe II: cobertura vegetal de baixo e médio porte, com atividade antrópica moderada (culturas perenes, cana-de-açúcar e pastagens);

Classe III: cobertura vegetal de baixo e médio porte, com atividade antrópica muito reduzida (campo sujo e campo cerrado);

Classe IV: cobertura vegetal de porte alto a médio, com atividade antrópica muito reduzida (reflorestamento, capoeirão e florestas);

Classe V: espelhos d'água e várzeas, cujo potencial erosivo pode ser considerado nulo.

A definição das classes de predisposição ao risco de erosão laminar também foi proposta por Salomão (2005), com base no **Quadro 04** do IPT (1990).

Quadro 04 – Matriz de definição das classes de potencial atual à erosão laminar (IPT,1990).

		Classes de ocupação atual das terras				
		1	2	3	4	5
Classes de suscetibilidade à erosão laminar	1	I	I	I	II	-
	2	I	II	II	III	-
	3	II	II	II	III	-
	4	II	III	III	III	-
	5	III	III	III	III	III

As classes foram as seguintes:

Classe I: alto potencial – uso atual do solo incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar;

Classe II: médio potencial – uso atual do solo incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar, possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas;

Classe III: baixo potencial – uso atual do solo compatível com a suscetibilidade à erosão laminar.

O cruzamento matricial foi gerado a partir da programação em LEGAL (**Apêndice 04**), os mapas de potencial natural à erosão e uso e ocupação do solo foram ponderados para a geração da grade MNT e fatiamento (**Figura 27**).

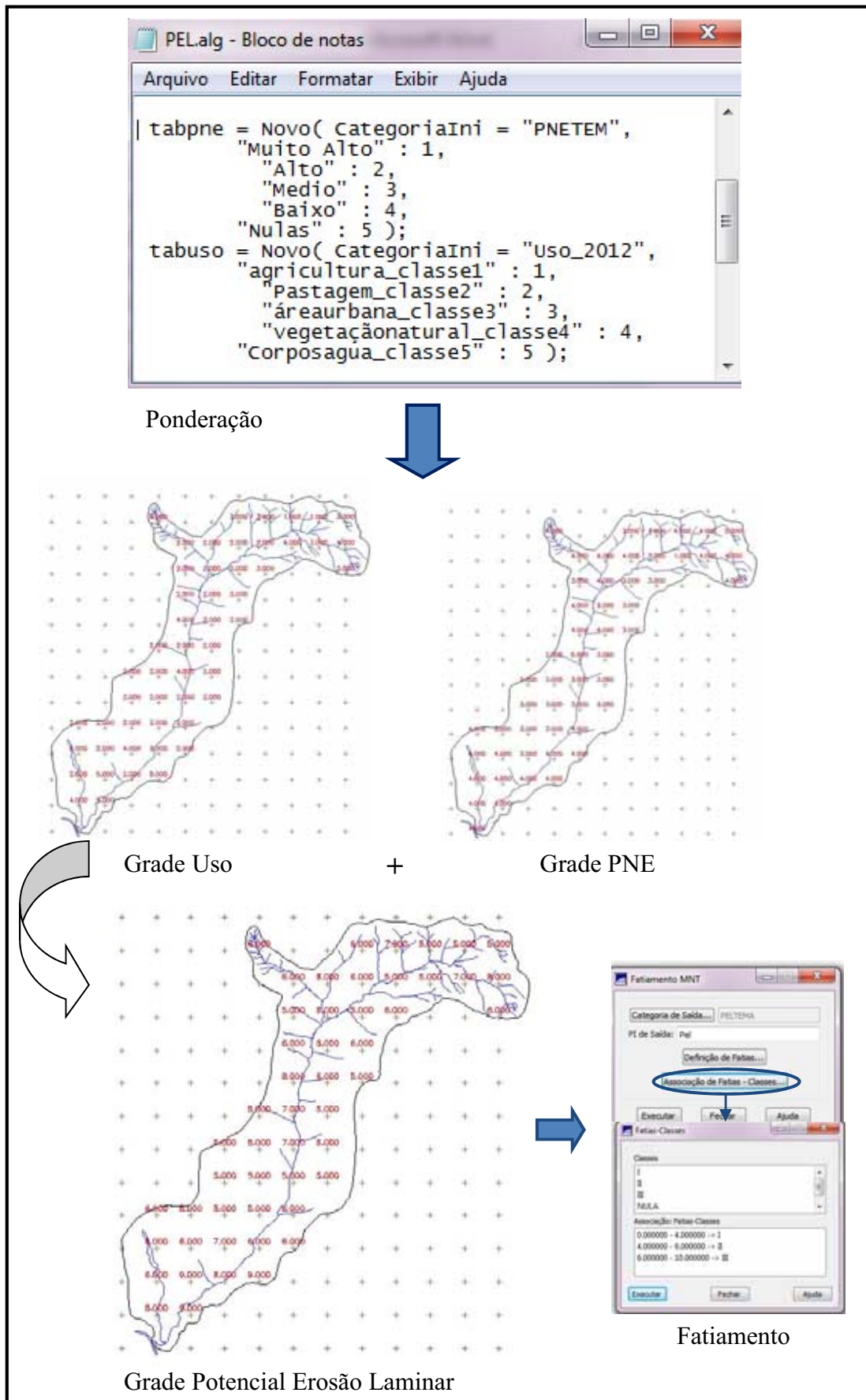


Figura 27. Procedimentos para a elaboração do mapa de Predisposição ao risco de Erosão Laminar na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 – Elementos do meio físico

5.1.1 – Geologia

A área de estudo encontra-se inserida na borda oeste da Bacia Sedimentar do Paraná. Na área foram identificadas as seguintes unidades geológicas: Formação Aquidauana, Formação Furnas, Formação Pantanal, Grupo Cuiabá, Coberturas Detrítico-Lateríticas, Depósitos Aluvionares (**Figura 28**).

Na área de estudo o Grupo Cuiabá ocupa a porção noroeste da bacia, compreendendo uma área de 4,32 Km², o que corresponde a 3,7% da área da bacia, apresentando afloramentos de filitos, caracterizada por foliação verticalizada, sistema de juntas bem desenvolvido, com mergulhos em torno de 90° (**Figura 29**).



Figura 29. Grupo Cuiabá constituído de filitos, onde são marcadas foliações com mergulhos verticalizados e padrão de juntas bem desenvolvidas ambas favorecendo a percolação e alteração da rocha. Localizada na margem da BR 419 (conhecida regionalmente como Estrada do Taboco). Afloramento (1), coordenadas: 20°19'24"S / 55°44'51"W. Foto: Carvalho (2011).

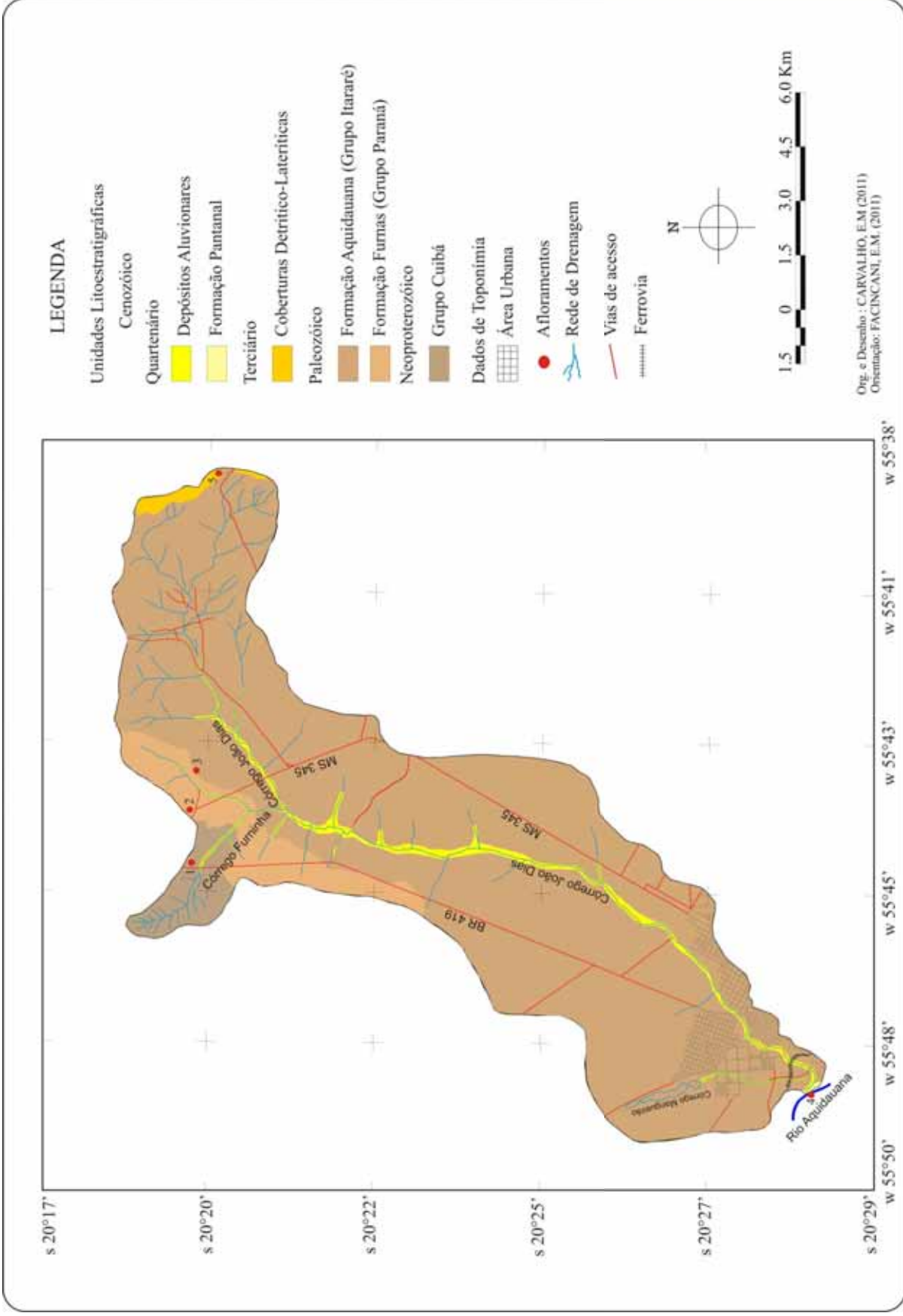


Figura 28. Mapa Geológico da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

A Formação Furnas ocupa a porção norte e noroeste da bacia com área de 8,41 Km², apresentando arenitos finos de coloração branca a amarelada e estratificação cruzada de médio porte (**Figuras 30 e 31**).



Figura 30. Formação Furnas, arenitos esbranquiçados.
Afloramento (2), coordenadas: 20°19'29"S / 55°43'59"W. Foto: Carvalho (2011).



Figura 31. Detalhe da foto anterior com destaque para a estratificação cruzada de médio porte.
Afloramento (2), coordenadas: 20°19'29"S / 55°43'59"W. Foto: Carvalho (2011).

A Formação Aquidauana ocupa cerca de 98,65 Km², correspondendo a 84,56% da área da bacia, localizando-se no baixo, médio e alto curso, sendo composta por arenitos avermelhados, conforme apresenta a **Figura 32**.



Figura 32. Exposição da Formação Aquidauana no alto curso da bacia do Córrego João Dias. Arenitos bem selecionados e avermelhados. Afloramento (3), coordenadas: 20°19'32"S / 55°43'20"W. Foto: Carvalho (2011).

As Coberturas Detrítico-Lateríticas localizam-se no alto curso da bacia na porção nordeste apresentando predominância de fragmentos angulosos de cangas lateríticas e demonstrando pequena distância de transporte (**Figura 33**).

Na foz do Córrego João Dias localiza-se a Formação Pantanal (**Figura 34**). Segundo Oliveira e Leonardos (1943) citado por Brasil (2004) denomina-se de Formação Pantanal os depósitos aluvionares compostos de vasas, areias e argilas de deposição recente do Pantanal Mato-Grossense. A localidade-tipo situa-se na Depressão do Mato Grosso, Bacia do Alto Paraguai, estado do Mato Grosso.

Para Brasil (1979, P. 95) “a Formação Pantanal é representada pelos aluviões da imensa planície de inundação do rio Paraguai e afluentes, que, ainda hoje, vêm se acumulando durante as cheias periódicas”.



Figura 33. Exposição de material detrítico-laterítico na bacia hidrográfica do Córrego João Dias.

Afloramento (5), coordenadas: 20°19'51"S / 55°38'50"W. Foto: Carvalho (2011).



Figura 34. Formação Pantanal - arenitos amarelados e compactos situados na foz do Córrego João Dias com o rio Aquidauana de idade Pleistocênica.

Afloramento (4), coordenadas: 20°28'21"S / 55°48'13"W. Foto: Carvalho (2011)

Nas margens do Córrego João Dias, localizam-se os depósitos aluvionares, sendo estes caracterizados por Brasil (1979, p.97) como:

constituídos principalmente por cascalho grosseiro, mal selecionado, matriz normalmente arenosa e seixos arredondados, por areia grossa a fina e por silte, distribuídos de maneira irregular por toda sua faixa de ocorrência. Por suas características, apresentam espessura extremamente variáveis, desde poucos centímetros a até mais de uma dezena de metros.

5.1.2 – Geomorfologia

No contexto geomorfológico regional a bacia do Córrego João Dias compreende duas unidades: Planalto de Maracaju e a Depressão do Miranda/Aquidauana. Na **Figura 35** podem ser observadas as seguintes feições geomorfológicas: escarpas principais e secundárias, planícies, tipos de vertentes e localização de processos erosivos.

No alto curso da bacia, na porção nordeste, estão localizadas as escarpas principais, caracterizando a unidade de relevo Planalto de Maracaju, apresentando altimetria que variam de 350 a 544 metros (**Figura 35 e 36**) e dissecação incipiente originando principalmente modelado do tipo convexo, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem separados por vales de fundo plano e / ou em "V", conforme pode ser observado no perfil vertical do alto curso (**Figura 36**). Ainda no alto curso da bacia observam-se as escarpas secundárias caracterizadas principalmente por relevos de topo aplanado e vertentes do tipo côncava (**Figura 35**).

O baixo e médio curso da bacia corresponde a Depressão do Miranda/Aquidauana, sendo caracterizados por superfície de aplanamento elaborada por processos de pediplanação, caracterizadas por vertentes do tipo convexa, apresentando altimetrias entre 140 e 350 metros (**Figuras 35 e 36**).

Nos perfis verticais do baixo e médio curso (**Figura 36**) observa-se vales mais largos, sendo que, um dos fatores que ocasiona este processo é o fraco gradiente, em que o aprofundamento cessa e os efeitos erosivos laterais se tornam mais visíveis.

O perfil longitudinal da bacia demonstra que o desnível altimétrico entre a nascente e a foz é de 395 metros. Sobre a gráfica do perfil podem ser diferenciados três segmentos do canal, com diferentes gradientes, que possibilitam identificar: um alto curso com declividade acentuada onde predominam os processos de erosão fluvial, um médio curso com declividade intermediária caracterizada pelo transporte e deposição e um baixo curso de escasso gradiente, onde se processa a sedimentação ou o abandono da carga sedimentar erodida no alto curso.

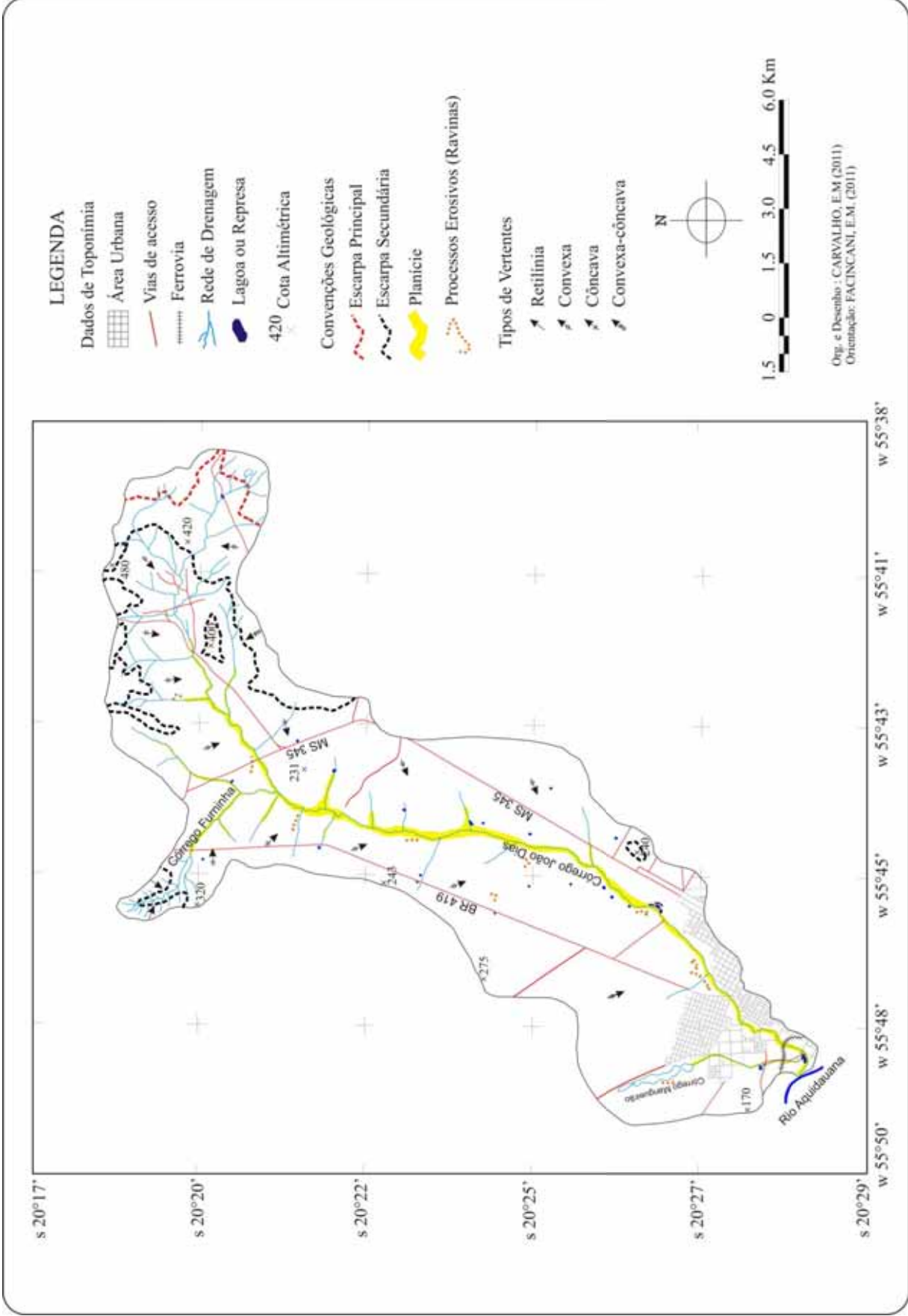


Figura 35. Mapa de feições geomorfológicas da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

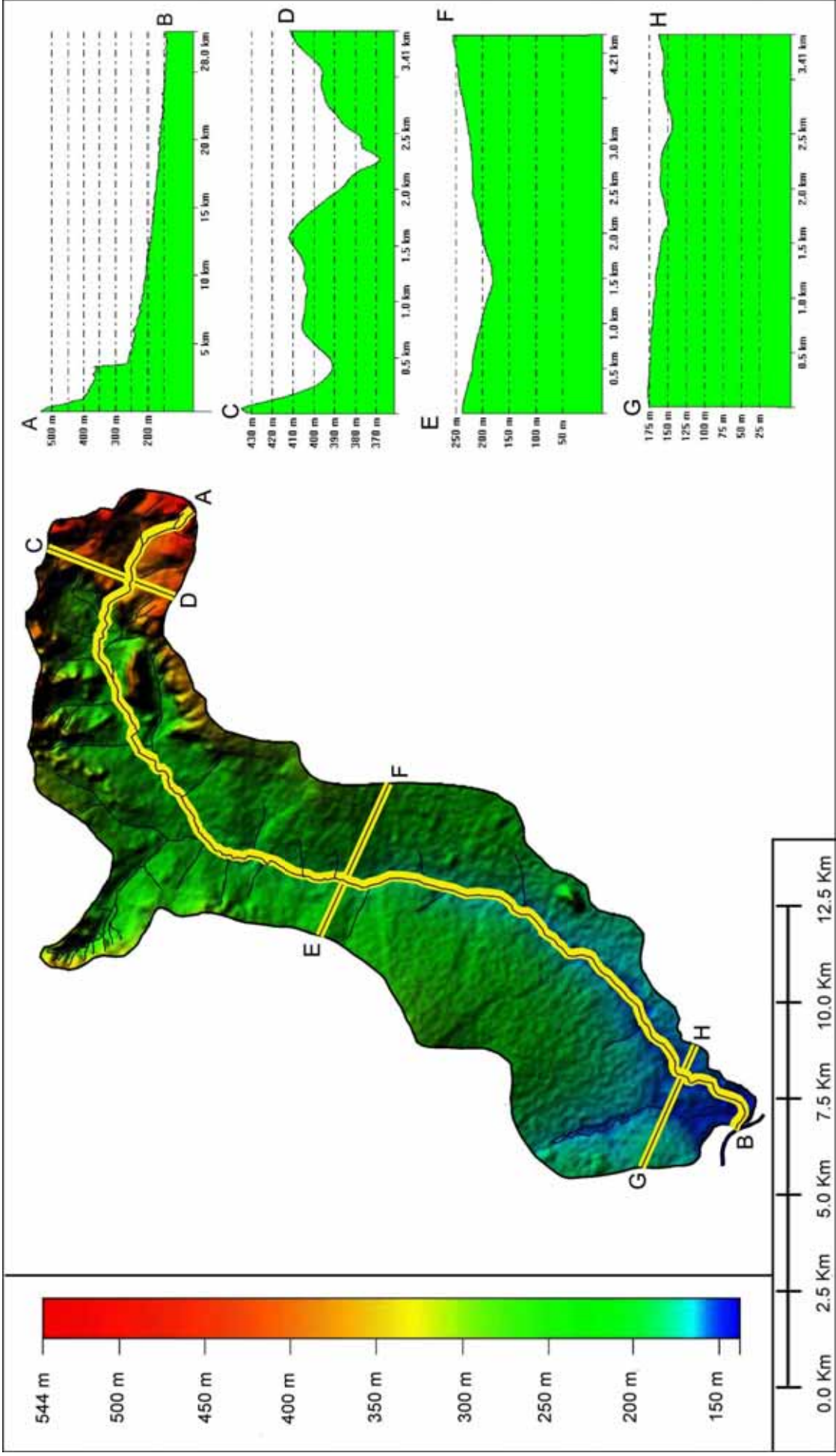


Figura 36. Mapa Hipsométrico e perfis transversais e longitudinais da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

A **Figura 37** apresenta as feições geomorfológicas erosivas identificadas em campo (Serra de Maracaju - Campo Grande), sustentadas principalmente pela Formação Aquidauana.



Figura 37. Borda da Bacia Sedimentar do Paraná, marcada por Feições geomorfológicas erosivas (escarpas principais e secundárias) sustentadas pelas formações Furnas e Aquidauana. Foto: Carvalho (2011)

A Formação Aquidauana (detalhe) é marcada na área de estudo por espessos corpos arenosos que, morfologicamente, formam escarpas de mais de três centenas de metros imprimindo à paisagem um relevo particular de morros testemunhos e extensas escarpas, formando verdadeiros anfiteatros de erosão no planalto (**Figuras 38 e 39**).



Figura 38. Morro testemunho localizado no médio curso da bacia do Córrego João Dias, sustentado por arenitos da Formação Aquidauana. Foto: Carvalho (2011).



Figura 39. Escarpas principais sustentadas por arenitos Formação Aquidauana, na Aldeia indígena Limão Verde. Foto: Carvalho (2011).

5.1.3 – Erosividade

De acordo com Bertoni; Lombardi Neto (2008) o fator de erosividade da chuva (R) é um índice numérico que expressa à capacidade da chuva, esperada em dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção.

No presente pesquisa os valores de Erosividade foram obtidos através da equação descrita por Lombardi Neto; Moldenhauer, citados por Bertoni e Lombardi Neto (2008), a partir de dados de 11 pluviômetros/estações localizados na bacia e em seu entorno. Os valores do fator R obtidos em cada ponto estão descritos na **Tabela 01**.

Tabela 01 – Valores do fator R para os pontos de coleta localizados na bacia e em seu entorno.

Ponto	Localização	Erosividade (MJ.mm/ha.h)
01	0626705/7735166	6587
02	0636802/7752385	8003
03	0629235/7747799	10955
04	0631177/7751134	6969
05	0630365/7746114	7133
06	0624826/7742838	9389
07	0622695/7743435	9157
08	0629665/7754887	9623
09	0633172/7758124	6377
10	0639873/7755300	6214
11	639255/7737433	6252

A partir da Tabela 01 verifica-se que os valores de R variaram de 6214 a 10955 MJ.mm/ha.h. Na **Figura 40**, observa-se que a erosividade na bacia do Córrego João Dias tem valores mínimos entre 6200 a 7000 MJ.mm/ha.h na foz do Córrego e também na porção nordeste, em seu alto curso. Os valores de erosividade aumentam em direção ao oeste da bacia, onde os valores chegam a 9400 a 10200 MJ.mm/ha.h.

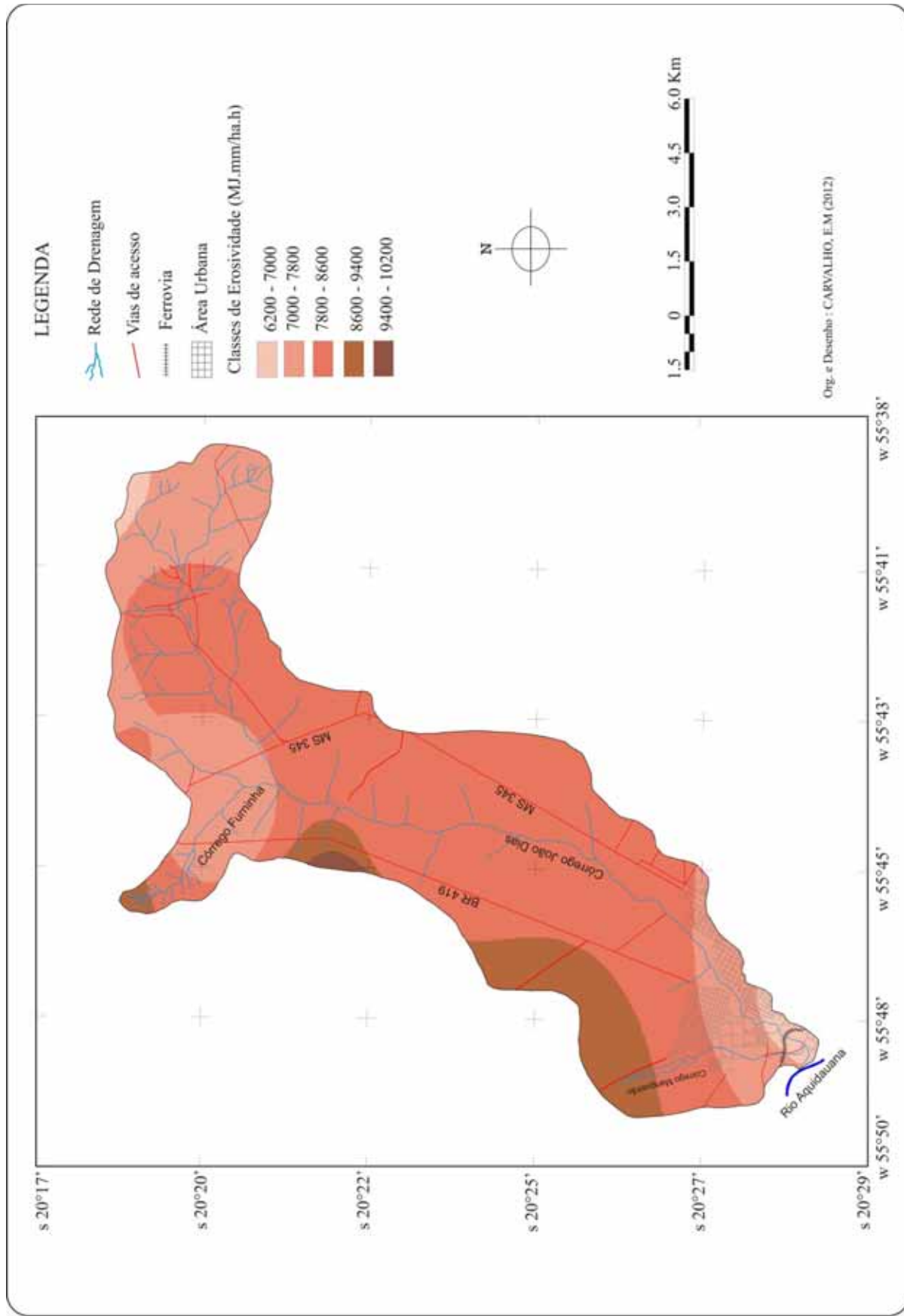


Figura 40. Mapa de distribuição de classes de Erosividade da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

Predomina na bacia a classe de erosividade que varia de 7800 a 8600 MJ.mm/ha.h, ocupando área de 7.253 ha, o equivalente a 62% da área da bacia. Essa classe se estende na direção sudoeste-nordeste em áreas do baixo, médio e alto curso da bacia.

5.1.4 – Erodibilidade

A Erodibilidade é a capacidade de um solo ser mais facilmente erodido do que outros, mesmo quando fatores como declividade, precipitação, cobertura vegetal e as práticas e controle de erosão forem os mesmos. Isso se deve a diferença das propriedades inerentes ao solo como permeabilidade, estrutura, densidade e textura.

Para avaliar a erodibilidade dos solos na bacia considerou-se a textura e a permeabilidade dos solos através da análise da relação textural.

A **Figura 41** demonstra a espacialização das classes de erodibilidade encontradas na bacia, sendo que, a classe de erodibilidade considerada como extremamente alta localiza-se principalmente no alto curso, em área de nascentes, ocupa área de 793,01 ha, correspondendo a 6,79% da área da bacia (**Tabela 02**).

Tabela 02: Classes de Erodibilidade e suas respectivas áreas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

Classes	K (t.ah.h./ ha.MJ.mm)	Área (ha)	Área (%)
Extremamente Alta	0,0785	793, 01	6,79
Muito Alta	0,0545	1.407, 33	12,06
Alta	0,0397	9.102, 48	78,03
Nula	0	362,80	3,12

Quanto à relação textural, as amostras apresentaram teor de argila relativamente uniforme entre os horizontes de superfície e subsuperfície, drenagem variando de acentuada a imperfeita e textura franco-arenosa.

A classe de erodibilidade Muito Alta compreende a cerca de 12,06% da área da bacia e localiza-se também no alto curso, na porção nordeste. As amostras demonstraram textura Franco-Arenosa no horizonte A e Franco-Argilo-Arenosa no horizonte B, apresentando incremento de argila no horizonte B, caracterizando uma relação textural alta de argila.

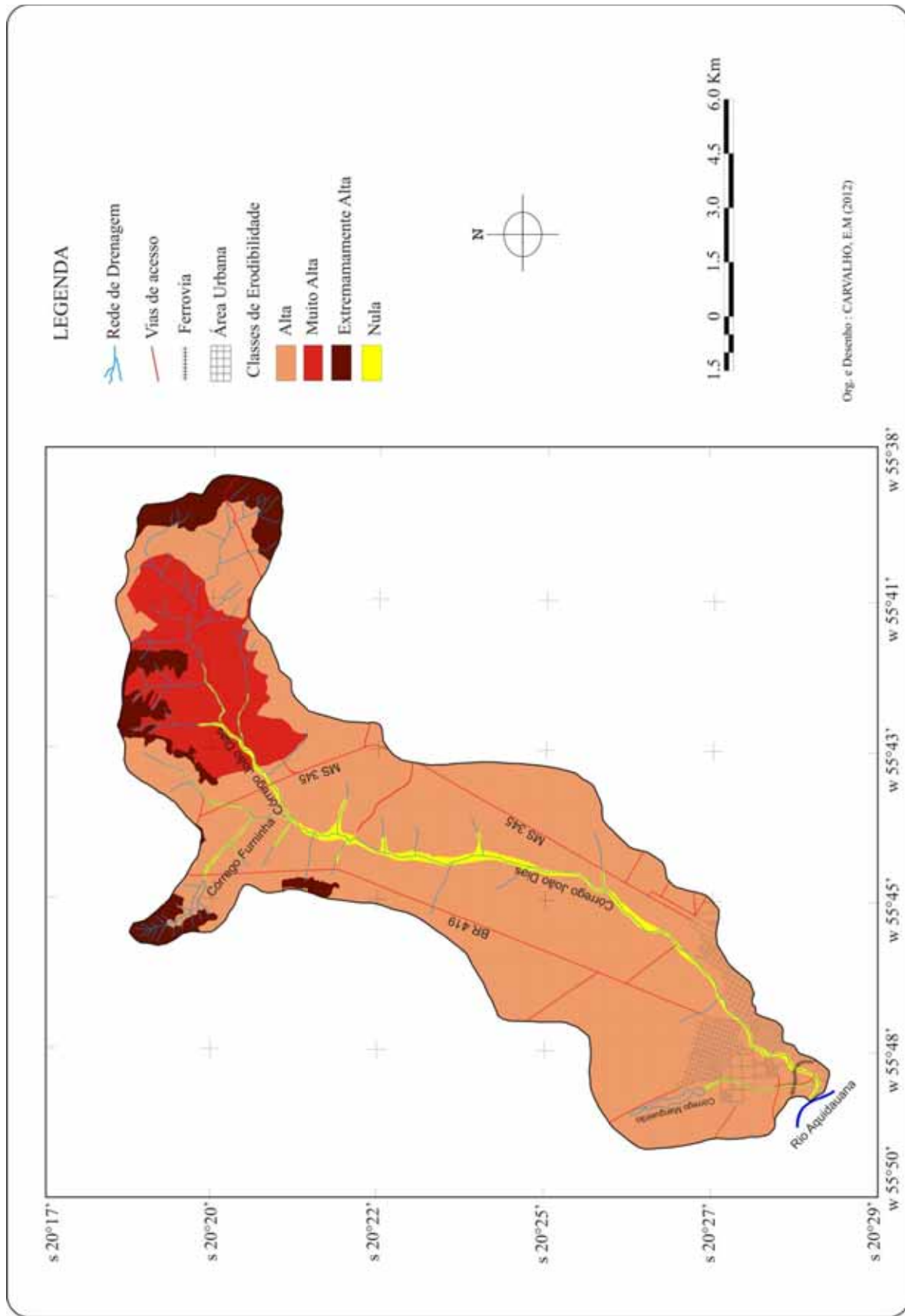


Figura 41. Mapa de distribuição de classes de Erodibilidade da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

Segundo Mannigel et.al (2002) a relação textural de argila, entre os horizontes de subsuperfície e superfície, afeta principalmente a infiltração e a permeabilidade do solo. Uma relação textural alta de argila indica capacidade de infiltração menor nos horizontes de subsuperfície, acelerando com isso, a intensidade de erosão dos horizontes superficiais.

Cerca de 78,03% da bacia apresenta a classe de erodibilidade alta, sendo as amostras caracterizadas por textura franco-arenosa, o incremento de argila do horizonte A para o B é pouco expressivo e variam de fortemente a bem drenados.

Nas margens do Córrego João Dias, localizam-se os depósitos aluvionares, sendo estes, nulos em relação ao fator K pelo fato de ser área de deposição.

5.1.5 – Comprimento de Vertentes e Declividade

As **Figuras 42 e 43** apresentam a espacialização dos resultados referentes ao comprimento de vertentes e declives encontrados na área.

Estas informações são fundamentais na avaliação da erosão laminar, pois tais fatores contribuem com a análise da intensidade da capacidade erosiva de áreas. Segundo Oliveira (2004) o grau de declividade do terreno exerce influência direta sobre a quantidade de perda de solo por erosão, pois, quanto maior seu gradiente, maior a intensidade de escoamento das águas sob o efeito da gravidade, sendo, portanto, menor seu tempo disponível para a infiltração no solo. Quanto ao comprimento de vertente, quanto maior, mais forte será a enxurrada, produzindo grande número de sulcos e causando maiores perdas de solo nas partes mais baixas.

Na área de estudo o comprimento das vertentes é bastante acentuado, sendo que, 36,26% da área apresentam a classificação Grande e 31,90% Média (**Tabela 03**), localizando-se principalmente no médio e alto curso. Já o alto curso caracteriza-se por comprimento de vertentes Pequena e Muito Pequena.

Tabela 03: Classes de comprimento de vertentes e suas respectivas áreas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

Classes	Área (ha)	Área (%)
Grande (2000 a 5000 m)	4.230,64	36,26
Média (750 a 2000m)	3.720,78	31,90
Pequena (250 a 750 m)	2.232,63	19,14
Muito Pequena (< 250 m)	1.480, 95	12,70

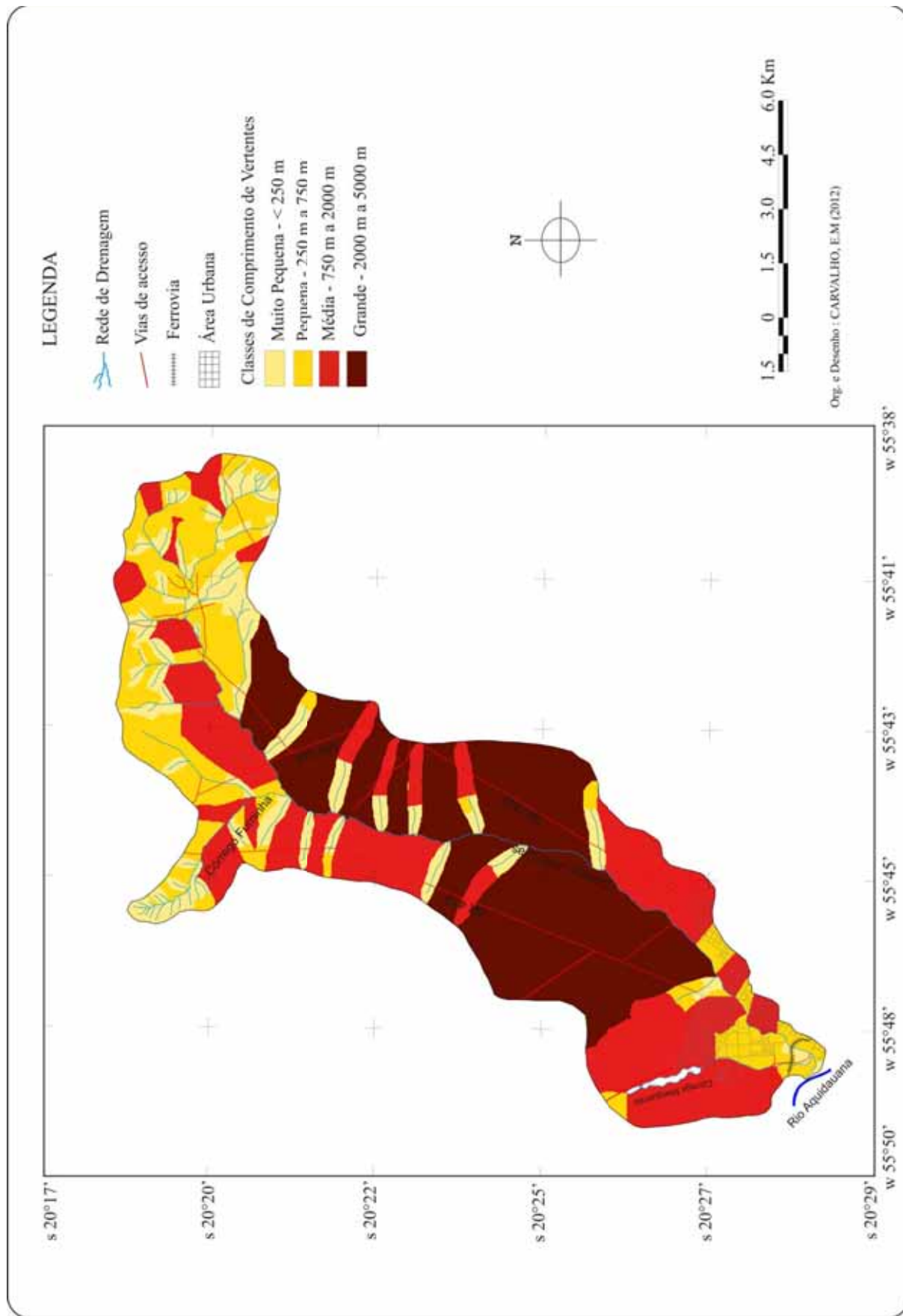


Figura 42. Mapa de distribuição de classes de Comprimento de Vertentes da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

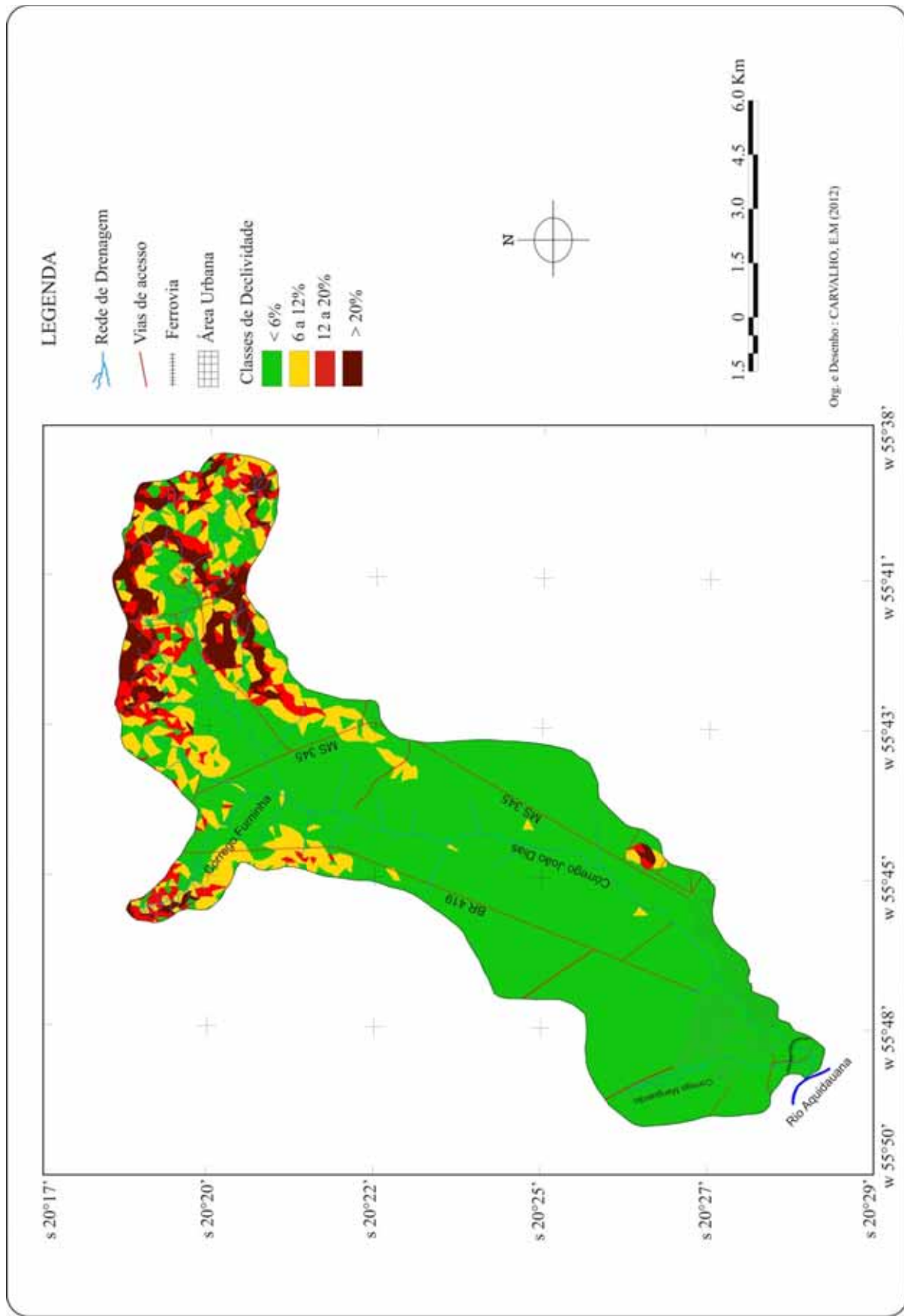


Figura 43. Mapa de distribuição de classes de Declividade da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

Quanto à declividade a bacia é caracterizada principalmente por declives menores que 6%, representando 76,16% da área (**Tabela 04**) e ocupando o baixo, médio e alto curso. Apenas 5,78% da área da bacia possui declives acima de 20%, sendo estes, localizados, em sua maioria, no alto curso.

As classes de declividade estão associadas à geomorfologia da região, sendo as áreas mais planas localizadas na Depressão do Miranda/Aquidauana caracterizada por superfície de aplanamento elaborada por processos de pediplanação e nas superfícies tabulares.

Tabela 04: Classes de declividade e suas respectivas áreas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS

Classes	Área (ha)	Área (%)
> 20 %	674,75	5,78
12 a 20%	618,23	5,30
6 a 12%	1.488,06	12,76
< 6 %	8.883,56	76,16

As áreas mais declivosas localizam-se na unidade de relevo Planalto de Maracaju que apresenta relevo escalonado, com declives superiores a 20%.

Ao comparar o mapa de comprimento de vertentes e o mapa de declividade observa-se que o baixo e médio curso caracterizam-se, em sua grande parte, por declives menores que 6%, no entanto o comprimento de suas vertentes é classificado como grande (2000 a 5000m) e médio (750 a 2000m), contribuindo assim, em maior probabilidade de ocorrer processo erosivo, mesmo apresentando declives baixos e com pouca restrição de uso.

Bertoni; Lombardi Neto (2008, p. 56) ao relacionar o comprimento de rampa e o declive do terreno, salienta que:

O comprimento de rampa não é menos importante que o declive, pois à medida que o caminho percorrido vai aumentando, não somente as águas vão se avolumando proporcionalmente como, também, a sua velocidade de escoamento vai aumentando progressivamente. Em princípio, quanto maior o comprimento de rampa, mais enxurrada se acumula, e a maior energia resultante se traduz por uma erosão maior.

O alto curso da bacia caracteriza-se por situação inversa, pois apresentam comprimento de vertentes classificada como pequena (250 a 750) e muito pequena (<250m) e declives entre 12 e 20% e maior que 20%, sendo áreas que necessitam de técnicas de manejo para evitar processos erosivos.

5.2 – Condicionantes socioeconômicos

A partir do mapa fundiário da bacia (**Figura 44**) observa-se que parte do seu alto curso é ocupado pela Terra Indígena Limão Verde, sendo esta, composta por duas aldeias: Limão Verde e Córrego Seco. Na área da bacia localiza-se apenas as residências que correspondem a Aldeia Limão Verde onde residem cerca de 1094 indígenas (301 famílias e 233 residências) de acordo com a FUNASA (Fundação nacional de Saúde, 2007).

A principal atividade desenvolvida na Aldeia Limão Verde é a agricultura, tanto para a subsistência como para comercialização na área urbana de Aquidauana. Os principais produtos cultivados e comercializados são o milho, a mandioca, o feijão, o maxixe e frutas em geral, como guavira, coco, banana, caju, laranja e a manga.

A criação de animais como suínos, equinos, bovinos, caprinos, aves- é uma atividade comum, pois, diversas famílias na Aldeia Limão Verde criam os mesmos para consumo.

Com relação à forma de cultivo Corrêa (2007) salienta que até alguns anos atrás em culturas voltadas para a subsistência, eram utilizadas técnicas tradicionais de preparo do solo, semeadura e colheita manuais, porém, segundo os próprios indígenas, a utilização de trator se tornou uma constante. Além de servir para cultivo de grandes áreas como feijão, milho e mandioca têm preparado também pequenas áreas.

Ainda segundo Corrêa (2007), foram observados muitos problemas na questão ambiental dentro da aldeia Limão Verde, ocasionados principalmente, pela pressão populacional sobre os recursos naturais. A autora salienta que em seus levantamentos foram verificados a redução de exemplares da fauna e flora, a degradação do solo principalmente, daqueles utilizados para atividades agropecuárias, pelo plantio contínuo na mesma área sem descanso do solo, nem devolução da matéria orgânica em forma de adubo, além do assoreamento do córrego João Dias, causado pela retirada de matas ciliares para plantio de lavoura e pastagem, e pela utilização da mesma como fonte de água para esses animais.

Em relação à bacia, é na Aldeia que se encontra a maior área destinada para a agricultura, sendo a pecuária de corte a atividade predominante nas demais regiões.

Ainda no alto curso, em área de nascentes do Córrego João Dias se localiza a Propriedade G, com apenas 200 ha na área da bacia, sendo o total de sua área de 1270 ha (**Tabela 05**), sua principal atividade econômica é a pecuária de corte. A propriedade desenvolve a atividade na área há 20 anos e utiliza como técnica conservacionista curvas-de-nível e também a correção do solo com o calcário.

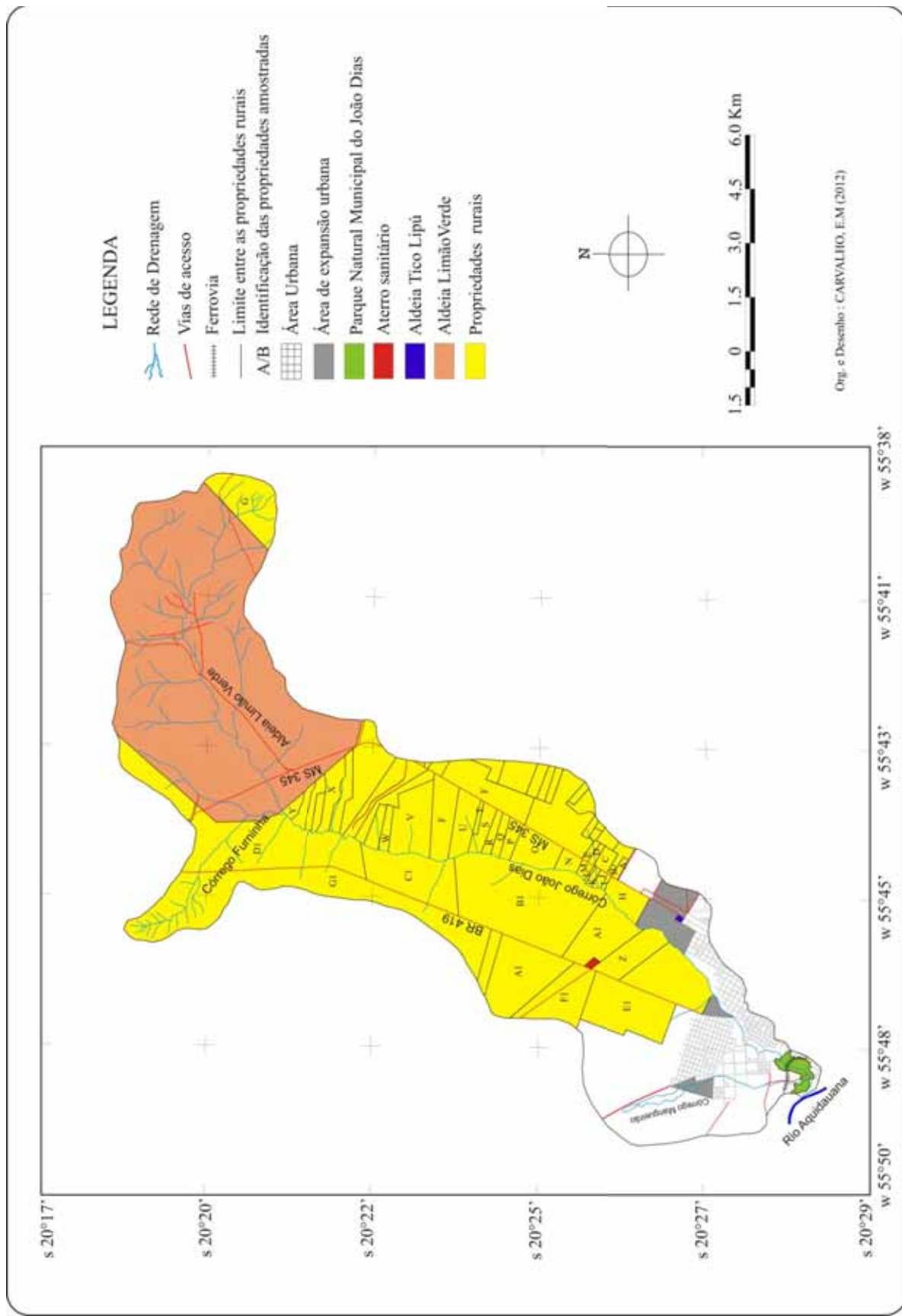
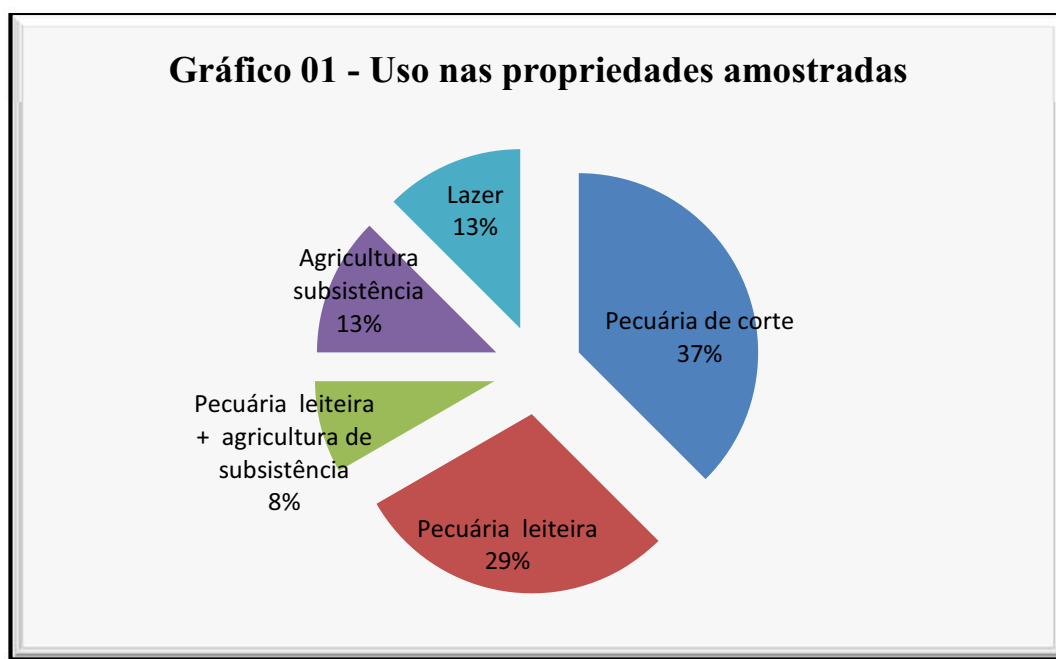


Figura 44. Mapa Fundiário da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

Tabela 05 – Relação das propriedades amostras e suas respectivas áreas.

N	Identificação da propriedade	Área total/ área na bacia
01	Propriedade A	10 ha
02	Propriedade B	4 ha
03	Propriedade C	19 ha
04	Propriedade D	10 ha
05	Propriedade E	7,5 ha
06	Propriedade F	280 ha
07	Propriedade G	1270 ha/200 ha
08	Propriedade H	90 ha
09	Propriedade I	4 ha
10	Propriedade J	12 ha
11	Propriedade K	08 ha
12	Propriedade L	02 ha
13	Propriedade M	11 ha
14	Propriedade N	25 ha
15	Propriedade O	102 ha
16	Propriedade P	36 ha
17	Propriedade Q	25 ha
18	Propriedade R	25 ha
19	Propriedade S	45 ha
20	Propriedade T	09 ha
21	Propriedade U	90 ha
22	Propriedade V	172 ha
23	Propriedade W	27,5 ha
24	Propriedade X	60 ha
25	Propriedade Y	14 ha
26	Propriedade Z	137 ha
27	Propriedade A1	498 ha/482 ha
28	Propriedade B1	680 ha
29	Propriedade C1	287 ha
30	Propriedade D1	730 ha/533 ha
31	Propriedade E1	280 ha
32	Propriedade F1	380 ha/185 ha
33	Propriedade G1	1.730 ha/742 ha

Na margem esquerda do córrego João Dias, em seu médio curso, localiza-se a colônia XV de Agosto, sendo esta caracterizada principalmente por pequenas propriedades rurais, onde as principais atividades desenvolvidas são: pecuária de corte, pecuária leiteira, agricultura de subsistência, conforme demonstra o **Gráfico 01**.



Silva em 2002 caracterizou da seguinte forma os tipos de uso na colônia XV de Agosto: “a maior parte das pequenas propriedades é destinada a pastagens para a criação de gado leiteiro e outros pequenos animais, o restante destina-se a culturas anuais de subsistência” (SILVA, 2002, p. 43).

A amostragem demonstrou que ocorreram mudanças nas formas de uso, pois a principal atividade atualmente é a pecuária de corte acompanhada da pecuária leiteira. O aumento da área destinada à pecuária de corte vem ocorrendo devido à venda de pequenas propriedades para um mesmo proprietário.

Das propriedades que praticam a pecuária leiteira, 66 % comercializam o leite na área urbana de Aquidauana, as demais produzem apenas para o consumo da residência.

Quanto às práticas conservacionistas desenvolvidas na Colônia XV de Agosto, 76,20% das propriedades amostradas não utilizam nenhuma técnica, e 23,80% utilizam técnicas como a curva-de-nível e a correção do solo com calcário.

A utilização de práticas conservacionistas está associada principalmente ao tamanho das propriedades, pois pequenas propriedades rurais não possuem recursos para investimentos, enquanto que, as propriedades maiores utilizam práticas para aumentar a produção.

Quanto ao manejo do gado, a prática mais comum nas propriedades é o rodízio de invernadas.

Em relação à população residente na Colônia XV de Agosto, em sua maioria são adultos, situação ocasionada pela dificuldade no transporte escolar para a cidade de Aquidauana. A maioria dos proprietários não residem nas propriedades (62,5%), no entanto se deslocam para a propriedade pelo menos 1 vez por semana, fato esse relacionado à proximidade da Colônia com a área urbana de Aquidauana.

Já na margem direita do Córrego João Dias há o predomínio de propriedades maiores que desenvolvem a pecuária de corte, sendo que sua maioria utiliza práticas conservacionistas (77,7%). Apenas em 2 propriedades os proprietários residem, nas demais residem apenas os funcionários.

O mapa de uso da terra da bacia (**Figura 45**) apresenta a realidade em relação a sua principal atividade, onde se observa que 64,45% (**Tabela 06**) da área da bacia é ocupada por pastagens, sendo que, em alguns locais a mesma se estende até as margens do Córrego João Dias.

Tabela 06: Classes de uso da terra e suas respectivas áreas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

Classes	Área (ha)	Área (%)
Área urbana	666	5,70
Corpos de água	42	0,36
Vegetação Natural	2.981	25,56
Agricultura	458	3,93
Pastagem	7.518	64,45

A agricultura ocupa área de 458 ha, o que representa 3,93% (**Tabela 06**) da área da bacia e localiza-se principalmente na Aldeia Limão Verde (**Figura 45**), e em algumas propriedades localizadas na Colônia XV de Agosto.

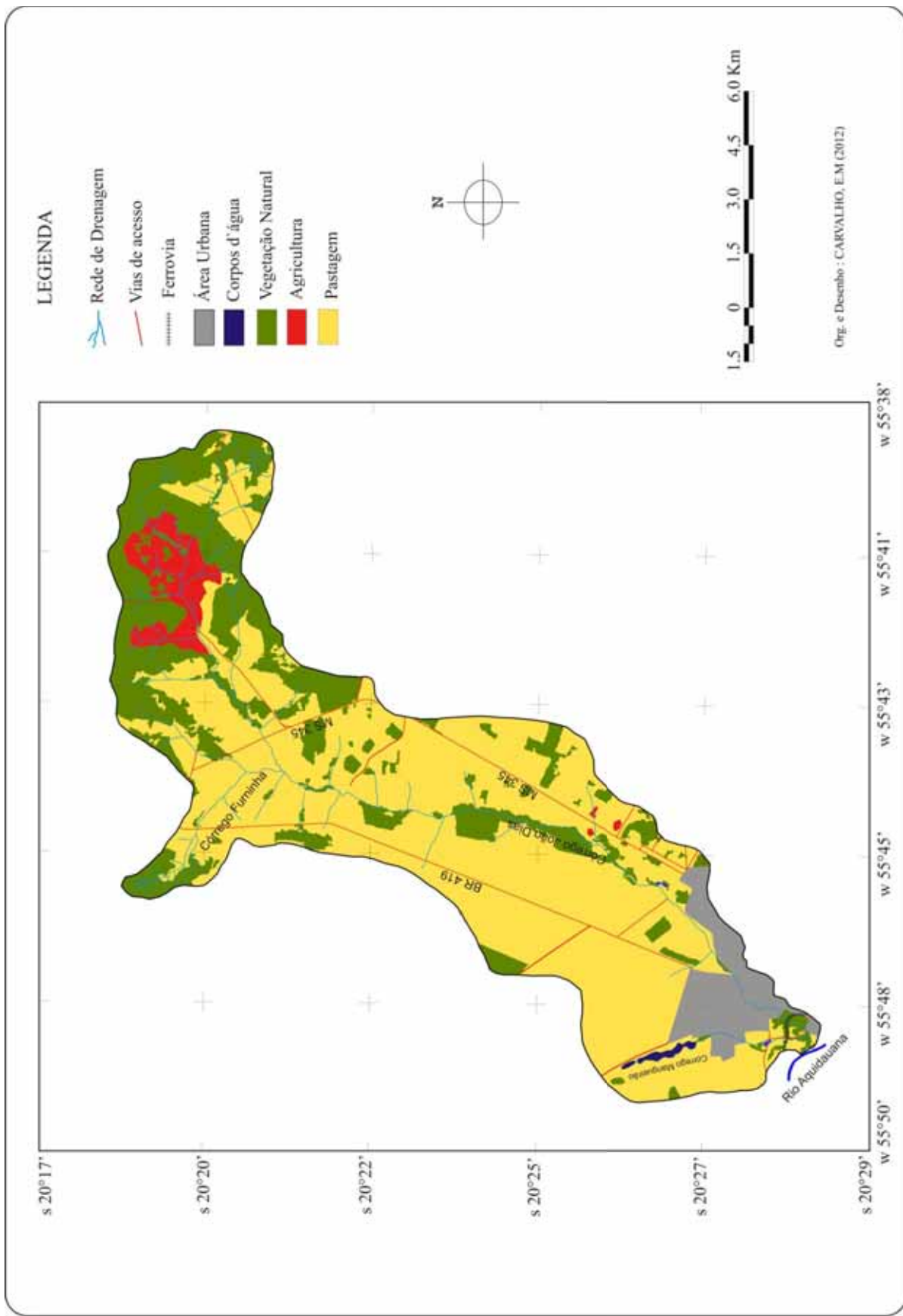


Figura 45. Mapa de uso da terra (cenário atual - 2012) da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

As áreas de vegetação natural representam na bacia cerca de 25,56% de sua área e localizam-se sobretudo no alto curso da bacia em áreas com declives acentuados, onde a ocupação é dificultada para as práticas da agricultura e pecuária. No baixo e médio curso da bacia, em áreas mais planas são localizadas manchas esparsas de vegetação natural.

No baixo curso da bacia se localiza parte da área urbana da cidade de Aquidauana, compreendendo uma área de 666 ha e o Parque Natural Municipal do João Dias (**Figura 45**), abrangendo área de 48,3 ha. Pelo fato de projetos e investimentos no parque não estarem sendo realizados, o mesmo deixou de receber o ICMS Ecológico.

Ainda no baixo curso da bacia, em área de expansão urbana localiza-se a primeira Aldeia Urbana de Aquidauana, denominada Aldeia Urbana Tico Lipú, formada por indígenas Terena das nove aldeias de Aquidauana. A área foi ocupada há um ano e abriga cerca de 70 famílias, que vivem no local sem infraestrutura de saneamento básico, sendo o abastecimento de água e a energia elétrica obtidos de forma irregular.

5.3 – Potencial Natural à Erosão Laminar

O mapa de potencial natural à erosão laminar apresenta, a partir das características naturais dos terrenos (erodibilidade, erosividade, declividade e comprimento de vertentes), a suscetibilidade aos processos erosivos na bacia. A **Figura 46** espacializa as classes de potencial natural à erosão laminar e a **Tabela 07** demonstra a área que cada uma das classes ocupa na bacia.

Tabela 07: Classes de Potencial Natural à Erosão Laminar e suas respectivas áreas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

Classes	Área (ha)	Área (%)
Baixo	4.607,55	39,49
Médio	5.138,92	44,05
Alto	458,10	3,92
Muito Alto	397,80	3,41
Nulo	1.062,63	9,10

Para Stein *et.al.* (1987) devido a limitações diversas, os valores alcançados não podem ser tomados quantitativamente, exprimindo apenas uma ordenação qualitativa das áreas quanto a seu potencial de perda de solo por erosão laminar.

Dessa forma, a partir da **Figura 46** e da **Tabela 07** observa-se na bacia uma predominância de áreas com baixo e médio potencial natural à erosão (83,54%), sendo que, estas classes ocupam toda a área do baixo e médio curso da bacia, assim como, também estão distribuídas em seu alto curso.

Mesmo existindo uma predominância no baixo e médio curso da bacia de declives não superiores a 6%, as áreas espacializadas como de médio potencial à erosão se deve ao fato dessas áreas possuírem vertentes longas, variando de 2000m a 4000m de comprimento, contribuindo assim, com maior potencial erosivo.

As áreas consideradas como de alto e muito alto potencial à erosão localizam-se predominantemente no alto curso da bacia e juntas representam cerca de 7,33% de sua área. Estas classes estão associadas à declividade, superiores a 12%.

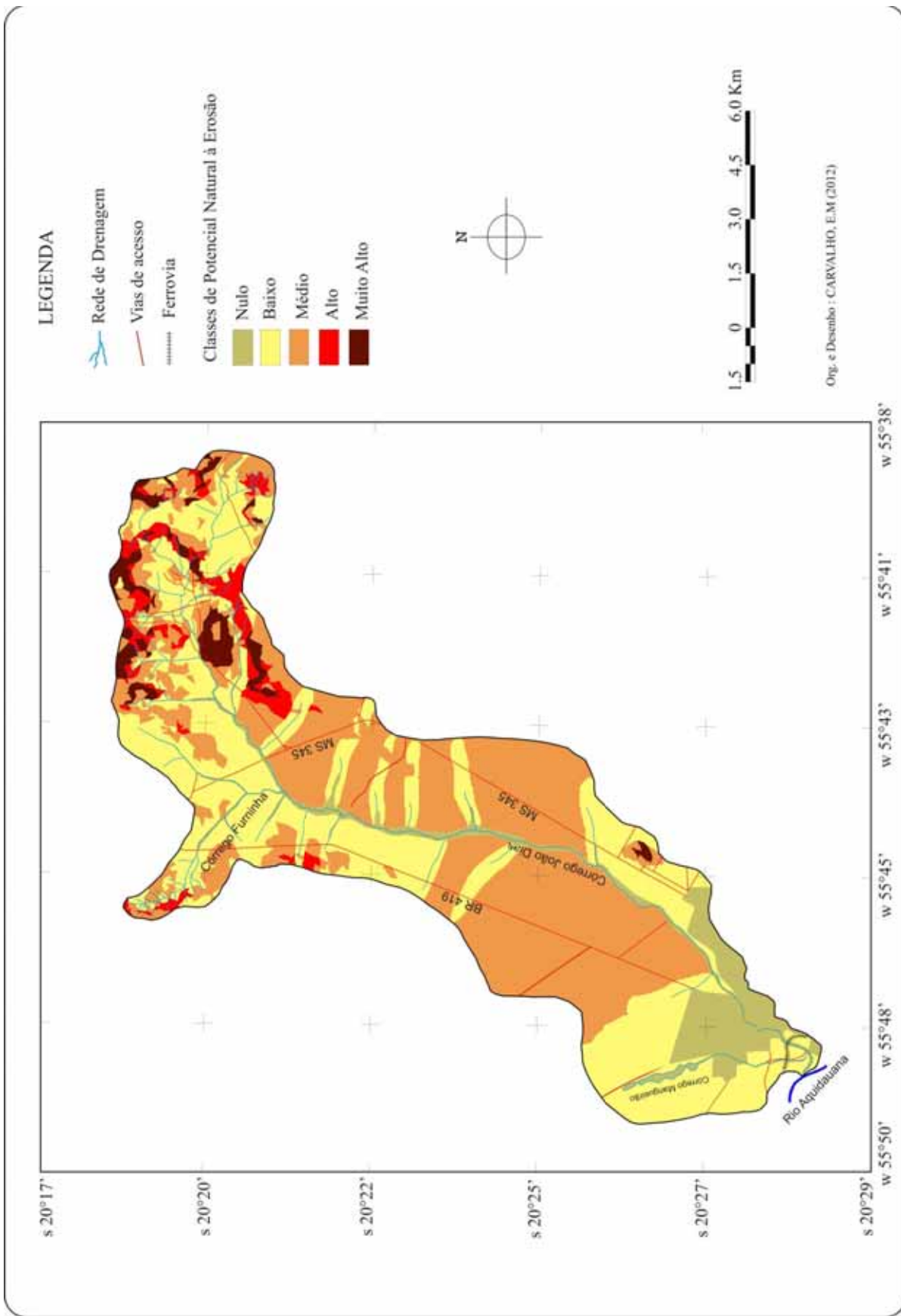


Figura 46. Mapa de Potencial Natural à Erosão Laminar da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

As áreas consideradas como nulas em relação ao potencial erosivo representam 9,10% da área, sendo consideradas áreas de deposição, pois a EUPS não prevê deposição, bem como, a área urbana da bacia, pois não foi considerada na presente pesquisa.

5.4 – Predisposição ao Risco de Erosão Laminar

O mapa de Predisposição ao Risco de Erosão Laminar é o resultado da interação entre o potencial natural dos terrenos em desenvolver a erosão e o uso atual das terras. Dessa forma, o mapa pode ser considerado um indicador dos usos recomendados de acordo com as diferentes susceptibilidades dos terrenos, assim como, da necessidade de possíveis adaptações dos usos atuais.

A partir da **Figura 47** observa-se a espacialização das diferentes classes de predisposição ao risco de erosão laminar e a **Tabela 08** as áreas que cada classe ocupa na bacia.

Tabela 08: Classes de Predisposição ao Risco de Erosão Laminar e suas respectivas áreas na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.

Classes	Área (ha)	Área (%)
Baixo	1.483,44	12,71
Médio	8.481,48	72,71
Alto	637,44	5,47
Nulo	1.062,63	9,11

Assim, observa-se que as áreas consideradas como de alto risco a erosão laminar ocupam 637,44 ha na bacia, o equivalente a 5,47% de sua área total. São áreas onde o uso atual é incompatível com o potencial natural à erosão, ou seja, são áreas onde o potencial natural de erosão é muito alto/alto e as atividades produtivas desenvolvidas na área podem contribuir para provocar maior perda de solo.

Essas áreas localizam-se no alto curso da bacia, em porções da Aldeia indígena Limão Verde, onde a principal atividade é a agricultura (**Figura 48**), com a presença de cobertura vegetal de baixo a médio porte, estradas e áreas urbanizadas.

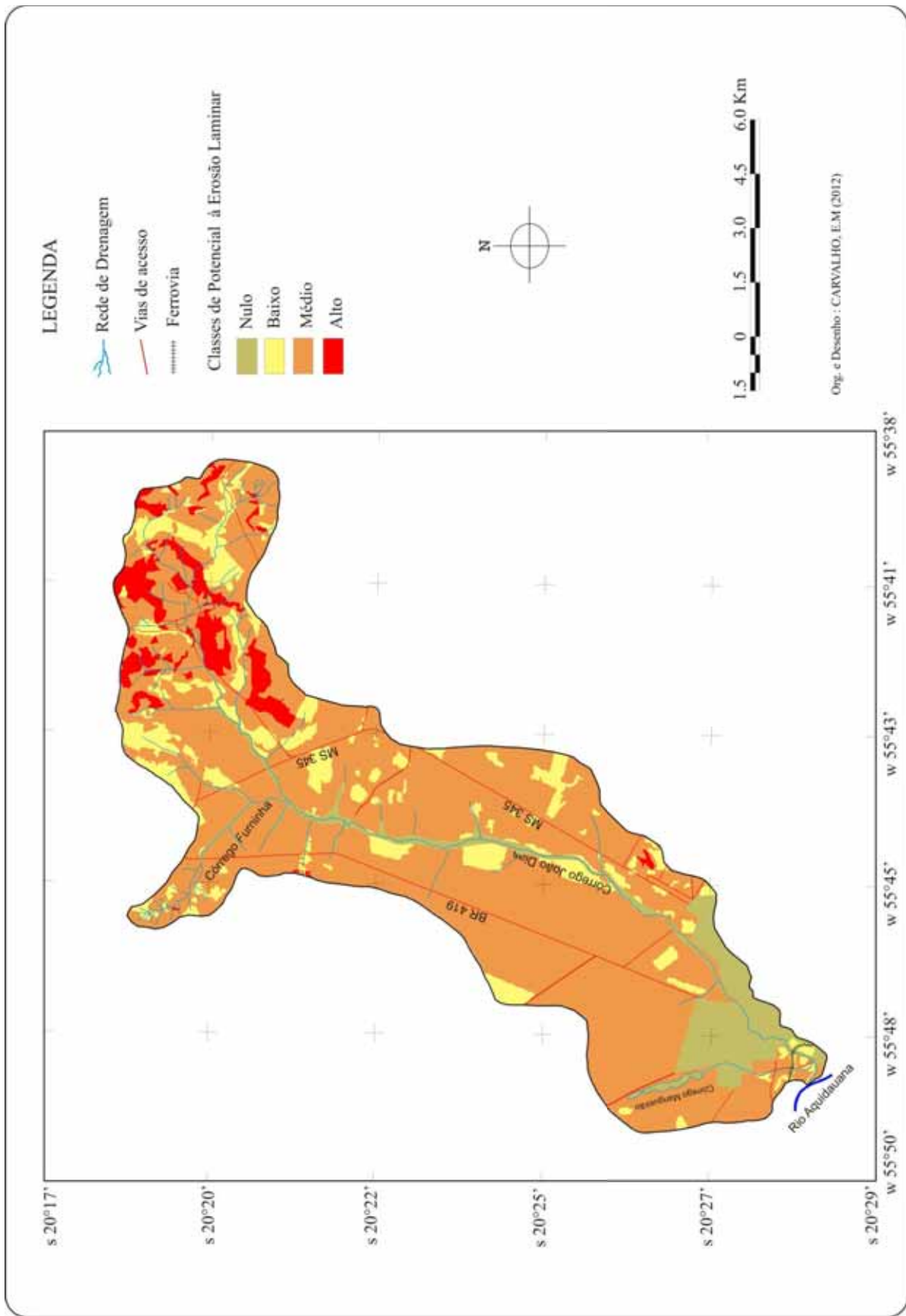


Figura 47. Mapa de Predisposição ao Risco de Erosão Laminar da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS.



Figura 48. Solo exposto, sendo preparado para o plantio na Aldeia Limão Verde, Aquidauana/MS. Foto: Carvalho (2012)

Tais fatores de uso associados aos condicionantes naturais da área como a erodibilidade do solo, considerada como muito alta, relação textural alta de argila, favorecendo o escoamento superficial pela capacidade de infiltração menor no horizonte B, e declividade acentuada ratificam a classificação obtida no mapa de predisposição ao risco de erosão.

As áreas classificadas como de médio risco à erosão localizam-se praticamente em toda a bacia, ocupam maior área, cerca de 8.481,48 ha, representando 72,71% da área da bacia. São áreas onde o uso atual do solo também é incompatível com o potencial natural à erosão, no entanto, essa situação pode ser controlada com práticas conservacionistas adequadas. São caracterizadas por potencial natural à erosão alto/médio/baixo, no entanto os usos podem comprometer as perdas de solo (**Figura 49**).



Figura 49. Colinas médias destinadas à pastagem no médio curso da bacia, sulcada pela rede de drenagem. Ao fundo escarpas principais sustentadas pela Formação Aquidauana. Foto: Carvalho (2012)

Esse é o caso de praticamente toda a bacia, onde a principal prática é a pecuária extensiva e apenas cerca de 40% das propriedades utilizam práticas conservacionistas, sendo esta, mais utilizada em propriedades maiores, com possibilidade de maiores investimentos.

Mesmo o solo não permanecendo descoberto em áreas de pastagens, favorecendo a infiltração, a utilização dessas áreas pelo gado de corte promove a compactação do solo e cria caminhos preferenciais para o escoamento superficial, aumentando o risco de erosão. Esses caminhos são criados principalmente em direção aos córregos, pois os animais utilizam-se dessas águas para dessedentação (**Figura 50**).

A classificação de baixo risco a erosão laminar correspondem às áreas onde o uso atual é compatível com a suscetibilidade natural do terreno. Correspondem a áreas onde a cobertura vegetal é de porte alto a médio e com atividade antrópica reduzida, como no caso das áreas de relevo acentuado e recoberta por vegetação natural (**Figura 51**).



Figura 50. Caminhos preferenciais criados pelo pisoteio do gado no médio curso da bacia hidrográfica do Córrego João Dias. Foto: Carvalho (2012)



Figura 51. Vegetação natural e densa, posicionadas nas colinas médias e escarpas secundárias na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS. Foto: Carvalho (2012)

Ao comparar as informações do mapa fundiário, dos questionários (manejo) e do mapa de predisposição ao risco de erosão laminar, é possível avaliar a situação das propriedades rurais em relação à adequação de seus usos.

No caso do Aldeamento Limão Verde, nas atividades produtivas desenvolvidas (agricultura e pecuária) não são utilizadas práticas conservacionistas e como predomina nessa área o risco erosivo alto e médio estas se fazem necessárias.

Além disso, tanto a agricultura como a pecuária, em alguns casos, são desenvolvidas até as margens do Córrego João Dias, favorecendo o carreamento de sedimentos até o curso de água, além de solapamentos, principalmente no período chuvoso, com o aumento da vazão (**Figura 52**).



Figura 52. Solapamento nas margens do Córrego João Dias, na Aldeia Limão Verde. Foto: Carvalho (2012)

No médio e baixo curso da bacia se observa a deposição dos sedimentos carreados do alto curso, sendo relatado nos questionários, pelos proprietários mais antigos, que o córrego mudou de curso. Em algumas propriedades, a área próxima às margens do córrego possuem cercas para evitar que o gado tenha acesso ao curso de água.

A erosão laminar, além de comprometer a fertilidade do solo, gerando mais custos na correção do mesmo, também propicia o carreamento de resíduos provenientes das atividades produtivas, bem como, domiciliares para os cursos de água, o que pode levar ao comprometimento de sua qualidade.

Barros (2010) ao estudar as variáveis físico-químicas e microbiológicas das águas do Córrego João Dias, destaca que os níveis de coliformes verificados nas amostras de água refletem o elevado grau da poluição de origem doméstica e agrícola nas águas do córrego, pois todas as amostras analisadas apresentaram índices de Coliforme Totais e Coliformes Termotolerantes insatisfatórios.

A autora ainda salienta que os elevados valores de fósforo encontrados nos pontos localizados na área rural indicam a ação das chuvas no transporte de nutrientes provenientes da agricultura e da agropecuária para o canal do córrego.

Os elevados valores de Coliformes Totais/Termotolerantes e de fósforo são representativos ao considerar que a maior área da bacia possui risco médio à erosão laminar, necessitando assim, de práticas de conservação do solo, e apenas 40% das propriedades rurais amostradas utilizam.

Das propriedades que utilizam as técnicas conservacionistas, os proprietários relataram que iniciaram a utilização ao observar princípio erosivo em suas áreas.

Quem não utiliza são propriedades rurais menores que não conseguem investir em suas propriedades, mas percebem a perda de solo. Outros proprietários declararam que pela área ser plana, acreditam não ser importante investir em técnicas de conservação.

Dessa forma, observa-se relação entre as classes de risco à erosão laminar e as análises de água, necessitando assim, de medidas corretivas quanto ao uso da área e as práticas de conservação empregadas, assim como, da observação dos usos que são realizados com a água do Córrego João Dias.

Quanto ao uso da água do Córrego João Dias, cerca de 60% das propriedades utilizam este recurso para dessedentação animal, 12% para recreação e cerca de 28% não utilizam as águas do Córrego.

Os proprietários ao serem questionados quanto à percepção dos riscos em relação à perda de solo e a qualidade das águas do Córrego demonstraram preocupação, e salientaram que adotam medidas corretivas, como utilização de técnicas conservacionistas, preservação das matas ciliares e até mesmo a utilização de cercar para que o gado não utilize o córrego.

Identificar a percepção de proprietários e funcionários é relevante para a gestão dos riscos, principalmente pela necessidade de conscientização da população dos riscos causados pelas formas inadequadas de uso do solo.

Para Brasil (2004) o modo de perceber determinado problema ambiental, ou mesmo a aceitação de sua existência, não é meramente uma função cognitiva. A percepção dos diferentes sujeitos é mediada por interesses econômicos, políticos, posição ideológica, e ocorre num determinado contexto social, político, espacial e temporal.

Assim, caracterizar a população local e identificar suas percepções quanto à possibilidade de risco tem papel fundamental, pois práticas inadequadas de manejo do solo, por exemplo, podem comprometer o solo e a água e muitas vezes não são percebidas enquanto risco.

CONCLUSÕES

Na constante busca de promover o desenvolvimento, as sociedades humanas, rurais ou urbanas, geram crescente gama de impactos ambientais. O mau uso, ocupação, gestão e controle da terra provocam inúmeros processos, que refletem no comprometimento dos recursos naturais, dentre eles, o solo e a água.

Necessitando assim, a identificação, o entendimento de sua dinâmica e a geração de soluções práticas, para subsidiarem as tomadas de decisões visando à otimização dos recursos existentes e a minimização dos impactos ambientais indesejáveis.

Assim o sistema bacia hidrográfica, constituído por elementos em dinâmica e complexa transformação, perante as interações de energia e resistência, sobressaindo-se a ação antrópica, consiste em excelente unidade de estudo para análise dos processos erosivos e sua influência na qualidade/quantidade das águas superficiais.

Todas as atividades/transformações desenvolvidas na bacia são refletidas na qualidade de suas águas, causando alterações em suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Como rios são sistemas de drenagem e de transporte com intensa comunicação com os ecossistemas terrestres, as bacias adjacentes também sofrem os impactos, assim como a população residente na bacia e em bacias de seu entorno.

Nesse contexto a identificação do Potencial Natural de Erosão – PNE tem papel significativo, pois ao identificar as áreas mais susceptíveis à erosão laminar e ao correlacioná-la ao uso atual da terra permite a identificação dos riscos à erosão laminar e possibilita sugestões para ordenamento do uso da terra.

A utilização do modelo EUPS se mostrou bastante eficaz na identificação de áreas mais suscetíveis à erosão, principalmente ao se verificar que os processos erosivos já existentes na área (ravinas) encontram-se em áreas de médio risco à erosão.

No entanto, a utilização de modelos deve ser sempre encarada, como ponto de partida para a análise ambiental, pois cada sistema possui suas características que os individualizam e elementos, com pesos diferentes, conforme sua importância no funcionamento do sistema.

Também se destaca a importância da utilização do geoprocessamento que possibilitou a coleta e o tratamento das diversas informações, bem como, facilitou através da linguagem em LEGAL o cruzamento de dados para a geração do resultado final da pesquisa.

Os produtos cartográficos gerados na pesquisa foram bastante satisfatórios, principalmente em relação à escala dos mapas produzidos, pois ainda há na região deficiência em encontrar mapas com escalas que subsidiem o planejamento de propriedades rurais.

Os resultados demonstraram quanto ao potencial natural à erosão que há uma predominância na bacia de áreas com baixo e médio potencial natural à erosão, sendo que, estas classes ocupam toda a área do baixo e médio curso da bacia, assim como, também estão distribuídas em seu alto curso.

As áreas consideradas como de alto e muito alto potencial à erosão localizam-se predominantemente no alto curso da bacia e juntas representam cerca de 7,33%, sendo que estão associadas às declividades superiores a 12%.

Ao correlacionar o mapa de potencial natural à erosão com o uso atual observou-se que 72,71% da bacia foi classificada como de médio risco à erosão, sendo o uso destas áreas incompatíveis com o potencial natural à erosão, necessitando assim, de técnicas de conservação para o controle da perda de solo.

Essa é a situação de praticamente toda a bacia, onde a principal prática é a pecuária extensiva e apenas cerca de 40% das propriedades utilizam práticas conservacionistas, sendo estas, mais utilizadas em propriedades maiores, com possibilidade de maiores investimentos.

Já as áreas de alto risco a erosão localizam-se no alto curso da bacia, em áreas da Aldeia indígena Limão Verde, sendo os usos destinados a estas áreas também incompatíveis com o potencial natural à erosão e representam cerca de 5,47% da área total da bacia.

Assim, para melhor utilização da área, torna-se necessária à utilização de práticas conservacionistas, mesmo em áreas com declives suaves e não necessitando de técnicas mais complexas de conservação, buscando evitar o surgimento de ravinas e perda de solos, e o comprometimento da qualidade das águas da bacia.

REFERÊNCIAS

ADAMI, M.; DEPPE, F.; RIZZI, R.; Moreira, M. A.; RUDORFF, B. F. T.; FONSECA, L.M.G.; FARIA, R.T.; FREITAS, C. C.; D'Arco, E. Fusão de imagens por IHS para identificação de uso e cobertura do solo em elementos amostrais. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis: INPE, 2007, P. 1-8.

ALMEIDA, F.F.M. Contribuição à geologia dos estados de Goiás e Mato Grosso. Notas preliminares da Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM. Boletim 46, p. 1-15, 1948.

ANDREOZZI, S.L. Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas: uma abordagem pelos caminhos da sustentabilidade sistêmica. 2005. 161 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2005.

ARTIGAS, E.F.; ANDRADE, V.S.A. A vulnerabilidade espacial climática na cidade de Aquidauana-MS/Brasil. Revista Geográfica de América Central. Número especial EGAL: Costa Rica, 2011.

AVELINO, P.H.M. Análise Geo-ambiental Multitemporal para fins de planejamento ambiental: um exemplo aplicado à bacia hidrográfica do Rio Cabaçal. Mato Grosso – Brasil. Rio de Janeiro: UFRJ/ Geociências, 2006.

BAPTISTA, G. M. de M. Diagnóstico ambiental de erosão laminar: modelo geotecnológico e aplicação. Brasília: Universa, 2003.

BARRETO NETO, Aurélio Azevedo. **Modelagem dinâmica de processos ambientais**. Tese de Doutorado. 137 p. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, SP, 2004.

BARROS, A. Estudo das variáveis físico-químicas e microbiológicas das águas do Córrego João Dias, município de Aquidauana – MS. Monografia de Especialização (Especialização em Biologia). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana/MS.2010.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. São Paulo: Ícone, 2008. 6ª edição.

BERTRAND, C.; BERTRAND, G. Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Organizador: Messias Modesto dos Passos. Maringá: Ed. Massoni, 2009.

BIGARELLA, J. J. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. 2ª ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007.

BOTELHO, R.G.M. Planejamento ambiental em Bacias hidrográficas. In: Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações/ Antonio Jose Teixeira Guerra; Antonio Soares da Silva; Rosangela Garrido Machado Botelho (organizadores). 2ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A.J. T (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 1º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. P. 153-188.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Projeto Vigisus. Acesso em: 31 março de 2007.

BRASIL. Geologia das regiões Centro e Oeste de Mato Grosso do Sul. Projeto Bodoquena. Brasília: DNPM, 1979.

BRASIL. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul. Goiânia: CPRM, 2004.

BRASIL. Identidades da educação ambiental brasileira / Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental. Philippe Pomier Layrargues (coord.). – Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Manual técnico de pedologia. 2 edição. Rio de Janeiro, 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro, 1982. Folha SE. 21 Corumbá.

BRASIL. PCBAP – Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal). Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Brasília, 1997.

BRASIL. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folha Aquidauana - SF.21-X-A. CPRM, 1999.

CÂMARA, G. Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In: ASSAD, E., SANO, E., ed. Sistema de Informações geográficas: aplicações na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 1993.

CAMPOS, Y. De O. **Gestão ambiental: complexidade sistêmica em bacia hidrográfica.** Universidade Federal de Uberlândia. Tese de doutorado. 2010. 187 p.

CAPRA, F.O. **O ponto de mutação.** São Paulo: Cultrix, 1982.

CAPRA, Fritjof. A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo. Ed. Cultrix, 1996.

CARPI JUNIOR, S.C. **Processos Erosivos, Recursos Hídricos e Riscos Ambientais na Bacia do Rio Mogiguaçu.** 2001. 171 f. Tese (Doutorado em Geociências e meio ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2001.

CARVALHO, E. M. de. **Riscos Ambientais em Bacias Hidrográficas: Um Estudo De Caso da Bacia do Córrego Fundo, Aquidauana/MS.** Dissertação de mestrado em Geografia. 160 P. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campus de Aquidauana. Aquidauana, MS, 2007.

CHAVES, H.M.L. Aplicação de modelos na previsão da erosão. In: Simpósio Nacional de Controle da Erosão.1995, Bauru. Anais...Bauru, 1995. P. 49-54.

CHRISTOFOETTI, A. **Análise de sistemas em geografia.** São Paulo – HUCITEC; Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

CORRÊA, S. R. P. Identificação dos Impactos Sócio-Econômicos Resultantes da Implantação de Políticas Públicas na Aldeia Limão Verde em Aquidauana/MS. 249 F. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Aquidauana, 2007.

COSTA, A.L.C. Estudo da vulnerabilidade à erosão com a aplicação da Equação Universal de Perda de Solo na Alta Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira, utilizando SIG/SPRING. Dissertação de Mestrado elaborada junto ao Programa de Pós Graduação em Geociências - Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente – IGCE/UNESP/Rio Claro, 2005, 168 p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S. de; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2001.

CUNHA, S.B. da. Bacias Hidrográficas. In: Geomorfologia do Brasil/ Sandra Baptista da Cunha, Antonio Jose Teixeira Guerra (organizadores). 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

DIAS, J. A construção da paisagem na raia Divisória São Paulo-Paraná-Mato-Grosso do Sul: um estudo por teledetecção. Tese de doutorado. Presidente Prudente. UNESP/FCT, 2003. 266 f.

DIAS, J., SANTOS L., A paisagem e o geossistema como possibilidade de leitura da expressão do espaço sócio-ambiental rural », Confins [Online] , 1 | 2007 , posto online em 11 Junho 2007, Consultado 06 Março 2011. URL : <http://confins.revues.org/10>.

DONZELI,P.; VALÉRIO FILHO, M.; PINTO, S.A.F.; NOGUEIRA, F.P.; ROTTA, C.L.; LOMBARDI NETO. F.; Técnicas de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Diagnóstico Básico para o Planejamento e Monitoramento de Micro Bacias Hidrográficas. Campinas: Documentos IAC, nº 29, 1992. P. 91-119.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA, 1999.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: 1997.

FELGUEIRAS, C.A. A tecnologia SPRING, breve histórico, status atual e evolução. Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil, 11-15 novembro 2006, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.811-824.

FITZ.P.R. Geoprocessamento sem complicações. São Paulo: Oficina de textos, 2008. 160 p.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. Revista do Departamento de Geografia, 17 (2005) 24-29.

FLORENZANO, T. G. Imagens de satélites para estudos ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FONSECA, L. M. G. Restauração de imagens do satélite Landsat por meio de técnicas de projeto de filtros FIR. São José dos Campos. 148p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 1988.

FUJIHARA, A. K. Predição de Erosão e Capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento. Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP. Área de Concentração Ciências Florestais. Piracicaba, 2002.

GALVAN, G. L. Aplicação do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (Iqr), No Aterro Sanitário do Município de Aquidauana/MS, 2007. 50 f. Monografia de conclusão de curso. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2007.

GEORGE, F.H. O uso de modelo na ciência. In: Modelos físicos e de informação em geografia. RJ: Livros técnicos e científicos, p. 20 – 31, 1975.

GOMARASCA, M. A. Basics of Geomatics. National Research Council of Italy, Institute for the Electromagnetic Sensing of the Environment, Milano, Italy. 2004.

GRILO, R.C.; ENAMI, L. Gestão de bacias hidrográficas com o uso de modelo preditivo de erosão dos solos e sistemas de informação geográfica. UNAR, Araras, SP, v.2, n.1, p.21-33, 2008.

GUERRA, A.J. T.; MENDONÇA, J.K.S. **Erosão dos solos e a questão ambiental**. In: Reflexões sobre a geografia física no Brasil. A.C. Vitte e A.J.T. Guerra (org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 225 – 256.

GUERRA, A.J.T. **O início do processo erosivo**. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. BOTELHO, R.G.M. (ORG.) Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 17-55.

GUERRA, A.J.T. **Processos erosivos nas encostas**. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. da (Org.). 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. GUERRA, A.J.T. Um estudo do meio físico com fins de aplicação ao planejamento do uso agrícola da terra no sudoeste de Goiás. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

GUERRA, A.J.T.; BOTELHO, R.G.M. **Erosão dos Solos**. In: Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil (2003). P. 181-227.

HAGGET, P.; CHORLEY, R.J. Modelos, paradigmas e a nova geografia. In: Modelos integrados em geografia. RJ: Livros técnicos e científicos, p. 01 a 22. 1974.

HAGGET, P.; CHORLEY, R.J. Modelos, paradigmas e a nova geografia. In: Modelos físicos e de informação em geografia. RJ: Livros técnicos e científicos, p. 01 – 18. 1975.

LANNA, A.E.L. Gerenciamento de bacias hidrográficas: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995. 171 p.

LEITE, E.F. Caracterização, diagnóstico e zonamento ambiental: o exemplo da bacia hidrográfica do Rio Formigas. 228 f. Tese de doutorado (doutorado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

LORANDI, R.; TAKEMOTO, F.; SALVADOR, N. N. B.; TORRESAN, F.E. Carta de potencial à erosão laminar da parte superior da bacia do Córrego do Monjolinho (São Carlos, SP). Revista brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro. n.053, pp. 111-117, 2001.

MACHADO, P.J. de O. Recursos Hídricos: uso e planejamento. In: GEOSUL: Revista do Departamento de Geociências/Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. V.16, n. 31, p. 103 – 115, jan/jun. 2001.

MAFRA, N. M. C. **Erosão e Planificação de uso do solo**. In: GUERRA, A.J.T.;SILVA, A.S. BOTELHO, R.G.M. (ORG.) Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 301- 322.

MANNIGEL, A.R.; CARVALHO,M.P.; MORETI, D.; MEDEIROS,L.R. Fator Erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. Acta Scientiarum. Maringá, v.24.n.5, p. 1335-1340. 2002.

MARCOMIN, F.E. Análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Pinheiros (municípios de Orleans e São Ludgero, SC), com base na caracterização e diagnóstico dos elementos da paisagem e da perda de solo por erosão laminar. 2002. 155f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2002.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Planejamento e de Ciência e Tecnologia. Diagnóstico socioeconômico de Mato Grosso do Sul, 2003.

MATTOS, S. H. V. L. de; PEREZ FILHO, A. P. Inter-relações entre sistemas físico-natural e sócio-econômico e qualidade ambiental na bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão (Campinas – SP). In: XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005, São Paulo. Anais...São Paulo, 2005.

MELLO, N. A. de. Gestão em Bacias Hidrográficas Urbanas para Superação de Comprometimento Ambiental. In: Boletim Paulista de Geografia. n. 76. São Paulo. Dezembro/1999. P. 23 – 66.

MENDES, I.A. A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na Bacia do Córrego Lafon-Araçatuba-SP. 1993. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 1993.

MEZZOMO, M.M. Dinâmica da paisagem e a organização das pequenas propriedades rurais em Marechal Cândido Rondon-PR. Geoambiente On-line. Jataí-UFG. N. 11. Julho/2008.

MIRANDA, J. I. Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425 p.

MOREIRA, M. A. Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 4. Ed. atual.ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. 422 p.

MOREIRA, M. A. Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3. Ed. atual.ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007. 320 p.

MORIN, E. O Método 1 - a natureza da natureza. Trad. de Ilana Heinberg. 2 ed. Porto Alegre: 2003. 479 p.

MOURA, A.C.M. Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano. 2ª edição. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2005. 294 p.

NASCIMENTO, F.R. do; SAMPAIO, J.L.F. Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. Revista de geografia de Sobral, Sobral, V. 6/7, n.01, p. 167-179, 2004/2005.

NISHIYAMA, Luiz. Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000: aplicação no município de Uberlândia – MG. Escola de engenharia de São Carlos, Campus de São Carlos, 1998.

NOVO, Evelyn M. L. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Edgard Blucher, 1993.

OLIVEIRA, A. M. S. ; SALOMÃO, J. P. ; PONÇANO, W.L. . Questões metodológicas em diagnósticos regionais de erosão: a experiência pioneira da Bacia do Peixe-Parapanema. In: 4º Simpósio Nacional de Controle de erosão, ABGE, 1987, Marília_SP. ..., 1987. P. 51-71.

OLIVEIRA, A.M.M. de. Aplicação de geotecnologias e do modelo EUPS como subsídio ao Planejamento do uso da terra: Estudo de caso no Alto Curso da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, Iracemópolis, SP. 119 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, 2004.

OLIVEIRA, A.M.M.; PINTO, S.A.F; LOMBARDI NETO, F. Caracterização de indicadores da erosão do solo em bacias hidrográficas com o suporte de geotecnologias e

modelo predictivo. Estudos Geográficos, Rio Claro, 5(1): 63-86, 2007. Disponível em: <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/estgeo>. Acesso 05 de dezembro de 2009.

PARANHOS FILHO, A. C.; LASTORIA, G.; TORRES, T.G. Sensoriamento remoto ambiental aplicado: introdução as geotecnologias. Campo grande, MS: Ed. UFMS, 2008. 198 P.

PEDRO, F.G; LORANDI, R. Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos-SP. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro nº 56/01, 2004, p. 28 – 33.

PEREIRA, R. H. G.; GALVAN, G. L. Estudo Limnológico no Córrego João Dias: Uma Abordagem Longitudinal e Sazonal. 2006. 19 f. Relatório Final de Iniciação Científica. UFMS. Campus de Aquidauana, Aquidauana/MS.

PERINOTTO, J.A. de J. Análise estratigráfica dos grupos Rio Ivaí (O-S), Paraná (D) e Aquidauana (C-P) – Bacia Sedimentar do Paraná- no centro-oeste brasileiro. 165 p. Tese de Livre Docência. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1997.

PINHEIRO, L. S.; CUNHA, C.M.L. Utilização do fator topográfico (LS) da EUPS para predição de processos erosivos. Simpósio de Pós-Graduação do Estado de São Paulo – SIMPGEO-SP; VIII Seminário de Pós-Graduação em Geografia da Unesp – Rio Claro. Rio Claro, 2008.

PINTO, A. L. **Saneamento básico e suas implicações na qualidade das águas subterrâneas da Cidade de Anastácio (MS)**. 1998. 175p. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista/Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 1998.

PINTO, S. A. F.; GARCIA, G.J. Experiências de aplicação de geotecnologias e modelos na análise de bacias hidrográficas. Revista do Departamento de Geografia, 17, p. 30-37, 2005.

PINTO, S.A.F. Contribuição Metodológica para Análise de Indicadores da Erosão do Solo Utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Modelo Predictivo. Rio Claro, IGCE/UNESP. Tese de Livre Docência. 1996.

PINTO, S.A.F. Sensoriamento Remoto e Integração de Dados Aplicados no Estudo da Erosão dos Solos: Contribuição Metodológica. São Paulo: Universidade de São Paulo. 1991 (Tese Doutorado).

PIRES, J.S.R.; SANTOS, J. E. dos. Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. *Ciência Hoje*. V. 19, n. 110. p. 40 – 45. 1995.

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S. Geossistema Território e Paisagem - Método de Estudo da Paisagem Rural Sob a Ótica Bertrandiana. *Geografia* - v. 18, n. 1, jan./jun. 2009 – Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências.

RIDENTE JR., J.L.; CANIL, K.; ALMEIDA, M.C.J. & MONTEIRO, C.M.C., 2001. Análise da erosão no município de São Manuel, SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7., 2001, Goiânia.

ROCHA, C.H.B. **Geoprocessamento: Tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: Ed. do autor, 2000.

ROCHA, O; PIRES, J.S.; SANTOS, J.E. dos. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. In: **A bacia hidrográfica do córrego monjolinho**. São Carlos: RIMA, 2000.

RODRIGUEZ, A. C. M. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados na análise da gestão ambiental no Município de São Sebastião. 2005. 201p. Dissertação em Geografia. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

ROSA, R. BRITO, J.L.S. Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica. Uberlândia, 1996.

ROSA, R. Introdução ao Sensoriamento Remoto. Uberlândia: EDUFU, 2007.

ROSSETTI, L.A.F.G. Geotecnologias aplicadas à caracterização e mapeamento das alterações da cobertura vegetal intra-urbana e da expansão urbana da cidade Rio Claro (SP). *115 F*. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista/ Rio Claro. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2007.

SALOMÃO, F.X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A.J.T.;SILVA, A.S. BOTELHO, R.G.M. (ORG.) Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 229- 267.

SANT'ANNA NETO, J. L. O Caráter Transicional do Clima e a Diversidade da Paisagem Natural na Região de Aquidauana. In: II Semana de Estudos Geográficos: Desenvolvimento e Geografia 2, 1993, Aquidauana. Anais...UFMS/CEUA, v.1, p. 118-128.

SANTOS, R. F. dos. Planejamento Ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SILVA, A. S. da. Análise morfológica dos solos e erosão. In: GUERRA, A.J.T.;SILVA, A.S. BOTELHO, R.G.M. (ORG.) Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 101-126.

SILVA, J. F. **Técnicas de Mapeamento para Elaboração de Zoneamento Ambiental: Um Estudo de Caso da Bacia do Córrego João Dias.** 2002. 95 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2002.

SILVA, J.X., SOUZA.M.J.C. **Análise Ambiental.** Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1996.

SILVA, M. C. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas na bacia do córrego João Dias, Aquidauana/MS. Monografia de conclusão de curso. 2007. 65 f. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2007.

SILVA, M. C. V. da; TRIANO, A. B. S. **Teoria Geral dos Sistemas em geografia: reflexões sobre a paisagem.** In. XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. São Paulo, 2005. Anais..., São Paulo, 2005.

SILVA, R. M. da. **Introdução ao geoprocessamento: conceitos, técnicas e aplicações.** Novo Hamburgo: Feevale, 2007.

SILVA, V. C. da. Erosão atual, erosão potencial e aporte de sedimento na Bacia do Rio Paracatu (MG/GO/DF). 108 f. Tese de doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília, 2001.

SINGH, V. P.; FIORENTINO, M. (1996). Geographical Information Systems in Hydrology. London, Kluwer Academic Publishers, 445 p.

SOARES PC & FIORI AP. 1976. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. Not. Geomorfol., Campinas-SP, 16(32): 71-104.

STEIN, D.P.; DONZELLI,P.L.; GIMENEZ,A.F.; PONÇANO, W.L. NETO, F.L. Potencial de Erosão Laminar, Natural e Antrópico, na bacia do Peixe – Paranapanema. ABGE, 1987, Marília_SP. ..., 1987. P. 105- 135.

TRICART, J. Ecodinâmica. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Superintendência de Recursos Naturais e Meio ambiente. Diretoria Técnica. Rio de Janeiro, p. 97, 1977. Original publicado em 1965, na França.

TROPMAIR, H. (2004). **Sistemas/ Geossistemas/ Geossistemas Paulistas/ Ecologia da Paisagem**. Rio Claro: Edição do autor, 2004.

TROPMAIR, H.; GALINA, M.H. **Geossistemas**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 05, número 10, 2006.

VENIZIANI JUNIOR, J.C.T. Utilização de índices de vegetação para estimativa da proteção do solo pela cobertura vegetal: uma contribuição para o uso da equação universal das perdas de solo. Dissertação de mestrado elaborada junto ao Curso de Pós-Graduação em Geografia - Área de Concentração em Análise da Informação Espacial Instituto de Geociências e Ciências Exatas Campus de Rio Claro, 2003.

WEILL, M.A.M.; ROCHA, J.V., LAMPARELLI, R.A. Potencial natural de erosão e riscos de degradação na bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu (SP). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7., 2001, Goiânia. Anais.

APÊNDICE 01

DESCRIÇÃO GERAL:																																											
AMOSTRAGEM N°:	DATA:	PROFUNDIDADE:	COORDENADAS:																																								
CLASSIFICAÇÃO:		LOCALIZAÇÃO:																																									
SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL:		LITOLOGIA E UNIDADE LITOSTRATIGRÁFICA:																																									
USO ATUAL:		TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E ÓXIDO DE FERRO:																																									
RELEVO LOCAL: <table border="1"> <tr><td>Plano</td><td>Forte ondulado</td></tr> <tr><td>Suave ondulado</td><td>Montanhoso</td></tr> <tr><td>Ondulado</td><td>Escarpado</td></tr> </table>		Plano	Forte ondulado	Suave ondulado	Montanhoso	Ondulado	Escarpado	VEGETAÇÃO PRIMÁRIA <table border="1"> <tr><td>Floresta</td><td>Restinga</td></tr> <tr><td>Cerrado</td><td>Campo</td></tr> <tr><td>Cerradão</td><td>Outro</td></tr> </table>		Floresta	Restinga	Cerrado	Campo	Cerradão	Outro																												
Plano	Forte ondulado																																										
Suave ondulado	Montanhoso																																										
Ondulado	Escarpado																																										
Floresta	Restinga																																										
Cerrado	Campo																																										
Cerradão	Outro																																										
DRENAGEM: <table border="1"> <tr><td>Muito mal drenado</td><td>Bem drenado</td></tr> <tr><td>Mal drenado</td><td>Acentuadamente drenado</td></tr> <tr><td>Imperfeitamente drenado</td><td>Fortemente drenado</td></tr> <tr><td>Moderadamente drenado</td><td>Excessivamente drenado</td></tr> </table>		Muito mal drenado	Bem drenado	Mal drenado	Acentuadamente drenado	Imperfeitamente drenado	Fortemente drenado	Moderadamente drenado	Excessivamente drenado	EROSÃO: <table border="1"> <tr><th colspan="2">Classe</th><th>Tipo</th></tr> <tr><td>Não aparente</td><td>Forte</td><td>Laminar</td></tr> <tr><td>Ligeira</td><td>Muito forte</td><td>Sulcos</td></tr> <tr><td>Moderada</td><td>Extremamente forte</td><td>Ravinas</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>Voçoroca</td></tr> </table>		Classe		Tipo	Não aparente	Forte	Laminar	Ligeira	Muito forte	Sulcos	Moderada	Extremamente forte	Ravinas			Voçoroca																	
Muito mal drenado	Bem drenado																																										
Mal drenado	Acentuadamente drenado																																										
Imperfeitamente drenado	Fortemente drenado																																										
Moderadamente drenado	Excessivamente drenado																																										
Classe		Tipo																																									
Não aparente	Forte	Laminar																																									
Ligeira	Muito forte	Sulcos																																									
Moderada	Extremamente forte	Ravinas																																									
		Voçoroca																																									
TEXTURA <table border="1"> <tr><td>areia</td><td>franco-argiloarenosa</td><td>argila</td><td>silte</td></tr> <tr><td>areia-franca</td><td>franco-argilosiltosa</td><td>argiloarenosa</td><td>orgânica</td></tr> <tr><td>franco-arenosa</td><td>franco-argilosa</td><td>argilosiltosa</td><td>orgânica fibrosa</td></tr> <tr><td>franco</td><td>franco-siltosa</td><td>muito argilosa</td><td></td></tr> </table>		areia	franco-argiloarenosa	argila	silte	areia-franca	franco-argilosiltosa	argiloarenosa	orgânica	franco-arenosa	franco-argilosa	argilosiltosa	orgânica fibrosa	franco	franco-siltosa	muito argilosa		COR <table border="1"> <tr><th colspan="4">Mosqueado ou Variado</th></tr> <tr><th>Matriz</th><th>Código Munsell</th><th>Tamanho</th><th>Contraste</th></tr> <tr><td>Umidade</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> Seca</td><td>Pouco</td><td>pequena</td><td>difusa</td></tr> <tr><td> Úmida</td><td>Comum</td><td>média</td><td>distinta</td></tr> <tr><td>Úmida amassada</td><td>Abundante</td><td>grande</td><td>proeminente</td></tr> </table>		Mosqueado ou Variado				Matriz	Código Munsell	Tamanho	Contraste	Umidade				Seca	Pouco	pequena	difusa	Úmida	Comum	média	distinta	Úmida amassada	Abundante	grande	proeminente
areia	franco-argiloarenosa	argila	silte																																								
areia-franca	franco-argilosiltosa	argiloarenosa	orgânica																																								
franco-arenosa	franco-argilosa	argilosiltosa	orgânica fibrosa																																								
franco	franco-siltosa	muito argilosa																																									
Mosqueado ou Variado																																											
Matriz	Código Munsell	Tamanho	Contraste																																								
Umidade																																											
Seca	Pouco	pequena	difusa																																								
Úmida	Comum	média	distinta																																								
Úmida amassada	Abundante	grande	proeminente																																								
PEDREGOSIDADE <table border="1"> <tr><td>Não pedregosa</td><td>Não rochosa</td></tr> <tr><td>Ligeiramente Pedregosa</td><td>Ligeiramente rochosa</td></tr> <tr><td>Pedregosa</td><td>Rochosa</td></tr> <tr><td>Muito Pedregosa</td><td>Muito rochosa</td></tr> </table>		Não pedregosa	Não rochosa	Ligeiramente Pedregosa	Ligeiramente rochosa	Pedregosa	Rochosa	Muito Pedregosa	Muito rochosa	CÓDIGO MUNSSELL <table border="1"> <tr><td>Código Munsell</td><td>Código Munsell</td></tr> </table>		Código Munsell	Código Munsell																														
Não pedregosa	Não rochosa																																										
Ligeiramente Pedregosa	Ligeiramente rochosa																																										
Pedregosa	Rochosa																																										
Muito Pedregosa	Muito rochosa																																										
Código Munsell	Código Munsell																																										

APÊNDICE 02

QUESTIONÁRIO					
1. DADOS DA PROPRIEDADE					
NOME DA PROPRIEDADE:					
NOME DO PROPRIETÁRIO:					
ÁREA:			LOCALIZAÇÃO:		
PROPRIETÁRIO RESIDE NA PROPRIEDADE:		SIM			NÃO
CASO NÃO RESIDA, QUANTOS DIAS DA SEMANA SE DESLOCA PARA A PROPRIEDADE:					
O PROPRIETÁRIO POSSUI OUTRA ATIVIDADE ECONÔMICA:					
QUAIS AS FONTES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA PROPRIEDADE:					
AS RESIDÊNCIAS POSSUEM LIGAÇÃO INTERNA DE ÁGUA:					
QUAL O DESTINO DADO AO ESGOTO DOMICILIAR:					
QUAL O DESTINO DADO AOS RESÍDUOS SÓLIDOS:					
2. DADOS SOCIAIS					
QUANTAS RESIDÊNCIAS POSSUI A PROPRIEDADE:					
QUANTAS PESSOAS RESIDEM NA PROPRIEDADE:					
DADOS DOS RESIDENTES					
NOME	SEXO	ESCOLARIDADE	OCUPAÇÃO FUNCIONAL	TEMPO NA FUNÇÃO	FAIXA SALARIAL
3. DADOS PRODUTIVOS					
QUAL A PRINCIPAL ATIVIDADE DESENVOLVIDA NA PROPRIEDADE:					
HÁ QUANTO TEMPO ELA É DESENVOLVIDA:					
QUAL A ATIVIDADE SECUNDÁRIA:					
HÁ QUANTO TEMPO ELA É DESENVOLVIDA:					
AGRICULTURA					
QUAL O TIPO DE AGRICULTURA PRATICADA:		SUBSISTÊNCIA		EMPRESARIAL	
QUAL O CULTIVO E A ÁREA:					
QUE PRÁTICA DE CONTROLE DE PRAGAS É UTILIZADO NA PROPRIEDADE:					
SE UTILIZA AGROTÓXICO OU ADUBO NATURAL, QUAL O NOME E FREQUÊNCIA DE UTILIZAÇÃO:					
PECUÁRIA					
TIPO DE PASTAGEM:		CULTIVADA/ÁREA:		NATIVA/ÁREA:	
TIPO E PERIODICIDADE DE MANEJO:					

QUAIS AS TÉCNICAS CONSERVACIONISTAS UTILIZADAS:

UTILIZA ADUBO QUÍMICO, QUAL O NOME E FREQUÊNCIA DE UTILIZAÇÃO:

QUAL A FORMA DE LIMPEZA DOS CURRAIS E POCILGAS:

QUAL A PERIODICIDADE DA LIMPEZA:

QUAL O DESTINO DA ÁGUA UTILIZADA NA LIMPEZA:

QUAL O DESTINO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA LIMPEZA:

QUANTIDADE DE INVERNADAS: N° DE ANIMAIS POR INVERNADA:

SE POSSUI ANIMAIS CONFINADOS, ÁREA E QUANTIDADE DE ANIMAIS:

QUAL A DESTINAÇÃO DAS EMBALAGENS DE FERTILIZANTES E PESTICIDAS:

QUAL É A ÁREA DE RESERVA LEGAL DA PROPRIEDADE:

4. PERCEÇÃO DO RISCO

A PROPRIEDADE TEM PROBLEMAS COM PROCESSOS EROSIVOS?

VOCÊ ACREDITA QUE AS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA PROPRIEDADE PODEM COMPROMETER O SOLO E A QUALIDADE DA ÁGUA?

QUAIS ATIVIDADES?

QUAIS AS MEDIDAS IMPLEMENTADAS PARA EVITAR O COMPROMETIMENTO DO SOLO E DA ÁGUA?

HOUVE MUDANÇAS NO CÔRREGO JOÃO DIAS NOS ÚLTIMOS ANOS?

QUAIS FORAM AS MUDANÇAS OBSERVADAS:

A QUALIDADE DA ÁGUA É UMA PREOCUPAÇÃO NA PROPRIEDADE, PORQUE:

OBSREVAÇÕES:

APÊNDICE 03

PROGRAMAÇÃO PARA GERAÇÃO DO PNE

```

{
Tematico L ("CRampa"); Tematico D ("Declive"); Tematico K ("Erodibilidade"); Tematico R
("ErosividadeR");
Tabela tabL (Ponderacao); Tabela tabD (Ponderacao); Tabela tabK (Ponderacao); Tabela
tabR (Ponderacao);
MNT Lpond ("LMNT"); MNT Dpond ("DMNT"); MNT Kpond ("KMNT"); MNT Rpond
("RMNT"); MNT PNEpond ("PNEMNT");
L = Recupere( Nome = "L" ); D = Recupere( Nome = "D" ); K = Recupere( Nome = "K" ); R
= Recupere( Nome = "R" );
tabL = Novo( CategoriaIni = "CRampa",
"< 250" : 32.4117,
"250 - 750" : 64.7573,
"750 - 2000" : 120.1293,
"2000 - 5000" : 213.9691);
tabS = Novo( CategoriaIni = "Declive",
"<6" : 8.2836,
"6-12" : 18.7687,
"12-20" : 34.2938,
">20" : 202.3048);
tabK = Novo( CategoriaIni = "Erodibilidade",
"0,0785" : 0.0785,
"0,0397" : 0.0397,
"0,0545" : 0.0545,
"0" : 0);
tabR = Novo( CategoriaIni = "ErosividadeR",
"6200-7000" : 7000,
"7000-7800" : 7800,
"7800-8600" : 8600,
"8600-9400" : 9400,
"9400-10200" : 10200);

```

```
Lpond = Novo( Nome = "LMNT" , ResX = 30 , ResY = 30 , Escala = 60000, Min=0,
Max=5000);
Dpond = Novo( Nome = "DMNT" , ResX = 30 , ResY = 30 , Escala = 60000, Min=6,
Max=90);
Kpond = Novo( Nome = "KMNT" , ResX = 30 , ResY = 30 , Escala = 60000, Min=0,
Max=0.0785);
Rpond = Novo( Nome = "RMNT" , ResX = 30 , ResY = 30 , Escala = 60000, Min=6000,
Max=10200);
PNEpond = Novo( Nome = "PNEMNT" , ResX = 30 , ResY = 30 , Escala = 60000, Min=0,
Max=80000);
Lpond = Pondere ( L , tabL );
Dpond = Pondere ( D , tabD );
Kpond = Pondere ( K , tabK );
Rpond = Pondere ( R , tabR );
PNEpond= (0.00984*Lpond*Dpond)*Kpond*Rpond;

}
```

APÊNDICE 04**PROGRAMAÇÃO PARA GERAÇÃO DO POTENCIAL À EROSÃO LAMINAR**

```

{
Tematico PNE ("PNETEM"); Tematico USO ("Uso_2012");
Tabela tabpne (Ponderacao); Tabela tabuso (Ponderacao);
MNT PNEMNT ("PNEMNT2"); MNT USOMNT ("USOMNT"); MNT PEL ("PELMNT");
PNE = Recuperar( Nome = "PNE" ); USO = Recuperar( Nome = "Usorec" );
tabpne = Novo( CategoriaIni = "PNETEM",
    "Muito Alto" : 1,
    "Alto" : 2,
    "Medio" : 3,
    "Baixo" : 4,
    "Nulas" : 5 );
tabuso = Novo( CategoriaIni = "Uso_2012",
    "agricultura_classe1" : 1,
    "Pastagem_classe2" : 2,
    "áreaurbana_classe3" : 3,
    "vegetaçãonatural_classe4" : 4,
    "Corposagua_classe5" : 5 );
PNEMNT = Novo( Nome = "PNEMNT2", ResX = 30 , ResY = 30 , Escala = 60000 );
USOMNT = Novo( Nome = "USOMNT" , ResX = 30 , ResY = 30 , Escala = 60000 );
PEL = Novo( Nome = "PELMNT" , ResX = 30 , ResY = 30 , Escala = 60000 );
PNEMNT = Pondere ( PNE , tabpne );
USOMNT = Pondere ( USO , tabpne );
PEL = PNEMNT + USOMNT;
}

```