

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 27/07/00

Ass.: *luzareth*

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ALTA BACIA DO RIO
AQUIDAUANA/MS E IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS DO
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DOS
RECURSOS HÍDRICOS**

EVA TEIXEIRA DOS SANTOS

DEDALUS - Acervo - EESC



31100016493

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental.

ORIENTADOR: Profº Dr. Luiz Antonio Daniel



São Carlos
2000

Class.	TESE-EESC
Cutt.	5300
Tombo	T0177/00

36600016493

st 1099 458

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

S237c Santos, Eva Teixeira dos
Caracterização ambiental da alta bacia do Rio
Aquidauana/MS e identificação dos impactos do uso e
ocupação do solo na qualidade dos recursos hídricos /
Eva Teixeira dos Santos. -- São Carlos, 2000.

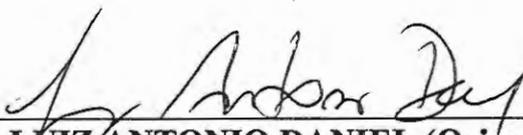
Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2000.
Área: Ciências da Engenharia Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Luiz Antonio Daniel.

1. SIG/IDRISI. 2. Qualidade da água. 3. Uso e
ocupação do solo. 4. Suscetibilidade à erosão.
5. Assoreamento. I. Título.

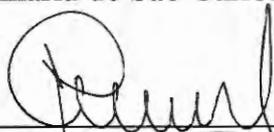
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidata: Licenciada **EVA TEIXEIRA DOS SANTOS**

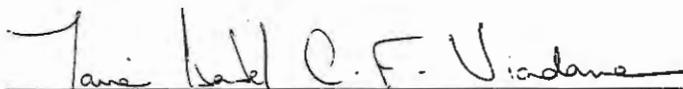
Dissertação defendida e aprovada em 26-06-2000
pela Comissão Julgadora:



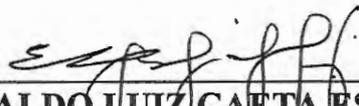
Prof. Doutor **LUIZ ANTONIO DANIEL (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **MARCOS CESAR FERREIRA**
(UNESP - Campus de Rio Claro)



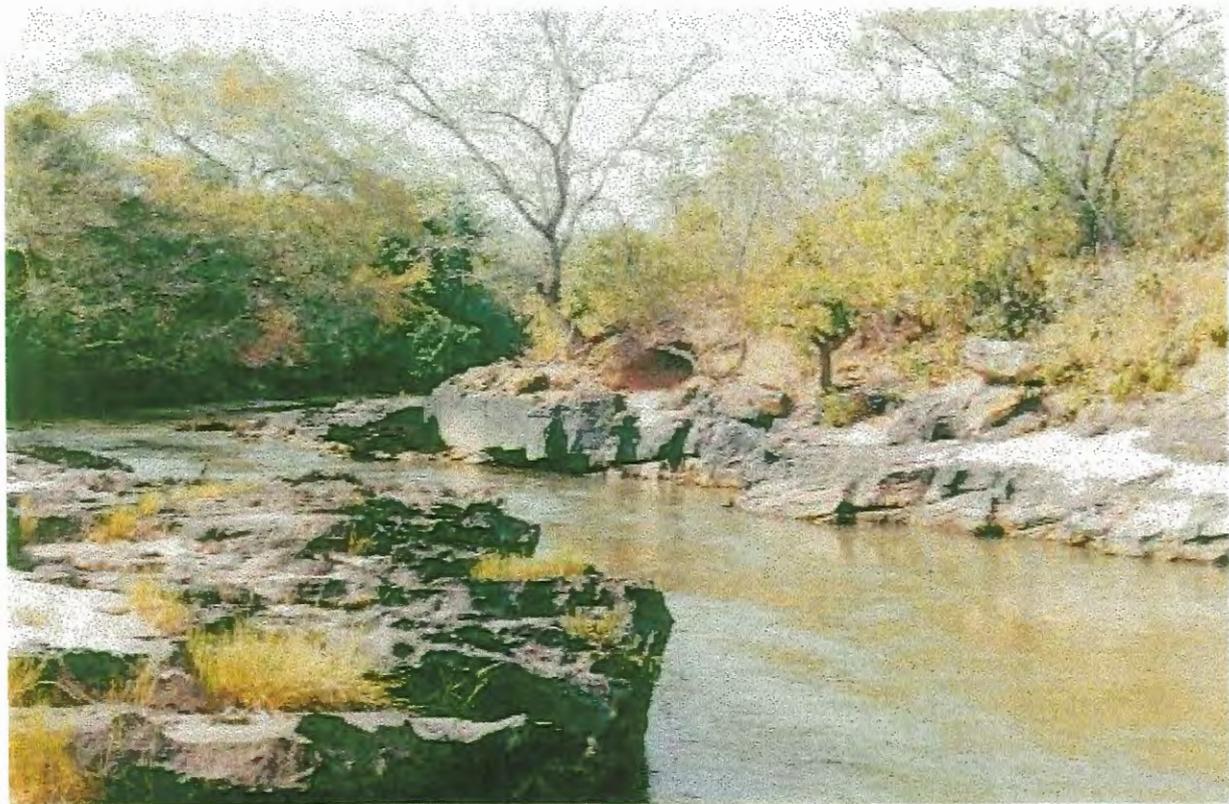
Profa. Doutora **MARIA ISABEL CASTREGHINI DE FREITAS VIADANA**
(UNESP - Campus de Rio Claro)



Prof. Doutor **IVALDO LUIZ GAETA ESPÍNDOLA**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Engenharia Ambiental



JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC



“O desenvolvimento só se tornará sustentável quando não necessítarmos de nenhum adjetivo que o acompanhe”

Adaptado de Ignacy Sachs

Aos meus pais Olávio e Alaíde, que
com sua simplicidade sempre lutaram para
que fôssemos pessoas dignas, humildes e
de caráter, dedico todas as minhas
conquistas...

AGRADECIMENTOS

Ao professor Luiz Antonio Daniel pela ousadia em aceitar trabalhar no Mato Grosso do Sul, bem como a orientação, atenção e amizade que foram fundamentais no decorrer deste trabalho.

À FAPESP (Processo nº 98/01268-5) pelo apoio financeiro e reconhecimento da importância deste trabalho, bem como da pesquisa de uma forma geral.

Aos professores, coordenadores e funcionários do CRHEA, SHS, CISC, biblioteca e secretaria de pós – graduação que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse possível.

À SEMADES/MS pelo apoio e disponibilidade de informações necessárias ao desenvolvimento do trabalho.

Aos amigos Evaldo Luiz Gaeta Espíndola, João Sé e Afrânio José Soriano Soares pelo incentivo aos “pantaneiros” em prosseguir a carreira acadêmica.

Ao “Vitinho” pela amizade, disponibilidade e boa vontade, que lhes são peculiar e que foram imprescindíveis na realização deste trabalho.

Aos amigos, Reginaldo, Rachel, Aurélio, Guilherme, Sissy, Ruth, Pattinha, Silvana, Marcos, Marcelo, Maira, Aldo, Marlon, Tony, Andréia, entre outros, que conviveram conosco no LAB/SIG durante este período, contribuindo de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho e que com certeza serão lembrados com muito carinho.

Aos amigos sul – matogrossenses Val, Tony, Giselle, Ricardo, Paulino, João, Mirian que acabaram se tornando uma “grande família pantaneira”, mantendo a tradição do “tereré”, do “churrasco com mandioca”, do “arroz à carreteiro” e da dança do “chamamé”, tentando minimizar a saudade de casa...

Aos amiguinhos que passaram pela república Rosa, Rosana, Val, Tony, Clóvis, Mara, Naísa, Ivaneide, Giselle e aos que ainda permanecem Patrícia, Jucélia, Valdir e Simone pelo apoio, incentivo e a convivência maravilhosa que compartilhamos durante esse período.

Aos amigos Fernanda, Iracema, Patrícia, Nájila, Adeildo, Érica, Eneida, Caê, Miller, Fabiano, Fernando, Silvio, Luciene, Sílvia, Dirlane, Andréa, Cíclene, Katy, Roberto Simão, Diana, Celina, Márcia, Lucy, Fábio, William, Davi e a todas as amizades que conquistei ao longo das disciplinas, do curso e da minha passagem por esta cidade que tão bem me acolheu.

Aos meus pais Olávio e Alaide, meus irmãos Alice, Edson, Eliane e Eduardo, meu cunhado Inácio e minha sobrinha Carolina pelo carinho, compreensão e incentivo em mais esta etapa da vida. Agradeço à toda minha família (se fosse citar nomes daria muitas páginas) mas que sempre me incentivaram em prosseguir.

Ao Éber pelo apoio durante o trabalho de campo.

Aos amigos aquidauanenses Maria, Francisco, Gilmar, Helena, Delci, Valter e todos os outros aqui não citados, pela força, amizade sincera e o carinho de sempre.

Ao Clóvis pelo amor, compreensão e carinho a mim dedicados no decorrer deste trabalho.

À todas as pessoas que aqui não foram citadas, mas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

À DEUS, por tudo...

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT.....	viii
1 - INTRODUÇÃO.....	01
2 - OBJETIVOS	05
3 - REVISÃO DA LITERATURA.....	06
3.1 - Bacias Hidrográficas como Unidade de Estudo e Planejamento.....	06
3.2 - Integração Sensoriamento Remoto e SIG	08
3.3 - Poluição Hídrica	12
3.4 - Agropecuária e Erosão do Solo.....	14
3.5 - Aspectos Legais Relevantes	23
4 - MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 - Localização e Caracterização da Área em Estudo.....	29
4.2 - Desenvolvimento do Trabalho.....	41
4.2.1 - Materiais Utilizados.....	41
4.2.2 - Digitalização.....	42
4.2.3 - Entrada de Dados no Idrisi.....	44
4.2.4 - Processamento Digital das Imagens.....	44
4.2.5 - Elaboração dos Mapas Sínteses.....	47
4.2.1.1 – Mapa de Declividade.....	47

4.2.1.2 – Uso e Ocupação do Solo nos anos de 1985 e 1998.....	49
4.2.1.3 - Mapa de Suscetibilidade à Erosão.....	57
4.2.1.4 - Mapa de Aptidão Agrícola das Terras.....	59
4.2.1.5 - Mapa Geomorfológico.....	61
4.2.1.6 - Mapa da Qualidade Ambiental.....	61
4.2.1.7 - Limite da Bacia.....	63
4.2.1.8 - Mapa das Áreas Sujeitas à Erosão nas Margens dos Cursos d'água.....	64
4.2.1.9 – Mapa de Adequação Ambiental.....	65
4.2.6 - Trabalho de Campo.....	67
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
5.1– Análise da Suscetibilidade à Erosão.....	68
5.2 - Alterações na Cobertura e Uso do Solo nas Cabeceiras do Rio Aquidauana/MS, no Período de 1985 e 1998.....	77
5.3 - Análise da Qualidade ambiental.....	84
5.4 - Áreas Sujeitas à Erosão nas Margens dos Cursos d' Água.....	85
5.5 - Adequação Ambiental.....	90
5.6 - Uso e Ocupação do Solo Associado à Qualidade da Água	93
5.7 - Possível Influência das Atividades Antrópicas no Planalto na Deposição de Sedimentos no Pantanal Sul-Matogrossense.....	112
6 - CONCLUSÕES	115
7 - RECOMENDAÇÕES	118
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122

LISTA DE FIGURAS

FIGURA - 01: Localização da Área em Estudo no Brasil e no Mato Grosso do Sul.....	30
FIGURA - 02: Mapa Hidrográfico da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS demonstrando a localização dos pontos de coleta da SEMADES/MS.....	31
FIGURA - 03: Presença de Modelados Tabulares no Chapadão de São Gabriel....	32
FIGURA – 04: Mapa Pedológico do Rio Aquidauana/MS – Área em Estudo.....	34
FIGURA – 05: Mapa Geomorfológico da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em Estudo.....	36
FIGURA – 06: Precipitação Média Anual.....	38
FIGURA – 07: Precipitação Média Mensal no Período de 1986 a 1998 (Período Seco e Chuvoso).....	39
FIGURA – 08: Síntese da Metodologia Utilizada na Digitalização.....	43
FIGURA – 09: Representação Esquemática da Metodologia Utilizada na Confecção dos Mapas Sínteses	48
FIGURA – 10: Aspectos da Vegetação Nativa (Cerradão) e Mata de Galeria, com Presença da Palmeira Buriti.....	51
FIGURA – 11: Aspectos do Campo Sujo com a Serra de São Gabriel ao Fundo...53	
FIGURA –12: Vista de Pastagens Plantadas (Brachiária), em Solos Arenosos e em Relevo Plano.....	54

FIGURA –13: Aspectos da Plantação de Trigo e Milho Chegando até às Margens do rio.....	55
FIGURA - 14: Vista de uma área com solo exposto, mostrando o contraste entre solo exposto (área para plantio) e pastagens (áreas abandonadas).....	56
FIGURA - 15: Mapa de Aptidão Agrícola das Terras da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em Estudo.....	59
FIGURA – 16: Mapa de Classes de Declividade da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em Estudo.....	73
FIGURA – 17: Mapa de Erodibilidade da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em Estudo.....	74
FIGURA – 18: Mapa de Suscetibilidade à Erosão da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em Estudo.....	78
FIGURA – 19: Aspecto dos processos erosivos bastante acelerado na nascente principal do Rio Aquidauana/MS (Córrego Água Limpa).....	79
FIGURA – 20: Mapa de Uso e Ocupação do Solo em 1985 da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em Estudo.....	82
FIGURA – 21: Mapa de Uso e Ocupação do Solo em 1998 da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em Estudo.....	83
FIGURA – 22: Mapa da Qualidade Ambiental da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em Estudo.....	86
FIGURA – 23: Ausência de Vegetação ciliar acelerando o processo de erosão nas margens dos corpos d'água (assoreamento).....	88
FIGURA - 24: Mapa de Áreas Sujeitas à Erosão nas Margens dos Cursos d' Água da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em Estudo.....	89

FIGURA - 25: Mapa de Adequação Ambiental da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em Estudo.....	92
FIGURA – 26: Variação Temporal e Espacial do Oxigênio Dissolvido no trecho em Estudo do Rio Aquidauana/MS.....	99
FIGURA – 27: Vista do ponto de monitoramento AQ0575 (nascente) mostrando a presença de macrófitas.....	100
FIGURA – 28: Variação Temporal e Espacial de pH no trecho em Estudo do Rio Aquidauana/MS.....	102
FIGURA – 29: Variação Temporal e Espacial de Fosfato Total no trecho em Estudo do Rio Aquidauana/MS.....	104
FIGURA – 30: Variação Temporal e Espacial de Nitrogênio Orgânico e Amoniacal no trecho em Estudo do Rio Aquidauana/MS.....	106
FIGURA – 31: Variação Temporal e Espacial da Turbidez no trecho em Estudo do Rio Aquidauana/MS.....	108
FIGURA – 32: Variação Temporal e Espacial de Sólidos Totais no trecho em Estudo do Rio Aquidauana/MS.....	110
FIGURA – 33: Variação Temporal e Espacial de Coliformes Fecais no trecho em Estudo do Rio Aquidauana/MS.....	112

LISTA DE TABELAS

TABELA – 01: Dados de agregados estáveis e de índice de infiltração correlacionados com manejo de culturas.....	18
TABELA – 02: Legenda do Mapa Pedológico da Área em Estudo.....	35
TABELA – 03: Legenda do Mapa Geomorfológico da Área em Estudo.....	37
TABELA – 04: Intervalos de Classes de Declividade da Área em Estudo.....	47
TABELA – 05: Graus de Erodibilidade dos Solos da área em estudo.....	57
TABELA – 06: Matriz de decisão para determinação dos graus de suscetibilidade à erosão	58
TABELA -07: Classes de uso e ocupação do solo, suscetibilidade à erosão, qualidade ambiental e capacidade de suporte.....	63
TABELA -08: Matriz de decisão para determinação das classes de adequação ambiental	66
TABELA -09: Áreas dos intervalos de declividade	70
TABELA -10: Áreas das Classes de erodibilidade.....	71
TABELA -11: Áreas de suscetibilidade à erosão.....	72
TABELA -12: Comparação das classes de uso do solo em 1985 e 1998.....	81
TABELA -13: Áreas das classes de qualidade ambiental.....	85
TABELA -14: Classes de adequação ambiental.....	91
TABELA -15: Oxigênio Dissolvido no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS.....	98

TABELA -16: pH no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS.....	101
TABELA -17: Fosfato Total no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS.....	103
TABELA -18: Nitrogênio Orgânico e Amoniacal no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS.....	105
TABELA – 19: Turbidez no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS.....	107
TABELA – 20: Sólidos Totais no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS.....	109
TABELA – 21: Coliformes Fecais no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS.....	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- CECA – Conselho Estadual de Controle Ambiental
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- DEM – *Digital Elevation Model*
- DSG – Diretoria de Serviço Geográfico
- EMBRAPA/CNPS – Empresa brasileira de Pesquisas Agropecuárias / Centro Nacional de Pesquisa de Solo
- EMPAER/MS – Empresa de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural de Mato Grosso do Sul
- FAO – Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
- GPS – *Global Positioning System*
- IBGE/DGC – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística / Diretoria de Geociências
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- MG – Minas Gerais
- NMP – Número Mais Provável
- NTK – Nitrogênio Orgânico Total
- OD – Oxigênio Dissolvido
- PCBAP – Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal)
- pH – Potencial Hidrogeônico
- POLOCENTRO – Programa para o Desenvolvimento do Cerrado
- PRODECER – Programa Cooperativo Nipo – brasileiro para o Desenvolvimento do Cerrado
- RMS – *Root Mean Square*
- SC – Santa Catarina
- SEMADES/MS – Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Mato Grosso do Sul
- SEPLAN/MS – Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral do Estado de Mato Grosso do Sul
- SIG – Sistema de Informação Geográfica
- TIF – *Targged Information Format files*
- TM – *Thematic Mapper*
- UNT – Unidade Nefolométrica de Turbidez
- UTM – Projeção Universal Transversa de Mercator
- WWF – Fundo Mundial para a Natureza

RESUMO

SANTOS, E. T. dos. (2000). Caracterização Ambiental da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS e Identificação dos Impactos do Uso e Ocupação na Qualidade dos Recursos Hídricos. São Carlos, 2000, 132p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Nos últimos anos, depois da Mata Atlântica, o Cerrado é o ecossistema brasileiro que mais alterações sofreu com a ocupação antrópica principalmente devido à expansão agropecuária. Nesse sentido, o conhecimento dos aspectos físicos e alterações antrópicas, na alta bacia do rio Aquidauana/MS, trecho compreendido entre os municípios de São Gabriel do Oeste e Rochedo, são de fundamental importância para se propor alternativas de uso e ocupação visando um planejamento adequado. Para tanto, foram utilizadas imagens do Satélite LANDSAT-TM/5 dos anos de 1985 e 1998, indicando as alterações na cobertura vegetal e digitalizados mapas de caracterização da área (pedologia, geomorfologia, aptidão agrícola, topografia e hidrografia) que após algumas sobreposições, utilizando-se sistema de informações geográficas, forneceram um diagnóstico das condições ambientais da região. Foram também realizadas análises de dados da qualidade da água em dois pontos monitorados pela SEMADES/MS, podendo-se verificar a influência do uso do solo no planalto como contribuinte para o assoreamento do Pantanal Sul-matogrossense. Com isso, evidencia-se a necessidade de planejamento do uso e ocupação dos solos, como forma de mitigar os impactos sobre os recursos hídricos, bem como utilizá-los de forma sustentável.

Palavras-chaves: SIG, qualidade da água, uso e ocupação do solo, suscetibilidade à erosão, assoreamento.

ABSTRACT

SANTOS, E. T. dos. (2000). Environmental Characterization of the Upper Aquidauana River Basin in Brazil and the Impact of Land Use on the Quality of its Hydrological Resources. São Carlos, 2000, 132p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

In recent years, anthropical occupation has led to significant modifications in the ecosystem of the Brazilian Cerrado, caused mainly by the expansion of agriculture. Knowledge of the physical aspects and anthropical changes in the Upper Aquidauana River Basin, in the portion comprised between São Gabriel do Oeste and Rochedo county, is essential for the proposal of well-planned alternatives for land use. To this end, images from 1985 and 1998 from the LANDSAT-TM/5 satellite were used, indicating the alterations that have occurred in the vegetation cover. Maps characterizing the area in terms of pedology, geomorphology, topography, hydrography and land suitability were digitalized and superimposed, using the geographic information system, to provide a diagnosis of the region's environmental conditions. Analyses were also made of water quality data at two sites monitored by SEMADES/MS, which allowed us to verify the influence of land use in the tableland as a contributing factor to the silting up of the Pantanal wetlands in southern Mato Grosso. This study revealed the need for adequate planning of land use and occupation to mitigate the impact on the region's hydrological resources and allow for their sustainable use.

Key words: GIS, water quality, land use, erosion susceptibility, silting.

1 – INTRODUÇÃO

No Brasil, o processo de transformações do ambiente, tornou-se bastante acelerado nas últimas décadas, podendo-se citar três principais motivos: a agropecuária em larga escala, extensiva e mecanizada; a urbanização e o crescimento demográfico associados a construção de obras de infra-estrutura como estradas e represas.

Atualmente, o Estado de Mato Grosso do Sul vem enfrentando, entre outros, problemas de erosão causada por desmatamentos e práticas agrícolas inadequadas.

Esses problemas têm levado à perda de solos agricultáveis, ao carreamento de agrotóxicos para os cursos de água, devido ao escoamento superficial que advém das precipitações (atmosféricas), e também ao assoreamento do leito dos rios.

A bacia hidrográfica do rio Aquidauana é uma região que necessita de estudos ambientais que auxiliem a iniciativa privada e a administração pública a promoverem seu desenvolvimento, voltado a uma política conservacionista. Para tanto, informações referentes ao uso da terra são importantes, pois registram a ocupação do espaço físico em um dado momento, permitindo verificar se o uso atual é o mais indicado, possibilitando corrigir e propor alternativas de uso e ocupação do solo.

A Importância do rio Aquidauana e seus afluentes está relacionada ao suprimento de água para uso humano, dessedentação de animais e usos na agricultura e à contribuição como um dos formadores do Pantanal Matogrossense.

O rio Aquidauana recebe os esgotos dos municípios que estão em sua bacia. Há ainda a contribuição de fontes difusas de poluição pelas atividades agrícola e de criação de bovinos que se desenvolvem na bacia.

O uso inadequado do solo e dos recursos hídricos refletirão no equilíbrio do Pantanal. Embora não haja na bacia grande concentração populacional e de atividades industriais, há preocupação com o uso do solo que atualmente é em grande parte destinado à atividade agrícola e pecuária.

A possibilidade de erosão está sempre presente e o grau de intensidade com que ocorre depende, basicamente, da estabilidade do ecossistema, considerando-se a atividade antrópica.

Investimentos governamentais incentivados (POLOCENTRO, PRODECER) tem-se revelado quase sempre desastrosos ao meio ambiente, pois ao induzirem a monocultura provocam desequilíbrio geral nas áreas sob a ação de tais programas. Como consequência tem-se, dentre outros problemas, a erosão acelerada dos solos agricultáveis.

O processo de erosão hídrica provocado pelo mau uso do solo e pelo desmatamento insistente nas encostas e matas ciliares, tem provocado o assoreamento dos cursos d'água. A necessidade de barrar esses processos torna-se evidente, e o planejamento das bacias hidrográficas é de fundamental importância para o uso racional dessas áreas.

A aplicação de técnicas de sistemas de informação geográfica na coleta, armazenamento e análise da informação tem tido, nos últimos anos, um crescimento

marcante tanto a nível internacional quanto nacional.

Sendo os rios (cursos d'água) os agentes mais importantes no transporte de materiais das áreas mais elevadas para as mais baixas, todos os acontecimentos que ocorrerem na bacia hidrográfica repercutem direta ou indiretamente nos fluxos desses rios.

O planejamento da produção agrícola é uma atividade imprescindível para direcionar a utilização dos solos em bases econômicas rentáveis. Uma perfeita adequação dos sistemas produtivos às condições ecológicas naturais é fundamental para a manutenção da produtividade da terra a longo prazo.

O uso da terra de um determinado espaço, além de depender de fatores históricos e econômicos, dá-se também, em função de fatores da natureza, como a topografia, a pedologia e a drenagem. A análise desses fatores dentro da unidade da bacia hidrográfica, contribui muito para recomendações do tipo de uso dessas áreas.

Neste contexto, as atividades agropecuárias são reconhecidas como principal vetor de transformações de maior amplitude, por constituírem fontes potenciais de distúrbios sobre o meio ambiente, fundamentalmente quanto às modificações de elementos componentes da estrutura física dos ecossistemas e das de paisagem como um todo. Uma das alternativas que se apresenta para subsidiar políticas voltadas às soluções destes problemas é a adoção de estudos integrados delimitados pelas bacias hidrográficas.

A ação conjunta de todas as atividades relacionadas, se não planejadas, pode resultar em perdas irreparáveis para o ecossistema. Por essa razão é necessário que se avalie qual a real capacidade do meio para suportar as modificações com redução de risco de desequilíbrio.

Assim, utilizando instrumentos importantes como índices de qualidade de água, SIG, imagens de satélite, concluiu-se a respeito da influência do uso e ocupação do solo na qualidade de água do trecho em estudo podendo-se criar perspectivas de controle de poluição dos recursos hídricos, garantindo dessa forma, o usufruto das gerações futuras em relação a este recurso natural.

2 – OBJETIVOS

2.1- Objetivo Geral:

Desenvolver estudos para indicar diretrizes de ocupação racional na região compreendida da nascente do rio Aquidauana/MS até o município de Rochedo/MS, considerando as atividades econômicas e os fatores ambientais.

2.2- Objetivos Específicos:

- Elaborar estudo multi-temporal para avaliar alterações na cobertura e uso da terra na Alta Bacia do rio Aquidauana – MS, no ano de 1985 e 1998, através de Sensoriamento Remoto e com o auxílio de Sistema de Informação Geográfica;
- Verificar a influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água utilizando-se os dados fornecidos pela SEMADES/MS;
- Verificar a viabilidade ambiental do uso e ocupação atual, considerando os fatores ambientais;
- Propor alternativas de recuperação das áreas com uso inadequado, considerando a vocação econômica e as limitações ambientais, levando-se em conta a área já ocupada e a expansão futura.

3 – REVISÃO DA LITERATURA

3.1- Bacias Hidrográficas como Unidade de Estudo e Planejamento

Para VALENTE (SD), as bacias hidrográficas constituem-se em ótima unidade de área para estudo e planejamento integrado de recursos naturais. É unidade física bem caracterizada, a qual se refere a uma área de terra drenada por determinado curso d'água e seus afluentes, e delimitada perifericamente pelo divisor d águas.

Segundo SOUZA (1993), alguns países do mundo, entre eles França, Inglaterra, Holanda, Alemanha, Hungria, Japão e parte dos Estados Unidos, adotam a bacia hidrográfica como unidade básica de gestão das águas.

No Brasil, observa-se através da legislação vigente que existem esforços no sentido da adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo como forma de reordenar a utilização e organização espacial e administração dos recursos naturais.

Nesse sentido, a nível federal, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução 001/86, contempla a bacia hidrográfica como unidade para os Estudos de Impacto Ambiental.

Considerando o sistema bacia hidrográfica em termos de relação e integração de todos os fenômenos físicos, biológicos e sócio-econômicos, conseqüentemente o que se deve procurar preservar em uma bacia não são somente água ou solo, mas a teia completa de relações existentes entre todos os seus elementos componentes naturais e antrópicos (SAHA, 1981).

TUNDISI (1992) coloca ser evidente que o planejamento integrado das bacias hidrográficas deve ser baseado em uma somatória de dados não somente locais mas também regionais, envolvendo os aspectos biogeográficos, econômicos e sociais.

Para YASSUDA (1993), a gestão deve ser integrada tendo como objetivo assegurar a preservação, uso, recuperação e conservação em condições satisfatórias para os múltiplos usuários de forma compatível, com eficiência e procurando atingir o desenvolvimento equilibrado e sustentável da região.

O planejamento da bacia hidrográfica inclui todos os aspectos relacionados ao abastecimento de água, drenagem pluvial, geração de energia elétrica, disposição de efluentes, uso do solo e recreação.

O aumento de atividades, em número e dimensão, pode resultar em conflitos de interesses, pelo aumento de demanda. Para evitar esses conflitos, torna-se necessário controlar as ações. Nesse ponto, deve-se considerar a bacia hidrográfica como unidade de controle, considerando-a como sistema integrado complexo (JEMIESON e FEDRA, 1996).

3. 2 – Integração Sensoriamento Remoto e SIG

A integração de imagens de sensoriamento remoto com informações em SIG, propiciam maior precisão na interpretação de um determinado tema, sendo que as vantagens dessa integração , vêm sendo bastante demonstradas atualmente, no que se refere à correção, atualização e manutenção de dados cartográficos e sistemas de informação geográfica.

Portanto, a análise do uso da terra implica em avaliar qualitativamente e quantitativamente o que existe sobre a litosfera, registrando o que foi levantado em forma de mapas, através da simbologia adequada podendo ser seguramente sobreposta aos outros fatores do meio físico através dessa integração com o SIG.

O levantamento da cobertura e uso do solo é fundamental para o planejamento de uma área, na medida em que os efeitos de um uso desordenado causam a deterioração de um ambiente. O princípio para controle destes efeitos é: “planejar o uso e ocupação do solo em comum acordo com a preservação das características topográficas, de solo, de drenagem da água e da vegetação natural do local” (MOTA, 1981 apud KOFFLER, 1992).

KOFFLER (1992) ressalta a importância do levantamento do uso da terra para o planejamento regional, sendo que o uso desordenado causa deterioração no ambiente. Os processos de erosão acelerada dos solos, as inundações cada vez mais freqüentes e o assoreamento de cursos d’água e reservatórios, são conseqüências deste uso indevido das terras.

Segundo SALVADOR (1990), a partir da década de 60 começou a existir uma preocupação crescente com o uso e ocupação do solo, sua relação com a poluição e sua influência na qualidade das águas, principalmente nas bacias de mananciais de abastecimento público.

Para GARCIA (1982), a análise do uso da terra é necessária a fim de que se possa, com certa segurança, diagnosticar e planejar o uso mais adequado e racional do solo.

GIOTO (1981) ressalta que os levantamentos de uso da terra devem receber importância redobrada, pois além de permitirem analisar as alterações provocadas pela ação antrópica, fornecem informações essenciais para o manejo eficiente dos recursos naturais.

Para VALÉRIO FILHO (1995), “a partir da coleta de informações de uso/ocupação das terras, é possível obter mapas atualizados que permitem uma avaliação das discrepâncias entre a forma de ocupação mais adequada (indicadas a partir de procedimentos de classificação da capacidade uso das terras), e aquelas efetivamente observadas. Estas discrepâncias concorrem para a degradação dos solos e, conseqüentemente, demandam um esforço técnico-financeiro para a recuperação e reabilitação do ambiente”.

As técnicas de geoprocessamento, trabalhadas em sistemas de informações geográficas, que manipulam grande volume de dados, são ferramentas importantes para esse tipo de análise.

Para tanto, as imagens aéreas tornaram-se indispensáveis em estudos da superfície terrestre, graças à sua visão sinóptica e detalhada,

que permite explicar fenômenos da paisagem de grande importância nos levantamentos de recursos naturais.

Para MEIJERINK (1985), é de grande importância o desenvolvimento de sistemas de geoinformações aplicado ao planejamento de bacias hidrográficas. Segundo ele, tal sistema deve estabelecer uma ligação entre dados espaciais e procedimentos automáticos e semi-automáticos, no sentido de elaborar modelos de simulação do potencial de erosão de áreas agrícolas.

Assim, para VALÉRIO FILHO (1995), é perfeitamente possível a utilização das técnicas de geoprocessamento (Sensoriamento Remoto/SIG) como procedimento hábil de manipulação e análise de informações multi-temáticas no contexto do gerenciamento de bacias hidrográficas e planejamento agrícola/ambiental.

RODRIGUES (1997) enfatiza que o uso da terra deveria ser baseado em diagnósticos agrícolas para evitar que áreas inadequadas sejam cultivadas, favorecendo a degradação do solo por desgaste, empobrecimento ou erosão. O diagnóstico serviria também para evitar que áreas próprias para o cultivo sejam subutilizadas ou mesmo não cultivadas, mas o que acontece na realidade é que esses diagnósticos não existem ou quando existem não estão acessíveis ao homem do campo.

Para EHLERS (1991) a combinação de um SIG com dados atualizados de sistemas de sensoriamento remoto, podem auxiliar na automação da interpretação, identificação de mudanças, compilação e até mesmo revisão de mapas. Com a capacidade que grande parte dos SIG têm

na sobreposição de vários layers com dados referenciados, torna-se possível ao usuário, determinar graficamente e analiticamente, a forma como objetos e estruturas interagem entre si.

3.3 - Poluição Hídrica

O aumento de demanda de recursos ou bens de consumo implica no aumento de atividades econômicas que acabam por gerar mais resíduos poluentes e maior demanda sobre os recursos naturais. A maior carga poluidora provém de atividades humanas (esgoto sanitário, resíduos sólidos, industriais e agropecuária). Dessas fontes de poluição destacam-se as pontuais (esgotos) e as difusas, compostas principalmente pelas atividades agrícola e pecuária.

A ação combinada de todas essas fontes de poluição pode resultar na degradação da qualidade ambiental e da qualidade da água que por sua vez restringe o crescimento. É necessário obter o equilíbrio entre as atividades econômicas e sociais e a qualidade ambiental.

A natureza estocástica das precipitações faz com que o escoamento superficial e infiltração resultantes tenham variabilidade de quantidade e qualidade. A contribuição de poluição por fontes difusas pode ser significativa em termos de carga (WANIELISTA et al, 1977).

As fontes de poluição difusa compreendem as áreas urbanas, silvícolas, agrícolas, pastagens, mineração, construção, áreas alagadas e precipitação de materiais que se encontram dispersos na atmosfera. Cada uma dessas fontes pode ser subdividida em fontes difusas distintas, o que

torna difícil a identificação de causas e efeitos. Todavia, a natureza das fontes difusas de poluição está relacionada aos efeitos do uso do solo na qualidade da água.

As fontes de poluição difusa são caracterizadas, principalmente, pelos lançamentos de poluentes nos cursos d'água provindos das atividades agrícolas. Estes efeitos dependem muito das práticas agrícolas utilizadas em cada região e da época do ano em que se realizam a preparação do terreno para o plantio, a aplicação de defensivos agrícolas e a colheita.

Portanto, prognosticar poluição por fontes difusas tem sido um desafio para os cientistas de diversas áreas relacionadas com tal problema. Acredita-se que aproximadamente de 30 a 50% dos solos da Terra estejam afetados por poluentes provindos de fontes difusas (LOAGUE, K. et al., 1998).

Os poluentes difusos mais importantes são os sedimentos, sais, nutrientes (nitratos e fosfatos) e os pesticidas (ESKES, 1998).

Há duas maneiras de se avaliar a poluição difusa: medições de qualidade de água relacionada à precipitação e escoamento superficial e infiltração ou calcular o potencial de degradação da qualidade da água relacionando as taxas de carregamento relativos ao uso do solo (massa/área/tempo).

A contribuição da poluição difusa na qualidade da água inicia com a própria precipitação que contém as impurezas em suspensão na atmosfera e pode variar amplamente em qualidade de uma área para outra. As águas pluviais contribuem com substâncias químicas dissolvidas e em suspensão.

Entretanto, o uso do solo tem grande efeito na qualidade da água e as fontes de poluição difusa podem ser divididas em rurais e urbanas.

A poluição difusa rural advém dos carreamentos de fertilizantes, pesticidas e outros produtos químicos de uso agrícola. Vários outros fatores também afetam a qualidade da água: tipo de solo, clima, uso do solo, cobertura vegetal, práticas de manejo e topografia da área.

A quantidade e tipo de poluentes contidos no escoamento superficial e na água que infiltra variam amplamente. Geralmente, quanto maior a ocupação e uso do solo ou a densidade de animais, maior a quantidade de poluentes introduzidos. Esses poluentes, sejam fertilizantes, pesticidas ou despejos animais, difundem sobre a superfície do solo e eventualmente entram no ambiente aquático de alguma forma.

Segundo VOUGHT (1994), em muitos países a agricultura já é considerada como a maior fonte de poluição difusa, responsável pela elevação da quantidade de sedimentos transportados e da concentração de nutrientes em rios e lagos.

3.4 – Agropecuária e Erosão do Solo

A remoção da cobertura vegetal e a mecanização da agricultura gera problemas ambientais tais como erosão hídrica, degradação do solo, poluição dos mananciais e enchentes.

Uma das maiores preocupações em nível mundial é a degradação do solo rural, devido ao seu uso intensivo e às práticas agrícolas desordenadas,

que tendem a provocar a perda da camada fértil do solo, que, depois é corrigida com componentes químicos que poluem os rios, além de provocarem o assoreamento.

Cerca de 1,2 bilhões de hectares de área com vegetação (uma superfície tão grande quanto à Índia e a China juntas), foram significativamente degradadas desde a Segunda Guerra Mundial (WRI, 1992, apud TUCCI, 1995) em toda a Terra.

Segundo TUCCI (1995), esse processo é intenso no Brasil, principalmente nas regiões de grande monocultura. Os estados produtores, como Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Santa Catarina, são aqueles que tem uso intensivo da área rural para cultivo de soja, milho e cana-de-açúcar. O solo, quando sujeito ao plantio, muda seu comportamento em diferentes fases desse plantio. Quando as precipitações mais intensas ocorrem e o solo está desprotegido, pode-se agravar o referido processo. O desenvolvimento de métodos para melhor avaliar o impacto do uso do solo rural é fundamental para subsidiar a prática agrícola, o controle da erosão e a contaminação dos rios por pesticidas. Grande parte desse processo decorre da forma do plantio, do tratamento do solo, da ação da energia da precipitação sobre o solo desprotegido, das estradas vicinais e as divisas de propriedades.

Para REIS (1995), a erosão pode ser definida como um processo natural de desagregação, transporte e deposição de materiais oriundos de rochas e solos, que pode ser acelerado pela ação antrópica, trazendo

algumas conseqüências como a perda de solo e o assoreamento de cursos d'água e reservatórios.

A erosão do solo resulta em menor produtividade, assoreamento e poluição de mananciais. A redução de permeabilidade do solo, em áreas agrícolas e de pastagens, aumenta o escoamento superficial e conseqüentemente a possibilidade de erosão.

A degradação do solo reduz a produtividade que tem como conseqüência a redução de renda do agricultor, aumento de custos de produção, problemas sociais causados pelo êxodo rural, empobrecimento a médio e longo prazos e problemas ambientais.

O problema maior diz respeito à erosão, porque "as culturas removem somente os nutrientes, os quais podem ser restabelecidos, enquanto a erosão remove não só os nutrientes mas todo o solo, que não pode ser restabelecido"(BENNETT, 1928, apud TEIXEIRA GUERRA et al, 1978), mesmo porque a maior parte do material retirado pelo escoamento superficial corresponde à superfície do solo que é realmente produtiva.

Quanto à origem a erosão é classificada em geológica, quando decorrente dos fenômenos naturais que acontecem através do tempo na superfície terrestre e acelerada quando decorrente de ação antrópica que funciona como catalisador do processo. Como conseqüência da ocupação desordenada do ambiente os fenômenos mais comuns estão relacionados à água corrente e à gravidade. Quanto ao agente do processo, a erosão é classificada como eólica, hídrica e glacial. A erosão hídrica acelerada pode ser definida como a desagregação dos materiais em seu estado natural,

principalmente os solos, com a remoção dos mesmos de um lugar para outro, de forma mais intensa que a natural, em consequência da ocupação desordenada do Homem no ambiente. A remoção do material da superfície do solo pode ser feita por lâmina d'água, que é quase imperceptível ou por água concentrada em pequenos filetes que formam sulcos de erosão. Segundo PASTORE (1986), dependendo do tipo de solo podem evoluir para ravinas e voçorocas.

Para TEIXEIRA GUERRA et al (1978), o processo de voçorocamento gera grandes prejuízos à agricultura brasileira, denotando a má utilização dos solos, podendo até mesmo proporcionar uma paisagem totalmente voçorocada. Entretanto, talvez o processo de dessoloagem tenha proporções muito mais sérias pois foge à percepção do lavrador à remoção da camada superficial do solo arável através do escoamento superficial, sem deixar profundas cicatrizes, como acontece com as voçorocas. Na maioria das vezes, quando o agricultor se apercebe desse problema já é tarde demais, pois toda a camada superficial já foi removida, tornando-se um solo imprestável para as atividades agrícolas.

A expansão da fronteira agrícola do Brasil nas últimas décadas tem ocorrido na região Centro-Oeste e em parte da região Norte para atender a crescente demanda de produtos agrícolas. Normalmente a ocupação é feita não se considerando as características locais que exigem técnicas específicas de cultivo e manejo do solo. Esse uso incorreto tem contribuído para acelerar os processos de erosão do solo, resultando em

empobrecimento da fertilidade, na alteração da qualidade da água e assoreamento de rios e reservatórios (VALÉRIO FILHO, 1994).

Vale ressaltar que o termo “produção de alimentos” têm sido amplamente utilizado como desculpas para se devastar áreas cobertas por vegetação nativa, pois se fossem usadas adequadamente todas as áreas já abertas pelas fronteiras agrícolas, aumentando-se a produtividade não haveria necessidade de se abrir novas áreas.

“Para que a ocupação do espaço territorial e a produção agrícola sejam equacionadas é importante que se estabeleça e se implemente uma política agrícola, que contemple não somente a produção de alimentos, mas também que preserve as condições ambientais, especialmente em técnicas de conservação do solo e dos recursos hídricos” (VALÉRIO FILHO, 1994, p.223).

Os problemas relacionados com conservação de solos em áreas agrícolas tem feito com que a agronomia estude intensamente a questão da erosão hídrica acelerada (CALIJURI, 1996).

O problema de erosão dos solos tende a se agravar porque a cada ano muitas terras são abandonadas tanto devido à erosão como à perda de fertilidade natural, enquanto outras passam a ser utilizadas, ampliando-se dessa forma, as terras cultivadas. São milhares de toneladas de solo agrícola que se perdem anualmente no Brasil devido principalmente à ação do escoamento superficial, porque as práticas de conservação e combate à erosão são pouco utilizadas; muitas vezes por falta de informação do agricultor, de recursos técnicos e/ou financeiros, ou ainda, o que é pior,

mesmo o fazendeiro tendo condições de combater a erosão não o faz devido à disponibilidade de terras, ou seja, é mais barato comprar novas terras (em áreas pouco valorizadas, como é o caso de Mato Grosso do Sul) do que investir em conservacionismo.

O manejo do solo no cerrado, considerado como tendo a vantagem de possuir grande profundidade, larga faixa de friabilidade, alta porosidade e boa drenagem, associadas à topografia que favorece a mecanização, tem sido feito de forma incorreta principalmente pelo uso de máquinas agrícolas com revolvimento demasiado do solo, levando a conseqüências danosas, inclusive para a fertilidade, melhorada pela aplicação de calcário e adubos (KER et al, 1992, apud VASCONCELOS e LANDERS, 1994). O uso intensivo de máquinas tem levado a perdas excessivas de matéria orgânica e nutrientes por erosão que são compensadas, inicialmente, pelo uso de fertilizantes, muito embora o custo de produção seja mais elevado. Esses materiais acabam sendo conduzidos para os corpos d'água.

A degradação da estrutura do solo resulta em redução de infiltração das águas, cujos valores médios estão indicados na Tabela 01.

TABELA 01 - Dados de agregados estáveis e de índice de infiltração correlacionados com manejo de culturas

MANEJO	AGREGADOS ESTÁVEIS ¹	ÍNDICE DE INFILTRAÇÃO ²
PORCENTAGEM		
Mata virgem	60,1	100
Roça nova	63,4	80
Segundo ano	62,3	40
Décimo quinto ano	29,7	5

Fonte: PRIMAVESI¹ (1973); MACHADO² (1976), apud

VASCONCELOS E LANDERS (1994)

“Pode-se deduzir que com a pulverização do solo reduz-se a infiltração da água. Esta escorrerá pela superfície arrastando consigo a camada mais fértil do solo, provocando a erosão e assoreando leitos de rios e lagos” (VASCONCELOS e LANDERS, 1994, p. 183).

A ação das gotas de chuva em solos desnudos provoca a desagregação com aumento de partículas pequenas na superfície que são arrastadas, principalmente pela ação de água, preenchendo os vazios entre os agregados e formando crosta que pode se tornar impermeável prejudicando a infiltração da água e a aeração do solo, comprometendo a germinação das sementes e acelerando a erosão.

A cobertura vegetal tem função atenuadora, uma vez que protege o impacto direto da gota da chuva, reduz a quantidade de água de escoamento, diminuindo a velocidade do mesmo.

Enquanto a cobertura vegetal tem função atenuadora, o uso do solo, de forma irracional, é responsável pela aceleração dos processos erosivos.

As práticas agrícolas e os tipos de cultivo se conjugam de diferentes maneiras, contribuindo para maior ou menor erodibilidade do solo.

O escoamento da água através do solo pode carrear as partículas de argila para a base da camada arável que somado ao efeito compactante das máquinas agrícolas causam o adensamento do solo nessa profundidade dificultando o desenvolvimento das raízes.

A manutenção de cobertura vegetal protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, reduzindo a desagregação, aumentando a infiltração, reduzindo o escoamento superficial e contribuindo para a manutenção de ambiente com temperatura e aeração adequadas para a germinação das sementes; reduz também a formação de crostas superficiais.

Considerando conjuntamente as observações anteriores, o clima do cerrado, que é quente ao longo do ano e seco entre abril a setembro e o solo que apresenta baixa retenção de água, acidez e deficiência em nutrientes, devem ser tomadas medidas para o uso sustentável que passam necessariamente pela proteção do solo, seja com resíduos ou com plantas vivas (VASCONCELOS e LANDERS, 1994).

A conservação dos recursos naturais e a produção de bens agropecuários e industriais estão em constante conflito, qualquer que seja a região da Terra e a situação tende a se agravar com o aumento da população humana que passa a exercer maior pressão sobre os recursos naturais (WOLMAN e FOURNIERM 1987; TURNER, 1990, apud HOBBS E SAUNDERS, 1993).

A erosão dos solos é muito comum em áreas adjacentes a implantação de obras civis. Erosões são facilmente encontradas ao longo de estradas, em regiões de ocorrência de coberturas sedimentares no noroeste do Estado do Paraná, Sudoeste do Estado de São Paulo e Sul do Estado de Mato Grosso do Sul, onde várias voçorocas e assoreamento de cursos d'água foram provocados pela implantação das mesmas.

O Pantanal Matogrossense, um dos principais ecossistemas brasileiros, está sendo atingido por um processo de degradação do solo nas cabeceiras dos afluentes do rio Paraguai. Nessa região houve um incremento substancial de uso do solo para plantação de soja nos últimos 15 anos, o que tem aportado um volume considerado de sedimentos no Pantanal, alterando substancialmente o seu meio ambiente. Deve-se ressaltar, também, que nesse mesmo período houve uma grande variação da vazão se comparado com um período anterior de 13 anos. A soma desses efeitos tem produzido alterações significativas dos leitos dos rios com prejuízos ambientais (TUCCI, 1995).

Para OLIVEIRA (1995), o assoreamento deve ser considerado num quadro de desequilíbrio ambiental de vários fatores ambientais: geomorfológico, porque o assoreamento faz parte de um conjunto de processos de modelado do relevo; pedológico, porque o assoreamento responde a erosão que acompanha importantes transformações dos solos, tanto física quanto químicas; e também hidrológico, porque todos os processos respondem a alterações significativas do comportamento hidrológico dos terrenos, especialmente a relação entre as taxas de

escoamento superficial e de infiltração. O assoreamento constitui aspecto de um problema maior, que pode ser designado como degradação dos recursos naturais (solos e águas) provocada por formas inadequadas de uso do solo urbano e rural.

Segundo PASTORE (1986), a erosão, por sua complexidade e pela experiência de várias áreas no setor, deve ser enfrentada por equipes multidisciplinares a fim de que se obtenha melhores resultados e, para isto, são importantes os estudos qualitativos e quantitativos do meio físico, bem como dados de ocupação e manejo dos solos que aliados aos conhecimentos da dinâmica do meio físico podem levar a critérios de projetos mais adequados à solução ou à prevenção de problemas erosivos.

Para GRAZIANO NETO (1982), a agricultura moderna está baseada na uniformidade genética, na monocultura, na mecanização e no uso de insumos químicos, visando atingir altas produções. As tecnologias químico-biológicas visam a intensificação da produção numa mesma área, permitindo maior taxa de lucro na atividade, enquanto as variedades genéticas selecionadas associadas a determinados sistemas de cultivo procuram reduzir o tempo de produção das atividades agropecuárias trazendo uma maior rotatividade do capital e maior lucratividade.

Os sistemas agrícolas são frágeis quando comparados com outros sistemas. Pela diversidade ecológica do território brasileiro, sua exploração possui características bastante diversificadas do ponto de vista de impactos sobre o meio ambiente.

Nas regiões em que há agricultura intensiva em larga escala, os impactos mais comuns são a erosão, a compactação, o empobrecimento e a poluição dos solos e a alteração na vazão, o assoreamento e a poluição química dos corpos d'água. Nas regiões e áreas de expansão da agricultura do Centro-Oeste e do Norte em decorrência do desmatamento de florestas nativas houve uma redução de biodiversidade florística e faunística e destruição de ecossistemas de produção extrativa. A monocultura intensiva pode gerar impactos devido à mecanização, irrigação, insumos químicos e práticos de manejo dos solos (CAETANO, 1994).

3.5 - Aspectos Legais Relevantes

Devido a grande amplitude da Legislação Ambiental procurou-se considerar as leis mais gerais e que foram de grande importância no desenvolvimento deste trabalho .

No âmbito da legislação federal, são elencados as leis, decretos-lei, decretos e resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Na legislação estadual foram destacados os principais dispositivos relacionados à política e conservação dos recursos naturais, ao controle da poluição ambiental e ao desenvolvimento.

3.5.1 – Legislação Federal:

Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (com alterações da Lei 7.803, de 18 de julho de 1989) – Código Florestal

Esta norma estabelece que as florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidades às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do país, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que a legislação em geral e, especialmente, a lei florestal estabelecem. Destaca as áreas de preservação permanente, em seu art. 2º, e dispõe no art. 16 sobre as Reservas Legais Florestais, onde aponta para a região Centro-Oeste que as propriedades deverão respeitar um limite mínimo de 20% com cobertura florestal, com exceção das áreas incultas cujo limite mínimo será de 50%.

Lei nº 7.754, de 14 de abril de 1989 – Estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios.

Considera-se de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural existentes. Dispõe que será constituída uma área denominada Paralelogramo de Cobertura Florestal com dimensões a serem fixadas por regulamento, considerando-se o comprimento e largura dos rios cujas nascentes são protegidas.

Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991 – Dispõe sobre a Política Agrícola.

Esta norma define os objetivos e as competências institucionais, prevê recursos e estabelece as ações e instrumentos da política agrícola, relativamente às atividades agropecuárias, agro-industriais e de planejamento das atividades pesqueira e florestal. Determina que deverá o Poder Público integrar a comunidade na preservação do meio ambiente e conservação dos recursos naturais e, ainda, disciplinar e fiscalizar o uso

racional do solo, da água, da fauna e da flora; realizar zoneamentos agroecológicos que permitam estabelecer critérios para o disciplinamento e o ordenamento da ocupação espacial pelas diversas atividades produtivas entre outras.

3.5.2 - Legislação Estadual:

Lei nº 90, de 02 de junho de 1980 – Dispõe sobre as alterações do meio ambiente e estabelece normas de proteção ambiental.

Esta Lei (que antecedeu a Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981) definiu o que é poluição, quais são os órgãos de proteção ambiental, a política estadual de controle da poluição e seus órgãos, coordenador (a Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMADES, por meio do Conselho Estadual de Controle Ambiental – CECA) e executor (o Instituto de Preservação e Controle Ambiental de Mato Grosso do Sul, depois extinto e substituído hoje pela SEMADES); estabeleceu também: - a obrigatoriedade do licenciamento prévio de qualquer atividade, pela qual seja responsável pessoa física ou jurídica, privada ou do poder público estadual ou municipal, e que seja potencialmente causadora de poluição; - as finalidades possíveis de uso das águas das bacias hidrográficas do Estado, obrigando as indústrias a se abastecerem a jusante do ponto de lançamento de seus próprios efluentes e autorização ambiental prévia para qualquer outra forma de utilização das águas; - o controle de toda e qualquer substância lançada ao ar de acordo com os limites legais de tolerância; - a proibição de queima ao ar livre em áreas urbanas ou

densamente povoadas; - limites à utilização do solo, para qualquer fim, de maneira a não prejudicar a saúde ou erosão ou poluição das águas; - a obrigatoriedade da observação de práticas conservacionistas do solo definidas por normas técnicas, recomendadas e adotadas por órgãos oficiais do País, especialmente: o enleiramento permanente cortando o sentido das águas, o cultivo em nível e a proibição da queima ou destruição das leiras, a não ser para implantação de práticas conservacionistas; - a possibilidade de o Estado criar áreas conservacionistas especiais em áreas acidentadas ou pedregosas, impróprias para a agricultura e pecuária, bem como daquelas definidas pelo Código Florestal como de Preservação Permanente; - as penalidades para as pessoas física ou jurídica que causarem poluição da água, do ar, ou do solo (multa, suspensão, interdição), bem como os órgãos responsáveis por sua aplicação.

Lei nº 1.238, de 18 de dezembro de 1991 – Dispõe sobre o uso, a produção, o consumo, a comercialização e o armazenamento de agrotóxicos, componentes e afins, nos termos da Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989.

Esta Lei estabeleceu que os agrotóxicos, seus componentes e afins, só serão produzidos, comercializados, distribuídos e utilizados em território estadual após registrados em órgão federal competente e devidamente cadastrados na SEMADES. Sempre que o produto tiver seu registro impugnado ou cancelado por decisão de outra unidade da Federação, ou por recomendação da organização internacional responsável pela saúde, alimentação ou meio ambiente, da qual o Brasil faça parte, caberá à

SEMADES rever seu pedido de cadastramento. Os fabricantes, importadores, exportadores, comerciantes e distribuidores de agrotóxicos, seus componentes e afins, bem como as pessoas físicas e jurídicas, prestadoras de serviços na sua aplicação, são obrigados a se registrar previamente na SEMADES, a qual dará conhecimento público do ato, sendo permitida a contestação por parte da entidade associativa legalmente constituída.

A ação fiscalizadora nessa área compete à SEMADES e à Secretaria de Estado de Saúde, em todas as suas fases. Aos municípios compete legislar supletivamente sobre o uso e armazenamento de agrotóxicos, componentes e afins, contando para sua execução com o auxílio do Estado.

Foi criado o Conselho Estadual de Agrotóxicos junto à SEMADES, como órgão consultivo e deliberativo, cumprindo-lhe apreciar e acompanhar o cumprimento desta lei, julgar os recursos interpostos e opinar sobre a política de agrotóxicos, seus componentes e afins, a ser adotada no Estado de Mato Grosso do Sul.

Finalmente, é atribuído ao Poder Executivo o desenvolvimento de ações de instrução, divulgação e esclarecimentos de modo a estimular o uso seguro e eficaz desses produtos.

Lei nº 1.324, de 07 de dezembro de 1992 – Define a Política Agrícola do Estado de Mato Grosso do Sul, observados os princípios constantes da Lei Federal nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991.

Esta Lei instituiu o Conselho Estadual de Política Agrícola e Agrária, que hoje está vinculado à SEMADES. A esse conselho, como órgão

consultivo e deliberativo, compete propor, definir e acompanhar a Política Agrícola e Agrária no Estado de Mato Grosso do Sul. Para isto, deverá ser constituído por representantes dos órgãos e entidades públicas e privadas ligadas ao setor agropecuário e agrário.

A proteção do meio ambiente e a conservação dos Recursos Naturais serão promovidas pelo Poder Executivo estadual, pela: integração dos municípios e das comunidades na proteção dos recursos naturais; disciplinamento e fiscalização do uso racional do solo, da água, da flora e da fauna; realização de zoneamentos agroecológicos econômicos que permitam estabelecer critérios para o disciplinamento e o ordenamento da ocupação espacial pelas diversas atividades produtivas, bem como para a instalação de novas hidrelétricas; estímulo à recuperação das áreas degradadas; desenvolvimento de programas de educação ambiental, formal e informal, dirigidos à população; fomento à produção de sementes e mudas de espécies nativas; coordenação de programas de estímulos e incentivos à proteção, recuperação e manutenção das áreas consideradas reservas ecológicas; e concessão de incentivos para o florestamento e reflorestamento programados com espécies nativas.

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 – Localização e Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo compreende as cabeceiras do rio Aquidauana, de sua nascente, no município de São Gabriel do Oeste, até o município de Rochedo, Estado de Mato Grosso do Sul, localizada aproximadamente entre as latitudes 19° 15'S e 20° 00'S e as longitudes 54° 15'W e 55° 00'W e em coordenada UTM, E 710.000 m – E 782.000 m e N 7786.000 m – N 7870.000 m . A área objeto de estudo apresenta área total de 3.212 km², abrangendo parte dos municípios de São Gabriel do Oeste, Corguinho, Rochedo e Bandeirantes (Figuras 01e 02).

O rio Aquidauana nasce nas adjacências da Serra de Maracaju, no Chapadão do município de São Gabriel do Oeste, com altitude aproximada de 715 metros, percorrendo áreas de planalto e de planície por 560 km, da nascente até sua foz no rio Miranda.

A Chapada de São Gabriel tem posição geográfica de destaque por estar circundada por uma área de relevo mais rebaixado e dissecado. Com modelado essencialmente plano, a chapada é delimitada em quase toda a sua borda por escarpas erosivas e estruturais, apresentando também ressaltos topográficos por causa das rochas eruptivas da Formação Serra Geral.

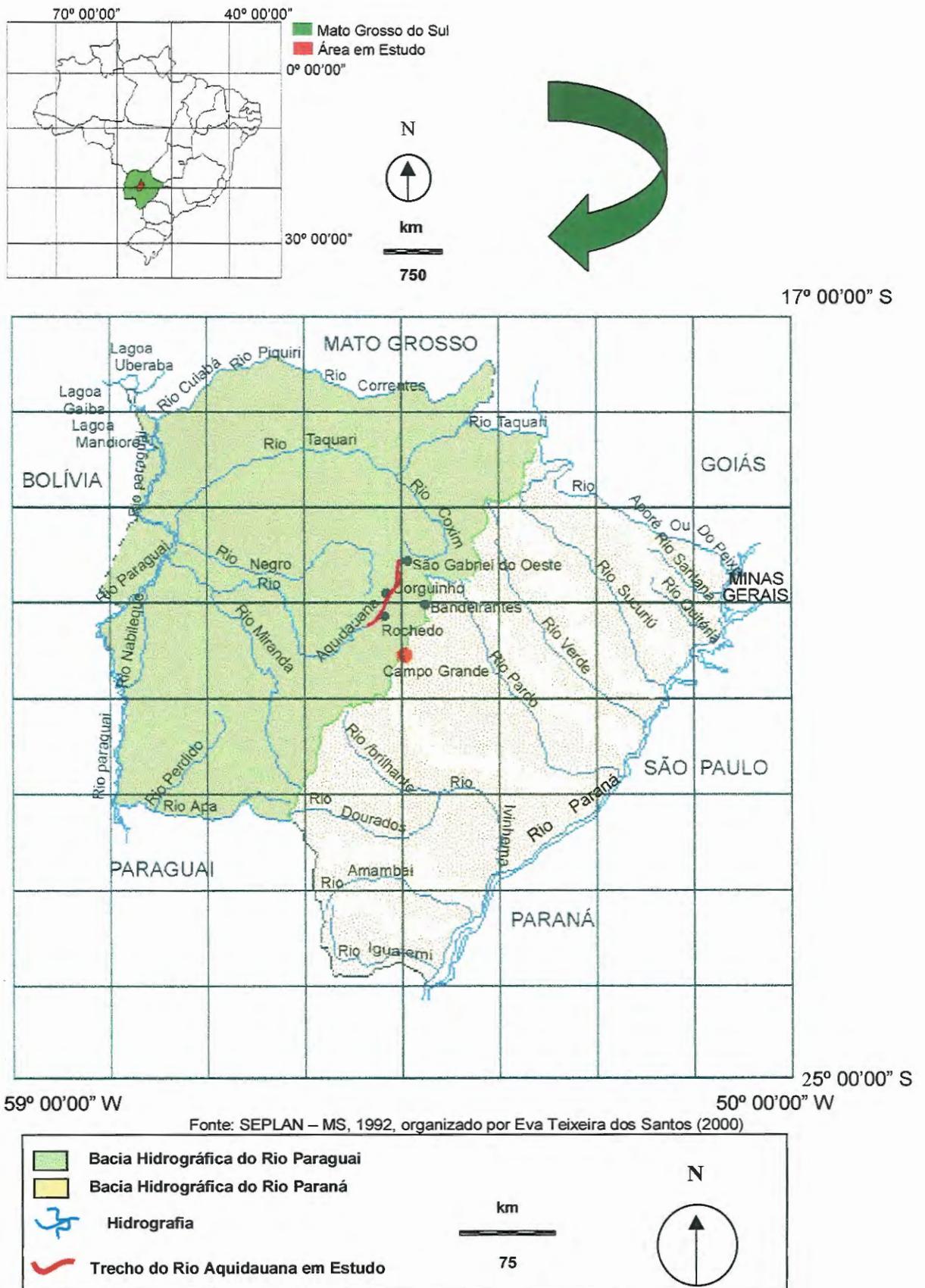
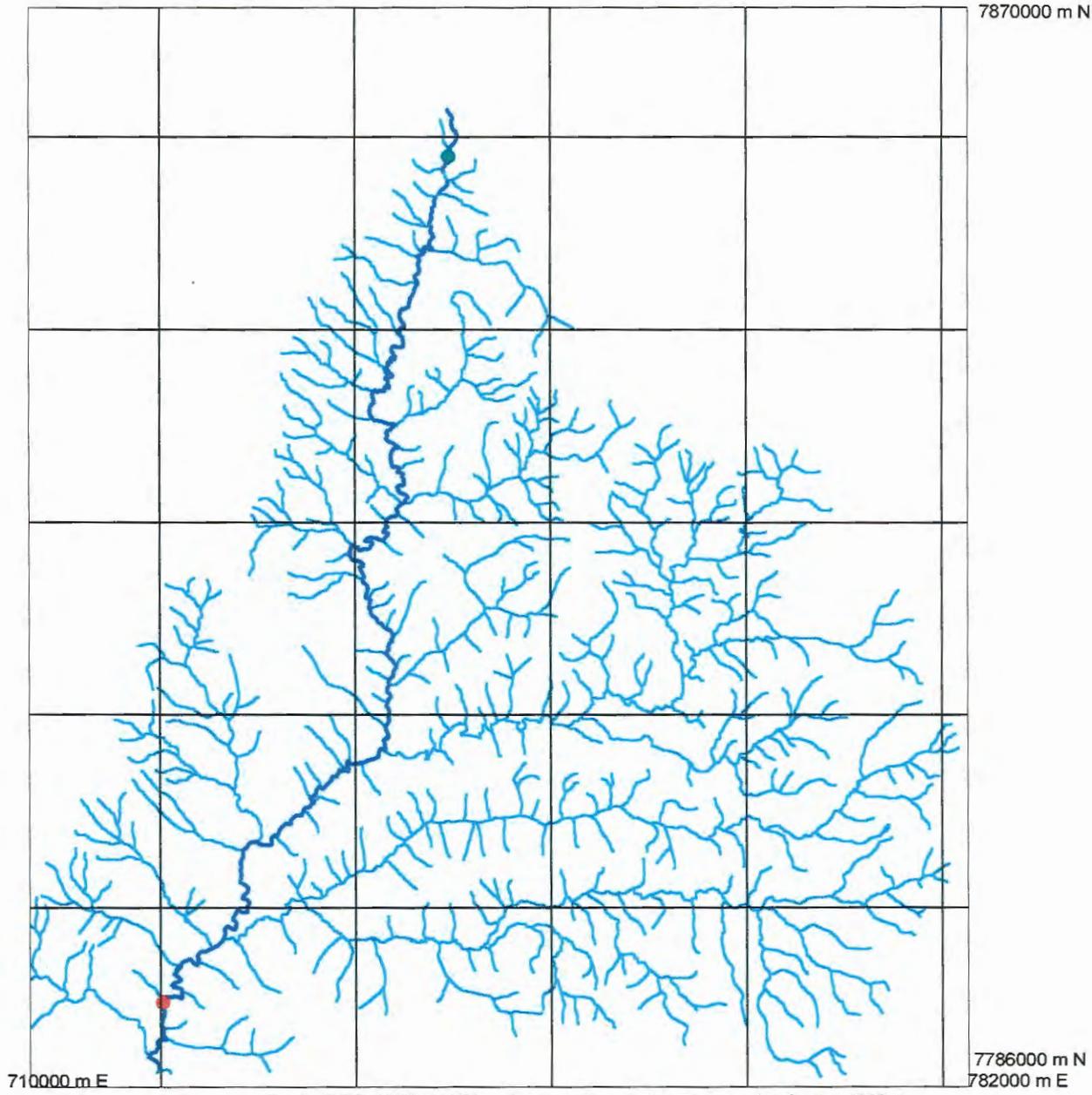


FIGURA 01: Localização da Área em Estudo no Brasil e no Mato Grosso do Sul



Fonte: DSG, 1975 e 1976 – Organizado por Eva Teixeira dos Santos (2000).
 Projeção Universal Transversa de Mercator. Origem da quilometragem UTM: "Equador e Meridiano 45° W. GR." Acrescidas as constantes de 10.000 km e 500 km, respectivamente.

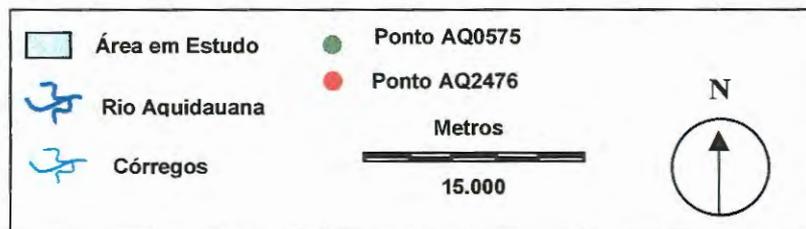


FIGURA 02: Mapa Hidrográfico da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em estudo, demonstrando os pontos de coleta da SEMADES

O segundo Patamar da Borda Ocidental limita-se à parte central do Estado, e acompanha a Depressão Interpatamares desde a serra de São Gabriel até as proximidades dos Piemontes da serra de Maracaju. Seu limite com a Depressão Interpatamares é efetuado por escarpa estrutural de grande desnível (da ordem de 200m), oriunda da presença de Arenitos Botucatu. Esse Patamar apresenta, predominantemente, modelados tabulares (Figura 03) e é drenado pelas cabeceiras do rio Aquidauana e seus afluentes (ATLAS MULTIREFERENCIAL, 1990).



Foto: Eva Teixeira dos Santos, trabalho de campo (maio, 1994)

FIGURA 03: Presença de Modelados Tabulares no Chapadão de São Gabriel

A litologia é a cobertura Detrítico-Laterítica e sobreposta aos sedimentos cretáceos da Formação Bauru, circundada por rochas eruptivas

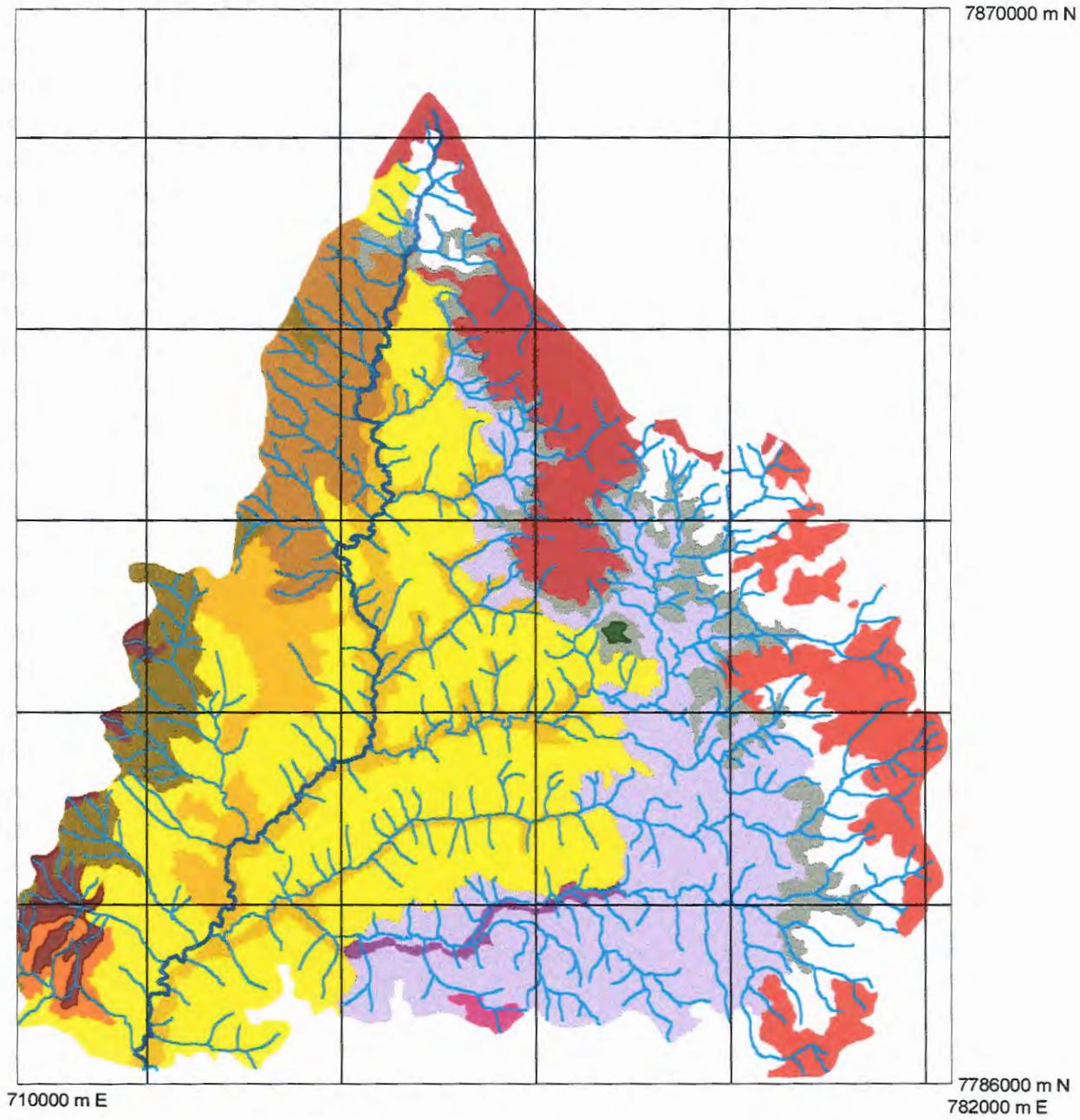
da Formação Serra Geral, com basaltos cinza-escuro-esverdeados. Nos topos tabulares os solos são Latossolos Vermelho-escuros álicos e, na superfície plana, são Latossolos Roxo distróficos ou eutrófico, todos em relevo plano ou suave ondulado (Figura 04).

Nas depressões o domínio é dos podzólicos vermelho – amarelos álicos ou distróficos de textura arenosa/média em relevo ondulado ou suave ondulado e areias quartzosas distróficas ou álicas em relevo suave ondulado ou plano. Já nas bordas da chapada predominam os solos litólicos álicos, distróficos e alguns eutróficos de textura arenosa média e os afloramentos rochosos também ocorrem em relevo forte ondulado e escarpado, respectivamente.

O uso antrópico, nem sempre cuidadoso principalmente com o cultivo da soja, está provocando ravinamentos que logo serão de difícil controle. A escarpa ainda se mantém com seus cerradões originais, devido à dificuldade de uso (PCBAP, 1997).

Na cadeia montanhosa que circunda o Pantanal pela face oriental observa-se a ocorrência de “cuestas” ou escarpas quase verticais semelhantes a entalhes gigantescos, cuja descida é abrupta (MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1.970).

A geomorfologia da área apresentou vários tipos de compartimentação geomorfológica, constituindo paisagens distintas, que evoluem nas bordas ocidentais da Bacia sedimentar do Paraná, drenadas pela Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai, sub-bacia do rio Aquidauana (Figura 05).



Fonte: SEPLAN – MS, 1987 – Organizado por Eva Teixeira dos Santos (2000).
 Sistema UTM da Projeção Conforme de Gauss, Origem da quilometragem UTM: "Equador e Meridiano 45° W. GR." acrescidas as constantes de 10.000 km e 500 km, respectivamente.

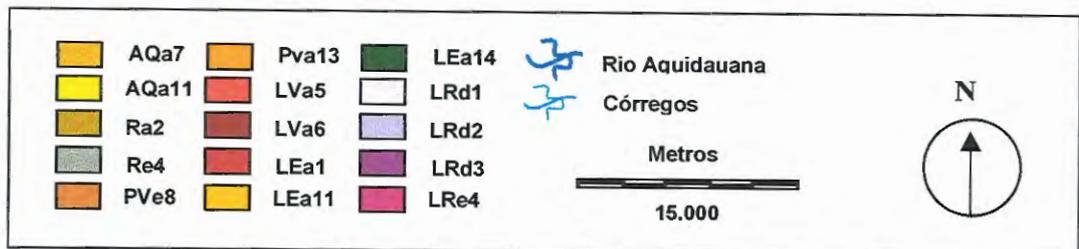
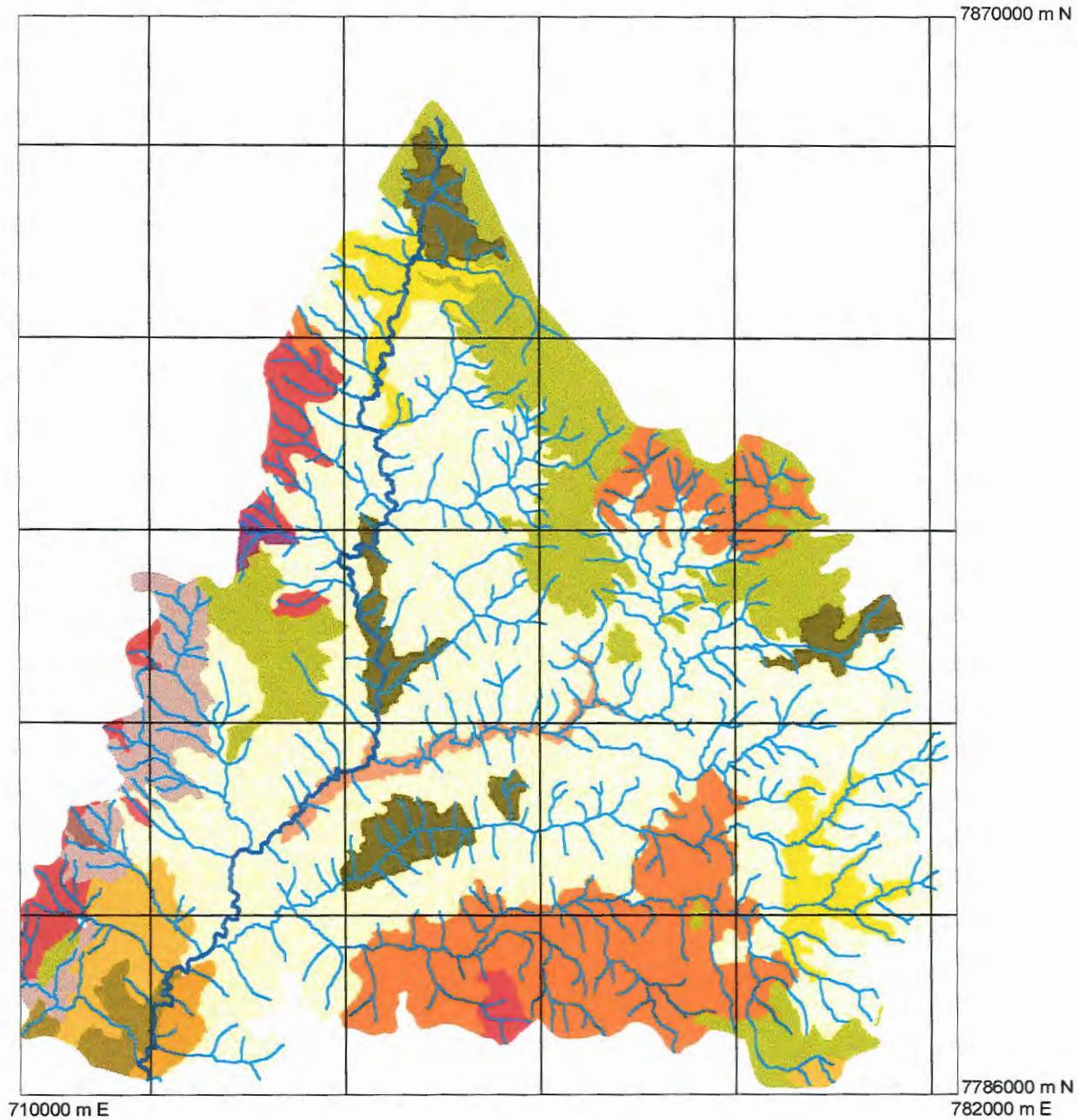


FIGURA 4: Mapa Pedológico da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em estudo

TABELA 02: Legenda do Mapa Pedológico da Área em estudo

AQa7	Areias Quartzosas Álicas + Podzólico Vermelho – Amarelo Álico
AQa11	Areias Quartzosas Álicas + Latossolo Vermelho – Amarelo Álico + Latossolo Vermelho – Escuro Álico
Ra2	Solos Litólicos Álicos + Podzólico Vermelho – Amarelo Álico + Areias Quartzosas Álicas
Re4	Solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos + Podzólico Vermelho – Amarelo Distrófico
PVe8	Podzólico Vermelho – Amarelo Eutrófico + Cambissolo Eutrófico + Solos Litólicos Eutróficos
Pva13	Podzólico Vermelho – Amarelo Álico + Solos Litólicos Álicos + Latossolo Vermelho – Amarelo Álico
LVa5	Latossolo Vermelho – Amarelo Álico + Podzólico Vermelho – Amarelo Álico + Latossolo Vermelho – Escuro Álico
LVa6	Latossolo Vermelho – Amarelo Álico + Solos Litólicos + Podzólico Vermelho – Amarelo Álico
LEa1	Latossolo Vermelho – Escuro Álico
LEa11	Latossolo Vermelho – Escuro Álico + Areias Quartzosas Álicas
LEa14	Latossolo Vermelho – Escuro Álico + Podzólico Vermelho – Escuro Eutrófico
LRd1	Latossolo Roxo Distrófico + Terra Roxa Estruturada Eutrófica + Latossolo Vermelho Escuro Distrófico
LRd2	Latossolo Roxo Distrófico e Eutrófico + Latossolo Vermelho – Escuro Distrófico
LRd3	Latossolo Roxo Distrófico + Terra Roxa Estruturada Eutrófica
LRa4	Latossolo roxo Eutrófico + Latossolo Roxo Distrófico + Terra Roxa Estruturada Eutrófica Latossólica

Fonte: SEPLAN – MS (1987)



Fonte: SEPLAN – MS, 1987 – Organizado por Eva Teixeira dos Santos (2000).
 Sistema UTM da Projeção Conforme de Gauss, Origem da quilometragem UTM: "Equador e Meridiano 45° W. GR." acrescidas as constantes de 10.000 km e 500 km, respectivamente.

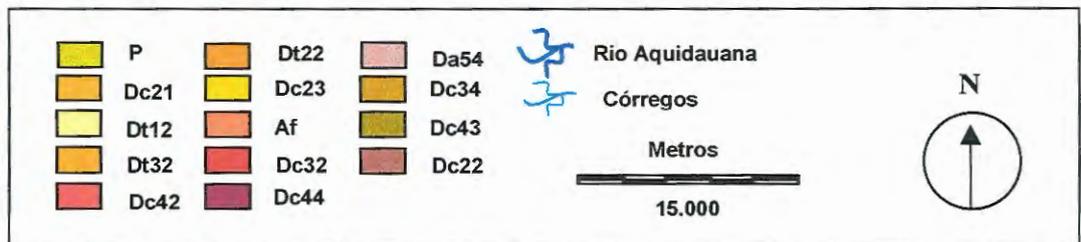


FIGURA 05: Mapa Geomorfológico da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em estudo

TABELA 03: Legenda do Mapa Geomorfológico

P	- Relevo plano, geralmente elaborado por várias fases de retomada erosiva, inumado ou não, por coberturas detriticas e/ou de alteração
Dc21	- Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos colinosos com densidade de drenagem moderada a baixa (330 a 450 km), e declividade menor que 2°
Dt12	- Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos tabulares com densidade de drenagem baixa (157 a 330 km), e declividade menor que 2°.
Dt32	- Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos tabulares com densidade de drenagem moderada a baixa (330 a 450 km), e declividade de 2° a 5°.
Dc42	- Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos colinosos com densidade de drenagem moderada a baixa (330 a 450 km), e declividade de 2° a 5°.
Dt22	- Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos tabulares com densidade de drenagem moderada a baixa (330 a 450 km), e declividade de 2° a 5°.
Dc23	- Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos colinosos com densidade de drenagem moderada a baixa (330 a 450 km), e declividade de 2° a 11°.
Af	- Área plana resultante da acumulação fluvial, sujeita a inundações periódicas.
Dc32	- Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos colinosos com densidade de drenagem moderada (450 a 730 km), e declividade de 2° a 5°.
Dc44	- Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos colinosos com densidade de drenagem moderada a alta (730 a 915 km), e declividade de 5° a 11°.
Da54	- Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando processos de acumulação fluvial com densidade de drenagem alta (915 a 1150 km), e declividade de 5° a 11°.
Dc34	- Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos colinosos com densidade de drenagem moderada (450 a 730 km), e declividade de 2° a 11°.
Dc43	- Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos colinosos com densidade de drenagem moderada a alta (730 a 915 km), e declividade de 2° a 11°.
Dc22	- Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos colinosos com densidade de drenagem moderada a baixa (330 a 450 km), e declividade de 2° a 5°.
Da43	- Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando processos de acumulação fluvial com densidade de drenagem moderada a alta (730 a 915 km), e declividade de 5° a 11°.

Fonte : SEPLAN – MS (1987)

Segundo CHRISTOFOLETTI (1980), entende-se por densidade de drenagem a relação entre o comprimento total dos canais de escoamento e a área da bacia hidrográfica.

Em um mesmo ambiente climático, o comportamento hidrológico das rochas pode repercutir na densidade de drenagem. Nas rochas onde a infiltração encontra maior dificuldade há condições melhores para o escoamento superficial, gerando possibilidades para a esculturação de

canais, como entre as rochas clásticas de granulação fina, e, como consequência, densidade de drenagem mais elevada. O contrário ocorre com as rochas de granulometria grossa.

Com relação ao clima, RUSSI (1.975) destaca duas estações: chuvosa e seca, sendo comumente denominadas pela população local pelos termos “tempo – das – águas” e “tempo – da – seca”, muito embora os meses abrangidos por ambas possam sofrer pequenas variações que não chegam a alterar a média. A precipitação média anual dessa região (Figura 06) está em torno de 1350 mm (SANT’ANNA NETO, 1.993)

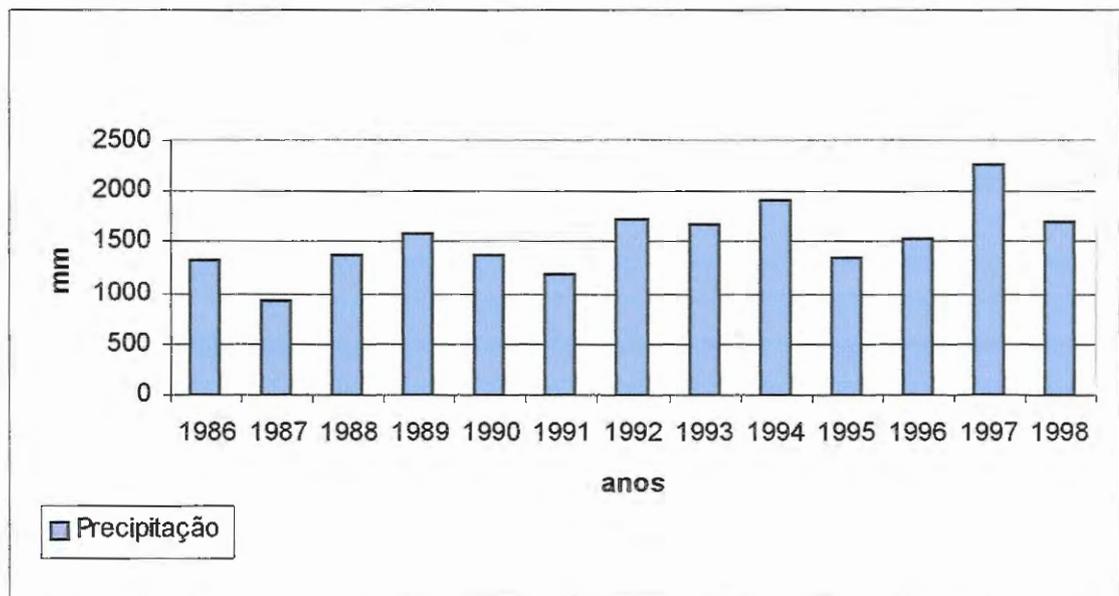


FIGURA 06: Precipitação Média Anual (EMPAER/MS, 1999).

Em geral a estação chuvosa tem seu início em outubro e vai até abril, quando se dá o início as estação seca, a qual torna-se mais acentuada no período compreendido entre julho a agosto, abrandando em seguida até o final do mês de setembro quando tem-se a passagem para a estação chuvosa (Figura 07).

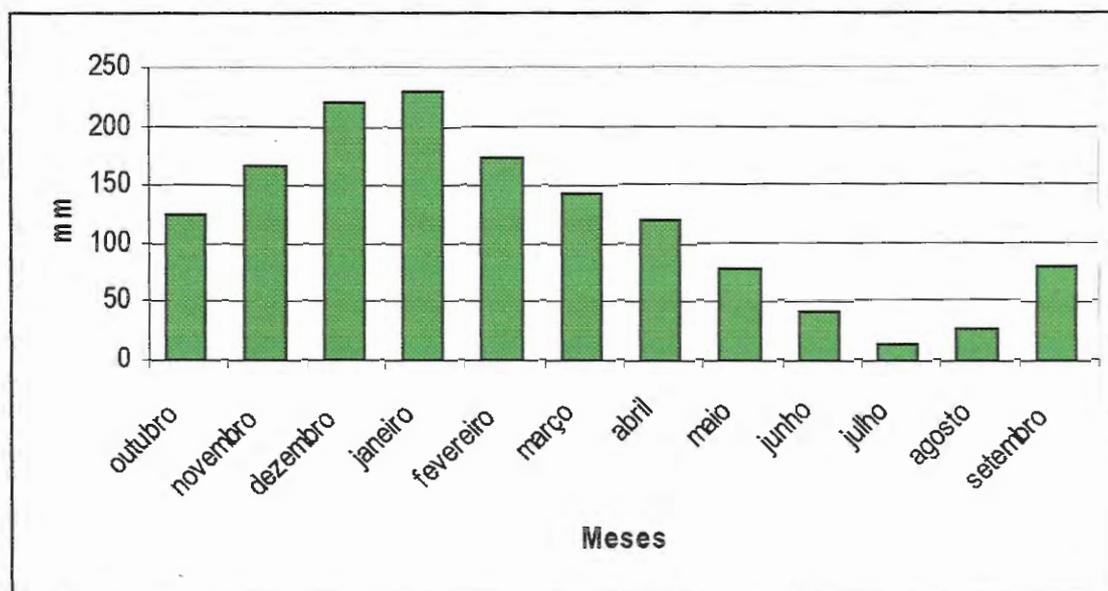


FIGURA 07: Precipitação Média Mensal no Período de 1986 a 1998 (Período Chuvoso e Seco) EMPAER/MS, 1999.

Verifica-se ainda que a estação chuvosa e a estação seca são também, até certo ponto, definidas pelas variações da temperatura. Dá-se regionalmente as denominações de “tempo do calor” e “tempo do frio” para esses períodos.

A estação quente corresponde mais ou menos à estação chuvosa, no verão, com temperatura média em torno de 35°C e a fria à estação seca, no inverno, com temperatura em torno de 18°C.

A temperatura média diária inicia a aumentar em agosto e atinge o seu ponto máximo em dezembro, começando em seguida a sofrer um ligeiro declínio, o qual é gradual até maio, quando se torna mais acentuado, e em junho e julho a temperatura atinge o seu ponto mais baixo, o que não impede entretanto que em alguns anos ocorram temperaturas extremamente baixas no mês de agosto.

O clima dessa área segundo a classificação de Koppen é o Aw,

definido como clima tropical úmido.

Para RUSSI (1.975), a combinação clima / relevo / geologia / solo permitiu diversificada cobertura vegetal, de tal modo que os campos (sujos e limpos) cerrados e matas subcaducifólias do planalto e a complexa flora pantaneira da planície, interpenetraram-se nesta região, gerando uma associação mista de campos, cerrados, matas e espécies pantaneiras que podem ser consideradas como formações relicárias.

Grande parte desta vegetação na região serrana já se encontra bastante alterada, tanto pela derrubada das matas em áreas que vão sendo sistematicamente incorporadas às atividades de pecuária, quando pelas madeireiras e carvoarias.

4.2 – Desenvolvimento do trabalho

4.2.1 – Materiais utilizados:

Para geração dos mapas básicos para este estudo, utilizou-se os seguintes materiais:

- Mapas pedológico, geomorfológico e aptidão agrícola das terras produzidos pela Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral – SEPLAN – MS, folhas de Camapuã na escala 1:250.000 de 1987.

- Cartas topográficas nº 2475 – SE – 21 – Z – D – II, Folha de Rio Negro, 1ª edição -1ª impressão – 1976, SE – 21 – Z – D – III, Folha de Ponte Vermelha, 1ª edição – 1ª impressão – 1975, nº 2513 – SE – 21 – Z – D – V, Folha de Rochedo, 1ª edição – 2ª impressão – 1980 e nº 2514 - SE – 21 – Z – D –VI, Folha de Camapuã, 1ª edição – 1ª impressão – 1975, sendo todas da Diretoria de Serviço Geográfico – Ministério do Exército, escala 1:100.000 com Datum Horizontal de Córrego Alegre – MG e Datum Vertical de Imbituba – SC, Meridiano Central “Equador e Meridiano 57° W. GR”, origem da quilometragem UTM – “Equador e Meridiano 45W. GR”.

- Imagens de Satélite de 185 X 185 km em CD - Rom, nível 4, 3 bandas (3,4,5), de 13 de agosto de 1985 e 17 de agosto de 1998, processadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Como forma de entrada de dados no SIG, utilizou-se o software de digitalização Cartalinx. 1.04, sendo que para a geração e manipulação de imagens utilizou-se o software Idrisi (ambos desenvolvidos pela Clark University – Massashussets - EUA).

4.2.2 –Digitalização

Esta etapa consistiu na digitalização dos mapas e cartas da área em estudo, sendo transferidos os dados contidos nas cartas analógicas planialtimétricas, geomorfológica, pedológica, aptidão agrícola, para a forma digital (Figura 08). Para este processo utilizou-se a mesa digitalizadora *Summagraphics Summagrid IV*, formato A1 e o software *Cartalinx 1.04*. As cartas planialtimétricas, além de fornecerem informações relativas à topografia também foram utilizadas para a obtenção dos dados de hidrografia.

O programa de digitalização utilizado possui diferentes formas de armazenamento de dados, cada qual usada para representar uma classe de informação. A topografia foi digitalizada na forma de pontos e arcos (linhas), sendo que cada um destes recebeu um identificador numericamente igual à cota altimétrica. No caso da hidrografia foi utilizada uma forma de armazenamento semelhante, usando-se apenas arcos. Já para o limite da bacia, a pedologia, geomorfologia e aptidão agrícola foram utilizados polígonos como forma de armazenamento dos dados. Cada mapa analógico foi digitalizado individualmente não sendo necessário fazer a concatenação dos diversos arquivos, bastando entrar com as coordenadas totais da área em estudo, mudando-se apenas os pontos de calibração ao final de cada carta digitalizada (HAGAN et al., 1998). Ainda com o software *Cartalinx 1.04*, procedeu-se posteriormente à edição das imagens geradas que consiste no trabalho de conexão de linhas (snap), verificação de erros de digitalização (cotas erradas, cruzamentos de curvas de nível, mudanças de

identificadores, etc). Após o trabalho de digitalização exportou-se os arquivos do Cartalinx para o IDRISI com a terminação .vec.

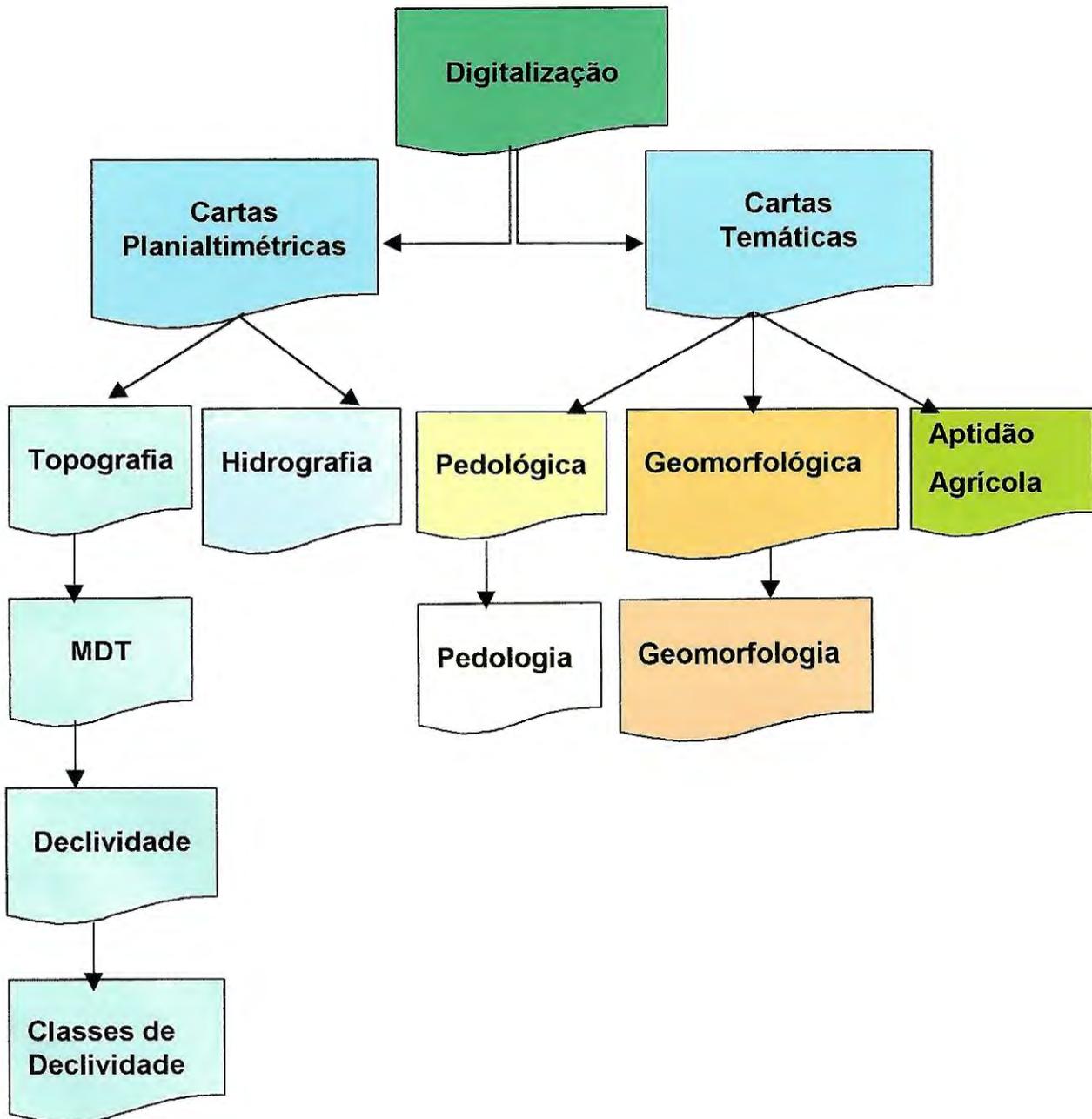


FIGURA 08: Síntese da metodologia utilizada na digitalização.

4.2.3 - Entrada de dados no IDRISI

Terminada a etapa de digitalização e edição de imagens, procedeu-se a entrada dos dados no software IDRISI for windows 2.0, na qual se fez necessária a conversão dos dados de estrutura vector para estrutura raster das informações topográficas, hidrográficas, pedológicas, geomorfológicas e aptidão agrícola das terras. Todas as imagens foram produzidas com pixel de 30x30 metros (resolução do LANDSAT 5/TM), sendo que para isso é necessário fazer a subtração das coordenadas mínimas e máximas de x e y e depois a divisão dos respectivos resultados por 30, sendo que o resultado de x deu origem ao número de colunas e o resultado de y o número de linhas existentes nas respectivas imagens. Na rasterização foram utilizadas 2400 colunas e 2800 linhas para se obter o tamanho do pixel desejado.

Tal pixel foi definido tendo em vista a sobreposição realizada entre estes dados e as imagens do satélite LANDSAT5/TM, que apresenta resolução espacial de 30 metros. Os dados de hidrografia também foram utilizados na forma vector.

Tendo em vista a necessidade de se extrair informações inerentes a cada mapa temático (topografia, pedologia, hidrografia, geomorfologia e aptidão agrícola das terras), foram desenvolvidos procedimentos específicos, detalhados a seguir.

4.2.4 - Processamento digital das imagens

As imagens do satélite LANDSAT 5/TM foram geradas no INPE em formato digital que foi convertido, por um programa fornecido pelo próprio

INPE (Voldir.Dat), para arquivo padrão TIF (*Targged Information Format files*) que pode ser importada para o IDRISI. Cada banda da imagem foi armazenada em um arquivo individual.

No trabalho com imagens de satélite são necessárias a realização de diferentes tipos de correção. Para este estudo são indicadas as correções geométricas e atmosférica, descritas mais detalhadamente por CHUVIECO (1990), NOVO (1992) e CRÓSTA (1993).

A correção geométrica foi realizada no IDRISI para cada banda separadamente. Para este processo elaborou-se um arquivo com pontos identificados na imagem e no mapa topográfico, com suas respectivas coordenadas. Foram escolhidos pontos dispostos em toda a área de estudo e de fácil localização no mapa, como por exemplo: cruzamentos de estradas e encontros de rios. A partir deste arquivo, o software IDRISI realiza a correção geométrica e “corta” automaticamente a imagem nas coordenadas limites da área desejada.

Para a imagem de 1998, foram utilizados 32 pontos de controle, e o erro encontrado, denominado RMS, foi de 0,9 píxel e para a imagem de 1985 foram utilizados 30 pontos de controle e o RMS, foi de 1,05 píxel. Segundo CHUVIECO (1990) e NOVO (1992), o erro recomendado em operações de georreferenciamento deve ser menor que um píxel. Silveira (1997) aceita resultados com erro próximo de 0,5 píxel até 1,7 píxel. Como a resolução utilizada neste trabalho é um píxel de 30 metros, os erros estão dentro dos critérios acima estabelecidos.

Após efetuadas as correções, realizou-se a composição colorida unindo-se as três bandas em um sistema RGB (Red, Green, Blue), sendo atribuídas a banda 5 à cor vermelha, à banda 4 a cor verde e à banda 3 a cor azul (5R4G3B). Este padrão de composição tem sido bastante utilizado por diversos autores para estudos de uso e ocupação do solo.

Com o objetivo de discriminar duas classes de uso do solo (floresta e área desflorestada), ALVES et al. (1998), utilizaram imagens LANDSAT/TM, bandas 3, 4, e 5 em CD Rom, georreferenciadas utilizando-se pontos de controle adquiridos e processados com equipamento GPS diferencial. Os dados foram analisados no SIG SPRING do INPE.

WATRIN et al. (1998), também utilizaram para caracterização da vegetação e uso do solo, na microrregião Bragantina, situada na Amazônia Oriental, na porção Nordeste do Estado do Pará e a leste de sua capital Belém, imagens LANDSAT/TM 5, bandas 3, 4 e 5 georreferenciadas com cartas planialtimétricas do DSG, que foram processadas no software SITIM e analisadas no SGI/INPE.

ORTIZ et al. (1996) elaboraram o mapeamento e implantação de um sistema de monitoramento dos remanescentes da vegetação nativa e do uso do solo do Estado de Minas Gerais, utilizando-se imagens LANDSAT/TM, sob a forma de produtos fotográficos coloridos, resultando da combinação de três bandas espectrais (3, 4 e 5) na escala 1:100.000. Para o tratamento digital foi utilizado o software SITIM/SGI do INPE.

4.2.5 - Elaboração dos mapas sínteses

Após a digitalização das cartas temáticas e classificação das imagens de satélite, passou-se à elaboração dos mapas sínteses da área em estudo como: declividade, uso e ocupação do solo nos anos de 1985 e 1998, suscetibilidade à erosão, aptidão agrícola, geomorfológico, qualidade ambiental, limite da bacia, áreas sujeitas à erosão das margens dos cursos d'água e adequação ambiental (Figura 09).

4.2.5.1 - Mapa de Declividade

Os dados de topografia foram digitalizados para elaboração do mapa de classes de declividade. Para elaboração deste mapa foram adotados intervalos de classes de declividade, tendo-se como base o padrão estabelecido pela EMBRAPA, em estudos de erosão dos solos (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995), como se segue:

TABELA 04: Intervalos de Classes de Declividade da área em estudo

CLASSES	RELEVO
0 – 3%	Relevo Plano
3 – 8%	Relevo Suave ondulado
8 – 20%	Relevo Moderadamente Ondulado a Ondulado
> 20%	Relevo Forte Ondulado a montanhoso Escarpado

Fonte: Adaptado de RAMALHO FILHO & BEEK, 1995.

Tendo o mapa topográfico como base, gerou-se uma imagem com os valores interpolados entre as curvas de nível, utilizando-se o módulo de interpolação Intercon do IDRISI, resultando em um modelo de elevação digital do terreno (DEM – Digital Elevation Model). Esta imagem foi passada em um filtro médio (mean filter) e em seguida foram determinados os

valores de declividade usando-se o módulo slope (EASTMAM, 1997). Por fim, estes valores foram agrupados nas classes de declividade citadas anteriormente, resultando no mapa desejado.

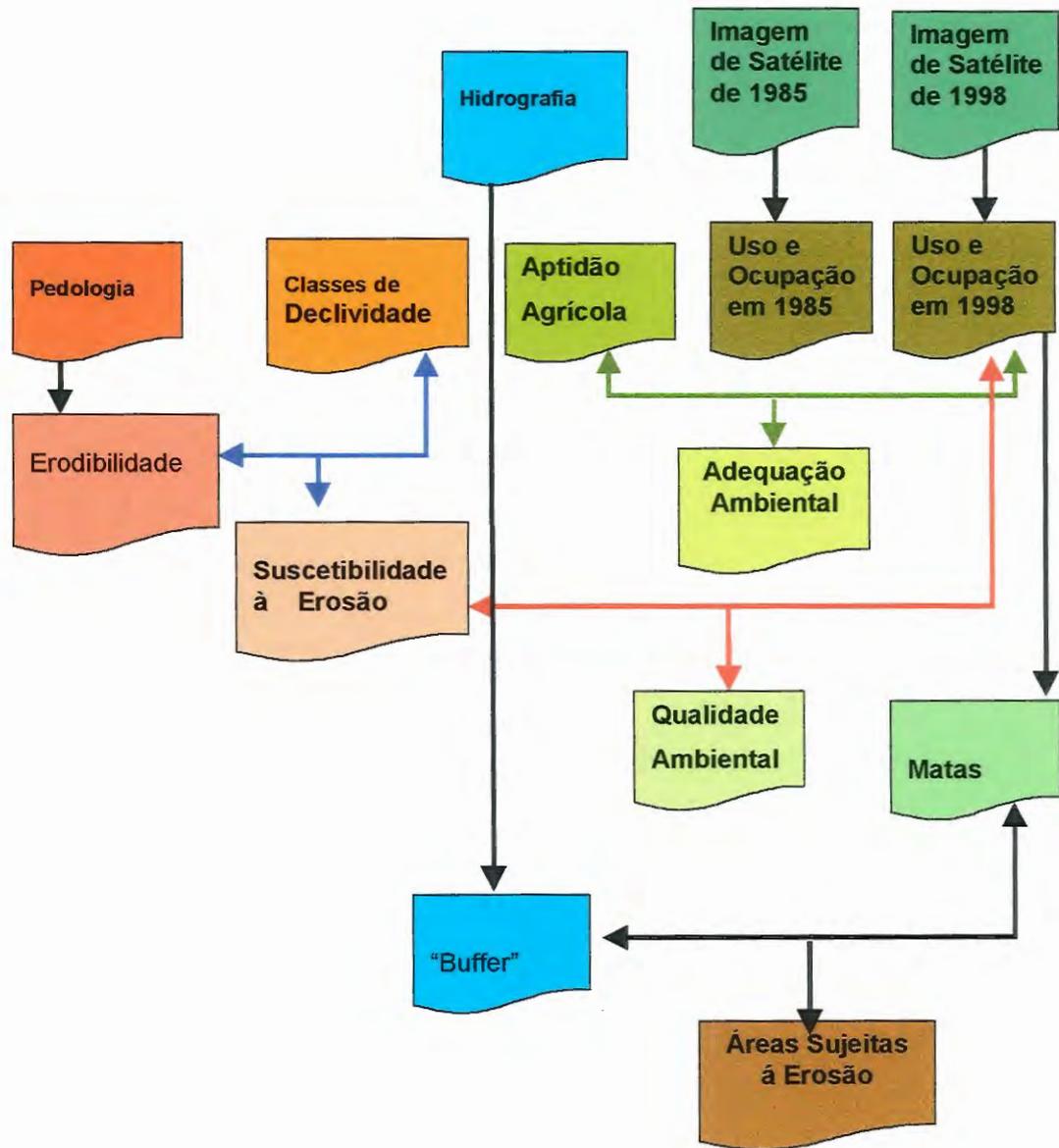


FIGURA 09: Representação esquemática da metodologia utilizada na confecção dos mapas sínteses.

4.2.5.2 - Uso e Ocupação do Solo no anos de 1985 e 1998

Após o georreferenciamento das imagens de satélite de 1985 e 1998, realizou-se a composição colorida das mesmas no módulo Composit do IDRISI para a elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo.

Para tanto efetuou-se uma classificação supervisionada da imagem, utilizando-se o método da Máxima Verossimilhança – Max Ver Maximum Likelihood), descrito por CRÓSTA(1993). Em se tratando de classificação supervisionada é necessário apresentar ao programa “conjuntos de treinamento” representativos de cada classe. Desta forma, o método atribui cada pixel a classe a qual ele tenha maior probabilidade de pertencer.

O software IDRISI permite a seleção dos “conjuntos de treinamento” por meio de um sistema de digitalização em tela, na forma de polígonos. Este dispositivo oferece a possibilidades de selecionar áreas pertencentes às diferentes classes (BARGUIL, 1998).

Inicialmente foram atribuídas 7 classes de uso do solo: Savana Florestada (Cerradão), Savana Arborizada (Cerrado), Savana Parque (Cerradinho ou Campo Sujo), Matas de Galeria, Pastagens, Agricultura e Solo Exposto.

Posteriormente, para verificação das classes atribuídas ao mapa, foi realizado um trabalho de campo por toda a área mapeada, onde de posse de um GPS (modelo *Ensign GPS* da *Trimble Navigation*, precisão de 100 m) para localização das áreas classificadas, efetuaram-se as correções necessárias. Como as duas primeiras classes e a mata de galeria acabavam

confundindo-se um pouco no momento de classificação, resolveu-se agrupá-las numa única classe denominada de Matas.

Após a volta do campo, pôde-se reclassificar a imagem, dando então origem a cinco(5) classes de uso: Matas, Savana Parque (campo sujo), Pastagem, Agricultura e Solo Exposto.

Esta classificação foi adaptada do Referencial Metodológico para Interpretação da Legenda do Mapa de Vegetação do Estado de Mato Grosso do Sul (1998), definindo-se cada uma das classes da seguinte forma:

- Matas: constitui-se de uma formação composta por denso estrato de árvores baixas, xeromórficas e de engalhamento profuso. De maneira geral apresentam estratos (porção de uma comunidade vegetal em dado limite de altura) definidos, um andar superior mais ou menos uniforme com 8 a 10 m de altura excepcionalmente 15 a 18 m. Um estrato de arvoretas e arbustos não muito nítidos e outro herbáceo descontínuo, com gramíneas em tufos. Sua composição florística é heterogênea, contudo, entre seus dominantes arbóreos típicos incluem-se a lixeira (*Curatella americana*), pau-terra (*Qualea grandiflora*), faveiro (*Dimorphandra mollis*), angico (*Piptadenia macrocarpa*), barbatimão (*Stryphnodendron barbadetiman*), entre outras. Nesta classe incluem-se o Cerradão (Savana Florestada) e o Cerrado (Savana Arborizada), bem como as matas de galeria (Figura 10).



Foto: Eva Teixeira dos Santos, trabalho de campo (agosto, 1999).

FIGURA 10: Aspectos da vegetação nativa (Cerradão) acima e Mata de Galeria (abaixo), com presença da palmeira Buriti.

- Campo Sujo (Parque – de – Cerrado): também conhecido como Cerradinho. É uma formação com característica de campo, possui um tapete gramíneo creptoso e com estrato de pequenas árvores tortuosas com 2 a 3m geralmente, e com número reduzido de espécies ocorrente nas áreas de litologias ou sedimentação mais antigas. Pode ser observada também constituindo vegetação arbórea em tufos, associado com termiteiros (cupinzeiros) formando gregarismo ou destacando espécies como lixeira (*Curatella americana*), paratudo (*Tabebuia aurea*) e murici (*Byrsonima basiloba*), nas planícies que são inundadas anualmente. Estas formações freqüentemente são entrecortadas pela presença de floresta de galeria (Figura 11).

- Pastagem: compreende as áreas onde a vegetação original foi modificada pela ação antrópica, sendo substituídas por pastagens (Figura 12).

- Agricultura: compreende as áreas onde a vegetação natural (Cerrado) foi modificada pela ação antrópica, sendo substituídas por culturas como soja, milho, trigo, sorgo e milheto (época em que as imagens foram processadas) (Figura 13).

- Solo Exposto: compreende as áreas em que as culturas da época estão sendo retiradas, sendo que serão plantadas sementes de milheto na espera das primeiras chuvas para nascer e proteger o solo (cobertura) até a época do plantio da soja, em outubro (Figura 14).

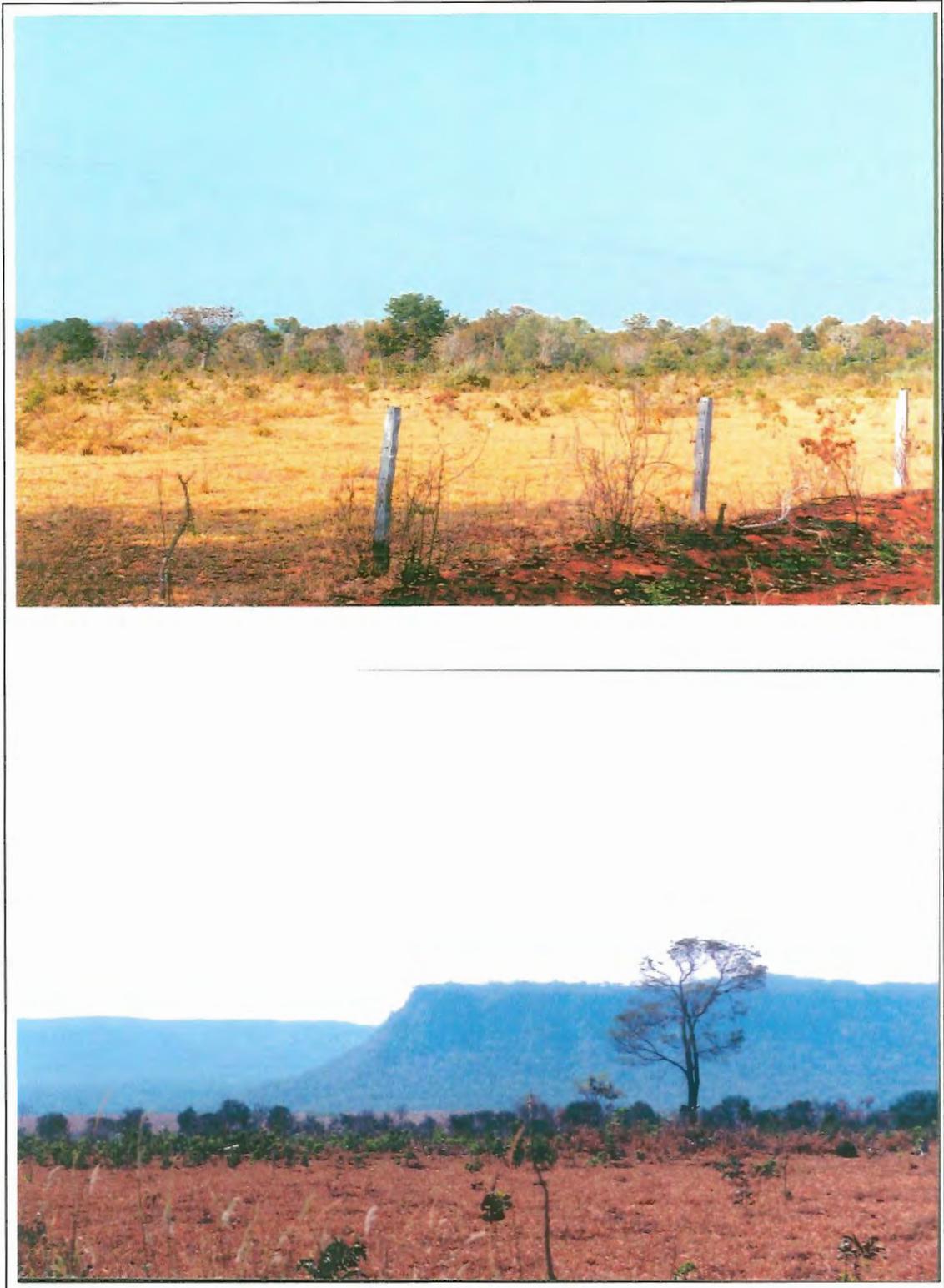


Foto: Eva Teixeira dos Santos, trabalho de campo (agosto, 1999).

FIGURA 11: Aspectos do Campo Sujo (acima) e campo sujo com a Serra de São Gabriel ao fundo (abaixo)



Foto: Eva Teixeira dos Santos, trabalho de campo (agosto, 1999).

FIGURA 12: Vista de pastagens plantadas (Brachiária), em solos arenosos (acima) e pastagens em relevo plano (abaixo)



Foto: Eva Teixeira dos Santos, trabalho de campo (agosto, 1999).

FIGURA 13: Aspectos da plantação de trigo (acima) e plantação de milho (abaixo) chegando até as margens do rio.



Foto: Eva Teixeira dos Santos, trabalho de campo (agosto, 1999).

FIGURA 14: Vista de uma área com solo exposto (acima) e abaixo o contraste entre solo exposto (área para plantio) e pastagem (áreas abandonadas).

4.2.5.3 - Mapa de susceptibilidade à Erosão

A degradação dos solos afeta tanto as áreas agrícolas como as áreas com vegetação natural e pode ser considerada, dessa forma, um dos problemas ambientais mais comuns. Cerca de 15% das terras brasileiras são atingidas pela degradação. Atualmente a erosão acelerada dos solos, tanto pelas águas como pelo vento, é responsável por 56% e 28%, respectivamente, da degradação dos solos do mundo. O Brasil não está imune a esses problemas, e grandes áreas do seu território tem sido identificadas com solos bastante degradados (TEIXEIRA GUERRA et al. 1999).

Pode-se dizer que a degradação dos solos está intimamente associada ao avanço da agricultura.

Devido a isso, o homem conseguiu avanços no que diz respeito à produção de alimentos, roupas e aumento do nível de vida de uma parte da população mundial, no entanto, não conseguiu avançar em relação ao desenvolvimento associado a conservação dos solos.

Nesse sentido, baseando-se nos critérios estabelecidos por BERTONI & LOMBARDI NETO (1999), dividiu-se o mapa pedológico em três classes distintas de acordo com o grau de erodibilidade (Tabela 05).

TABELA 05: Graus de erodibilidade dos solos da Área em estudo

Erodibilidade	Tipos de Solo
Alta	Areias Quartzozas e Solos Litólicos
Média	Solos Podzólicos
Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo

Fonte: Adaptado de BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999.

Em seguida, tomando como base os procedimentos utilizados por TABACZENSKI (1995) e RANIERI (1996), foram estabelecidos critérios para elaboração do mapa de suscetibilidade à erosão, apresentado na Tabela 06, que define o grau de suscetibilidade à erosão a partir da

sobreposição da erodibilidade à declividade do terreno. Na definição destes critérios, considerou-se que a região analisada destinava-se ao plantio de culturas anuais, representando uma situação bastante desfavorável no que se refere à proteção do solo.

TABELA 06: Matriz de decisão para determinação dos graus de suscetibilidade à erosão

Erodibilidade	Intervalos de Declividade				
	0 – 3%	3 – 8%	8 – 13%	13 – 20%	> 20%
Alta	Média	Alta	Alta	Muito Alta	Muito Alta
Média	Baixa	Média	Média	Alta	Muito Alta
Baixa	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta

Fonte: Adaptado de TABACZENSKI (1995) e RANIERI (1996)

Para sobreposição dos mapas de erodibilidade à declividade do terreno, reclassificou-se o mapa de erodibilidade sendo-lhe atribuído os seguintes pesos:

- 10, para erodibilidade alta, 20, para erodibilidade média e 30, para erodibilidade baixa.

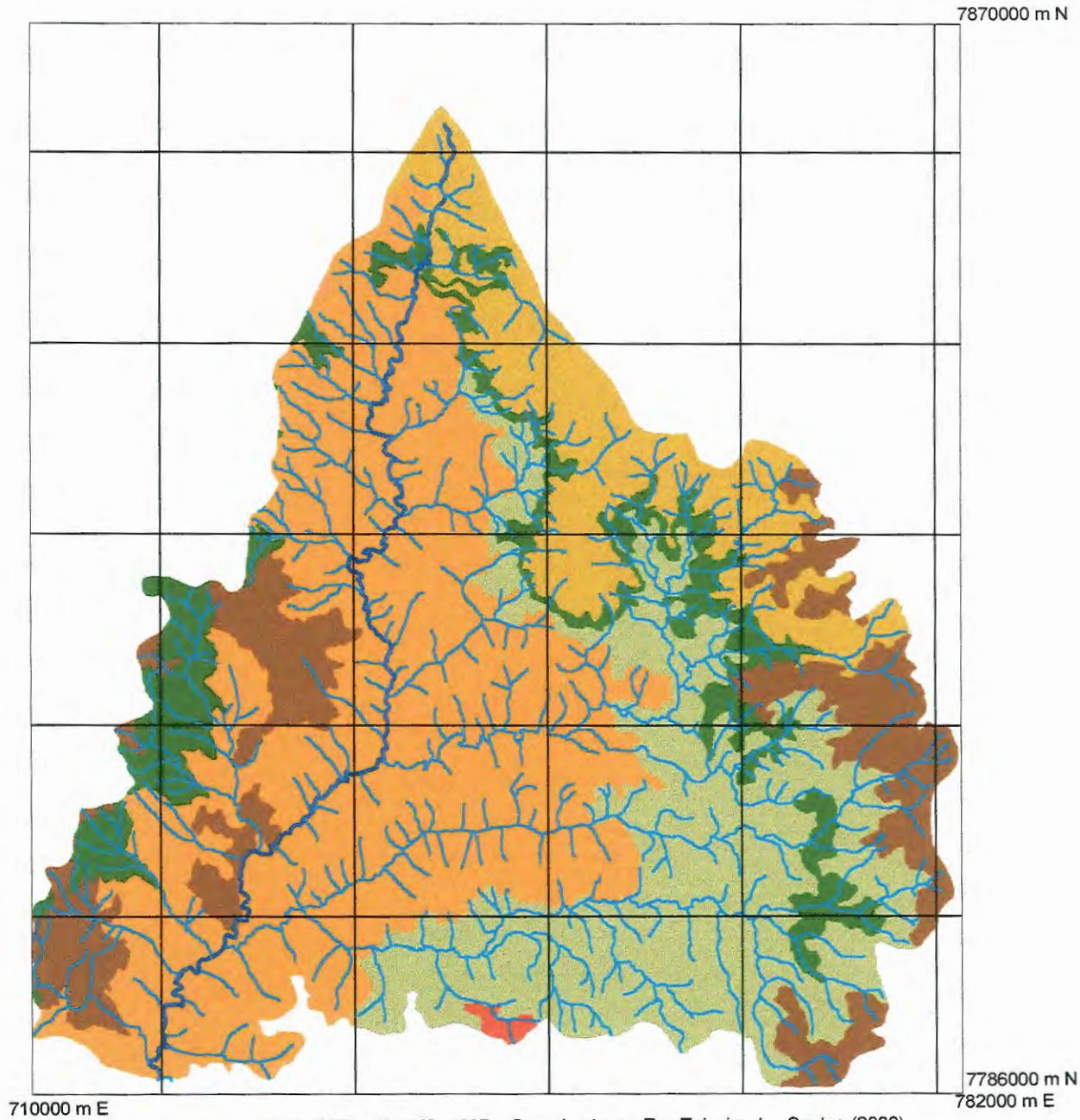
Assim, ao sobrepô-lo (soma) ao mapa de declividade com 5 (cinco) intervalos gerou-se 35 classes (Idrisi) que depois foram reclassificadas de acordo com os critérios estabelecidos na Tabela 6, dando então origem ao Mapa de Suscetibilidade à Erosão da área em estudo.

4.2.5.4 - Mapa de Aptidão Agrícola das Terras

Após a digitalização do mapa de aptidão agrícola das terras da área em estudo, realizou-se uma sobreposição de multiplicação com a imagem do limite da área, obtendo-se então o mapa de Aptidão Agrícola (Figura 15).

As classes de aptidão encontradas na área são descritas a seguir:

- aptidão restrita para lavoura e regular para pastagem plantada: Terras marginais – áreas assim denominadas, pelos riscos de insucesso e por serem uma classe intermediária entre classes de aptidão – requerem pesquisas para definição da classe de aptidão. Áreas de solo com textura média e relevo normalmente plano e suave ondulado, com baixas reservas de nutrientes, apresentando riscos de deficiência hídrica para uso com a agricultura;
- aptidão restrita para pastagem plantada e silvicultura: áreas de solo com textura arenosa, em relevo normalmente plano e suave ondulado, com muito baixa reserva de nutrientes e riscos de deficiência hídrica, que podem inviabilizar o uso com pastagens plantadas;
- aptidão boa para lavoura: áreas de solo com boas reservas de nutrientes, relevo ondulado, com presença comum de afloramentos rochosos;
- aptidão regular para lavoura: áreas de solos com medianas reservas de nutrientes, relevo normalmente plano e suave ondulado, textura argilosa ou média;
- aptidão regular e restrita para lavoura: áreas de solos com baixas reservas de nutrientes, relevo normalmente plano e suave ondulado, textura argilosa;
- proteção da flora e fauna (sem aptidão agrícola): áreas de solos rasos, com relevo forte ondulado, montanhoso e escarpado, desaconselhável ao uso agropecuário.



Fonte: SEPLAN – MS, 1987 – Organizado por Eva Teixeira dos Santos (2000).
 Sistema UTM da Projeção Conforme de Gauss, Origem da quilometragem UTM: "Equador e Meridiano 45° W. GR." acrescidas as constantes de 10.000 km e 500 km, respectivamente.

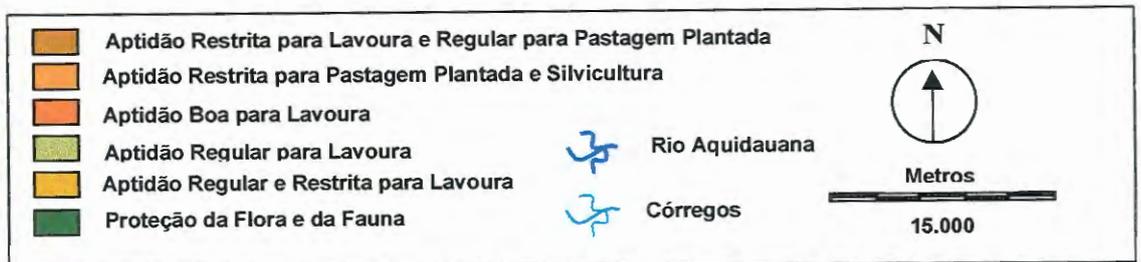


FIGURA 15: Mapa de Aptidão Agrícola das Terras da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em estudo



4.2.5.5 - Mapa Geomorfológico

Após a digitalização da carta de geomorfologia da área em estudo, realizou-se um overlay de multiplicação com a imagem do limite da área, obtendo-se então o Mapa Geomorfológico (Figura 5).

4.2.5.6 – Mapa da Qualidade Ambiental

Os níveis de pressão que as atividades antrópicas exerceram sobre os atributos naturais, resultaram em três estados de qualidade ambiental que, segundo SILVA (1993), é o conjunto de atributos e propriedades que determinado meio reúne em consequência da interação Sociedade-natureza de modo a atender as necessidades somáticas e psíquicas do homem e da sociedade.

Para isto foi feita a reclassificação do mapa de suscetibilidade à erosão, agrupando a suscetibilidade alta e muito alta em uma única classe (alta), muito baixa e baixa, em baixa e a média permanecendo como estava ficando assim, com três classes onde, a sobreposição da suscetibilidade à erosão (solo x declividade) ao uso e ocupação atual (1998), deu origem aos estados de qualidade ambiental.

A matriz de decisão utilizada para determinação das classes de qualidade ambiental e capacidade de suporte da região pode ser observada na tabela 07. Foram identificados os seguintes estados atuais da qualidade ambiental adaptados de EMBRAPA/CNPS, IBGE/DGC (1997):

- Conservado: quando os atributos do sistema natural encontram-se conservados na qualidade original, garantindo o equilíbrio dinâmico. As alterações ocorridas caracterizam-se como interferências brandas com pouco prejuízo na paisagem.

- Equilibrada: quando as modificações no sistema natural afetam parcialmente o mecanismo de troca de energia, afetando o equilíbrio dinâmico e a qualidade ambiental. As alterações são brandas ou moderadas e parciais descaracterizando alguns dos componentes originais do sistema e derivando para níveis mais baixos de qualidade ambiental.

- Suscetível: quando as alterações dos atributos do sistema são fortes, podendo haver descaracterização total ou parcial dos componentes do sistema natural com perdas de recursos, repercutindo de modo muito significativo na qualidade ambiental. As repercussões podem encerrar desde níveis de criticidade até situações irreversíveis (voçorocas).

Após identificados os estados atuais da qualidade ambiental passou-se à análise e avaliação da capacidade de suporte para o uso atual, que com base em SILVA (1993), consiste na habilidade natural do ambiente incorporar mudanças, sem fundamentalmente alterar sua composição geral e sua estrutura.

Para tanto foram identificadas 4 (quatro) tipos de capacidade de suporte:

- Capacidade de Suporte Plena: além de manter-se com os atributos e propriedades originais, apresenta estabilidade ambiental.

- Capacidade de suporte reduzida: mantém-se o suporte abiótico com limitações pouco significativas em relação às técnicas utilizadas, apresentando prováveis alterações na biota (ação antrópica).

- Capacidade de suporte crítica: Quando grande parte das potencialidades físicas e bióticas estão transformadas; os atributos e

propriedades naturais e a estabilidade ambiental encontram-se comprometidas.

- Capacidade de suporte esgotada: Quando existem fortes limitações do ambiente físico e biótico com risco de degradação muito grande.

TABELA 07: Classes de Uso e ocupação, Suscetibilidade à Erosão, Qualidade Ambiental e Capacidade de Suporte.

Uso e ocupação do solo (1998)	Suscetibilidade à erosão	Qualidade Ambiental	Capacidade de suporte
nativa	baixa	conservada	plena
nativa	média	equilibrada	plena
nativa	alta	equilibrada	plena
campo sujo	baixa	equilibrada	reduzida
campo sujo	média	equilibrada	reduzida
campo sujo	alta	suscetível	crítica
pastagem	baixa	equilibrada	reduzida
pastagem	média	suscetível	crítica
pastagem	alta	suscetível	esgotada
solo exposto	baixa	suscetível	crítica
solo exposto	média	suscetível	crítica
solo exposto	alta	suscetível	esgotada
lavouras	baixa	suscetível	reduzida
lavouras	média	suscetível	crítica
lavouras	alta	suscetível	esgotada

Fonte: Adaptado de EMBRAPA/CNPS, IBGE/DGC (1997)

4.2.5.7 - Limite da bacia

Para delimitação da bacia, digitalizou-se no CARTALINX, sob a forma de polígono, orientando-se pelos divisores de água na carta planialtimétrica do DSG (Diretoria do Serviço Geográfico), na escala 1:100.000, o limite da área em estudo (Figura 2).

A imagem gerada com a delimitação da bacia foi sobreposta (OVERLAY de multiplicação) do IDRISI às imagens da hidrografia e suscetibilidade à erosão como pode ser observado nos mapas deste trabalho, para ter-se somente a área da bacia.

4.2.5.8 – Mapa das Áreas Sujeitas à Erosão nas margens dos Cursos d'água

Considerando que os processos de assoreamento e contaminação dos cursos d'água por atividades agropecuárias e outros usos podem causar a degradação dos cursos d'água, tornando-os impróprios para seus usos múltiplos, construiu-se o mapa de áreas sujeitas à erosão nas margens dos cursos d'água.

Para LIMA (1989), o risco de assoreamento constitui-se diretamente associado à suscetibilidade à erosão dos solos, bem como o uso que lhes é dado principalmente nas faixas marginais de vegetação.

Com isso, a retirada dessa vegetação nativa, situada às margens de cursos d'água, com elevada suscetibilidade à erosão e posterior utilização para atividades agropecuárias, tende a agravar esse processo de degradação, uma vez que a vegetação ciliar representa uma barreira física ao escoamento superficial da água de enxurrada que transporta as partículas sólidas desprendidas do solo.

Com relação à hidrografia, o Código Florestal (Lei Federal nº 4771/65), determina que sejam consideradas áreas de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

1) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:

1.1 – de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

1.2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura.

1.3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

1.4 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros de largura;

2) ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios d' águas naturais ou artificiais;

3) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura.

Com o objetivo de observar o quanto ainda existe de vegetação permanente, sob a forma de mata ciliar, foi gerado um mapa com "buffer" (área de uma distância dada ao redor de uma feição física representada na forma de pontos, arcos e polígonos) ao redor dos rios. Na elaboração deste mapa, observando a legislação citada, considerou-se 30 metros de distância de cada margem dos rios e mais 10 metros de largura dos rios, somando-se 70 metros.

Em seguida, sobrepôs-se esta imagem à imagem binária de vegetação nativa, obtendo-se as áreas suscetíveis ao assoreamento devido à falta de vegetação ciliar (erosão das margens).

Posteriormente, utilizando o módulo CROSSTAB, sobrepôs-se esta imagem à imagem de suscetibilidade à erosão, gerando então a carta de áreas sujeitas erosão nas margens dos cursos d'água .

4.2.5.9 – Mapa de Adequação Ambiental

No intuito de saber se a ocupação da área em estudo obedece o proposto pelo mapa de aptidão agrícola das terras, realizou-se a

sobreposição deste mapa ao mapa de uso e ocupação de 1998, originando o mapa de adequação ambiental.

Para tanto, reclassificou-se o mapa de uso e ocupação do solo em 1998, sendo atribuídos os seguintes identificadores:

- 10, para a vegetação nativa;
- 20 para o campo sujo;
- 30, para a pastagem;
- 40, para a agricultura e
- 50, para o solo exposto.

Assim, após a sobreposição (soma) obteve-se 56 classes que após uma nova reclassificação, baseando-se nos critérios apresentados na Tabela 08, chegou-se a três classes de adequação ambiental: adequada, aceitável e inadequada.

TABELA 08: Matriz de decisão para determinação das classes de adequação ambiental

	Classes de Aptidão Agrícola das Terras					
Uso do Solo	Aptidão 1	Aptidão 2	Aptidão 3	Aptidão 4	Aptidão 5	Aptidão 6
Vegetação Nativa	adequada	adequada	adequada	adequada	adequada	adequada
Campo Sujo	adequada	adequada	adequada	adequada	adequada	aceitável
Pastagem	aceitável	Inadequada	adequada	adequada	adequada	Inadequada
Agricultura	Inadequada	Inadequada	adequada	aceitável	Inadequada	Inadequada
Solo Exposto	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada

Organizado por: Santos (2000)

Classes de Aptidão Agrícola das Terras:

- Aptidão 1: restrita para lavoura e regular para pastagem plantada;
- Aptidão 2: restrita para pastagem plantada e silvicultura;

- Aptidão 3: boa para lavoura;
- Aptidão 4: regular para lavoura;
- Aptidão 5: regular e restrita para lavoura;
- Aptidão 6: proteção da flora e da fauna.

4.2.6 - Trabalho de campo

De posse da imagem de 1998 georreferenciada e classificada, realizou-se o trabalho de verificação da verdade terrestre pela área em estudo. Este trabalho foi feito no mês de agosto (1999), com o auxílio de um aparelho GPS para localizar as áreas em que apresentaram dúvida na realização da classificação preliminar.

Foram encontradas também áreas sem a presença da vegetação ciliar e com assoreamento devido a essa falta de proteção, queimadas, áreas de solo exposto devido ao preparo para o plantio das culturas desta época do ano.

Foram feitas fotografias das classes de uso e ocupação do solo encontradas nas imagens e também das paisagens como nascentes, voçorocas, cursos d'água, impactos, enfim, o que julgou-se importante na ilustração deste trabalho.

Com a realização do trabalho de campo pode-se constatar algumas áreas com problemas, como uma grande voçoroca na nascente principal do rio Aquidauana, localizada dentro da fazenda Pradense. Segundo informações do proprietário, em 1982 esta voçoroca já existia e começou a aparecer devido ao desmatamento indiscriminado da área sem deixar ao menos a área de preservação permanente prevista em lei, nas margens de rios e entornos de nascentes, como é o caso, para o plantio de arroz por três anos consecutivos.

Hoje, esta área está ocupada por pastagem plantada com espécie brachiária utilizando-se curvas de nível, que são renovadas a cada dois anos pois, o pisoteio do gado acaba abrindo canais que são utilizados pelas chuvas contribuindo para a evolução dos processos erosivos.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Análise da suscetibilidade à erosão

No que se refere à associação do uso e ocupação do solo à qualidade da água, considerou-se de grande importância o estudo da suscetibilidade à erosão dos solos, visto que, a preocupação com a manutenção da qualidade dos recursos hídricos e do uso e ocupação dos solos adequados, são objetivos do presente trabalho.

Segundo TEIXEIRA et al (1993), a erodibilidade dos solos é influenciada pelas características físicas e sua capacidade de resistir ao desprendimento e transporte pelas águas das chuvas nas enxurradas.

Já BERTONI & LOMBARDI NETO (1999) consideram a erodibilidade do solo como a recíproca de sua resistência à erosão, destacando entre as propriedades do solo que influenciam à erosão, aquelas que controlam a velocidade de infiltração da água, a permeabilidade e a capacidade de absorção, e aquelas de ordem coesiva, que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte das chuvas e escoamento.

Quanto ao uso e ocupação dos solos, a erodibilidade preocupa, quando considera-se cada uso e ocupação em um determinado tipo de solo que pode ser mais ou menos erodíveis, levando-se em conta a declividade do terreno.

Em relação aos recursos hídricos, uma das preocupações constitui-se em sua proteção quanto ao carreamento e à deposição de sedimentos, provocando aumento na turbidez e assoreamento dos cursos d'água devido à erosão dos solos. Além disso, alguns poluentes podem ser adsorvidos às partículas do solo e posteriormente levados aos corpos d'água, tornando-se também motivo de preocupação por causarem prejuízos à manutenção da qualidade dos recursos hídricos.

ALVES (1997) salienta que medidas pró-ativas podem ser estabelecidas para o controle da qualidade das águas ameaçadas pela erosão do solo, dentre elas a identificação de áreas suscetíveis ao desenvolvimento do processo erosivo. Tais medidas possibilitam a implementação de ações que evitem a intensificação desse processo, ou por influência de ações antrópicas ou por causas naturais, permitindo também a instituição de leis e regulamentos que protejam áreas frágeis. Os processos de planejamento da localização de atividades antrópicas devem levar em consideração a análise da suscetibilidade à erosão da região a ser ocupada, buscando evitar a intensificação de processos erosivos em áreas sensíveis.

A análise da suscetibilidade à erosão, que pode ser caracterizada como a análise da vulnerabilidade ao desenvolvimento do processo erosivo, foi desenvolvida no presente trabalho considerando-se três dos fatores que

interferem no processo: a pedologia, a declividade do terreno e o uso e ocupação do solo.

Verifica-se, pela análise da Figura 16, que a região em estudo apresenta classes de relevo plano a montanhoso escarpado, sendo que a primeira classe corresponde a 51% da área total (Tabela 09).

TABELA 09: Áreas dos intervalos de declividade.

Intervalos de Declividade	Área (km ²)	Área (%)
0 – 3%	1658	51
3 – 8%	1079	34
8 – 13%	278	9
13 – 20%	114	4
> 20%	83	2
Total	3212	100

Analisando a Figura 17, observa-se que a região apresenta grande concentração de zonas classificadas como de alta erodibilidade, correspondendo a 46% de toda a área (Tabela 10). Tal fato pode ser atribuído à ocorrência de solos litólicos e areias quartzosas. Por serem rasos, pedregosos e com horizonte A assentado sobre o horizonte C ou diretamente sobre a rocha, os solos litólicos apresentam grandes riscos à erosão e são geralmente encontrados em áreas de relevo forte ondulado a montanhoso, como mostra a Figura 16.

De acordo com MACEDO (1994), os solos litólicos apresentam limitações severas ao uso agrícola, sendo suas principais limitações relacionadas à baixa fertilidade, suscetibilidade à erosão, deficiência de água

e impedimento à mecanização. Já as areias quartzosas, são solos muito pobres em nutrientes, muito permeáveis, mal estruturados, com capacidade de retenção de umidade muito baixa e bastante suscetíveis à erosão. Ocorrem, principalmente, em áreas planas e suas limitações ao uso agrícola são referentes à baixa fertilidade, deficiência de água e alta suscetibilidade à erosão.

TABELA 10: Áreas das classes de erodibilidade.

Erodibilidade	Área (km ²)	Área (%)
Alta	1463	46
Média	230	7
Baixa	1519	47
Total	3212	100

Em relação as áreas consideradas com média erodibilidade, apenas 7%, os solos podzólicos apresentam limitações ao uso agrícola referentes à baixa fertilidade, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. MACEDO (1994) considera os solos podzólicos com suscetibilidade à erosão moderada à forte, dependendo do relevo e da posição da paisagem. No caso da área em estudo, estão localizados em relevo suave ondulado à forte ondulado e, portanto, cuidados especiais devem ser tomados para o manejo destes solos, restringindo-se a sua utilização intensiva.

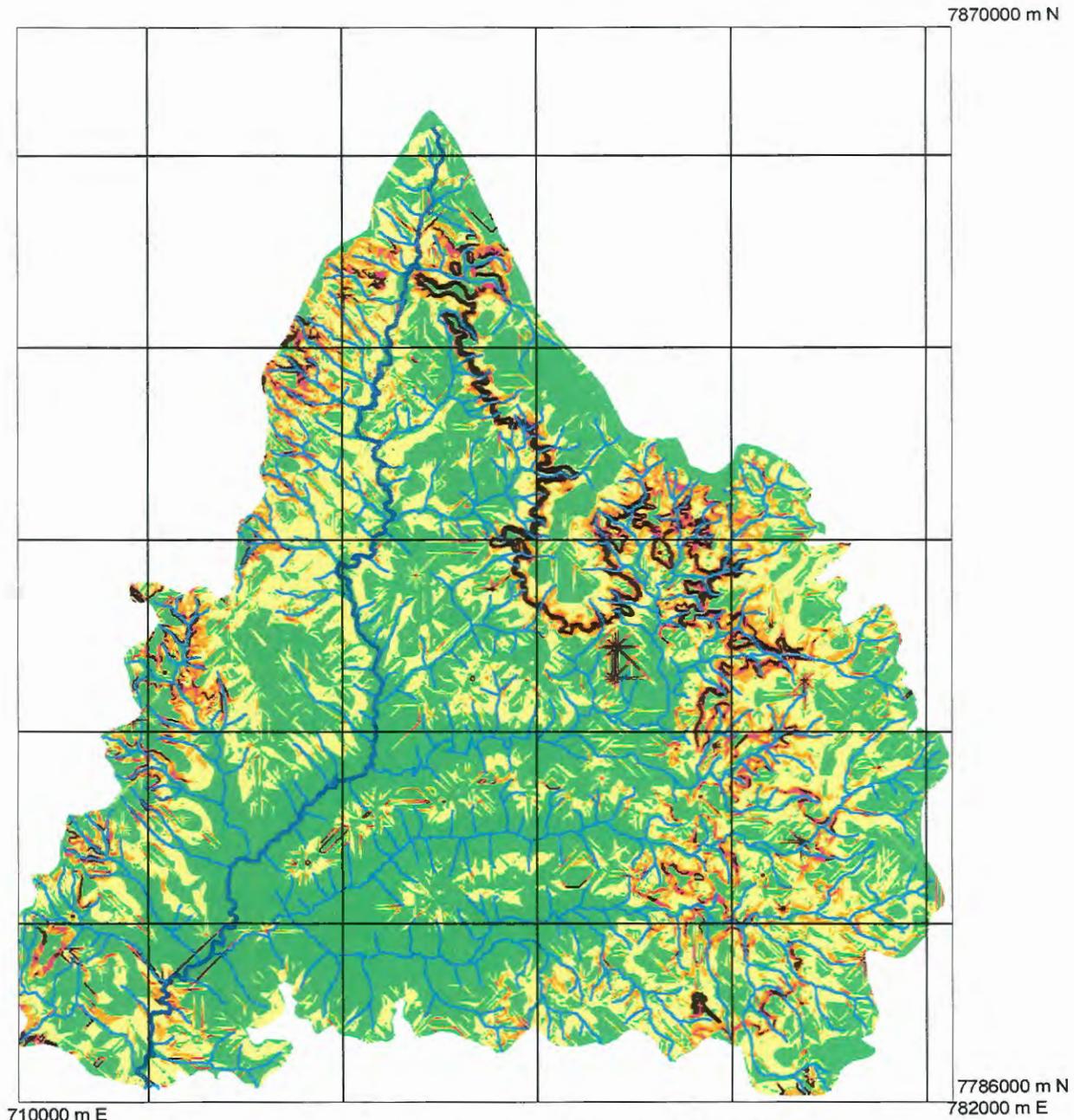
As áreas consideradas como de baixa erodibilidade corresponderam a 47% da área total, formadas pelos Latossolos que tratam-se de solos bem drenados, profundos e com altos teores de argila. Assim, suas

características estruturais e o relevo pouco acidentado, conferem a estes solos uma elevada resistência à erosão. Entretanto, um manejo inadequado pode acarretar a formação de camadas compactadas que diminuem a infiltração de água, aumentando os riscos de erosão.

Com relação à suscetibilidade à erosão, a classe que mostrou-se mais significativa foi a de baixa e muito baixa suscetibilidade, somando 42% da área. Em seguida aparece a média com 36% e a alta e muito alta, somando 22%. As informações contidas na imagem de suscetibilidade à erosão, representadas na Figura 18 e na Tabela 11, são consideradas de grande utilidade para orientação do planejamento da ocupação da região.

TABELA 11: Áreas de suscetibilidade à erosão

Suscetibilidade à erosão	Área (km ²)	Área (%)
Muito Alta	137	4
Alta	580	18
Média	1137	36
Baixa	610	19
Muito Baixa	748	23
Total	3212	100



Fonte: DSG, 1975 e 1976 – Organizado por Eva Teixeira dos Santos (2000).
 Projeção Universal Transversa de Mercator. Origem da quilometragem UTM: "Equador e Meridiano 57° W. GR." acrescidas as constantes de 10.000 km e 500 km, respectivamente.

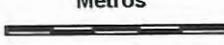
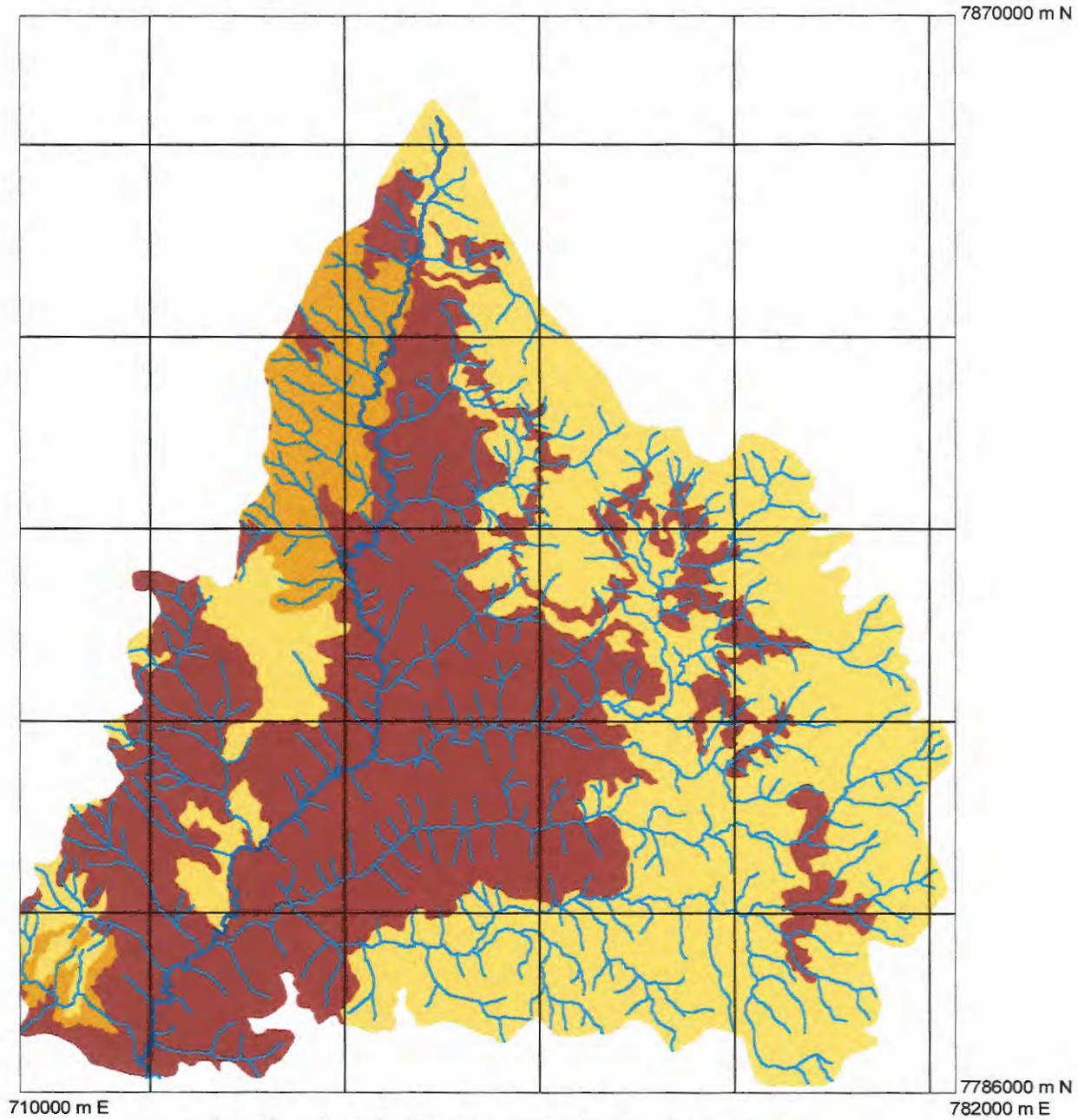
	0 – 3% - Relevo Plano		Rio Aquidauana	 N  Metros 15.000
	3 – 8% - Relevo suave Ondulado		Córregos	
	8 – 13% - Relevo Ondulado			
	13 – 20% - Relevo Forte Ondulado			
	> 20% - Relevo Montanhoso a Escarpado			

FIGURA 16: Mapa das Classes de Declividade da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em estudo



Fonte: SEPLAN – MS, 1987 – Organizado por Eva Teixeira dos Santos (2000).
 Sistema UTM da Projeção Conforme de Gauss, Origem da quilometragem UTM: "Equador e Meridiano 45° W. GR." acrescidas as constantes de 10.000 km e 500 km, respectivamente.

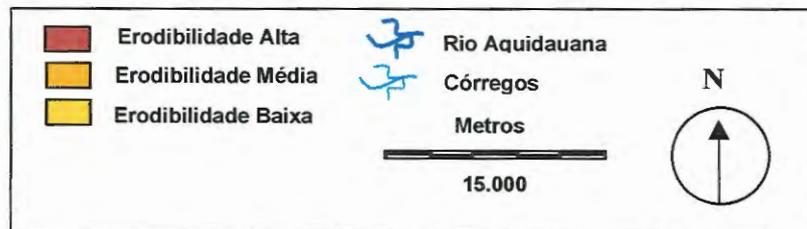


FIGURA 17: Mapa de Erodibilidade da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em estudo

As áreas classificadas com potencial alto a muito alto de suscetibilidade à erosão devem ser preservadas, possibilitando o desenvolvimento da cobertura vegetal que, de acordo com BERTONI & LOMBARDI NETO (1999), constitui a defesa natural do terreno contra a erosão, protegendo o solo contra a ação do impacto da chuva, melhorando a estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando a possibilidade de infiltração da água e diminuindo a velocidade do escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície. Vale ressaltar, ainda, que apesar de representar apenas 22% da área total, esta classe está localizada em intervalos de declividade maiores que 3% e principalmente em áreas de nascentes de corpos d'água, devendo-se então observar as considerações feitas anteriormente.

Na região de nascentes, onde ocorrem solos de textura arenosa excessivamente drenados, os cuidados especiais nestes ambientes devem ser com os mananciais, uma vez que a fragilidade dos solos e das litologias subjacentes, aliados ao desenvolvimento das drenagens sobre as linhas de fraqueza, tornam este ambiente altamente suscetível ao aparecimento de voçorocas, cujo desenvolvimento, uma vez em curso, dificilmente pode ser detido.

Nestas áreas, também é fundamental a proteção das cabeceiras dos córregos para evitar ou retardar o aparecimento destas erosões e o assoreamento dos leitos. A presença de áreas de pastagens nas cabeceiras dos córregos vem acelerando o processo de voçorocamento (Figura 19), uma vez que o pisoteio do gado cria "trilhas" onde a cobertura vegetal não é

eficiente, e por onde se inicia o escoamento concentrado, como é o caso da nascente principal do rio Aquidauana (Córrego Água Limpa).

Esta região foi bastante afetada pela retirada da cobertura vegetal causada pelo uso da área para agricultura, e posteriormente, após esgotada sua potencialidade agrícola sendo introduzida a pecuária. Com o desmatamento antigo, o plantio de arroz, soja e posterior atividade pastoril intensiva, houve mudanças no nível freático dos aquíferos, alterando o equilíbrio das nascentes da região, originando o aparecimento de voçorocas, relacionadas também ao condicionamento estrutural da área.

Após a introdução da pecuária, o pisoteio pelo gado e o pastoreio intensivo, aliado à alta vulnerabilidade natural, afetaram significativamente o ambiente.

As áreas com suscetibilidade à erosão média, também encontram-se localizadas em áreas de cabeceiras e nascentes. No entanto o tipo de solo (Areias Quartzosas e Podzólicos) juntamente com a forma do relevo (Plano a Suave Ondulado) fazem com se tornem bastante suscetíveis devido às facilidades de uso (acesso) dessas áreas.

Já as áreas classificadas como de baixa e muito baixa suscetibilidade, o relevo em sua maioria é plano, o que faz com que possam ser ocupadas mais facilmente.

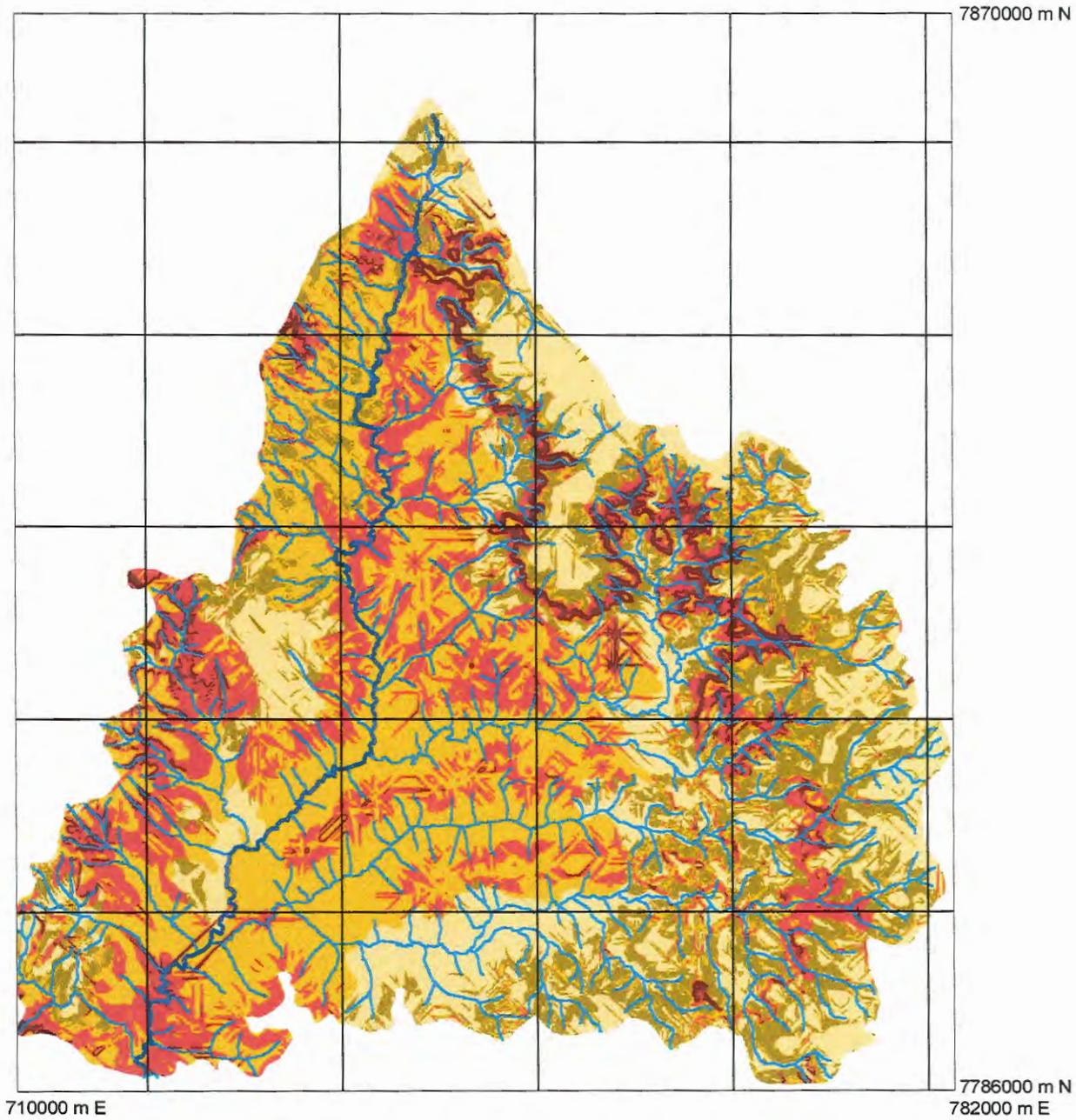
Esta região, por tratar-se de um sistema receptor do sistema hídrico e de áreas circunvizinhas, que englobam as cabeceiras e o alto curso do rio Aquidauana, recebe grande volume d'água, bem como sedimentos, provenientes da área ao norte, oeste e também oriundos das encostas dos

morros da região das furnas do Chapadão de São Gabriel, que são depositados ao longo do rio Aquidauana (EMBRAPA/CNPS, IBGE/DGC, 1997).

Em alguns locais próximos às bordas do Chapadão de São Gabriel, são visíveis os voçorocamentos, resultados do recuo das cabeceiras da rede de drenagem, causada pelo desmatamento de suas cabeceiras.

5.2 – Alterações na cobertura e uso do solo nas cabeceiras do rio Aquidauana/MS, no período de 1985 e 1998.

Segundo BACCARO (1994), grande parte do Brasil está representado pelo Domínio Natural dos Cerrados, correspondendo a 20% do território nacional. Essa região, como todo território brasileiro, vem sofrendo acelerado processo de devastação de sua vegetação nativa, consequência da expansão das fronteiras agropastoris, da construção de estradas e de rodovias e crescimento desordenado das cidades, relacionados com as políticas desenvolvimentistas adotadas e incentivadas pelo governo. As estratégias e políticas de desenvolvimento aliadas a investimentos públicos em infra-estrutura - especialmente no período de 1968 e 1980 – tiveram consideráveis impactos sobre a expansão agrícola e ocupação do Cerrado. O desempenho positivo da economia brasileira, associado à política nacional-desenvolvimentista que procurava integrar os “espaços vazios” do Brasil Central e da Amazônia ao capitalismo do Sul/Sudeste criaram condições favoráveis à tomada de risco.



Fonte: SEPLAN – MS, 1987/ DSG, 1975 e 1976 – Organizado por Eva Teixeira dos Santos (2000).
 Sistema UTM da Projeção Conforme de Gauss, Origem da quilometragem UTM: "Equador e Meridiano 45° W. GR." acrescidas as constantes de 10.000 km e 500 km, respectivamente.



FIGURA 18: Mapa de Suscetibilidade à Erosão da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em estudo



Foto: Eva Teixeira dos Santos, Trabalho de Campo (agosto, 1999).

FIGURA 19: Aspectos dos processos erosivos bastante acelerados na nascente principal do Rio Aquidauana (Córrego Água Limpa).

Foram então implementados programas de investimento rodoviário e de concessão de incentivos fiscais que criaram expectativas de que empreendimentos pioneiros resultariam em consideráveis ganhos especulativos. A estagnação e as crises da década de 80 alteraram tais expectativas, mas não fizeram desaparecer totalmente os programas e políticas que propiciaram a incorporação de terras à agropecuária em áreas de fronteira, em geral, e sua modernização agrícola, com destaque para as regiões de Cerrado (WWF, 1995).

Conseqüentemente, o crédito subsidiado teve grande influência na expansão agropecuária, devido a dois impactos: um direto, relativo às expectativas de rentabilidade dos agricultores com acesso ao crédito, e outro indireto, relativo ao preço da terra.

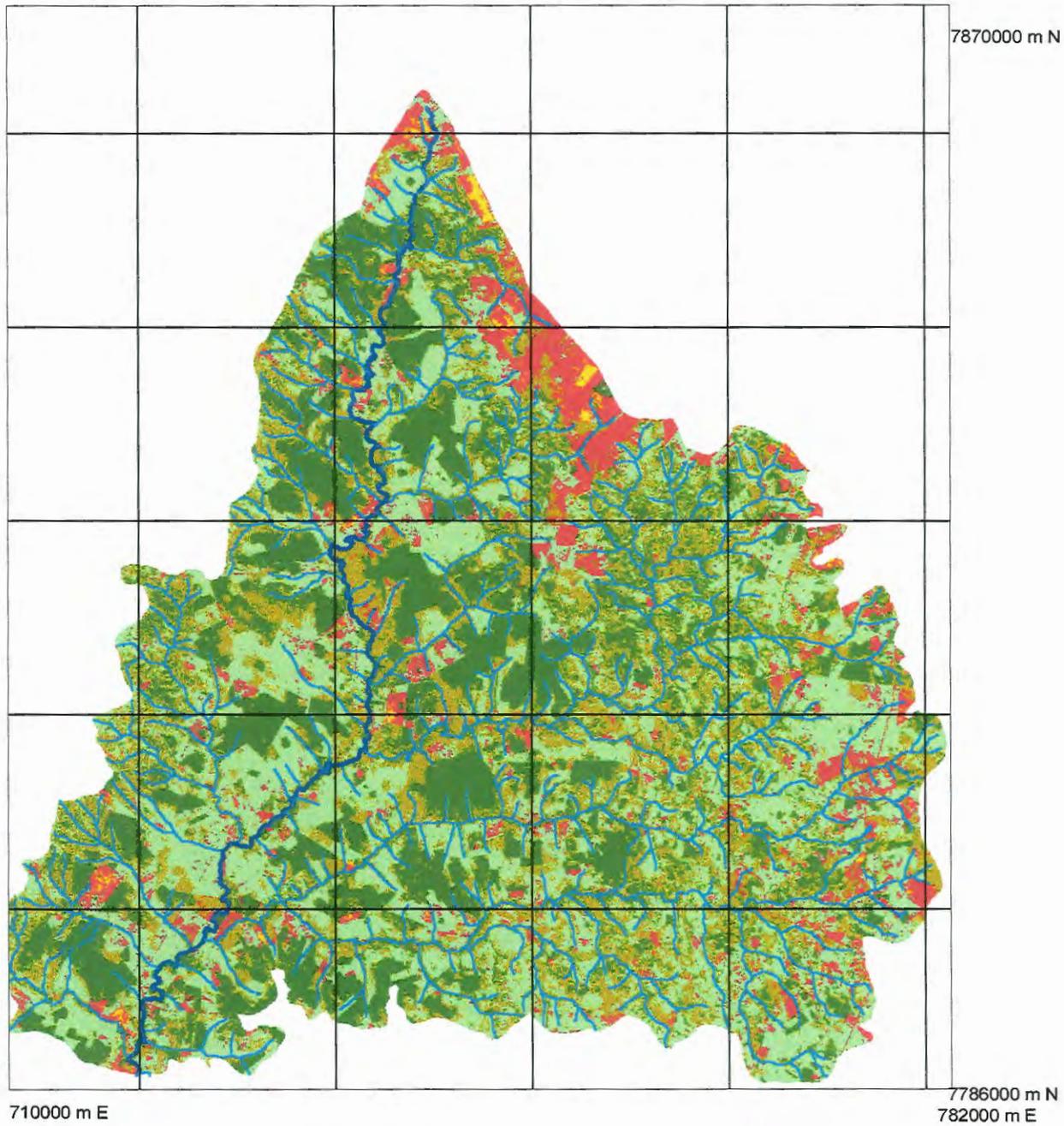
Assim, analisando as cartas de uso e ocupação do solo nos anos de 1985 (Figura 20) e 1998 (Figura 21), observou-se que em 1985, a área coberta por matas era menor enquanto que a área de solo exposto era bem maior (Tabela 12), podendo-se atribuir este fato a expansão da fronteira agropecuária havendo então diminuição do índice de matas e um aumento no índice de solo exposto (áreas agrícolas). Em contrapartida, no ano de 1998, o índice de matas obteve um acréscimo de 9,59% devendo estar relacionado à regeneração do campo sujo que sofreu um decréscimo de 4,49% e a diminuição das áreas de solo exposto que sofreu um decréscimo de 83,49%. O aumento das áreas de pastagem em 12,06 % pode estar diretamente relacionado ao abandono das áreas agrícolas. Por outro lado, este abandono de terras torna-se bastante preocupante no momento em que

a busca por novas fronteiras agrícolas coloca em risco outras áreas de matas, por exemplo.

TABELA 12: Comparação das classes de uso do solo em 1985 e 1998.

Classes de Uso e Ocupação	Uso em 1985		Uso em 1998		Taxa de Variação	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Matas	855	27	937	29	+ 82	+ 9,59
Campo Sujo	1045	33	998	31	- 47	- 4,49
Pastagem	1086	33	1217	38	+ 131	+12,06
Agricultura	20	1	26	1	+ 6	+30,00
Solo Exposto	206	6	34	1	- 172	- 83,49

Com isso, pode-se perceber que é necessário que providências relativas ao uso do solo sejam adotadas para a biodiversidade do Cerrado seja preservada. Até o momento, o desenvolvimento agropecuário tem trazido graves conseqüências para a região. Um dos mais sérios problemas deve-se à impossibilidade de utilização do solo devido à sua compactação e erosão. Estes problemas são resultantes de técnicas inadequadas que deixam o solo desprotegido durante épocas de chuvas torrenciais, por exemplo. A adoção de práticas modernas de manejo do solo (plantio direto) poderá reduzir o impacto negativo dessa atividade na região.



Fonte: INPE, 1985 – Organizado por Eva Teixeira dos Santos (2000).
 Projeção Universal Transversa de Mercator, Origem da quilometragem UTM: "Equador e Meridiano 57° W. GR." Acrescidas as constantes de 10.000 km e 500 km, respectivamente. Imagem de Satélite LANDSAT 5 – TM, bandas 3,4,5.

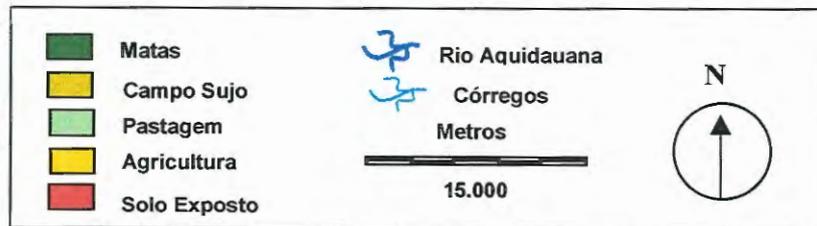
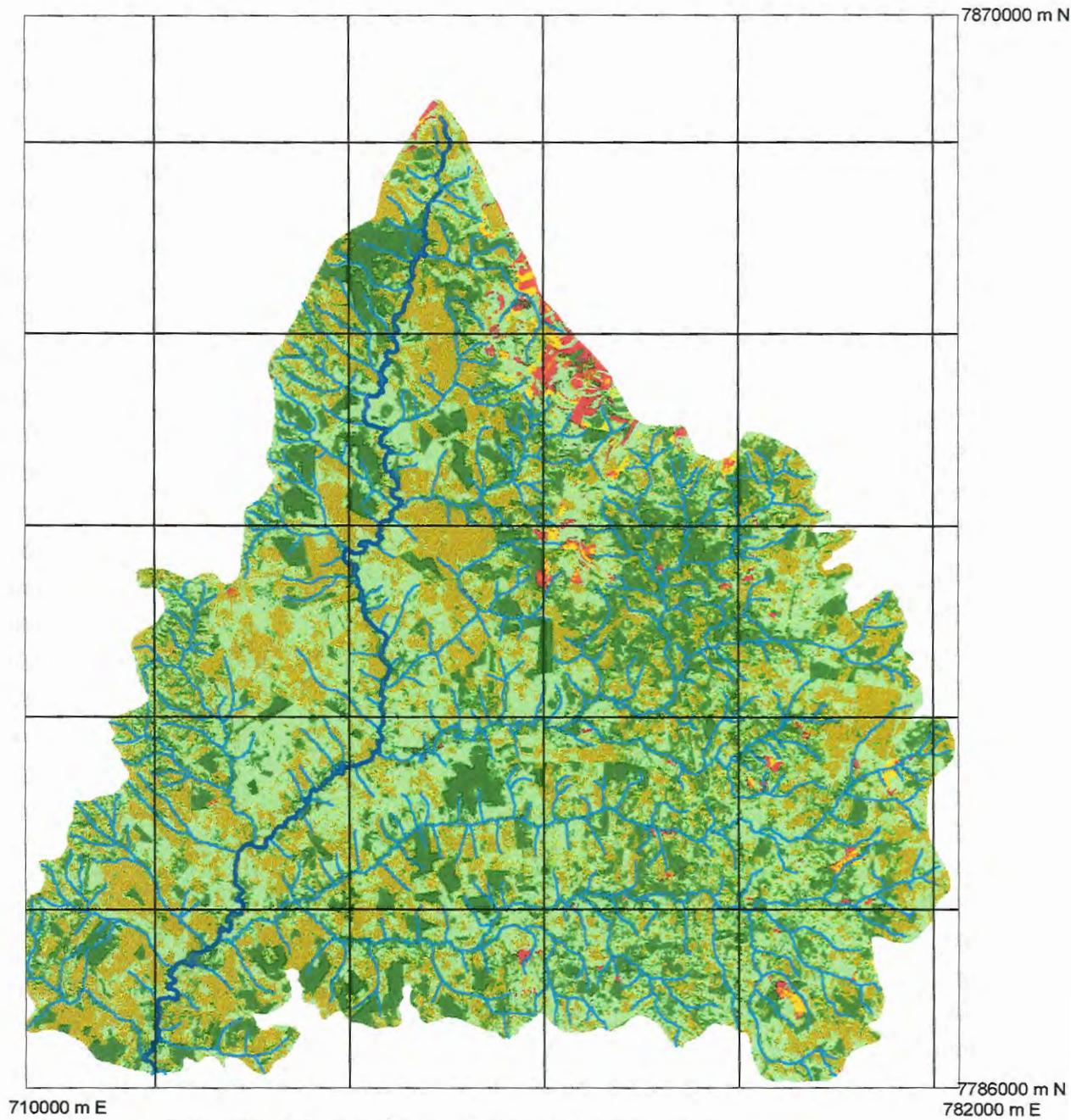


FIGURA 20: Uso e Ocupação do Solo na Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em estudo, em 1985.



710000 m E

7870000 m N
782000 m E

Fonte: INPE, 1998 – Organizado por Eva Teixeira dos Santos (2000).

Sistema Universal Transversa de Mercator, Origem da quilometragem UTM: "Equador e Meridiano 57° W. GR." Acrescidas as constantes de 10.000 km e 500 km, respectivamente. Imagem de Satélite LANDSAT 5 – TM, bandas 3,4,5.

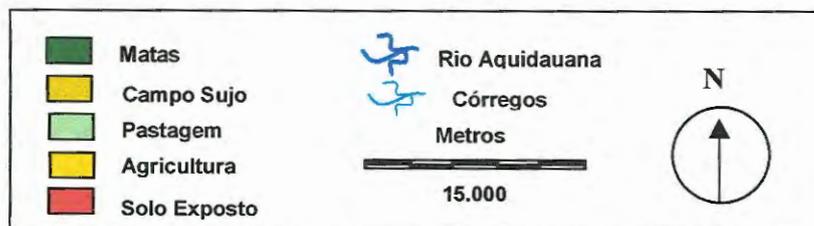


FIGURA 21: Uso e Ocupação do Solo na Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em estudo, em 1998.

5.3 - Análise da Qualidade Ambiental

Após a análise dos fatores ambientais (solos, hidrografia, uso e ocupação do solo, declividade do terreno) chegou-se a um diagnóstico ambiental da área avaliando-se as condições e/ou estados atuais e a capacidade de suporte da região.

O conhecimento do meio ambiente, de suas potencialidades e limitações permite que sejam traçadas linhas de ação para o planejamento e gestão ambiental, que poderão vir a se constituir num instrumento jurídico na forma de zoneamento ecológico-econômico.

Assim, analisando a Figura 22 , observa-se que as áreas consideradas suscetíveis, apesar de ocuparem 30% (Tabela 13) da área, encontram-se nas áreas de mananciais e próximos aos cursos d'água desprovidos de vegetação ciliar, propiciando a instalação e até mesmo a aceleração do processo erosivo, bem como nas encostas. Considerando que na região de cerrados a estabilidade das encostas vem sendo comprometidas pelos processos erosivos, relacionados principalmente com a água da chuva, é preciso que medidas de conservação sejam adotadas para minimizar esse impacto .

De acordo com BACCARO (1999), as profundas ravinas e enormes voçorocas cortam as vertentes linearmente ativando as frentes erosivas remontantes nas cabeceira de drenagem.

TABELA 13: Áreas das classes de qualidade ambiental.

Qualidade Ambiental	Área (km ²)	Área (%)
Suscetível	960	30
Equilibrada	1891	59
Conservada	361	11
Total	3212	100

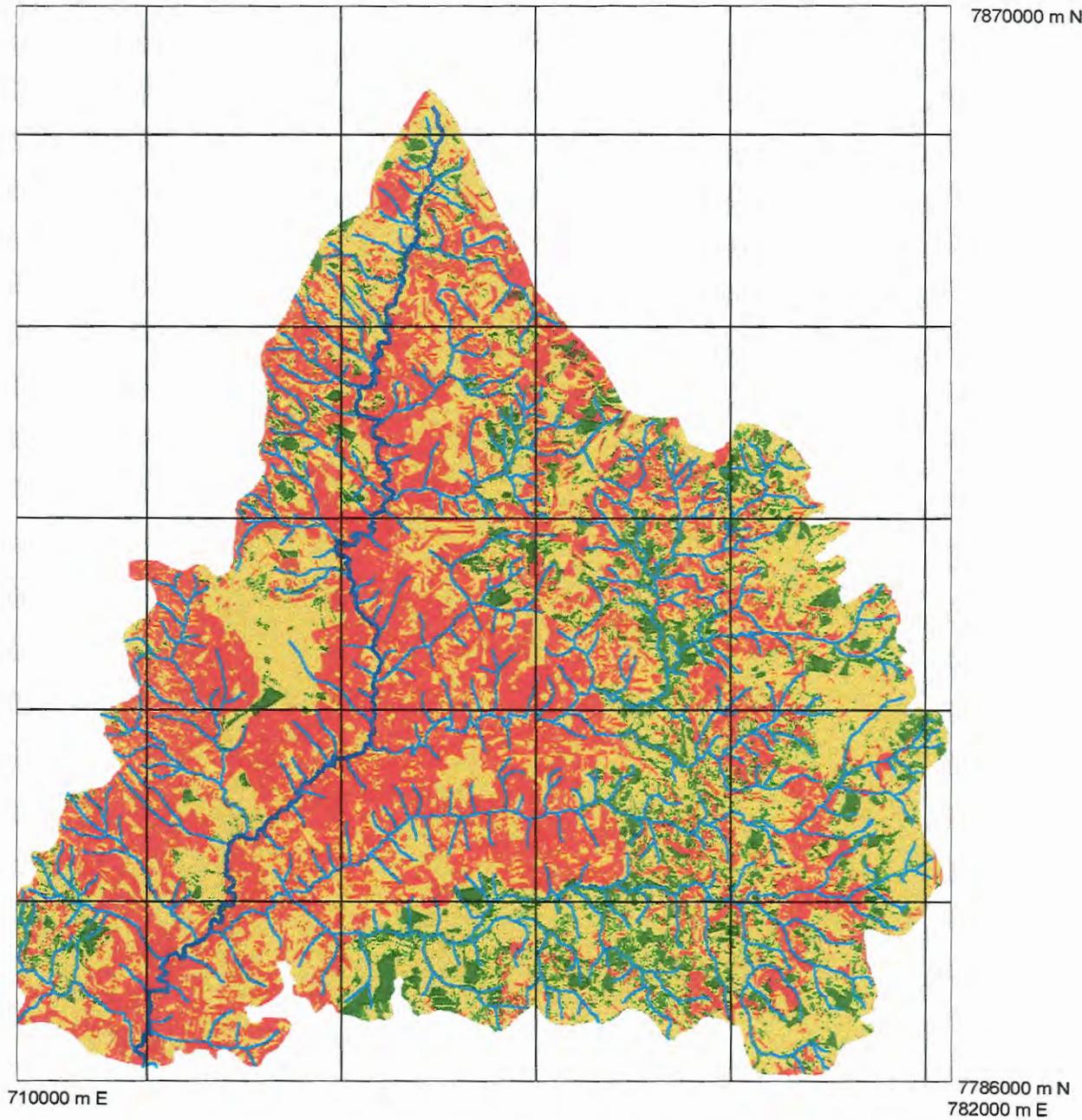
Assim, de acordo com a tabela 7, a capacidade de suporte foi classificada como reduzida, crítica e esgotada, necessitando de práticas de conservação do solo para ação mitigadora de problemas futuros.

As áreas consideradas como equilibrada abrangem 59% da área, estando localizadas nas regiões com relevo plano a suave ondulado, ocupadas, principalmente, pelo campo sujo. A capacidade de suporte foi classificada como plena nas áreas de vegetação nativa e reduzida em áreas de campo sujo, devido a ação antrópica na implantação das pastagens.

Já as áreas consideradas conservadas ocuparam somente 11% do total e estão localizadas ao longo dos rios com vegetação ciliar e alguns trechos de vegetação nativa, com declividades de 0 a 3%. A capacidade de suporte foi considerada plena, desde que a vegetação seja mantida, pois sem a mesma, a qualidade ambiental poderá se desestabilizar.

5.4 – Áreas sujeitas à erosão das margens dos cursos d' água:

A ausência de vegetação ciliar e a alta suscetibilidade à erosão estão diretamente associadas à degradação (assoreamento e poluição) dos cursos



Fonte: SEPLAN – MS, 1987/ INPE, 1998 – Organizado por Eva Teixeira dos Santos (2000). Sistema UTM da Projeção Conforme de Gauss, Origem da quilometragem UTM: "Equador e Meridiano 45° W. GR." acrescidas as constantes de 10.000 km e 500 km, respectivamente. Imagem de Satélite LANDSAT 5 – TM, bandas 3,4,5.



FIGURA 22: Mapa de Qualidade Ambiental da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em estudo

d'água (Figura 23). Analisando a Figura 24, foram consideradas como áreas mais sujeitas ao assoreamento aquelas que coincidiram com as classificadas como alta e média suscetibilidade à erosão e desprovidas de vegetação ciliar.

As áreas consideradas como menos sujeitas ao assoreamento, localizam-se em áreas de baixa suscetibilidade à erosão e que ainda possuem uma faixa marginal de vegetação ciliar. No entanto, estas áreas precisam ser mantidas para que os cursos d'água continuem protegidos, preservando assim, a qualidade ambiental.

A importância da identificação de trechos sujeitos ao assoreamento, está na implementação de ações que venham promover a recuperação da vegetação ciliar, bem como, minimizar o impacto sobre os recursos hídricos.

Com relação à largura da mata ciliar determinada pelo Código Florestal (30 m), MEDINILHA (1999) observou que para se determinar qualquer valor deve-se levar em consideração as características físicas da área pois através da aplicação de um modelo de detenção, verificou-se que a largura da mata ciliar varia, apresentando-se em alguns trechos, mais estreita ou mais larga do que o limite estabelecido pelo Código Florestal.

Nesse sentido, é necessário que haja pressões, ao menos da comunidade acadêmica, para que na reformulação do Código Florestal seja previsto este limite diferenciado especialmente nas áreas de várzeas e nascentes onde a proximidade dos cursos d'água faz com que necessitem de uma faixa de vegetação ciliar maior.

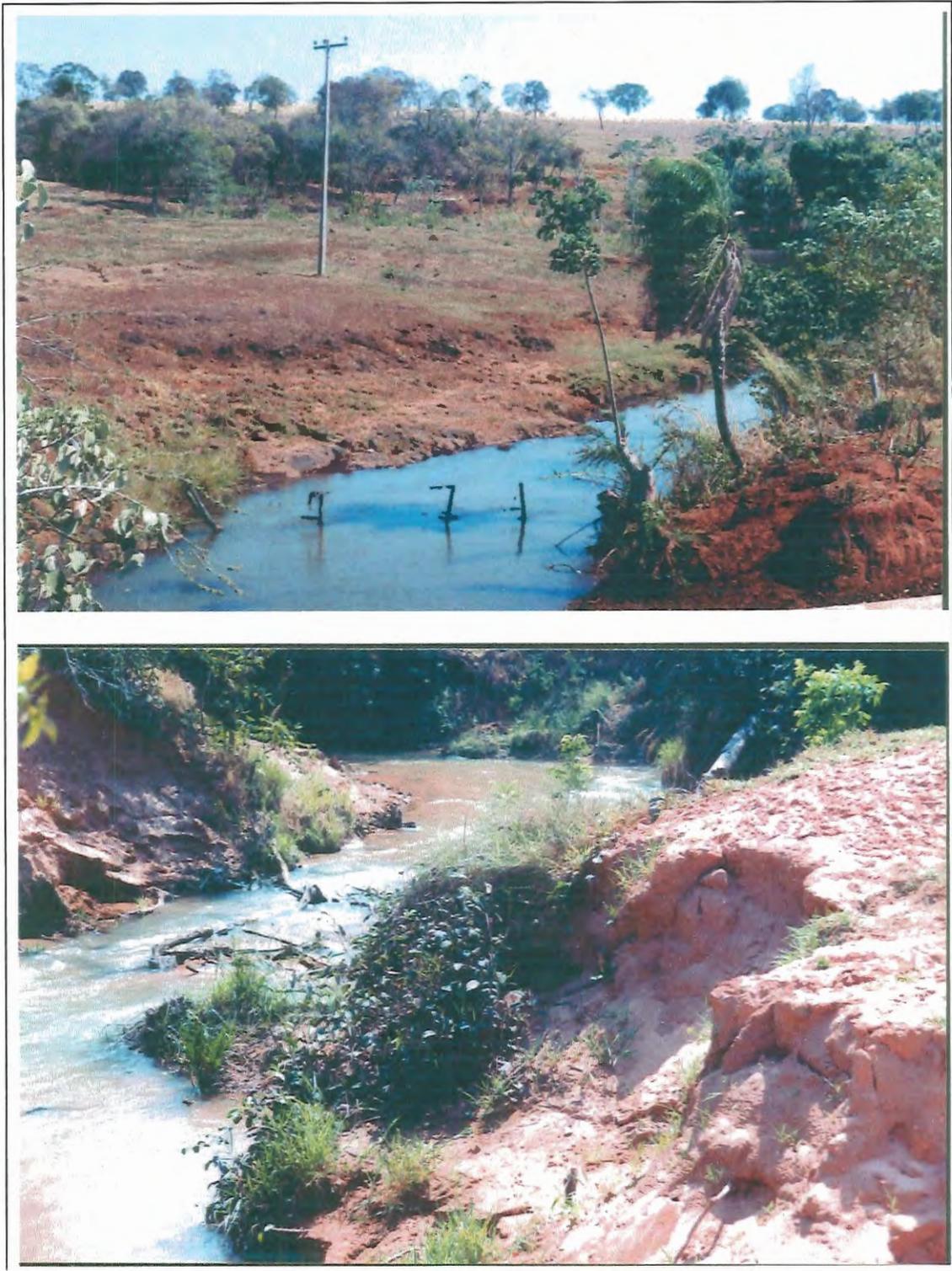
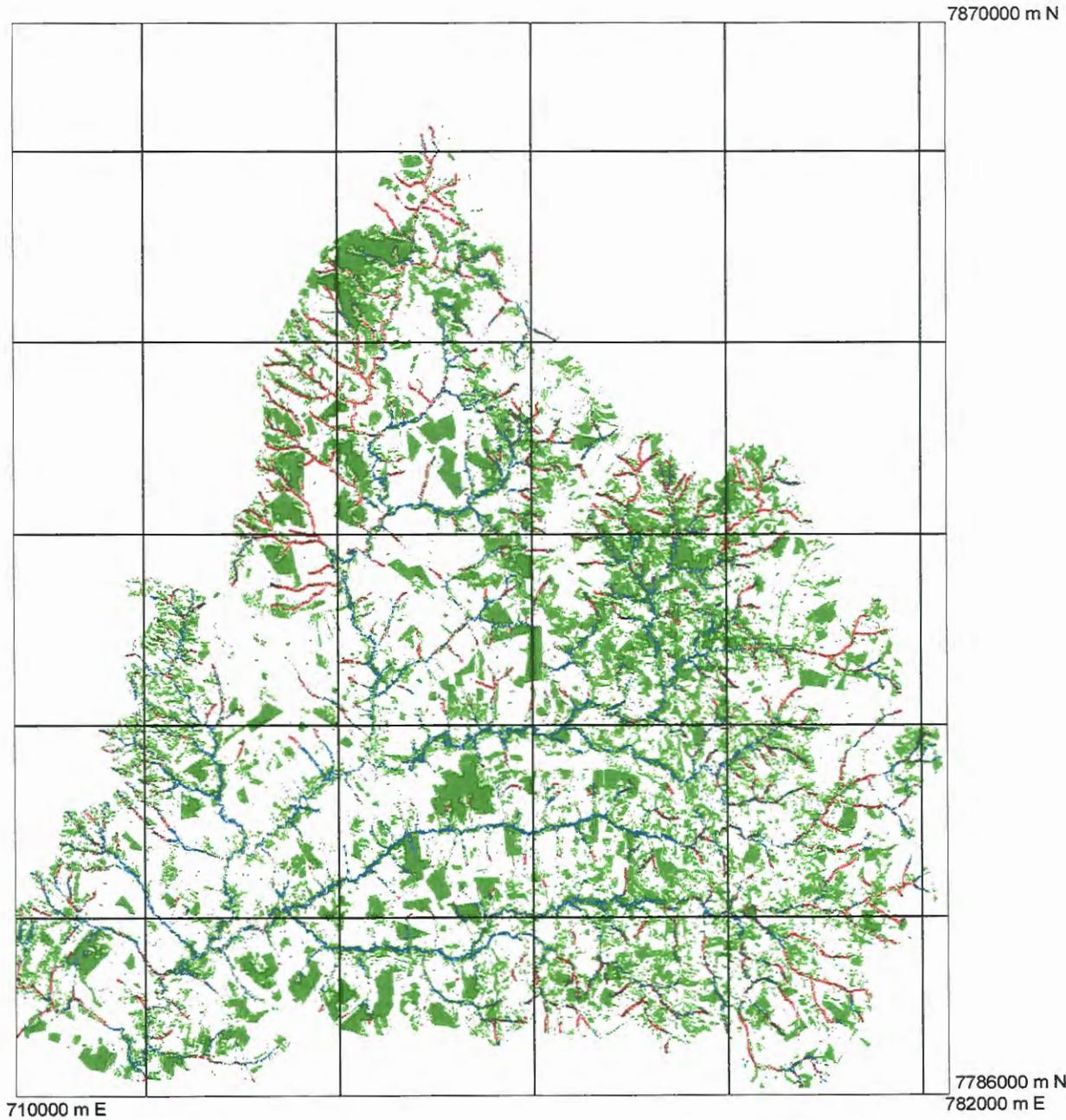


Foto: Eva Teixeira dos Santos, trabalho de campo (agosto, 1999).

FIGURA 23: Ausência de vegetação ciliar (acima e abaixo) acelerando a erosão nas margens dos corpos d'água (assoreamento)



Fonte: SEPLAN – MS, 1987/ INPE, 1998 – Organizado por Eva Teixeira dos Santos (2000).
 Sistema UTM da Projeção Conforme de Gauss, Origem da quilometragem UTM: "Equador e Meridiano 45° W. GR." acrescidas as constantes de 10.000 km e 500 km, respectivamente. Imagem de Satélite LANDSAT 5 – TM, bandas 3,4,5.

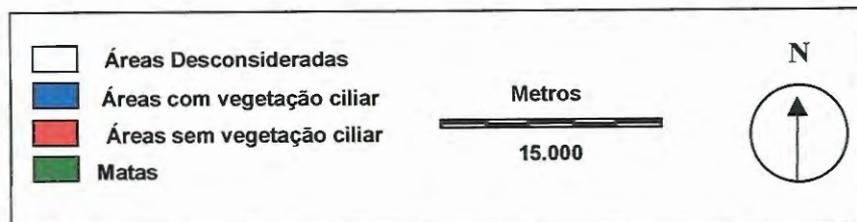


FIGURA 24: Mapa das Áreas Sujeitas à Erosão nas margens na Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em estudo

5.5 – Adequação Ambiental

A capacidade das terras em suportar diversos usos pode ser obtida pela determinação da aptidão agrícola (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995), levando-se em consideração as características e as propriedades intrínsecas do solo.

Segundo FORMAGGIO et al.(1992), as perdas de solo por erosão são freqüentemente causadas pela utilização da terra de forma mais intensiva do que elas poderiam suportar. Assim, o mapeamento de uma região quanto à aptidão agrícola ou a capacidade de uso serve de subsídio ao planejamento de sua exploração racional, baseando-se em conhecimentos científicos.

Nesse sentido, visando otimizar o uso dos solos, de maneira que permaneçam econômica e tecnicamente agricultáveis pelo máximo de tempo possível, realizou-se a sobreposição do mapa de uso e ocupação do solo em 1998 ao mapa de aptidão agrícola das terras para então, determinar as áreas que estão adequadas ou inadequadamente ocupadas.

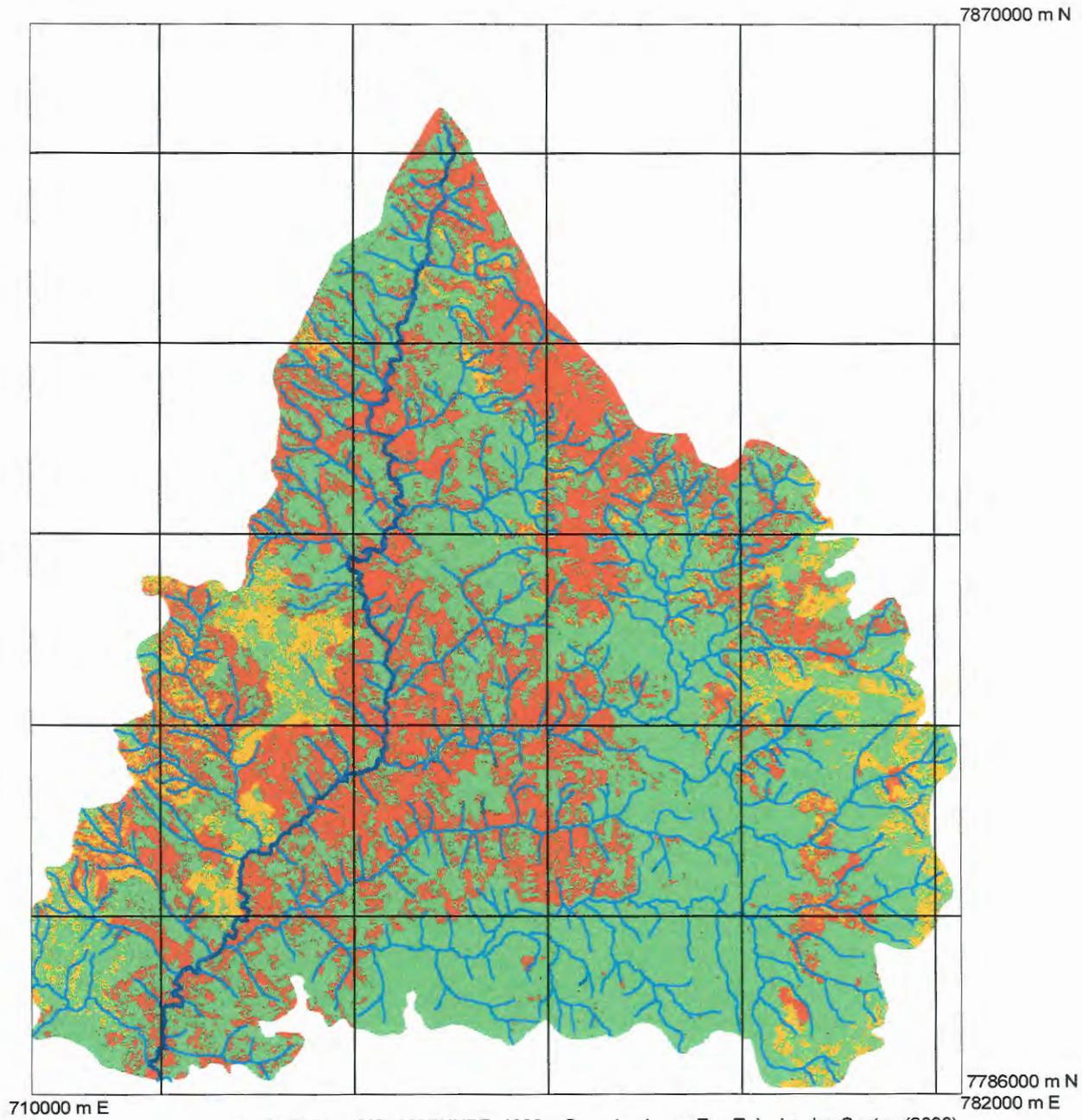
Analisando a figura 25 e a tabela 14 pode-se perceber que a maior parte da área, 68%, foi considerada com ocupação adequada de acordo com os critérios estabelecidos na tabela 8. Considerou-se como ocupação adequada aquelas áreas que estavam sendo ocupadas por usos menos exigentes que o da classe de aptidão, não havendo riscos ou problemas de conservação em função do uso atual e das classes de aptidão.

TABELA 14: Classes de Adequação Ambiental

Classes de Adequação	Área (km ²)	Área (%)
Adequada	2156	68
Aceitável	240	7
Inadequada	816	25
Total	3212	100

As áreas classificadas como aceitável, representaram apenas 7% da área total e foram assim consideradas àquelas áreas que estavam sendo ocupadas por usos moderada ou satisfatoriamente adequados às classes de aptidão, ou seja, os usos atuais poderiam acarretar algum risco relacionado à conservação dos solos.

Considerou-se como áreas inadequadas aquelas que estavam sendo ocupadas por usos que excediam as classes de aptidão dos solos em questão, podendo acarretar problemas de erosão ou de exaustão químico-nutricional a curto e a médio prazos.



Fonte: SEPLAN – MS, 1987/ INPE, 1998 – Organizado por Eva Teixeira dos Santos (2000).
 Sistema UTM da Projeção Conforme de Gauss, Origem da quilometragem UTM: "Equador e Meridiano 45° W. GR." Acrescidas as constantes de 10.000 km e 500 km, respectivamente. Imagem de Satélite LANDSAT 5 – TM, bandas 3,4,5.

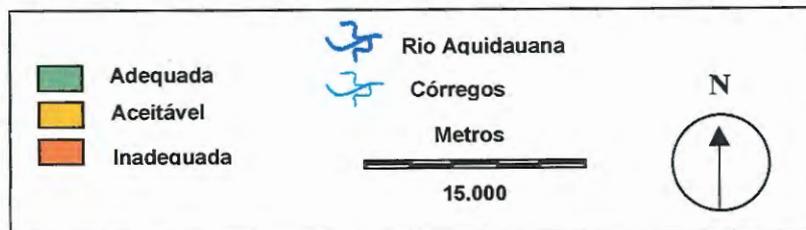


FIGURA 25: Mapa de Adequação Ambiental da Alta Bacia do Rio Aquidauana/MS – Área em estudo

5.6 – Uso e Ocupação do Solo associado à qualidade da água

Depois da Mata Atlântica, o Cerrado é o ecossistema brasileiro que mais alterações sofreu com a ocupação humana. Um dos impactos ambientais mais graves na região foi causado pelos garimpos, que contaminaram os rios com mercúrio e provocaram o assoreamento dos cursos d'água (W W F, 1999).

Nos últimos anos, contudo, a expansão agrícola e pecuária representa o maior fator de risco para o Cerrado.

O uso de técnicas de aproveitamento intensivo dos solos tem provocado, desde então, o esgotamento de seus recursos. Um estudo da FAO (Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) revela que 17% do Cerrado estão ocupados por pastagens artificiais (plantação de espécies provenientes de outras regiões ou países, como o capim africano) e 41% por pastagens naturais. Outro aspecto a ser considerado é a quantidade de terras degradadas e abandonadas, muitas vezes consequência de um modelo de agricultura pouco apropriado para as condições locais. O resultado é que as áreas plantadas são exauridas a tal ponto que depois de poucos anos de produção intensa torna-se economicamente mais atraente abandoná-las e partir para outras terras, provocando o desmatamento de novas áreas (W W F, 1999).

A utilização indiscriminada de agrotóxicos e fertilizantes tem contaminado também o solo e as águas. Os mesmos são utilizados indiscriminadamente, sem a preocupação com o meio ambiente podendo

infiltrar no solo atingindo o lençol freático e/ou atingirem os cursos de águas superficiais pelo escoamento superficial.

O aumento de nutrientes nos rios, via fontes pontuais e difusas, em função do uso e ocupação na bacia hidrográfica pode acelerar o processo de eutrofização, acarretando perda da qualidade e restringindo o uso múltiplo desses corpos d' água.

Os índices de qualidade de água estão diretamente ou indiretamente relacionados ao regime de chuvas, uso e ocupação do solo, erosão, declividade do terreno, entre outros fatores químicos, físicos e biológicos.

Nesse sentido, no presente trabalho, tentou-se inferir sobre a possível influência ou tendência de diminuição da qualidade das águas na área em estudo, visto que o monitoramento da qualidade das águas no Estado de Mato Grosso do Sul é extremamente recente, o que não torna possível um diagnóstico do que pode realmente estar acontecendo na região. Sendo assim, procurou-se atentar ao processo evolutivo, atendendo dessa forma aos quesitos necessários à realização do estudo em questão. No entanto, muitas dificuldades foram encontradas, visto que, os dados contidos nos relatórios nem sempre tem continuidade cronológica, tornando a interpretação e relação dos mesmos muito difíceis.

Diante desse fato, foi informado, pela SEMADES/MS que o objetivo do monitoramento era ter um panorama da região, saber se estava ou não ocorrendo mudanças nos parâmetros analisados ao longo deste período, e que a princípio, a intenção era manter uma certa continuidade nas coletas,

só que, devido a falta de funcionários (técnicos) e redução de recursos por parte do Governo, houve essa descontinuidade amostral.

Assim, como os ambientes, segundo a SEMADES, apresentavam certa estabilidade ou evolução bastante lenta, optou-se por fazer o que pode ser observado nos boletins anuais concluindo-se que será inviável fazer qualquer associação do uso e ocupação do solo com esses dados de qualidade de água, já que para isso seria necessário ter-se uma série histórica e contínua de dados, o que não ocorre.

Baseado nos dados de 1995 e 1996, pode-se observar que há uma tendência de perda de qualidade da água e que se não forem tomadas as providências necessárias no sentido de disciplinar esse uso, poderá, no futuro, ter conseqüências bastante drásticas na qualidade desses cursos d'água.

No presente trabalho foram utilizados dados referentes a pH, OD, fosfato total, NTK, coliformes fecais, turbidez e sólidos totais, sendo os dois últimos de grande importância para detectar a influência do uso do solo na qualidade das águas, já que a área em estudo é em sua maioria de uso agropecuário.

Por outro lado, têm-se também os desmatamentos indiscriminados, principalmente das matas ciliares, afetando não somente as encostas mas também as margens dos rios. O escoamento superficial intensificado provoca aporte d'água maior e mais rápido, causando alargamento e aprofundamento das calhas dos rios. Barrancos e meandros são escavados e destruídos, provocando erosão de grande porte nos fundos dos vales. A

longo prazo, a intensificação do escoamento superficial carrega grande quantidade de solo, que acaba assoreando essas mesmas drenagens.

A diminuição da cobertura vegetal acentua o impacto das gotas de chuva sobre o solo. O impacto direto desagrega as partículas da camada superficial do solo, formando uma crosta que impede a absorção de água, contribuindo para o aumento do escoamento superficial. Este processo conduzirá à formação de sulcos na superfície do terreno, originando os processos de erosão.

Observa-se ainda que o processo erosivo é mais intenso em relevos mais declivosos, com menores interflúvios e com maior densidade de drenagem.

Analisando as tabelas 15 a 21 e as figuras 26 a 33 pode-se ter uma noção do que ocorre no período seco e chuvoso tomando-se por base os anos de 1995 e 1996.

A) Oxigênio Dissolvido

De acordo com PERRY & VANDERKLEIN (1996), o oxigênio dissolvido é essencial para a sobrevivência de animais e plantas aquáticas, da mesma forma que o oxigênio atmosférico é essencial para animais e plantas terrestres.

É importante ressaltar que na superfície da água há uma troca de oxigênio com a atmosfera, sendo que águas com deficiência de oxigênio poderão absorver oxigênio da atmosfera e vice-versa. Devido a essa troca, a superfície da água é geralmente mais oxigenada que o fundo. Além disso a

concentração de oxigênio no corpo d'água pode variar de acordo com a temperatura, a salinidade e a pressão atmosférica.

Mudanças no uso do solo, como a remoção da vegetação ciliar reduzem o sombreamento podendo aumentar as temperaturas de rios e lagos alterando assim, o nível de saturação, bem como a concentração do oxigênio dos cursos d'água.

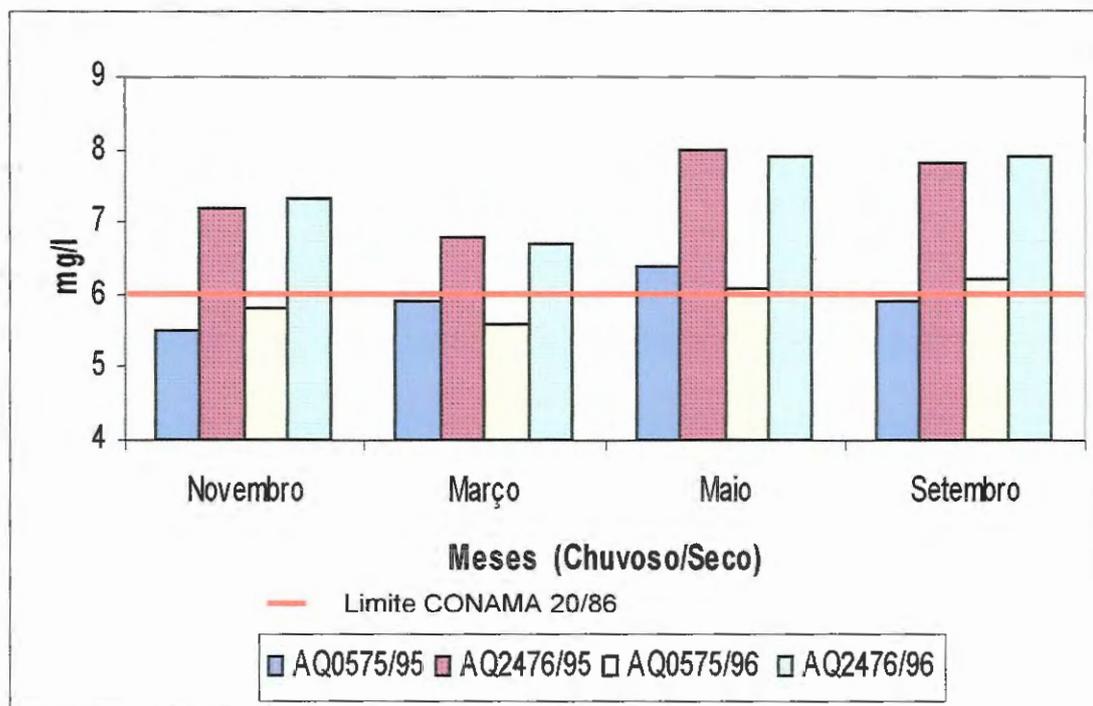
Para corpos d'água classe 1 a Resolução CONAMA/20 de 18.06.1986 estabelece que em qualquer amostra a concentração de Oxigênio Dissolvido deve ser superior a 6,0 mg/l. Analisando a Tabela 15 e Figura 26 observa-se que no ponto AQ0575 (nascente), em ambos os anos a taxa de Oxigênio Dissolvido é mais baixa, podendo esta diferença ser atribuída à influência da ocupação do entorno (agrícola e pecuária), bem como à declividade do terreno, considerando que o rio nasce no planalto e segue em direção à planície do Pantanal, dotado de várias corredeiras, que podem estar contribuindo para o aumento da oxigenação do curso d'água no ponto AQ2476 e que o ponto AQ0575 só ultrapassa o limite estabelecido pela referida Resolução, no mês de maio de 1995 (período seco) e nos meses de maio e setembro de 1996 (também período seco).

TABELA 15: Oxigênio Dissolvido no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS

PERÍODO	MÊS	ANO			
		1995		1996	
		AQ0575 (mg/l)	AQ2476 (mg/l)	AQ0575 (mg/l)	AQ2476 (mg/l)
Chuvoso	Novembro	5,5	7,2	5,8	7,3
	Março	5,9	6,8	5,6	6,7
Seco	Maio	6,4	8,0	6,1	7,9
	Setembro	5,9	7,8	6,2	7,9

Fonte: Adaptado da SEMADES – MS, 1999.

Tal situação pode estar relacionada à presença de grande quantidade de macrófitas aquáticas existentes neste ponto de coleta, observada durante o trabalho de campo, uma vez que as plantas estão consumindo o oxigênio presente na água (FIGURA 25).



Fonte: Adaptado da SEMADES – MS, 1999.

FIGURA 26: Variação Temporal e Espacial do Oxigênio Dissolvido no trecho em Estudo do Rio Aquidauana/MS



FIGURA 27: Vista do ponto de monitoramento AQ0575 (nascente) mostrando a presença de macrófitas (Trabalho de campo, agosto de 1999)

B) pH

Observando a Tabela 16 e a Figura 28, nota-se uma diferença nos valores de pH do ponto AQ0575 para o ponto AQ2476 em ambos os anos, podendo estar relacionado ao uso e ocupação no entorno dos pontos, uma vez que a nascente apresenta um pH mais ácido possivelmente devido ao tipo de solo.

Segundo PERRY & VANDERKLEIN (1996), a acidificação é um grave problema na maioria das regiões. A redução do pH e da alcalinidade da água podem levar à eliminação da sensibilidade dos organismos aquáticos aos ácidos; a redução da diversidade de algumas espécies e o aumento e

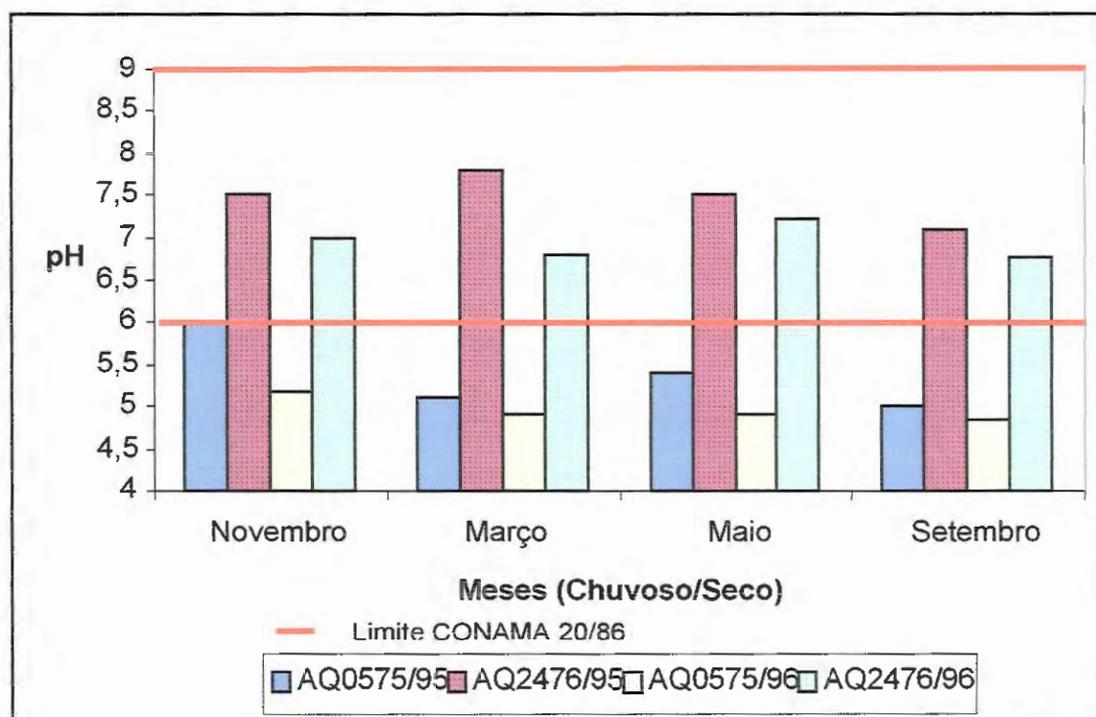
predominância de outras; a falta de alimento para a biota; aumento da transparência da água, entre outros.

TABELA16: pH no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS

PERÍODO	MÊS	ANO			
		1995		1996	
		AQ0575	AQ2476	AQ0575	AQ2476
Chuvoso	Novembro	6,0	7,5	5,18	7,0
	Março	5,1	7,8	4,9	6,8
Seco	Maio	5,4	7,5	4,9	7,2
	Setembro	5,0	7,1	4,85	6,75

Fonte: Adaptado da SEMADES – MS, 1999.

Considerando que a Resolução CONAMA/20, estabelece como padrão para rios de classe 1 os valores de pH entre 6.0 e 9.0, o ponto AQ0575, apresentou valor 6.0 apenas no mês de novembro de 1995 (período chuvoso) estando então fora do padrão.



Fonte: Adaptado da SEMADES – MS, 1999.

FIGURA 28: Variação Espacial e Temporal de pH No Trecho em Estudo do rio Aquidauana/MS

C) Fosfato Total

Na TABELA 17 e FIGURA 29, observa-se que houve um aumento da concentração de fósforo no mês de setembro de 1996 para ambos os pontos. Isto pode estar relacionado à aplicação de insumos no entorno do ponto AQ0575, que são carregados para a água, pela drenagem de terrenos quimicamente adubados, ou pela emissão de esgoto sanitário à montante, no caso do ponto AQ2476.

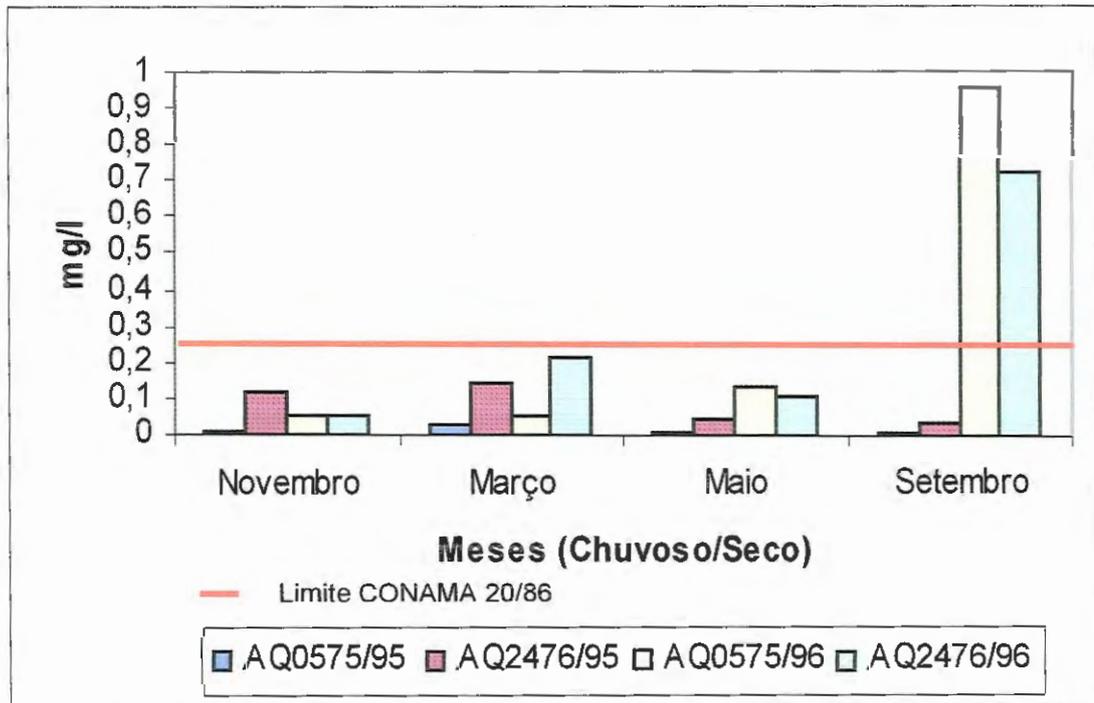
TABELA17: Fosfato Total no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS

PERÍODO	MÊS	ANO			
		1995		1996	
		AQ0575 (mg/l)	AQ2476 (mg/l)	AQ0575 (mg/l)	AQ2476 (mg/l)
Chuvoso	Novembro	0,010	0,117	0,050	0,050
	Março	0,025	0,140	0,050	0,219
Seco	Maio	0,007	0,043	0,132	0,107
	Setembro	0,010	0,034	0,954	0,73

Fonte: Adaptado de SEMADES – MS, 1999.

Como a Resolução CONAMA 20 estabelece para rios de classe 1 um padrão de 0,025 mg/l, no ano de 1996 o ponto AQ0575 chegou a apresentar 0,954 mg/l no mês de setembro e 0,730 mg/l no ponto AQ2476 no mesmo mês, indicando que o rio recebe uma sobrecarga, provavelmente de origem antrópica.

A maior fonte natural de fósforo são as rochas. Fertilizantes, detergentes e esgotos são fontes antrópicas de fósforo em águas doces. O fósforo não acarreta risco aparente à saúde humana, porém é uma das variáveis responsáveis pela eutrofização de água doce. A produção primária em águas doces é geralmente, limitada pelo baixo nível da carga de fósforo (LAWS, 1993).



Fonte: Adaptado da SEMADES – MS, 1999.

FIGURA 29: Variação Espacial e Temporal de Fosfato Total no Trecho em Estudo do Rio Aquidauana/MS

D) Nitrogênio

Com relação ao nitrogênio, percebe-se na Tabela 18 e Figura 30, um aumento na concentração desse nutriente no ponto AQ2476, nos dois anos nos meses de março e setembro. Este fato pode estar relacionado ao carreamento agrícola e emissão de efluentes provindos das cidades à montante do ponto.

TABELA18: Nitrogênio Orgânico e Amoniacal no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS

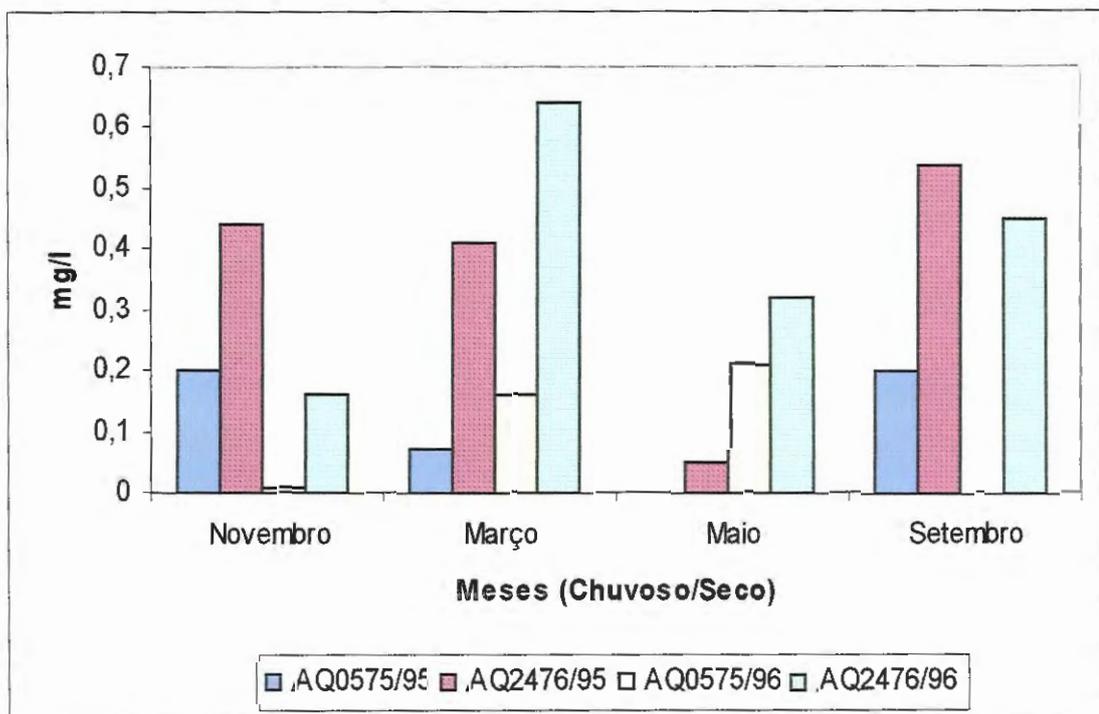
PERÍODO	MÊS	ANO			
		1995		1996	
		AQ0575 (mg/l)	AQ2476 (mg/l)	AQ0575 (mg/l)	AQ2476 (mg/l)
Chuvoso	Novembro	0,20	0,44	0,01	0,16
	Março	0,07	0,41	0,16	0,64
Seco	Maio	N.D	0,05	0,21	0,32
	Setembro	0,20	0,54	N.D	0,45

Fonte: Adaptado da SEMADES/MS, 1999.

O nitrogênio é um elemento que ocorre naturalmente e é essencial para os aminoácidos que compõem as proteínas, sendo também, essencial ao metabolismo dos organismos. O nitrogênio é abundante na atmosfera e dissolvido na água sob a forma de gás N_2 . Na produção fotossintética, o nitrogênio é o mais utilizado sob a forma de nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+). O aumento da carga de nitrogênio (e conseqüentemente nitrato) na superfície e fundo da água pode acarretar um grande problema para a população humana. Nitratos representam sérios problemas no consumo de água, colocando em risco a vida, principalmente de crianças pois, reduz a capacidade do sangue de transportar oxigênio (NASH, 1993).

Assim, ao mesmo tempo em que os nutrientes são necessários a todas as comunidades biológicas, altas cargas de nutrientes em cursos d'água podem resultar em eutrofização de rios e lagos, "bloom" de algas,

diminuição do oxigênio e aumento da carga orgânica. Estas mudanças podem levar à redução das comunidades aquáticas de vertebrados e invertebrados, matar peixes, reduzir a diversidade e propiciar o crescimento de plantas e liberar toxinas do sedimento. O nitrogênio e o fósforo são os dois nutrientes mais problemáticos. Altas concentrações de nutrientes no efluente, levaram à eutrofização de muitos rios extensos da Europa Central, problema cuja ocorrência limitava-se, anteriormente, a apenas lagos e reservatórios.



Fonte: Adaptado da SEMADES – MS, 1999.

FIGURA 30: Variação Espacial de Nitrogênio Orgânico e Amônia no Trecho em estudo do Rio Aquidauana/MS

TUFFORD et al. (1998), ressalta que quando se trata de determinar a concentração de nutrientes em rios, deve-se levar em consideração o uso e ocupação do solo, proximidade com o curso d'água e influências sazonais.

Dentre as fontes desses nutrientes incluem-se as áreas agrícolas, de pastagem, áreas urbanas e as descargas de efluentes brutos, tratados e industriais.

B) Turbidez

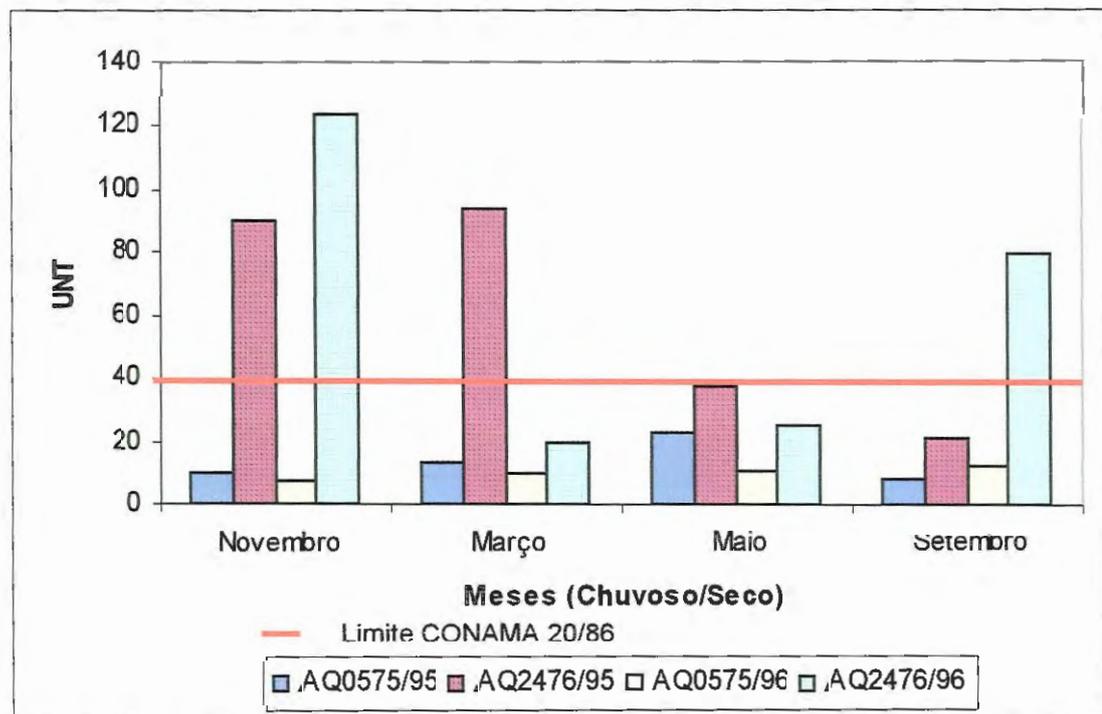
Na Tabela 19 e Figura 31, nota-se um aumento da turbidez no ano de 1996, para o ponto AQ2476, que pode estar relacionada ao uso e ocupação do solo, ao tipo de solo, bem como, à precipitação, já que o aumento é maior nos meses de setembro (final do período seco) e novembro (período chuvoso). Vale ressaltar que a turbidez afeta a qualidade da água, reduzindo a transparência e diminuindo o potencial fotossintético das plantas aquáticas, obstruindo as guelras dos peixes e sufocando os ovos e os macroinvertebrados.

TABELA 19: Turbidez no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS

PERÍODO	MÊS	ANO			
		1995		1996	
		AQ0575	AQ2476	AQ0575	AQ2476
Chuvoso	Novembro	10,00	90,00	7,00	124,00
	Março	13,00	94,00	10,00	20,00
Seco	Maio	23,00	38,00	11,00	25,00
	Setembro	8,00	21,00	12,00	80,00

Fonte: Adaptado da SEMADES – MS, 1999.

Segundo PERRY & VANDERKLEIN (1996), as variações na turbidez da água resultam, principalmente, da interação de três fatores: erodibilidade dos solos, a magnitude e intensidade da chuva e a topografia (com declives acentuados apresentando grande potencial erosivo). Em geral, a intensidade da chuva, declives acentuados e cobertura vegetal pobre são os principais contribuidores para a aceleração dos processos erosivos e conseqüentemente o aumento da turbidez nos cursos d'água.



Fonte: Adaptado da SEMADES – MS, 1999.

FIGURA 31: Variação Espacial e Temporal da Turbidez no Trecho em Estudo do Rio Aquidauana/MS

O padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 20 é de 40 UNT (Unidades Nefolométrica de Turbidez) para águas de classe 1. No entanto, o ponto AQ2476 no ano de 1995, apresentou níveis acima do aceitável no período chuvoso, e no ano de 1996, nos meses de setembro e novembro.

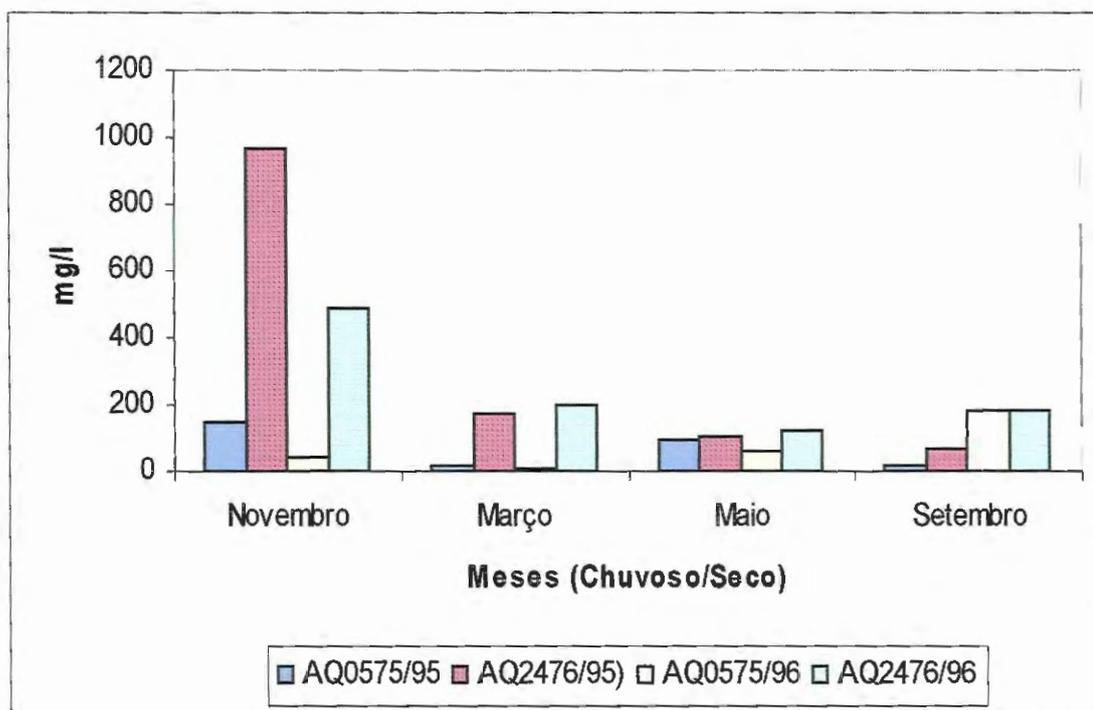
C) Sólidos Totais

A concentração de sólidos totais, observada na Tabela 20 e na Figura 32, aumentou do ponto AQ0575 para o ponto AQ2476, podendo estar relacionado à precipitação, já que esse aumento ocorre no período chuvoso (transporte natural de sedimentos), como também à ocupação do solo, essencialmente agropecuário, deixando o solo mais desprotegido. Nota-se também um crescimento desse percentual de um ano para outro, que apesar de ser um curto período de tempo, apresenta uma tendência de perda de qualidade das águas.

TABELA 20: Sólidos Totais no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS

PERÍODO	MÊS	ANO			
		1995		1996	
		AQ0575 (mg/l)	AQ2476 (mg/l)	AQ0575 (mg/l)	AQ2476 (mg/l)
Chuvoso	Novembro	145,0	968,0	45,0	488,0
	Março	15,0	177,0	10,0	199,0
Seco	Maio	93,0	105,0	61,0	120,0
	Setembro	16,0	67,0	185,0	181,0

Fonte: Adaptado da SEMADES – MS, 1999.



Fonte: Adaptado da SEMADES – MS, 1999.

FIGURA 32: Variação Espacial e Temporal de Sólidos Totais no Trecho em Estudo do Rio Aquidauana/MS

G) Coliformes Fecais

Entende-se por coliformes fecais todas as bactérias do grupo *coli* que habitam obrigatoriamente o intestino de animais homotérmicos, indicando, portanto, a presença de esgoto sanitário.

Em relação aos coliformes fecais a Resolução CONAMA 20 estabelece como padrão um índice de 200 coliformes fecais por 100 ml para rios de classe 1.

No entanto, conforme observa-se na Tabela 21 e Figura 33, o ponto AQ2476, ultrapassa esse limite em todos os meses, chegando a atingir 9000

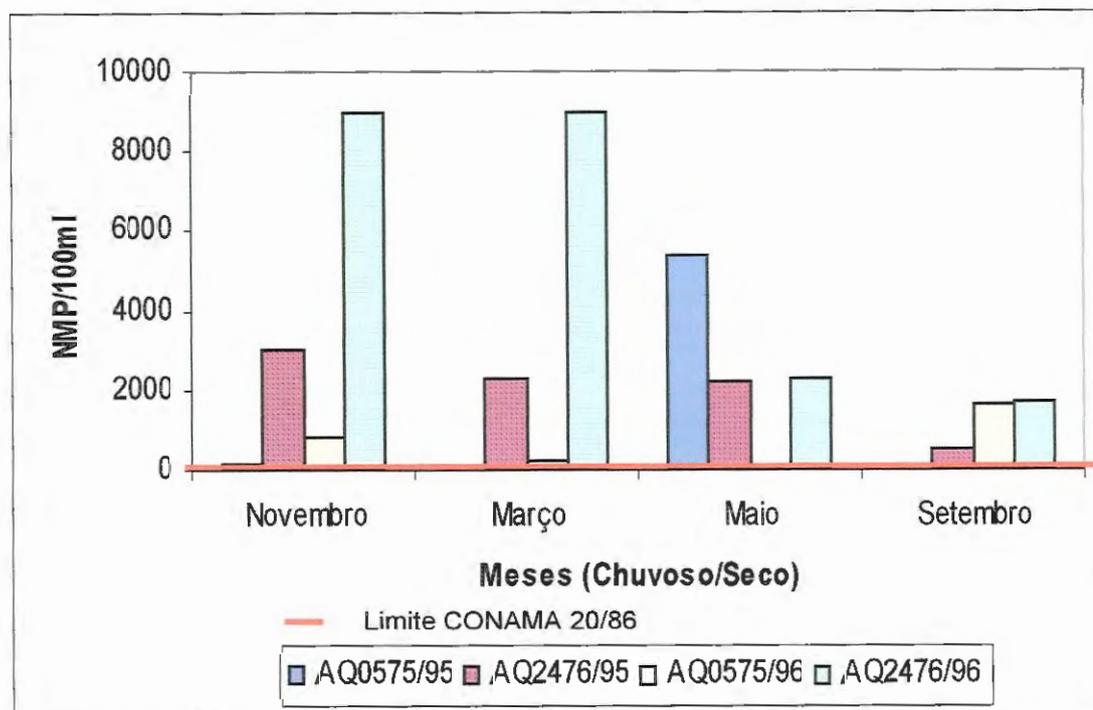
coliformes fecais por 100ml, nos meses de março e novembro de 1996, com um aumento considerável em relação ao ano anterior. Isto pode ser atribuído ao período chuvoso que contribui para o carreamento de efluentes (esgoto sanitário) das áreas de entorno do ponto. O ponto AQ0575, também apresentou um índice bastante alto no mês de maio de 1995, o que pode estar relacionado ao despejo de esgoto sanitário para o curso d'água.

TABELA 21: Coliformes Fecais no trecho em estudo do rio Aquidauana/MS

PERÍODO	MÊS	ANO			
		1995		1996	
		AQ0575 (NMP/100 ml)	AQ2476 (NMP/100 ml)	AQ0575 (NMP/100 ml)	AQ2476 (NMP/100 ml)
Chuvoso	Novembro	140	3000	800	9000
	Março	33	2300	230	9000
Seco	Maio	5400	2200	110	2300
	Setembro	11	500	1600	1700

Fonte: Adaptado da SEMADES – MS, 1999.

Assim, ao analisar estes resultados, pode-se dizer que para coliformes fecais o ponto AQ2476, não se enquadra aos padrões determinados para a classe 1.



Fonte: Adaptado da SEMADES – MS, 1999.

FIGURA 33: Variação Espacial e Temporal de Coliformes Fecais no Trecho em Estudo do Rio Aquidauana/MS

5.7 - Possível influência das atividades antrópicas no planalto na deposição de sedimentos no Pantanal Sul-Matogrossense

É sabido que as atividades antrópicas exercidas no planalto acabam influenciando na deposição de sedimentos, bem como, no transporte de resíduos de agrotóxicos para o Pantanal Sul-Matogrossense.

Segundo PADOVANI et al (1998a), um dos principais problemas na avaliação da hipótese do aumento de aporte de sedimentos para o Pantanal,

nos últimos anos, está na carência de dados atuais e antigos que possam permitir uma comparação.

No entanto, a intensificação dos processos erosivos à partir da década de 70, devido à expansão da agropecuária nas áreas de planalto, estão acelerando o assoreamento no Pantanal, levando à inundação de grandes áreas e ocasionando impactos negativos à pecuária, flora e fauna locais.

De acordo com PADOVANI et al (1998b), o rio Taquari, que tem como um dos principais afluentes o rio Coxim, cuja nascente é também nos Chapadões de São Gabriel do Oeste, deposita os sedimentos erodidos da alta bacia no Pantanal, onde já formou um delta de aproximadamente 50.000 km², equivalente à 36% da área do Pantanal. Sendo assim, devido o rio Coxim drenar a região dos Chapadões de São Gabriel do Oeste, áreas que apresentam intensa agricultura de soja e milho, este tem sido considerado como o maior contribuidor para o aporte de sedimentos no Pantanal (PADOVANI et al, 1998b).

Em relação à contaminação por resíduos de agrotóxicos, RESENDE(1995) constatou que em princípio, o quadro geral para a Bacia do Rio Miranda, na qual o rio Aquidauana está inserido, ainda é de baixa a nenhuma contaminação aparente. A única exceção foi uma mortandade de peixes ocorrida no baixo rio Miranda em outubro de 1985, até hoje ainda inexplicada. Após essa data, nenhuma mortandade significativa foi registrada na região.

Apesar de muitos dos defensivos agrícolas utilizados na bacia apresentarem toxicidade alta para os peixes, esse efeito passa a ser atenuado, em parte por que em ambientes lênticos o tempo de permanência é bastante curto.

Nesse sentido, RESENDE (1995) realizou um levantamento dos defensivos agrícolas utilizados na região, pois os de permanência curta correm o risco de não serem detectados quando da análise de resíduos em organismos, água e sedimentos. Esse levantamento mostrou efetivamente, que a maioria dos produtos, à exceção dos organoclorados, são de curta persistência no ambiente, de poucos dias a algumas semanas.

Desta forma, analisando os dados referentes a Bacia do rio Taquari e considerando que o rio Aquidauana possui características físicas semelhantes, baseando-se nos dados de turbidez e resíduo total, torna-se possível inferir que o mesmo também contribui para o aporte de sedimentos

6 – CONCLUSÕES

Como o presente trabalho foi desenvolvido para analisar o processo de ocupação de um espaço geográfico, considerando alguns de seus fatores ambientais (solo, declividade, hidrografia, uso e ocupação do solo), no sentido de identificar áreas suscetíveis à degradação ambiental, possivelmente influenciadas pelo uso e ocupação do solo, chegou-se às seguintes conclusões:

- Os resultados obtidos quanto ao uso do solo, revelam a predominância, na alta bacia do Rio Aquidauana, de áreas incorporadas à atividade agropecuária em relação às áreas com vegetação natural.
- O desmatamento de cabeceiras e margens de córregos para uso do solo com pastagens diminuem a biodiversidade e desencadeiam processos erosivos que evoluem para voçorocas causando o assoreamento dos cursos d'água.

-
- Os resultados encontrados em relação à suscetibilidade à erosão mostraram que as áreas mais suscetíveis encontram-se ocupadas por pastagens e campo sujo, sugerindo que sejam tomadas algumas medidas de conservação e uso do solo no sentido de mitigar os impactos detectados.
 - A localização da área em estudo, à montante do Pantanal Sul-Matogrossense, com sua forte influência nesse ecossistema, pode intensificar os problemas observados na planície, especialmente os relacionados ao assoreamento dos leitos dos rios que para lá convergem e também ao transporte de resíduos de agrotóxicos.
 - As classes de declividade são bastante diversificadas de autor para autor: não há classificação definitiva a ser adotada a nível nacional ou estadual.
 - O estudo em questão foi realizado em escala macro, não podendo ser utilizado como verdade absoluta do que pode estar acontecendo na região, sendo que a área estudada é considerada bastante grande, não tendo condições de se determinar exatamente as áreas problemáticas.
 - Em relação à coleta e análise de dados referentes aos parâmetros de qualidade da água em vários pontos do Rio Aquidauana, cuidados devem ser tomados, para que possam ser utilizados com confiabilidade por pessoas interessadas em desenvolver trabalhos com modelos de transporte de sedimentos e qualidade da água de forma geral.

- Este trabalho deverá servir como subsídio a outros que poderão surgir futuramente considerando que esta região necessita de estudos em escalas mais detalhadas, uma vez que pressupõe-se ter grande importância tanto econômica quanto ambientalmente para o Estado de Mato Grosso do Sul.

7 – RECOMENDAÇÕES

Diante das conclusões feitas no capítulo anterior, algumas recomendações merecem destaque neste trabalho:

- Em relação à coleta de dados de qualidade de água, faz-se necessário um maior comprometimento dos órgãos responsáveis na realização desse monitoramento incluindo-se aí medidas de vazão cujos dados não existem, uma vez que na execução deste trabalho encontrou-se problemas com relação à utilização desses dados que além de não haver uma série histórica de dados, os mesmos não obedeciam uma periodicidade de coletas regular (tempo) e muito menos nos mesmos pontos (espaço), sendo que em 1997, no primeiro semestre houveram coletas apenas no ponto AQ0575, no segundo semestre apenas no ponto AQ2476 e em 1998, apenas no ponto AQ2476, tornando-se impossível a utilização desse dados para observar evolução da qualidade da água através de um modelo matemático, por exemplo.

-
- Em relação ao uso de imagens de satélite deve-se considerar, algumas limitações desse recurso, como efeitos de sombreamento, nebulosidade, ângulo de insolação, características do relevo, escolha adequada das bandas, etc, que podem vir a diminuir o percentual de áreas não classificadas.
 - É importante que se faça respeitar o Código Florestal e resolução CONAMA nº 04/85, protegendo as nascentes e margens de córregos com a implementação de uma política de recomposição onde se fizer necessário. Vale a pena ressaltar que apesar das faixas de vegetação exigidas nestas leis não terem nenhum significado ecológico, segundo alguns biólogos, é necessário que haja um esclarecimento para os proprietários de terras com áreas de mananciais para que respeite ao menos o que está previsto em lei, uma vez que a maioria dos processos erosivos em cursos d'água ocorrem pelo menosprezo dos proprietários em relação ao tamanho do curso d'água, retirando-se então, toda a vegetação existente nessas áreas.
 - Com o intuito de minimizar estes problemas relacionados à pecuária, sugere-se que as áreas de nascentes e margens de córregos sejam protegidas do pisoteio do gado ou se faça um controle maior na intensidade de uso (cabeça de gado/área) para que o processo erosivo venha diminuir.
 - Nas áreas com voçorocas bastante avançadas, propõe-se que o entorno delas seja isolado (cercas) e depois recompostas com espécies nativas ou que o uso para pecuária seja suspenso, evitando a movimentação (pisoteio) do gado que acabam acelerando esses processos, bem como impedindo que a vegetação se regenere e o ambiente comece a se reestabilizar.

- Tornam-se necessários estudos da influência das sub-bacias na qualidade da água, tendo-se um ponto de coleta em cada uma delas para verificar a contribuição das mesmas para a perda de qualidade e assoreamento dos cursos d'água, bem como do Pantanal Sul-matogrossense, visto que neste trabalho não foi viável este tipo de avaliação.
- Em relação à deposição de sedimentos, devido à carência de dados faz-se necessário um monitoramento constante, para efetuar o acompanhamento do uso dos defensivos agrícolas nas bacias dos rios formadores do Pantanal como um todo, e dos possíveis efeitos sobre a comunidade aquática.
- No que diz respeito à contaminação por agrotóxicos, é aconselhável que, ao menos na região das cabeceiras do rio Aquidauana, não se incentive a expansão das atividades agropecuárias e privilegie-se programas de extensão sobre o uso correto de defensivos agrícolas de uma forma geral, preservando assim, a qualidade dos recursos hídricos formadores do Pantanal Sul-Matogrossense.
- Outro fato a ser considerado é com relação às escalas dos mapeamentos existentes no Estado de Mato Grosso do Sul, bem como outras regiões, exceto a Região Sudeste, que são todas em escalas generalizadas e desatualizadas, como as Cartas Topográficas (1:100.000, 1975 e 1976) e as de Solo, Geomorfologia, entre outras (1:250.000, 1987), isso na Bacia do Paraguai, pois na Bacia do Paraná algumas nem existem. Este aspecto é bastante importante pois torna-se inviável a realização de trabalhos em escalas detalhadas, que possam subsidiar o planejamento de algumas áreas problemáticas dentro do Estado de Mato Grosso do Sul.



- Nas área com alta suscetibilidade à erosão sugere-se algumas medidas como recomposição da vegetação ciliar com espécies nativas e contenção dos processos erosivos com o manejo e conservação das pastagens utilizando-se curvas de nível.

- Para a confecção do mapa de uso atual do solo, recomenda-se a utilização de fontes de informações mais recentes possíveis. Atualmente o Estado de Mato Grosso do Sul, não dispõe de levantamento aerofotogramétrico recente, assim, as imagens multiespectrais digitais do satélite LANDSAT – TM-5, são fontes de informações que fornecem em escala compatível, o conhecimento necessário para a avaliação do uso atual do solo.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, C.M.A. (1997). *A ponderação dos fatores ambientais – com uso de sistema de informações geográficas – na localização de atividades econômicas e na cobrança pelo uso da água para irrigação*. São Carlos, SP. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 138p.
- ALVES, D.S.; PEREIRA, J.L.G.; SOUSA, C.L.; SOARES, J.V.; MOREIRA, J.C.; ORTIZ, J. O.; SHIMABUKURO, Y. E.; YAMAGUCHI, F. (1998). *Análise Comparativa de Técnicas de Classificação de Imagens do Sensor LANDSAT/TM para Caracterização de Áreas Desflorestadas*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., Santos. *Anais em CD-ROM*.
- ATLAS MULTIRREFERENCIAL, Estado de Mato Grosso do Sul. (1990). SEPLAN, Campo Grande.
- BACCARO, C.A.D. (1999). *Processos Erosivos no Domínio do Cerrado*. In: TEIXEIRA GUERRA, A. J.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M.(Orgs). *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações*. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil. Cap. 6, p. 195 – 223.

- BARGUIL, S.R. (1998). *Geoprocessamento aplicado ao Monitoramento de Cerrado: Um Estudo de Caso na Porção Noroeste da APA Corumbataí (SP)*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – EESC – USP, 151p.
- BERTONI, J. ; LOMBARDI NETO, F. (1999). *Conservação do Solo*. São Paulo. Ed. Ícone. 355p.
- BRASIL, Leis. (1985). Ministério do desenvolvimento urbano e meio ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 004 de 18/09/1985*. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- BRASIL, Leis. (1986). Ministério do desenvolvimento urbano e meio ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 001 de 23/01/1986*. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- BRASIL., Leis. (1986). Ministério do desenvolvimento urbano e meio ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 20 de 18/06/1986. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 de julho, p. 11356.
- BRASIL, Leis. Lei nº 4.4.771/65, alterado pelas leis nº 7.803/89 e nº 7.875/89. *Código Florestal*.
- CAETANO, I.K. (1994) *Agricultura Racional e Desenvolvimento Sustentado*, São Carlos: CRHEA, EESC, USP, Monografia.
- CALIJURI, M.L. (1996) *Geotecnia Ambiental: Aplicação de Sistemas de Informações Geográficas no Uso e Ocupação do Solo, Mapeamento Geotécnico e Meio Ambiente*. In: Concurso para Professor Titular – Prova de Erudição, UFV.

- CHRISTOFOLETTI, A. (1980) *Geomorfologia*. 2ª edição, São Paulo, Edgard Blucher, 188p.
- CHUVIECO, E. (1990) *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Ed. RIALP, s. a. Madrid.
- CRÓSTA, A.P. (1993) *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Campinas, IG/UNICAMP.
- EASTMAN, J.R. (1997). *Idrisi for Windows: user's guide. Version 2.0*. Worcester, Clark University.
- EHLERS, M. (1991). Remote sensing and geographic information systems: image integrated information systems. In: JOHNSON, A. I.; PETERSON, C. B. , FULTON, J. L. *Geographic Information Systems (GIS) and mapping – practices and standards*. ASTM STP 1126, Eds. American Society for Testing and Materials, Philadelphia. EUA. p. 53 – 67.
- EMBRAPA/CNPS & IBGE/DGC (1997). *Estudo Ambiental para a Qualidade de Vida e Ordenação Municipal de São Gabriel do Oeste/MS*, Relatório Final, Rio de Janeiro, 175p.
- * ESKES, S.J.T. (1998). *Desenvolvimento de Técnicas Numéricas para o Modelamento Estocástico de Transporte de Pesticidas no Solo – USP, EESC, São Carlos, Tese (Doutorado)*.
- FORMAGGIO, A.R., ALVES, D.S. & EPIPHANIO, J.C.N. (1992). Sistemas de Informações Geográficas na Obtenção de Mapas de Aptidão Agrícola e de Taxa de Adequação de Uso das Terras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 16:249-256.

- GARCIA, G.J.(1982). *Sensoriamento Remoto; Princípios e Interpretações de Imagens* / São Paulo: Nobel, 357 p.
- GIOTTO, E.(1981). *Aplicabilidade de Imagens RBV Landsat -3 em Levantamento do Uso da Terra no Município de Tapera – RS*. Santa Maria, UFSm, Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola).
- GRAZIANO NETO, F. (1982). *Questão Agrária e Ecologia*. Crítica da Moderna Agricultura. São Paulo, 12, Editora Brasiliense.
- HAGAN, J.E.; EASTMAN, J.R. & AUBLE, J. (1998). *Cartalinx the Spatial Data Builder. User's Guide*. Version 1.04, march, Clarck University.
- HOBBS, R.J. e SAUNDERS, D.A.(1993). *Reintegrating Fragmented Landscapes. Towards Sustainable Production and Nature Conservation*. Spring-Verlag, New York, USA, 332 p.
- JEMIESON, D. . e FEDRA, K. (1996). The 'WaterWare' Decision Support System for River-Basin Planning. 1. Conceptual Design. *Journal of Hydrology*, v.177, 163-175.
- KOFFLER, N.F.(1992). Técnicas de Sensoriamento Remoto Orbital Aplicadas ao Mapeamento de Vegetação e Uso da Terra, *GEOGRAFIA*, Rio Claro, 17(2): 1-26, outubro.
- LAWS, E. (1993). *Aquatic Pollution: An introductory text*, 2 nd ed. New York: Wiley and Sons.
- LIMA, W.P. (1989). Função Hidrológica da Mata Ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, Campinas, Anais, Fundação Cargill. p. 25-42.

- LOAGUE, K.; CORWIN, D.L.; ELLSWORTH, T.R. (1998). The challenge of predicting nonpoint source pollution. *Environmental Science & Technology*, pg. 130 - 133.
- MACEDO, J. (1994) Solos dos Cerrados. In: PEREIRA, V. P.; FERREIRA, M. E. e CRUZ, M. C. P. *Solos Altamente Suscetíveis à Erosão*, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP – Jaboticabal e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 253 p.
- MATO GROSSO DO SUL, GOVERNO. (1998). *Referencial Metodológico para Interpretação da Legenda do Mapa de Vegetação do Estado de Mato Grosso do Sul*. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMADES/MS. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral – SEPLAN – MS. Fundação Instituto de Apoio ao Planejamento – FIPLAN – MS. Campo Grande, 63p.
- MEDINILHA, A. (1999). *A Degradação da Mata Ciliar e os Impactos nos Recursos Hídricos Desencadeados pela Expansão Urbana de Rio Claro-SP no Entorno do rio Corumbataí*. São Carlos, Dissertação (Mestrado), EESC – USP, 181p.
- MEIJERINK, A.M.(1985). Geoinformation Systems for Land Use Zoning and Watershed Management, *ITC Journal*, (4): 283 – 295.
- MINISTÉRIO DO INTERIOR (1970). *Relatório preliminar de desenvolvimento integração do Município de Aquidauana*. M. T. Cuiabá.

- MULLER, G. & COMIN, A. (1985). Crédito, Modernização e Atraso. *Cadernos CEBRAP*, São Paulo.
- NASH, L. (1993). Water Quality and health. In: GLEICK, P. *Water in Crisis: a guide to the world's freshwater resources*. Oxford: Oxford University Press.
- NOVO, E.M.L. de (1992). *Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações*. São Paulo, Edgard Blucher.
- OLIVEIRA, A.M.S.(1995). Assoreamento em Cursos D'Água. In: *Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente*, ABGE/IPT, p. 59-76.
- ORTIZ, M.J.; RODRIGUES D.M.S.; MACHADO, M.M.; COVRE, M.; BRAGA, E.A.; SOARES, C.C.; FARIA, K. (1996). Implantação do Sistema de Monitoramento da Coertura Vegetal e do Uso do Solo do Estado de Minas Gerais , Brasil, Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., Salvador. *Anais em CD-ROM*.
- PADOVANI, C.R., CARVALHO, N.O., GÁLDINO, S. & VIEIRA, L.M. (1998 a). Produção de Sedimentos da Alta Bacia do Rio Taquari para o Pantanal. In: III ENCONTRO DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, Belo Horizonte, MG (21 –25 de setembro), ABRH, p. 16 – 24.

- PADOVANI, C.R., CARVALHO, N.O., GALDINO, S. & VIEIRA, L.M. (1998 b). Deposição de Sedimentos e Perda de Água do Rio Taquari no Pantanal. In: III ENCONTRO DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, Belo Horizonte, MG (21 –25 de setembro), ABRH, p.127 –134.
- PASTORE, E.L. (1986). Contribuição ao Tema Geotecnia e Meio Ambiente: Erosão. In: VIII CBMSEF, Vol V, p. 43-54.
- PCBAP – *Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai*. (1997). *Pantanal, Análise Integrada e Prognóstico da Bacia do Alto Paraguai (vol. III)* Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Projeto Pantanal, Programa Nacional do Meio Ambiente, Brasília.
- PERRY, J.A. & VANDERKLEIN, E. (1996). *Water Quality – Management of a natural resource* – Blackwell Science.
- POLTRONIÉRI, L.C. & SOUZA, R.C.M. (1989). Praguicidas na Agricultura: Abordagem Geográfica das Atitudes do Agricultor Rioclarense, *GEOGRAFIA*, 14(27): 47-66, abril.
- RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K.J. (1995). *Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras*. 3. Ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA.
- RANIERI, S.B.L. (1996). *Avaliação de Métodos e Escalas de Trabalho para Determinação de Risco de Erosão em Bacia Hidrográfica Utilizando Sistema de Informações Geográficas (SIG)*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 128p.

- REIS, J.C. (1995) *Proposição Metodológica para Mensuração de Assoreamento de Reservatórios, Utilizando Sistemas de Informação Geográficas*, Viçosa/MG, UFV, Dissertação (Mestrado).
- RESENDE, E.K. (1995) *Influência das Atividades Antrópicas Sobre os Peixes da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, período de 1985 a 1987*. Corumbá, MS: EMBRAPA/CPAP, 30p. (EMBRAPA/CPAP. Documentos, 15).
- RODRIGUES, R. (1997) *Análise da Dinâmica da Cobertura e Uso da Terra na Bacia do Ribeirão Claro, Utilizando SIG e Cadeia de Markov*, São Carlos: EESC, USP, Dissertação (Mestrado).
- RUSSI, G.C. (1975) *Subsídios para o estudo de uma região*. Aquidauana. U.E.M.T. Aquidauana.
- SAHA, S. & BARROW, C. (1981) *The River Basin Planning: Theory and Practice*, New York, Jhon Wiley & Sons.
- SALVADOR, N.N.B. (1990) *Avaliação de Impactos Sobre a Qualidade dos Recursos Hídricos*. São Carlos: EESC, USP, Tese (Doutorado).
- SILVA, T.C. (1993). *Demanda de Instrumentos de Gestão Ambiental; Relatório Preliminar do Programa Nacional do Meio Ambiente*. Brasília, IBAMA, 21p.

- SILVEIRA, P. (1997). *Detecção de alterações na cobertura vegetal ocasionadas pela expansão urbana em uma região do litoral paranaense, através de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica*. Dissertação (Mestrado). Curitiba - UFPR, 110p.
- SOUZA, M.P. (1993). *Metodologia de Cobrança Sobre os Usos da Água e sua Aplicação como Instrumento de Gestão*, São Paulo/SP, Tese (Doutorado), Faculdade de Saúde Pública de São Paulo, USP.
- TABACZENSKI, R.R. (1995). *A Utilização dos Sistemas de Informação Geográfica para o Macrozoneamento Ambiental – São Carlos*, Dissertação (Mestrado).
- TEIXEIRA GUERRA, A.J. et al.(1978). Contribuição ao Estudo da Erosão dos Solos Agrícolas no Brasil, *Bol. Geografia*, Rio de Janeiro, 36(258-259): 68-78, jul./dez.
- TEIXEIRA GUERRA, A.J.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (1999). *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações – Rio de Janeiro*: Bertrand Brasil, 399 p.
- TEIXEIRA, A.L.A.; ROLIM PRONCHNOW, M.C.; SUAREZ, R.; CARDOZO, S. (1993). Determinação de Áreas de Risco de Erosão na Bacia do Córrego Monjolo Grande (SP), através do Uso de um SIG. *Boletim de Geografia*, Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Geografia, Ano 11- nº 01- dezembro. P. 29 – 45.
- TUCCI, C.E.M. (1995). Alguns Desafios Brasileiros em Recursos Hídricos e Meio Ambiente – parte I. *Água em Revista*. Ano III, N. 06- novembro.

- TUFFORD, D.L.; Mc KELLAR JR., H.N.; HUSSEY, J.R.(1998). Stream nonpoint source nutrient prediction with land-use proximity and seasonality. *In: Journal of Environmental Quality*.
- TUNDISI, J.G.A. (1992). *Bacia Hidrográfica como Unidade de Pesquisa, Gerenciamento e Planejamento*. Trabalho Temático. Projeto ECOCICLOPLAN – CAPES, PADCT. Mimbo. São Paulo.
- VALENTE, D.F. (S/D) Manejo de Bacias Hidrográficas. Brasília – Ministério da Agricultura, IBDF. 12 p (*Separata Brasil Florestal*, 18).
- VALÉRIO FILHO, M. (1994). Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicadas ao Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas. *In: PEREIRA, V. P.; FERREIRA, M. E. e CRUZ, M. C. P. Solos Altamente Suscetíveis à Erosão*, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP – Jaboticabal e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 253 p.
- VALÉRIO FILHO, M. (1995). Gerenciamento de Bacias Hidrográficas com Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento. *In TAUK-TORNISIELO, S. M. et al. Análise Ambiental: Estratégias e Ações*, Rio Claro, SP: Centro de Estudos Ambientais – UNESP.
- VASCONCELOS, H. P. e LANDERS, J. N. (1994) Agricultura Sustentável no Cerrado. *In: PEREIRA, V. P.; FERREIRA, M. E. e CRUZ, M. C. P. Solos Altamente Suscetíveis à Erosão*, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP – Jaboticabal e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 253 p.

- VOUGHT, L. B.; DAHL, J.; PEDERSEN, C.L.; LACOURSIÈRE, J.O. (1994). Nutrient Retention in Riparian Ecotenes. In: *AMBIO*, V. 23, nº 6, p. 342 – 348.
- W.W.F. Fundo Mundial para a Natureza (1995). De Grão em Grão, o Cerrado Perde Espaço (Cerrado – Impactos do Processo de Ocupação) *Documento para discussão*, Brasília – DF, 66p.
- W.W.W. WWF.org.br – Expansão Agrícola e a Biodiversidade do Cerrado, 1999.
- WANIELISTA, M.P. YOUSEF, A.Y. McLELLON, W.M. (1977)– Nonpoint Source Effects on Water Quality. *Journal Water Pollution Control Federeation*, 441-451.
- WATRIN, O.S.; VENTURIERI, A.; SAMPAIO, S.M.N. (1998). Análise Multitemporal do Uso da Terra e suas Interrelações com a Cobertura Vegetal em Comunidades Rurais do Nordeste Paraense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., Santos. *Anais em CD-ROM*.
- YASSUDA, E.R. (1993) Gestão de Recursos Hídricos: Fundamentos e Aspectos Institucionais. In: *Revista da Administração Pública*, 27(2): 5 – Rio de Janeiro, Abril/ jun, 18p.