

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTROS DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

AVALIAÇÃO MULTITEMPORAL DA COBERTURA DO SOLO
NA BACIA DO RIBEIRÃO SALOBRA - MS

MAURO POLIZER

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Robert Schiaveto de Souza
Co-Orientador: Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho

CAMPO GRANDE (MS), NOVEMBRO DE 2002

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob orientação do Prof. Dr. Robert Schiaveto de Souza e co-orientação do Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

AGRADECIMENTOS

O êxito na realização de um trabalho depende em muito do esforço de quem propõe fazê-lo e, não menos, da disposição de receber contribuições. Foram inúmeros os subsídios recebidos para a realização deste estudo e de várias formas.

Agradeço a Deus por me ter dado a vida e, a meus pais, pelo amor, carinho, apoio e exemplo que moldaram o meu ser.

Agradeço a todos que ajudaram na minha formação profissional e do meu ser.

A minha gratidão:

aos meus mestres que foram além do dever de ensinar, exemplos de profissionais e cidadãos;

aos meus alunos pela boa convivência que tivemos, dos quais mais recebi do que dei, pois foram eles que ajudaram a manter a minha esperança em um mundo melhor;

aos servidores amigos do Departamento de Hidráulica e Transportes, que me propiciaram a extensão do meu lar no ambiente de trabalho;

ao Prof. Dr. Carlos Nobuyoshi Ide pelo incentivo à realização deste estudo;

aos professores que me orientaram neste trabalho, Dr. Robert Schiaveto de Souza e Antonio Conceição Paranhos Filho, pelo apoio e valiosa contribuição;

ao Prof. Dr. Kennedy Francis Roche, às estagiárias Camila da Silva Monteiro e Fernanda de Sá Rocha e ao técnico Manoel Benedito Carvalho, pela colaboração;

à minha esposa Ligia e filhos Ariadne, Eric, Igor e Evelin pelo conforto e alegria da família que me realiza como esposo e pai, uma bênção.

Esforçar-se na busca do conhecimento é de grande valor para tornar o homem um virtuoso.

A defesa de sua aplicação para propiciar à humanidade uma melhor sensação de bem estar, o aproxima de Deus.

(autor desconhecido)

SUMÁRIO

	pág.
Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	viii
Resumo	ix
Abstract	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Apresentação geral de estudo	1
1.2. Área de estudo	3
2. OBJETIVO	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1. Características físicas	6
3.1.1. Geologia	6
3.1.1.1 Principais unidades geológicas aflorantes na área de estudo	7
3.1.2. Geomorfologia	9
3.1.3. Solos	11
3.1.4. Projeto CORINE	14
3.1.5. Erosão	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS	19
4.1. Geração de carta-base e de cobertura	19
4.1.1. Obtenção de carta-base	19
4.1.2. Obtenção de cartas de cobertura do solo a partir de imagens de satélite	21
4.2. Avaliação da erosão	22
4.3. Percolação dos solos	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1. Modelo digital de elevação	26
5.2. Carta de declividade	26
5.3. Classes de cobertura obtidas	28
5.4. Controle de campo e acuidade dos resultados	36
5.5. Cartas e composição percentual da cobertura do solo	39
5.5.1. Situação em 1966	39
5.5.2. Situação em 1985	40

	pág.
5.5.3. Situação em 2001	41
5.6. Análise multitemporal	42
5.7. Condutividade hidráulica dos solos	46
5.8. Análise granulométrica dos solos	46
5.9. Aspectos erosivos	48
5.10. Potencial de recuperação da vegetação natural	49
6. CONCLUSÕES	53
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1.1: Localização da bacia do Ribeirão Salobra	4
Figura 3.1: Mapa geológico	7
Figura 3.2: Mapa geomorfológico	10
Figura 3.3: Carta de solos	12
Figura 4.1: Etapas da geração de cartas para a análise multitemporal	20
Figura 4.2: Modelo digital de elevação em 3D da bacia do Ribeirão Salobra	21
Figura 4.3: Teste de determinação da condutividade hidráulica do solos	24
Figura 5.1: Modelo digital de elevação da bacia do Ribeirão Salobra	26
Figura 5.2: Modelo digital de elevação em 3D, com curvas de níveis	27
Figura 5.3: Carta de declividade da bacia do Ribeirão Salobra	27
Figura 5.4: Carta de declividade da bacia do Ribeirão Salobra reclassificada	28
Figura 5.5: Foto da paisagem da área de estudo	28
Figura 5.6: Identificação das classes CORINE 211 e 311 em foto e imagens	30
Figura 5.7: Foto de um pasto sujo (classe 2312)	31
Figura 5.8: Textura de imagens em uma área de desmatamento	33
Figura 5.9: Foto de cerradão e pasto sujo (classes 311, 2312)	33
Figura 5.10: Identificação das classes CORINE 311, 322, 411, 512 em foto e imagens ..	34
Figura 5.11: Foto de uma área úmida (classe 411)	35
Figura 5.12: Foto da foz do Ribeirão Salobra com o Rio Aquidauana	35
Figura 5.13: Identificação de classes CORINE 2312, 311, 322, 411 em foto e imagens ..	36
Figura 5.14: Feições em foto e imagens em diferentes composições falsa-cor	37
Figura 5.15: Feições em foto e imagens com detalhes sobre a banda pan	38
Figura 5.16: Carta de cobertura do solo em 1966	39
Figura 5.17: Composição percentual da cobertura do solo em 1966	39
Figura 5.18: Carta de cobertura do solo em 1985	40
Figura 5.19: Composição percentual da cobertura do solo em 1985	41
Figura 5.20: Carta de cobertura do solo em 2001	41
Figura 5.21: Composição percentual da cobertura do solo em 2001	42
Figura 5.22: Cartas de cobertura (natural e antrópica), anos de 1966, 1985 e 2001	43
Figura 5.23: Comparação gráfica (cobertura natural e antrópica), 1966, 1985 e 2001	44
Figura 5.24: Gráfico da evolução da área agrícola, anos de 1966, 1985 e 2001	45

Figura 5.25: Gráfico da evolução das áreas de pastagens, anos de 1966, 1985 e 2001	45
Figura 5.26: Curvas granulométricas das amostras dos três solos presentes na área	47
Figura 5.27: Identificação, em foto aérea, de diferentes portes arbóreos	50
Figura 5.28: Evolução de pasto sujo para cerrado, em imagens de diferentes épocas	51
Figura 5.29: Feições e áreas de desmate e recuperação em diferentes épocas	52

LISTA DE TABELAS

	pág.
Tabela 3.1: Nomenclatura de cobertura do solo para a Europa, criada pelo Projeto CORINE. Heymann <i>et al.</i> (1994)	15
Tabela 3.2: Nomenclatura de cobertura do solo, criada por Paranhos (2000) para a região de Coxim, adaptada do Projeto CORINE	16
Tabela 4.1: Classes de condutividade hidráulica dos solos. Cauduro & Dorfman (1986)	25
Tabela 5.1: Nomenclatura de cobertura do solo, criada para a área do Ribeirão Salobra, adaptada de Paranhos (2000) para a região de Coxim	29
Tabela 5.2: Escala de classificação textural	48

RESUMO

A qualidade do meio ambiente tem se constituído numa preocupação crescente nos últimos anos. A pressão sobre os recursos naturais está a exigir investimentos em planejamento e programas de ações compatíveis ao desenvolvimento sustentável. A velocidade com que se processam as intervenções requer agilidade nas ações de prevenção, manutenção e recuperação ambiental. A avaliação multitemporal da cobertura do solo de bacias hidrográficas constitui-se num importante conhecimento para a tomada de decisões. Porém, a realização desse trabalho encontra óbices de custos e de tempo para a sua consecução. A avaliação da bacia do Ribeirão Salobra foi realizada através de uma metodologia de uso de imagens Landsat TM em escala 1:100.000 e da utilização da classificação de feições adotada pelo Projeto CORINE na Europa. Esta metodologia permitiu a obtenção de uma base de dados em ambiente SIG - Sistema Geográfico de Informações, que pode ser acrescida de dados e informações para estudos através de diversas combinações, possibilitando a continuidade e ampliação do conhecimento da bacia. Foram obtidas 14 classes de cobertura do solo para a bacia Salobra, em três cartas dos anos de 1966, 1985 e 2001. A avaliação multitemporal de cobertura do solo mostrou a alteração de sistemas de cobertura natural para agropecuária, predominantemente pecuária. Verificou-se que a metodologia é aplicável com êxito, e atende aos requisitos de custos e de tempo.

Palavras-chave: avaliação multitemporal; SIG; imagens de satélite; cobertura do solo; CORINE; Salobra

ABSTRACT

The quality of the environment has become an increasing preoccupation in recent years. The pressure on natural resources requires investment in planning and action programs that are in keeping with sustainable development. The speed with which interventions can be processed requires agility in actions of prevention, maintenance, and environmental recuperation. Multi-temporal analysis of land cover in hydrographic basins constitutes an important source of information in decision-making. However, the realization of such work encounters obstacles of cost and time. The evaluation of the basin of the Ribeirão Salobra was carried out using a methodology involving Landsat TM images at a scale of 1:100000 and employing the classification of features adopted by the CORINE Project in Europe. This methodology permitted the obtaining of a database in the GIS (Geographic Information System) environment, which can be added to by data and information from different types of studies, enabling continuity and amplification of knowledge on the basin. Fourteen classes of land cover were identified for the Salobra basin, from three maps for the years 1966, 1985 and 2001. The multi-temporal evaluation of the land cover indicated the occurrence of alterations in natural cover due to agriculture and cattle raising, especially the latter. The methodology is shown to be successfully applicable, and in keeping with cost and time constraints.

Key words: multi-temporal evaluations; GIS; satellite images; land cover; CORINE; Salobra.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação geral de estudo

Uma questão em evidência atualmente é o desenvolvimento sustentável. A degradação ambiental tem gerado inúmeros problemas que estão afetando, de algum modo, populações em todo o nosso planeta. Diversas economias estão sendo atingidas pelo esgotamento dos recursos naturais ou pela má qualidade do meio ambiente, decorrentes de práticas inadequadas de uso e ocupação.

O aumento populacional tem exercido forte pressão sobre esses recursos, tornando-os cada vez mais escassos e, assim, comprometendo a qualidade de vida das gerações futuras. O aumento da demanda por alimentos e a crescente escassez de água potável, constituem uma dura realidade dos tempos atuais.

A respeito disto, Mota & Aquino (2001) afirmam que *a crescente demanda de água e multiplicidade de seu uso têm provocado, em grande parte, crises de escassez e conflitos de interesse, competição institucional, perturbações sociais e até obstáculos ao crescimento econômico e à preservação ambiental, resultando, daí, a necessidade de gerenciamento dos recursos hídricos, sob os aspectos quantitativos e qualitativos. E, ainda que, a visão atual é a de que a qualidade das águas dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica depende das atividades desenvolvidas na mesma. Assim, a gestão dos recursos hídricos deve ser feita considerando o uso do solo da bacia como um todo.*

A velocidade de degradação ambiental tem sido maior que a conscientização do homem para a necessidade de se fazer intervenções compatíveis com a capacidade de sustentação do meio físico. A utilização de tecnologias apropriadas também não tem acompanhado o ritmo com que ocorrem essas transformações.

O conceito de bacia hidrográfica como unidade territorial de estudo tem sido difundido, assumindo papel relevante nos estudos ambientais. O fator uso e ocupação do solo torna-se mais representativo face às características físicas, geralmente predominantes, que revelam a natureza do espaço territorial da bacia hidrográfica, e do forte vínculo que os parâmetros ambientais possuem com o sistema natural de drenagem.

Estudos de caracterização da natureza das bacias hidrográficas são de grande utilidade no planejamento do desenvolvimento sustentável regional. O conhecimento da evolução das

transformações que esses espaços sofrem, propiciam a reorientação do seu uso e ocupação, bem como a adoção de práticas coerentes com as suas aptidões. No entanto, a realização desses estudos, através de levantamentos de campo, os tornam onerosos e de respostas geralmente tardias. Uma alternativa de menor custo e de obtenção de informações compatíveis com a velocidade e complexidade dessas alterações, é a utilização de imagens de satélite.

O uso de imagens de satélite para estudos ambientais no Estado de Mato Grosso do Sul ainda é pouco adotado. Tal situação sugere que a academia intensifique a realização desses trabalhos, visando o aprimoramento de sua utilização, bem como a difusão dessa ferramenta no meio técnico.

A obtenção de uma base de dados em ambiente SIG (Sistema Geográfico de Informações) permite trabalhar um grande número de informações do meio ambiente (Gordon, 1980).

Este sistema constitui-se numa importante ferramenta na edição e conjugação de cartas temáticas. Ele mantém os dados disponíveis, permite acréscimos e diversas combinações. Possibilita a continuidade do estudo, bem como a realização de inúmeros outros. Gera informações úteis para um conhecimento ambiental mais amplo da bacia e o estabelecimento de estratégias à tomada de decisões.

O Estado de Mato Grosso do Sul possui duas grandes bacias hidrográficas. A do Rio Paraná possui um significativo número de grandes hidroelétricas e a do Rio Paraguai um meio ambiente de elevado potencial turístico. Dada a importância dessas duas bacias hidrográficas, o uso e ocupação dessas áreas de contribuição requer práticas adequadas com vistas à redução da produção de sedimentos.

Estudos de avaliação ambiental multitemporal na bacia hidrográfica do Ribeirão Salobra, através da aplicação de uma metodologia de uso de imagens de satélite, podem contribuir para a análise das alterações do meio ambiente e das conseqüências na sua qualidade. Informações valiosas podem ser obtidas para a adoção de políticas apropriadas à preservação ambiental e ao desenvolvimento regional. Segundo Mota & Aquino (2001), *a conservação de uma bacia hidrográfica, assim entendida a utilização racional de seus recursos, de modo a manter sua qualidade e seu equilíbrio sempre em níveis aceitáveis, é o objeto maior a ser alcançado em um plano de gestão ambiental.*

Estudos deste tipo, de fato, já foram conduzidos com êxito na Itália e no Brasil (Disperati *et al.*, 1998; Paranhos Fº *et al.*, 1998; Fiori *et al.*, 1995). O sensoriamento remoto e

os sistemas de informações geográficas já são ferramentas consolidadas para este tipo de estudo (Hernandez *et al.*, 1995; Kok *et al.*, 1995).

A avaliação multitemporal da cobertura do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Salobra é feita através das cartas de cobertura de 1966, 1985 e 2001. O material empregado para a obtenção destas cartas, são as cartas topográficas (IBGE/DSG, 1979 e 1988, com dados de 1966) e imagens Landsat TM de 1985 e 2001, processadas em ambiente SIG. As classes de cobertura da bacia do Salobra foram obtidas tendo-se como referência a nomenclatura utilizada no Projeto CORINE (*Coordination on the Environment* - Heymann *et al.*, 1994) na Europa.

No item resultados e discussão, procede-se a avaliação multitemporal, a discussão da evolução das coberturas natural e antrópica e comentários sobre processos erosivos.

1.2. Área de estudo

A área de estudo refere-se à bacia hidrográfica do Ribeirão Salobra, localizada a oeste de Campo Grande, no município de Terenos (MS), Região Centro-Oeste do Brasil, entre as latitudes 20°10' e 20°25' S e longitudes 54°50' e 55°15' W, e que totaliza 529,55 km² (Figura 1.1). Esta área é contribuinte da rede de drenagem do Pantanal, através do Rio Aquidauana, e seus principais acessos são as rodovias BR 262 e MS 352.

A escolha desta região deve-se às intensas alterações do seu uso e ocupação, ocorridas nos últimos 35 anos. E, ainda, porque no início do período de abrangência dos estudos a área encontrava-se, na sua quase totalidade, inalterada e, hoje, apresenta-se bastante modificada pela ação antrópica.

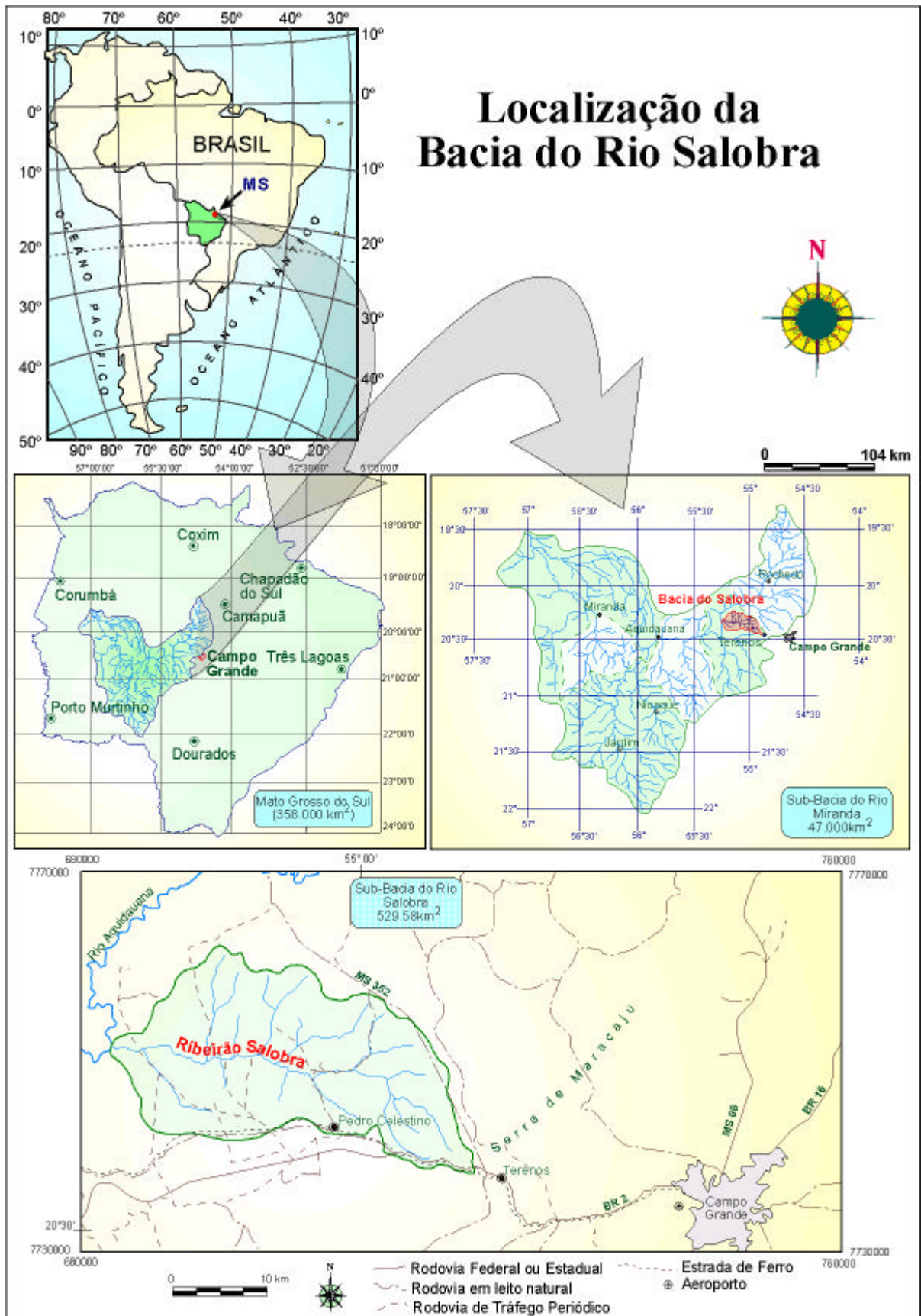


Figura 1.1: Localização da bacia do Ribeirão Salobra.

2. OBJETIVO

Este trabalho visa realizar uma avaliação multitemporal da cobertura do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Salobra, através de uma metodologia de uso de imagens de satélite em ambiente SIG - Sistema Geográfico de Informações, em três diferentes épocas, 1966, 1985 e 2001.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentre as questões ambientais do Estado de Mato Grosso do Sul, encontra-se a erosão hídrica. Baccaro (1999) determinou, através de estudos em área do Cerrado do Triângulo Mineiro, maior perda de material em suspensão em um período de menor precipitação, quando comparado a um período de maior precipitação, atribuindo isto à menor densidade de cobertura vegetal.

Os solos do Estado são predominantemente arenosos e pobres em matéria orgânica, fatores indicativos de susceptibilidade à erosão. A respeito disto, Fendrich (1997) afirma que *a cobertura vegetal influencia as taxas de escoamento superficial e erosão mais que qualquer outro fator físico individual, e que a vegetação acrescenta matéria orgânica aos solos, tornando-os porosos, facilitando a penetração e retenção da água. E, que os solos mais propícios à formação de voçorocas são arenosos, pouco coesivos, coluviais e porosos, apresentando o horizonte A, em geral, com cor vermelha intensa, constituídos por areia muito fina, siltosa e com pouca argila.*

A erosão hídrica é uma das questões ambientais presente no Estado que requer atenção. Com a intensificação da pecuária e da agricultura, a primeira ocupando as áreas de solos mais arenosos e a segunda utilizando-se de manchas de solos mais ricos, os rios do Estado de Mato Grosso do Sul, que drenam para duas grandes bacias, tornaram-se significativos contribuintes de sedimentos. Estudos de quantificação de sedimentos somente agora estão sendo iniciados e, ainda, de maneira muito tímida.

Os principais tributários do Paraguai a oeste, são os rios Piqueri, Taquari, Aquidauana, Miranda e Apa, e do Rio Paraná a leste, o Sucuriú, Verde, Pardo e Ivinhema. Nestes rios é visível a ocorrência de depósitos de areia, alteração de leito e de matas ciliares.

3.1. Características físicas da área

3.1.1. Geologia

A área está localizada no contexto da Serra de Maracajú e possui rochas pertencentes ao Grupo São Bento da Bacia Sedimentar do Paraná. Do ponto de vista da evolução geológica, no final do Jurássico e início do Cretáceo, a região de Campo Grande transformou-

se em um ambiente com características aquosas e eólicas, onde se depositaram as Formações Pirambóia e Botucatu (RADAMBRASIL, 1982a), sobre as quais ocorreram os derrames basálticos da Formação Serra Geral (Figura 3.1).

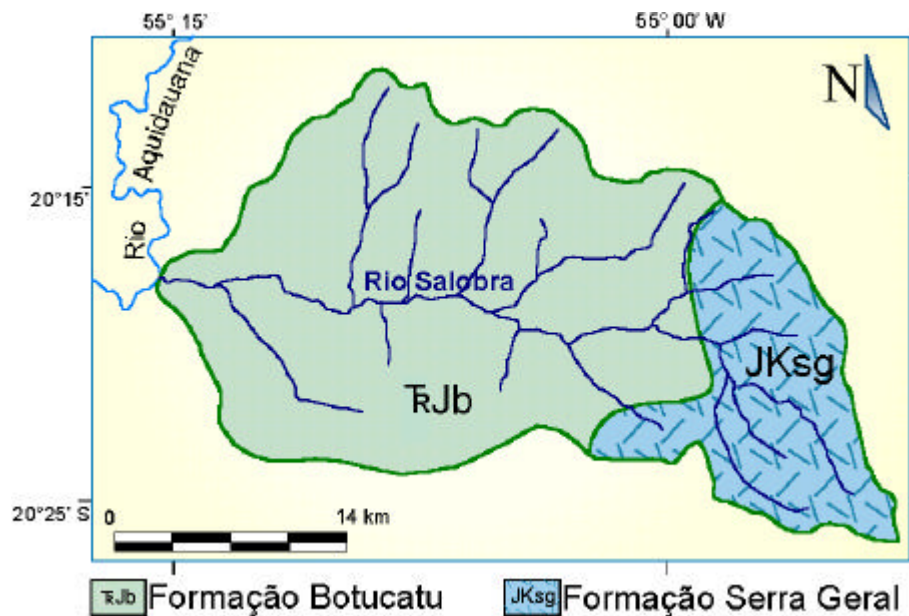


Figura 3.1: Mapa geológico da bacia do Ribeirão Salobra.

Para Lastoria (2002) e Almeida (1983) o vulcanismo fissural basáltico deu-se no início do final do jurássico e a idade da Formação Serra Geral é Juro-cretácica, período mais aceito entre os diferentes pesquisadores da Bacia Sedimentar do Paraná (PCBAP, 1997; RADAMBRASIL, 1982a; Schneider *et al.*, 1974; Mühlmann *et al.*, 1974).

Recentemente, provavelmente durante o quaternário, depositaram-se os aluviões fluviais, que são representados pelos depósitos que se formam ainda hoje.

O mapa geológico da área (Figura 3.1) foi obtido a partir de técnica de fotointerpretação de imagens de satélite Landsat ETM (Landsat, 2001), mais especificamente as bandas pan, do infravermelho médio e distante (Drury, 1987; Gupta, 1991; Lillesand & Kiefer, 1994).

3.1.1.1. Principais unidades geológicas aflorantes na área de estudo

Grupo São Bento

White (1908) denominou de Série São Bento o conjunto formado pelas rochas eruptivas Serra Geral, Grés São Bento e as camadas vermelhas ocorrentes na Serra do Rio do Rastro, correspondentes às formações Serra Geral, Botucatu e Rio do Rastro.

Vários autores estudaram as litologias que hoje compõem o Grupo São Bento, destacando-se entre eles Almeida (1954), Beurlen (1956), Mühlmann *et al.* (1974) e Corrêa *at al.* (1976), que separam o Grupo São Bento em duas formações, principalmente no Estado de Mato Grosso do Sul, denominadas de Formação Botucatu e Serra Geral. A primeira é constituída por arenitos eólicos, com estratificações cruzadas de grande porte, localmente com *facies* fluvio-lacustre, enquanto a segunda é constituída por derrames básicos e lentes de arenitos eólicos intertrapeados em sua porção basal.

Consoante com a definição de Souza Jr. & Del'Arco (1978), o Grupo São Bento compõe-se das Formações Pirambóia (não aflorante na área de estudo), Botucatu e Serra Geral.

Formação Serra Geral - JKsg

A Formação Serra Geral foi produto de derrames basálticos causados por um tectonismo de distensão, que originou as grandes fendas pelas quais fluiu o magma. Os furos de sonda realizados pela Petrobrás registraram, para os basaltos Serra Geral, 1529m em Presidente Prudente-SP (Schneider *et al.*, 1974). A idade dessas rochas foi alvo de pesquisa realizada por diversos autores, prevalecendo, atualmente, a realizada por Teixeira (1980) que, por meio de datações obtidas pelo método Rb/Sr, comparadas com as obtidas pelo método K/Ar preexistentes, definiu uma época em torno de 130 milhões de anos, admitindo uma Idade Juro-cretácica para a Formação Serra Geral.

A Formação Serra Geral aflora no leste da área, recobrando os arenitos Botucatu. Na área o contato entre ambos é perfeitamente definido na imagem, marcado pela ocorrência de leve quebra de relevo (*cuesta* que forma a Serra de Maracajú).

Formação Botucatu - FJb

A Formação Botucatu, tendo como base as correlações feitas com a Formação Serra Geral, é colocada no Triássico Superior, podendo se estender para o Jurássico. Furos de sonda, realizados pela Petrobrás, registraram 464m para o arenito Botucatu na região de Taquari - MT (Gonçalves & Schneider, 1970).

O ambiente sedimentar para a Formação Botucatu é desértico, sendo os sedimentos de origem eólica. Para alguns autores, onde a unidade apresenta uma coluna geológica mais

completa, foram observados sedimentos de ambiente deposicional fluvio-lacustre em sua porção basal.

A Formação Botucatu é a predominante em área na bacia do Salobra e apresenta-se distribuída no centro e no oeste da área.

Aluviões Fluviais - Ha

Embora não estejam mapeados na carta geológica, por problemas de escala e objetivos do levantamento geológico efetuado neste trabalho, estes depósitos estão presentes ao longo da drenagem principal do Ribeirão Salobra. São sedimentos inconsolidados constituídos essencialmente por areia, silte e argila, oriundos do intemperismo químico e físico sobre as rochas preexistentes na bacia.

3.1.2. Geomorfologia

O mapa geomorfológico da área (Figura 3.2) foi atualizado da base cartográfica produzida pelo Projeto RADAMBRASIL (1982a). Além deste, utilizou-se dos dados geomorfológicos levantados pelo Projeto PCBAP (1997). Embora o mapa geomorfológico do RADAMBRASIL (1982a) seja apresentado em escala 1:1.000.000, os seus dados foram levantados na escala 1:250.000, o que permite o seu aproveitamento para uma análise geral do relevo da área.

Além disto, o levantamento de campo mostrou que a classificação do RADAMBRASIL (1982a) é coerente com o relevo observado na área durante o levantamento de campo, sofrendo apenas um ajuste dos limites entre as unidades geomorfológicas decorrente deste estudo. Desta forma, mantém-se a nomenclatura das unidades geomorfológicas daquele levantamento.

De acordo com o Projeto RADAMBRASIL (1982a), a área faz parte do contexto do "Planalto de Maracajú - Campo Grande". Os elementos de geomorfologia foram também considerados durante a criação do DEM (*digital elevation model* - modelo digital de elevação).

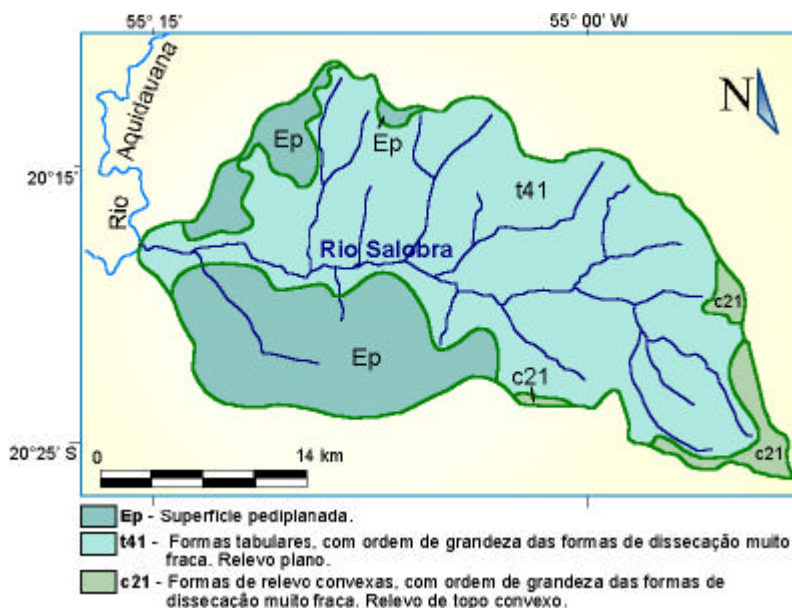


Figura 3.2: Mapa geomorfológico da bacia do Ribeirão Salobra.
 Fonte: adaptado de RADAMBRASIL (1982a).

Planalto de Maracajú - Campo-Grande

Corresponde à terminação dos planaltos localizados na borda oeste da Bacia Sedimentar do Paraná. O Projeto RADAMBRASIL (1982a) utilizou os dados de altimetria para dividir este relevo em três compartimentos.

O compartimento superior, que engloba altimetrias entre 500 e 800 metros, apresenta um relevo alçado a mais de 700 m, que tem uma continuidade através de formas dissecadas em amplos interflúvios de topo plano. A borda deste relevo, identificada como Serra de São Gabriel, é marcada por escarpas erosivas com desníveis relativos que, em alguns trechos, são inferiores a 100 m e, em outros, pouco acima.

O segundo compartimento comporta altimetrias que vão de 500 a 700 m, abrange toda a faixa marginal e borda do planalto que, na toponímia regional, tem a denominação de Serra de Maracajú. A borda escarpada representa uma frente de *cuesta* festonada, disposta na direção SSW-NNE, seguindo uma leve curvatura.

O contato do planalto com a depressão é marcado por frentes de *cuesta*, em cujas vertentes a drenagem já instalou estreitas faixas de relevos dissecados do tipo aguçado. Este contato pode ser marcado por *cornija* com pedimentos na base, ainda conservados. No topo do planalto, correspondendo ao reverso da *cuesta*, ocorrem formas dissecadas e aplanadas, e, secundariamente, formas convexas e tabulares.

O compartimento inferior, com altitudes variando de 300 a 500 m, ocupa a parte central do Mato Grosso do Sul. É balizado a oeste pelo compartimento intermediário e a leste pela Serra de São Gabriel D'Oeste. Neste destaca-se um relevo dissecado em forma aguçadas, identificado como Serra Negra, que separa o nível topográfico de 300 a 500 m em dois patamares.

Especificamente, a área de estudo (Figura 3.2), apesar de ter cotas entre 200 e 400 m, localiza-se no segundo compartimento, no contraforte da Serra de Maracajú e apresenta as seguintes unidades geomorfológicas:

Ep - Superfície pediplanada sobre os arenitos, no sudoeste da área, formado sobre os arenitos da Formação Botucatu.

t41 - Formas tabulares, com ordem de grandeza das formas de dissecção muito fraca. Relevo plano, predominante na área, formado sobre os arenitos da Formação Botucatu.

c21 - Formas de relevos convexas, com ordem de grandeza das formas de dissecção muito fracas. Relevo de topo convexo, formado sobre os basaltos da Formação Serra Geral, no leste da área.

3.1.3. Solos

Do mesmo modo que foram levantados novos dados sobre a geologia e geomorfologia, procurou-se atualizar a carta de solos, porém isto envolve análise de inúmeras amostras dos diferentes tipos de solos presentes na bacia do Ribeirão Salobra, além de levantamento de campo específico para identificação dos tipos de solos, o que não é objetivo deste trabalho.

Assim, considerando-se as informações das cartas geológica e geomorfológica da área, além das informações das imagens e dos levantamentos de campo, atualizou-se a carta de solos (Figura 3.3).

É importante salientar que as associações de solos correspondem exatamente àquelas do RADAMBRASIL (1982), tendo sido apenas ajustados os contatos entre estas associações. Os dados de solos do RADAMBRASIL (1982) foram elaborados na escala 1:250.000. Consultou-se ainda a carta de solos do PCBAP (1997) que, na área de estudo, possui os limites das associações pedológicas coincidentes com os do RADAMBRASIL (1982).

Na bacia do Salobra, os principais tipos de solos cujas características definidas pelo RADAMBRASIL (1982a) são o latossolo vermelho-escuro álico e distrófico (LEa9); as areias

quartzosas álica (AQa2, AQa6) e; o latossolo roxo álico, distrófico e eutrófico (LRd3, LRde4).



Figura 3.3: Carta de solos da bacia do Rio Salobra.
Fonte: (adaptada de RADAMBRASIL, 1982).

Latosso vermelho-escuro álico e distrófico (LEa9)

De acordo com o Projeto RADAMBRASIL (1982a), compreende solos minerais não hidromórficos, identificados pela presença de horizonte B latossólico, com teores de Fe_2O_3 entre 9 e 18% para textura argilosa e relação $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ inferior a 3,14 para textura média.

São solos muito profundos, acentuadamente ou fortemente drenados, muito porosos e permeáveis, com avançado estágio de intemperização e processo intensivo de lixiviação, estando praticamente ausentes minerais pouco resistentes ao intemperismo, resultando na predominância de minerais de argila do tipo 1 : 1 e sesquióxidos na composição da fração coloidal, capacidade de troca de cátions muito baixa, inferior a 13 mEq/100 g de argila após correção para carbono e baixa reserva de elementos nutritivos para as plantas.

Têm seqüência de horizontes A, B e C, com pouca diferenciação entre os sub-horizontes e transições difusas, ocasionalmente graduais. Possuem coloração nos matizes

2.5YR e 10F1, ocorrendo menos freqüentemente 5YR. O incremento de argila do horizonte A para o B é pouco expressivo, dando uma relação textural baixa.

Apresentam excelentes propriedades físicas e topografia, favoráveis à mecanização por se posicionarem em relevo plano e suave ondulado, entretanto, por possuírem fertilidade natural baixa (distróficos) e elevado teor de alumínio trocável (quando álicos) requerem, respectivamente, adubação e calagem para suprir a deficiência mineral e para anular o efeito nocivo causado pela presença do alumínio. Na área de estudo a pecuária de corte é a atividade econômica mais expressiva, observando-se pastagens exóticas de colômbio e tanzânia (*panicum maximum*), em solo corrigido.

São solos provenientes da decomposição de arenitos da Formação Botucatu. Na classificação americana de solos (RADAMBRASIL, 1982a) foram enquadrados, tentativamente, nos grandes grupos dos *Haplustox* e *Haplortox*.

Areias quartzosas álicas (AQa2, AQa6)

Formados sobre os arenitos da Formação Botucatu, são solos pouco desenvolvidos, profundos e muito profundos, excessivamente drenados, com seqüência de horizontes A moderado e C textural nas classes areia e areia franca.

Os baixos valores de soma de bases, aliados à saturação com alumínio trocável elevada e agravados pela intensa lixiviação, baixa capacidade de retenção de umidade e suscetibilidade a erosão, os tornam desaconselháveis à utilização agrícola, já que, para tal, requerem grande investimento de capital.

Como alternativa destaca-se o aproveitamento das espécies nativas da vegetação de Savana para pastagem natural. A implantação de pastagem com *Brachiaria sp.* tem demonstrado bons rendimentos nos três primeiros anos, em média, decaindo consideravelmente após este período (RADAMBRASIL, 1982a).

Como solos subdominantes, podem estar associados ao latossolo vermelho-escuro álico, podzólico vermelho-amarelo álico, glei pouco húmico álico e solos litólicos álicos.

Na classificação americana de solos (RADAMBRASIL, 1982a) foram enquadrados, tentativamente, no grande grupo dos *quartzipsamments*.

Latossolo roxo álico, distrófico e eutrófico (LRd3, LRd4)

Definidos como solos minerais não hidromórficos, tendo seqüência de horizontes A, B latossólico e C, com todas as propriedades físicas, químicas e morfológicas características dos latossolos.

Como parâmetros para separação entre esta classe e a anterior, têm-se os teores de Fe_2O_3 , normalmente superiores a 18% e a coloração dominante no matiz 1 OR, com valores iguais ou inferiores a 4, nos quais as partículas do solo são fortemente atraídas pelo ímã, constituindo-se numa característica marcante na identificação de campo.

Apresentam grandes variações quanto à saturação com bases e com alumínio como limitação ao desenvolvimento vegetal, embora originários de uma mesma litologia e condições climáticas.

Tendo como material originário o basalto da Formação Serra Geral, estes solos ocorrem sempre em relevo favorável à mecanização e são explorados pela atividade agrícola, na área de estudo. Estes solos também são utilizados, quase numa mesma proporção, pela pecuária.

Como variante desta classe, os solos de caráter pouco profundo, embora tenham boas reservas de nutrientes e ausência de alumínio, possuem limitação ao uso de culturas de sistema radicular profundo devido à pequena profundidade efetiva que apresentam.

Dentre as espécies vegetais cultivadas, destacam-se o milho e a soja. Constata-se ainda a presença, em uma mínima parte da área, de algodão e pomares de cítricos. A pecuária, em pastagens implantadas, é praticada em sistema de manejo intensivo.

3.1.4. Projeto CORINE

A legenda de uso dos solos do Programa CORINE (Tabela 3.1), empregada neste trabalho, é amplamente utilizada com sucesso na Europa (Kok *et al.*, 1995). O projeto CORINE foi iniciado em 1985 e seu principal objetivo era criar uma base de dados homogênea sobre o uso do solo, que fosse consistente, compatível e atualizável periodicamente (CORINE, 1992; Commission on the European Communities, 1992;

Commission on the European Communities, 1993; Heymann *et al.*, 1994; Perdigão & Annoni, 1997).

As classes CORINE, empregadas preliminarmente na Europa, em três níveis hierárquicos, já foram utilizadas com êxito no Mato Grosso do Sul por diferentes pesquisadores (Paranhos Filho, 2000; Paranhos Filho *et al.*, *no prelo*; Carrijo *et al.*, 2001a; Carrijo *et al.* 2002b) e vem mostrando-se uma interessante opção de legenda de cobertura.

Tabela 3.1: Nomenclatura de cobertura do solo para a Europa, criada pelo Projeto CORINE.

Nível 1	Nível 2	Nível 3
1. Superfícies artificiais	1.1. Padrão urbano 1.2. Áreas industriais, comerciais e de transporte 1.3. Mina, depósito de lixo e local de construção 1.4. Áreas vegetais, não agrícolas ou artificiais	1.1.1. Padrão urbano contínuo 1.1.2. Padrão urbano descontínuo 1.2.1. Unidades industriais ou comerciais 1.2.2. Rodovias, ferrovias e terrenos associados 1.2.3. Áreas portuárias 1.2.4. Aeroportos 1.3.1. Local de extração mineral 1.3.2. Áreas de descarga e depósitos de lixo 1.3.3. Locais em construção 1.4.1. Áreas verdes urbanas 1.4.2. Áreas de lazer e esporte
2. Áreas agrícolas	2.1. Terra arada (área agrícola) 2.2. Culturas permanentes 2.3. Pastos 2.4. Áreas agrícolas heterogêneas	2.1.1. Terra arada não irrigada 2.1.2. Terra constantemente irrigada 2.1.3. Campos de arroz 2.2.1. Vinhas 2.2.2. Pomares e árvores frutíferas 2.2.3. Oliveiras 2.3.1. Pastagens 2.4.1. Culturas anuais associadas com culturas permanentes 2.4.2. Padrões de cultivo complexos 2.4.3. Terra ocupada principalmente por agricultura, com áreas significativas de vegetação natural 2.4.4. Áreas agro-florestais
3. Florestas e áreas semi-naturais	3.1. Florestas 3.2. Arbustos e/ou vegetação herbácea associada 3.3. Espaços abertos com pouca ou nenhuma vegetação	3.1.1. Floresta latifoliada 3.1.2. Floresta de coníferas 3.1.3. Floresta mista 3.2.1. Pradaria natural 3.2.2. Vegetação arbustiva 3.2.3. Vegetação esclerófito 3.2.4. Área com vegetação arbustiva em evolução 3.3.1. Praias, dunas e planícies arenosas 3.3.2. Rocha nua 3.3.3. Área de vegetação esparsa 3.3.4. Área queimada 3.3.5. Geleiras e neves perenes
4. Zonas úmidas	4.1. Zonas úmidas continentais 4.2. Zonas úmidas costeiras	4.1.1. Pântanos internos 4.1.2. Turfeira 4.2.1. Pântanos salgados 4.2.2. Salinas 4.2.3. Planície intra-maré
5. Corpos aquosos	5.1. Águas continentais 5.2. Águas marinhas	5.1.1. Cursos de água 5.1.2. Corpos de água 5.2.1. Lagoas costeiras 5.2.2. Estuários 5.2.3. Mares e oceanos

Fonte: Heymann *et al.*, (1994).

Um quarto nível CORINE pode ser adicionado para alguns ou todos os itens (Reggione Toscana, inédito; Carrijo *et al.*, 2002a; Carrijo *et al.*, 2002b), para isto deve-se respeitar os seguintes pré-requisitos:

- os itens adicionais devem incluir todos os tipos de cobertura do solo abrangidos pelo item de nível três (códigos de quatro caracteres são usados somente por estes itens);
- os novos itens criados não podem se relacionar com mais de um item nível três;
- o mapeamento de cobertura do solo tipo CORINE (que é nível três) deve ser finalizado antes de iniciar o mapeamento de nível quatro.

Da observação da Tabela 3.1, pôde-se concluir, previamente, que muitas das dases de nível três ali definidas não serão encontradas na área de estudo, bem como, em algumas delas haverá interesse em subdividi-las em classes nível 4. Assim, adotou-se, inicialmente, a classificação de Paranhos Filho (2000), resultante do trabalho realizado em área semelhante a de estudo (Tabela 3.2).

Tabela 3.2: Nomenclatura de cobertura do solo proposta por Paranhos (2000) para a região de Coxim

Nível 1	Nível 2	Nível 3
1. Superfícies artificiais	1.1. Padrão urbano indistinto	
2. Áreas agrícolas	2.1. Terra arada 2.3. Pastos	2.1.1. Área arada não irrigada 2.1.2. Área constantemente irrigada 2.3.1. Pastagens
3. Florestas e áreas semi-naturais	3.1. Florestas 3.2. Arbustos e/ou vegetação herbácea associada 3.3. Espaços abertos com pouca ou nenhuma vegetação	3.1.1. Floresta latifoliada 3.2.1. Pradaria natural 3.2.2. Cerrado 3.3.2. Rocha nua 3.3.3. Área de vegetação esparsa 3.3.4. Área queimada
4. Zonas úmidas	4.1. Zonas úmidas continentais	4.1.1. Áreas úmidas
5. Corpos aquosos	5.1. Águas continentais	5.1.1. Cursos de água 5.1.2. Corpos de água

Fonte: Paranhos (2000), adaptada do Projeto CORINE (Heymann *et al.*, 1994).

Dois importantes aspectos foram levados em consideração durante o desenvolvimento dos trabalhos do programa de cobertura do solo do CORINE. Primeiramente, é crucial possuir informação confiável sobre o tipo de cobertura do solo juntamente com as informações sobre o relevo e o sistema de drenagem, para o gerenciamento do meio ambiente e dos recursos naturais.

Em segundo lugar, as informações sobre o tipo de cobertura do solo e a sua quantificação são, geralmente, difíceis de se obter no campo e aquelas, disponíveis em cartas

topográficas, cadastros e dados estatísticos são insuficientes, heterogêneas, fragmentadas ou desatualizadas. Objetivando superar estes problemas foi criado o Projeto Cobertura do Solo do CORINE, que visa o levantamento e atualização periódica do uso e ocupação do solo de toda a Comunidade Européia.

Paranhos Filho (2000) descreve que, além da legenda de cobertura, em um estudo de caracterização ambiental deve ser levado em conta a escala do mapeamento a ser utilizada.

No presente trabalho a escala empregada foi 1:100.000. Esta escolha foi baseada em uma relação de custo benefício entre a quantidade de informações obtidas e aquelas a serem disponibilizadas e atualizadas, além dos custos envolvidos com estas operações. Ainda, considerou-se a resolução espacial das imagens de satélite e a escala das cartas topográficas disponíveis.

Outro aspecto importante é a definição da unidade de área e o tamanho da menor unidade mapeável, que neste trabalho é representada por um quadrado de 3 por 3mm ou um círculo de 2 mm de raio. Este limite está associado à escala adotada para garantir a legitimidade dos mapas e a representatividade das feições significativas presentes no terreno.

As feições lineares, como exemplo a drenagem, somente são levadas em consideração se possuem espessura maior de 1 mm, que na escala 1:100.000, adotada neste trabalho, representa 100 m sobre o terreno.

3.1.5. Erosão

Segundo Bordas & Semmelman (1993), *entende-se por erosão o processo de deslocamento de seu local de origem das partículas sólidas da superfície do solo ou das paredes dos leitos dos córregos e rios, sob o efeito do escoamento. Esse deslocamento ocorre quando as forças hidrodinâmicas exercidas pelo escoamento sobre uma partícula ultrapassam a resistência por ela oferecida. A resistência tem sua origem, principalmente, no peso da partícula e nas forças de coesão. A coesão constitui a força de resistência por excelência das partículas mais finas, enquanto o peso da partícula é a principal força resistente para as areias e o material mais graúdo. No primeiro caso, os sedimentos são qualificados de coesivos, no segundo de não-coesivos ou granulares.*

A intensidade da erosão hídrica do solo depende da combinação de alguns fatores. Os fatores clima, características físicas do solo, topografia e permeabilidade do solo são próprios

do local, portanto independentes da ação do homem. Já os fatores cobertura e práticas de uso e ocupação do solo são decorrentes da ação antrópica, sobre os quais pode-se exercer influência, contribuindo-se mais ou menos para a intensificação da erosão.

Simões & Coiado (2001), a respeito dos fatores que controlam a erosão, afirmam que *quanto às suas causas, a erosão linear concentrada envolve um grande número de variáveis e torna-se difícil definir quais delas são responsáveis pela suplantação de limites críticos. Na sua evolução, as causas são multivariadas e interdependentes. Os parâmetros mais importantes que controlam a erosão acelerada são: a) morfologia das vertentes; b) propriedades intrínsecas dos solos; c) dados de precipitação; uso da terra.*

Fendrich (1997) afirma que *a extensão da erosão, e conseqüentemente a quantidade de sedimentos produzidos numa bacia, depende sobretudo das propriedades do solo, clima, vegetação topografia e de outras condições. E, ainda que, a cobertura vegetal influencia as taxas de escoamento superficial e erosão mais que qualquer outro fator físico individual.* Destaca ainda, como fatores importantes a chuva, o tipo de solo e o seu teor de umidade e permeabilidade.

No Brasil, a erosão provocada pela chuva encontra condições favoráveis. O regime de chuvas intensas sobre os solos, em grande parte arenosos e de pouca matéria orgânica, combinado à inexpressiva adoção de práticas adequadas de uso e ocupação do solo, constituem uma associação propícia ao desenvolvimento da erosão.

A respeito disto, Boardman (1999) afirma que *a degradação dos solos afeta tanto as terras agrícolas como as áreas com vegetação natural e pode ser considerada, dessa forma, um dos mais importantes problemas ambientais dos nossos dias. Cerca de 15% das terras 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 no mundo. O Brasil não está imune a esses problemas, e grandes áreas do seu território têm sido identificadas com solos degradados. E, ainda, que a degradação dos solos está intimamente associada ao avanço da agricultura.*

No Estado de Mato Grosso do Sul, as primeiras precipitações do período chuvoso são predominantemente de grande intensidade e encontram os solos descobertos (preparados para o plantio). Também, nesta época, as pastagens encontram-se degradadas, com pouca ou quase nenhuma cobertura foliar, deixando os solos desprotegidos do impacto da chuva e do escoamento superficial. Nestas condições, quando o início do período chuvoso for de precipitações frequentes, a erosão encontra condições ainda mais favoráveis ao seu desenvolvimento.

Mota & Aquino (2001) incluem dentre as medidas de recuperação e controle das áreas consideradas críticas em uma bacia, o programa de recuperação da vegetação e das áreas degradadas, que deve ter como base o florestamento e reflorestamento, práticas de conservação do solo e manejo sustentável da vegetação, e medidas de controle da erosão do solo, incluindo ações de carácter edáfico, vegetativo e mecânico.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Geração de carta-base e de cobertura

Na Figura 4.1 encontram-se esquematizadas as técnicas utilizadas na geração da carta-base e no tratamento das imagens da bacia do Salobra para a obtenção das cartas de cobertura do solo que permitirão a análise multitemporal. Tais técnicas estão detalhadas nos itens a seguir.

4.1.1. Obtenção de carta-base

A preparação da carta-base, sobre a qual foram traçadas todas as outras cartas que permitiram este estudo, envolveu diversas etapas, descritas a seguir.

As cartas Palmeiras e Campo Grande (escala 1:100.000, IBGE/DSG, 1979 e 1988) foram escaneizadas. Para se prevenir problemas da deformação do papel ou decorrentes do escaner, as imagens foram corrigidas geometricamente e georreferenciadas no programa Erdas[®] Imagine[®] (ERDAS, 1997a, 1997b). Verificou-se um erro total em torno de 8 metros, valor abaixo da precisão gráfica da escala 1:100.000 que é de 20 metros e, portanto, plenamente aceitável.

Estas cartas foram exportadas para o formato TIFF e vetorizadas ao monitor, utilizando-se do Macromedia[®] FreeHand[®] e da metodologia proposta por Paranhos Filho (2000). O trabalho em FreeHand[®] é análogo ao uso de fotografia aérea e *overlays*. Os diferentes níveis de informação, como curvas de nível, pontos cotados, rede viária, cobertura do solo e hidrografia, são digitalizados em diferentes *layers* (ou camadas), facilitando sua edição e análise.

Cada *layer* FreeHand[®] é transformado em um *layer* DXF em AutoCad[®] (Autodesk, 1997) e convertido em diferentes *coverages* (níveis de informação) de Arc[®] Info[®] (ESRI, 1997a, 1997b). A vantagem da metodologia de Paranhos Filho (2000) é que, ao importar o arquivo FreeHand[®] para o Arc[®] Info[®], o banco de dados associado a cada nível de informação é criado de modo automatizado. Estas *coverages* são georreferenciadas novamente e é verificada a acuidade da vetorização.

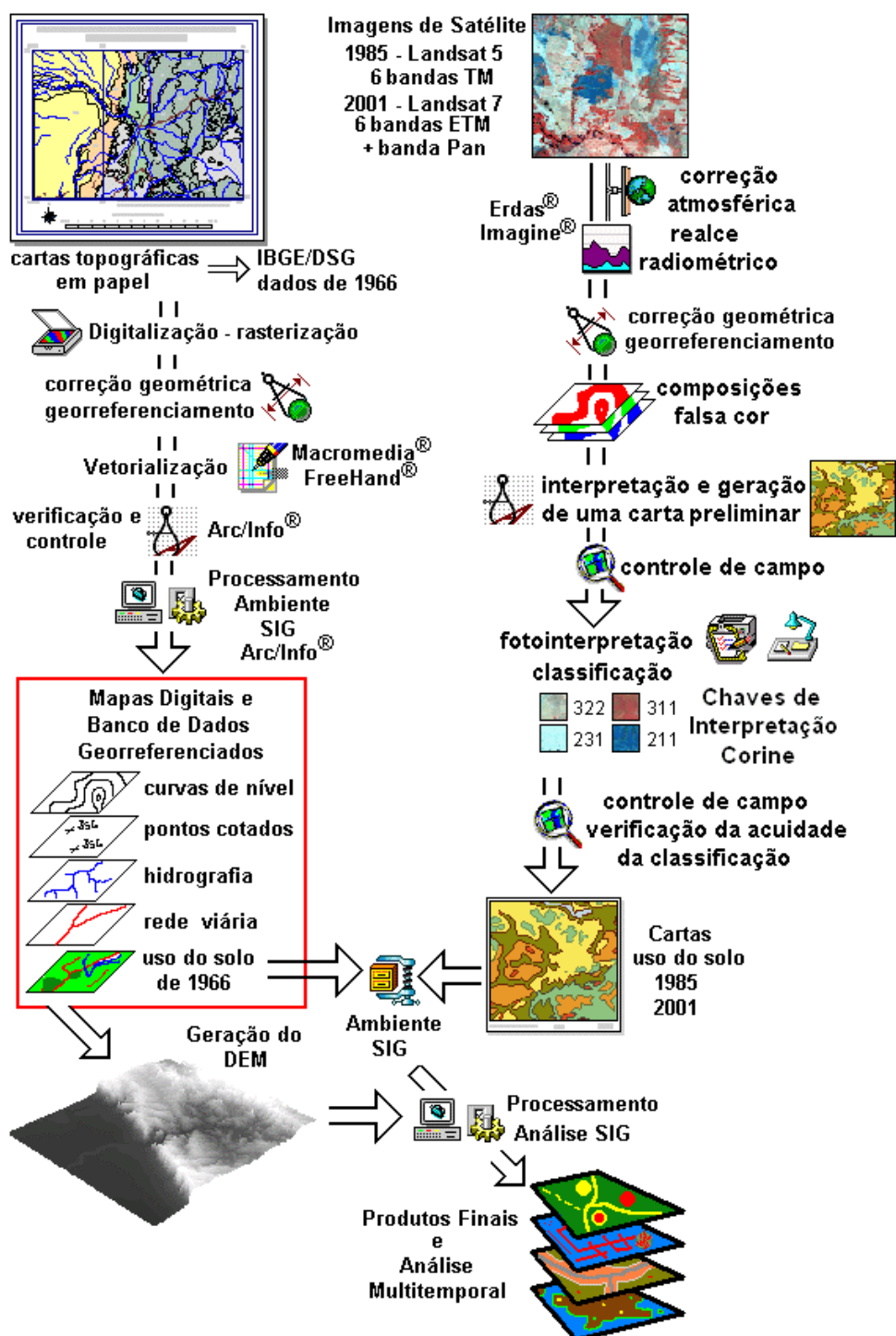


Figura 4.1: Etapas envolvidas na geração de cartas para a análise multitemporal.
 Fonte : Modificado de Paranhos F^o (2000).

O Banco de dados SIG, resultante desta etapa, possui a base topográfica da área com pontos cotados, curvas de nível equidistantes de 40m, hidrografia, rede viária e cobertura do solo de 1966. Para a análise do relevo, com estes dados pôde-se criar a carta de declividade da área (*slope*) e um modelo digital de elevação tridimensional (Figura 4.2). Este, possibilita uma primeira avaliação da superfície da bacia, revelando a predominância de baixas declividades.

As cartas para apresentação foram editadas em FreeHand[®] (Macromedia, 2000) quando vetoriais e, em Photoshop[®] (Adobe, 2000), quando raster. Os bancos de dados finais e as visualizações em 3D foram criadas em Arc[®]View[®] (ESRI, 1998).

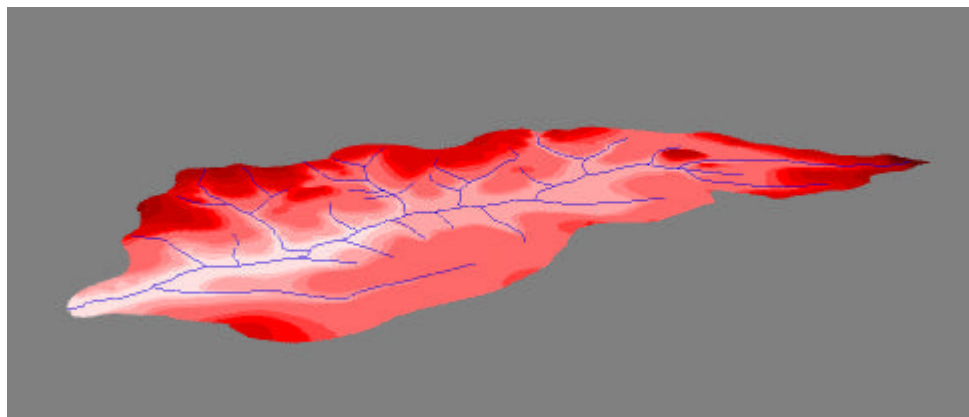


Figura 4.2: Modelo digital de elevação em 3D da bacia do Ribeirão Salobra, que possui 35 km de comprimento e 210 m de desnível (há um exagero vertical de 5 vezes).

4.1.2. Obtenção de cartas de cobertura do solo a partir de imagens de Satélite

Esta etapa envolveu a criação das cartas de cobertura do solo de 1985 e 2001. Foram utilizadas imagens Landsat TM de 1985 (Landsat, 1985) bandas 3, 4 e 5 e Landsat ETM de 2001 (Landsat, 2001) com todas as bandas, exceto a termal, correspondentes à órbita-ponto 224-074 Landsat. Para apoio na identificação dos tipos de cobertura foi, ainda, utilizada uma imagem Landsat TM de 1996 (Landsat, 1996), com todas as bandas, menos a termal. Esta terceira imagem também forneceu dados complementares sobre a variação da cobertura do solo.

A imagem, fornecida com a correção atmosférica pelo distribuidor das imagens, foi corrigida geometricamente e georreferenciada no mesmo sistema de coordenadas das cartas do IBGE/DSG, projeção UTM, *datum* Córrego Alegre. As imagens, realçadas e em diversas composições falsa-cor, foram fotointerpretadas ao monitor em ambiente Arc[®] View[®] (ESRI, 1998).

A fotointerpretação inicial levou em conta as classes espectrais propostas por Paranhos Filho (2000), que trabalhou em região análoga a do Salobra e obteve valores de acuidade acima de 93% para classificação automática supervisionada.

Esta etapa resultou numa carta preliminar de cobertura, a qual foi confrontada com resultados de campo obtidos em uma exploração da área e em um sobrevôo da bacia.

A partir desta carta, elaborou-se a legenda de cobertura baseada na legenda proposta pelo Projeto CORINE (*Coordination on Environment - Commission of the European Communities*, 1993 e Heyman *et al.*, 1994). A vantagem da utilização desta legenda está na facilidade de uso, possibilidade de atualização e ter sido desenvolvida para a utilização de dados de sensoriamento remoto integrados em SIG.

Foi realizado um terceiro controle de campo para se testar a acuidade das informações da carta e, assim, elaborou-se as cartas de cobertura do solo finais de 1985 e 2001 para a bacia do Ribeirão Salobra.

Em ambiente SIG (Arc[®] Info[®] - ESRI, 1997), os dados provenientes da digitalização das cartas do IBGE/DSG foram integrados com as cartas obtidas das imagens de satélite, obtendo-se os produtos finais.

Considerou-se, além das coberturas existentes na área, análogas às das classes CORINE em termos de classificação, o critério de facilitação à avaliação da evolução multitemporal da cobertura do solo. Assim, empregou-se a denominação que representa as feições existentes, similares às da legenda CORINE e, ainda, novas classes, como a subdivisão de pastos em limpos, sujos e queimadas em pastos, de interesse deste estudo.

A descrição de cada classe foi realizada de forma a se poder identificar a feição da paisagem e caracterizá-la sob a ótica do interesse da avaliação multitemporal da cobertura do solo.

A transição entre matas e cerrados primários na área de estudo não é definida por uma linha nítida. Esta mudança é gradual e o grau de alteração é bastante variável. A ocorrência de linhas nítidas entre estas vegetações são indicativos da presença da ação antrópica. As diferentes composições falsa-cor indicam quantidades de biomassa distintas, permitindo a distinção destas classes.

Neste trabalho, a denominação cobertura antrópica refere-se à cobertura decorrente da ação do homem, ou seja, constituída de espécies exóticas ou sem cobertura vegetal. Um cerrado secundário, isto é, cerrado que formou-se após o desmate - reconstituído, é considerado cobertura natural.

4.2. Avaliação da erosão

Uma das causas da erosão do solo é a alteração da paisagem natural pela ação antrópica. O uso e ocupação das terras de uma bacia hidrográfica, quando realizada em desacordo com a

aptidão do meio físico e sem práticas de proteção, geralmente provocam o surgimento de processos erosivos.

A erosão no seu estágio inicial, a do tipo laminar ou em lençol, é pouco visível, e a sua evolução dá origem à erosão por ravinamento. Os sulcos, ou pequenos canais, podem evoluir atingindo o estágio mais desenvolvido da erosão, denominado de voçoroca. Estes dois estágios são visíveis no campo, embora as ravinas quando do seu surgimento não sejam tão visíveis quanto as voçorocas. O primeiro, com a intensificação do ravinamento, pode apresentar inúmeras ramificações e, o segundo, atingir grandes proporções.

A intensificação da erosão em uma bacia hidrográfica traz como conseqüências a diminuição da fertilidade do solo e de sua produtividade, a alteração da qualidade da água e prejuízo à vida aquática, e a alteração da vegetação ribeirinha. A erosão muda as feições que compõem a imagem da área, causa a degradação ambiental e diminui o seu potencial econômico.

No estudo de avaliação multitemporal da cobertura do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Salobra, considerando-se que a erosão tem uma forte correlação com o uso e ocupação da terra, procurou-se identificar a existência desses processos.

A erodibilidade de um solo depende de suas características físicas e das condições das vertentes. Segundo Wischmeier & Mannering (1969) *os solos com maior teor de silte possuem maior erodibilidade e, o teor de matéria orgânica exerce maior influência justamente nestes tipos de solos.*

Guerra (1999) afirma que *estes solos quando utilizados para atividades da agropecuária, sem cuidados de manejo, passam a se tornar mais erodíveis à medida que perdem matéria orgânica ao longo do tempo, em especial, quando não há reposição deste elemento.*

Assim, a identificação do uso e ocupação da área, bem como das práticas nela desenvolvidas, associadas às características físicas dos solos e de sua topografia, revelam as razões das condições em que se encontra a bacia quanto à erosão.

Para atender tal interesse, elaborou-se a carta de declividade da área, determinou-se a capacidade de infiltração e a granulometria dos solos.

4.3. Permeabilidade dos solos

Dentre os fatores do meio físico, que exercem influência na suscetibilidade do solo ao desenvolvimento de processos erosivos, está a permeabilidade deste às águas pluviais, notadamente em regiões de clima quente e chuvoso. A proposta de classificação climática para o Mato Grosso do Sul (Zavatini, 1992), atribui ao Estado climas tropicais, alternadamente secos e úmidos, controlados por massas equatoriais e tropicais, localizados ao sul; e ao norte, climas sub-tropicais úmidos, controlados por massas tropicais e polares (Rondon, 2001).

A determinação da condutividade hidráulica dos solos da área de estudo tem o objetivo de contribuir para o entendimento da origem de processos erosivos. Esta propriedade do solo descreve sua capacidade de transferir água. Ela é função do teor de umidade do solo, sendo tanto maior quanto mais úmido o solo, atingindo valor máximo com o solo saturado. É função também do arranjo poroso do solo, variando de solo para solo e, para um mesmo solo, com a sua porosidade e grau de compactação e ainda com a temperatura da água.

O método de teste adotado para determinar a condutividade hidráulica foi o do poço acima do lençol freático - poço invertido (Cauduro & Dorfman, 1986). Este método é empregado para solos com lençol freático situado abaixo da camada de teste (nas proximidades do poço 2, de teste de condutividade hidráulica, existe um poço freático com profundidade de 7,5 m, indicativo do nível do lençol freático naquela região, durante a estação seca).

Foram efetuados três enchimentos do poço e medidas as respectivas velocidades de abaixamento do nível d'água, por se tratar de solos arenosos.

A Figura 4.3 mostra a realização do teste de campo em um dos poços de determinação da condutividade hidráulica dos solos da área. O método adota para o poço um diâmetro de 15 cm. A medição das alturas d'água foi realizada nos intervalos de tempo definidos no método.

A condutividade hidráulica dos solos foi determinada pela expressão:

$$K = 1,15 r \{ [\log(h_{i(1)} + r/2) - \log(h_{i(2)} + r/2)] / (t_{i(2)} - t_{i(1)}) \}$$

onde: K é a condutividade hidráulica do solo, (m/dia); r é o raio do poço utilizado para testes, em (cm); $(h_{i(1)} + r/2)$ é a altura correspondente a um dado ponto da reta interpolatriz, em (cm); $(h_{i(2)} + r/2)$ é a altura correspondente a um segundo ponto da reta interpolatriz, em (cm); $(t_{i(2)})$ é o tempo (instante) correspondente à primeira leitura $(h_{i(1)} + r/2)$ na reta interpolatriz, em (s)

e $(t_{i(2)})$ é o tempo (instante) correspondente à segunda leitura $(h_{i(2)} + r/2)$ na reta interpolatriz, em (s).

Observa-se que a condutividade hidráulica K , acima referida, é determinada para as condições de campo, em que a temperatura da água é assumida como sendo igual a 20° .

Para temperaturas diferentes desta a viscosidade da água altera-se, podendo-se obter os respectivos valores de K a partir da relação $K_{20^\circ} = K_T \cdot C_v$, onde K_T é a condutividade hidráulica à temperatura da água igual a T , e C_v , é a relação entre a viscosidade da água à temperatura (T) do ensaio e à 20° .



Figura 4.3: Teste de determinação da condutividade hidráulica.

A classes de condutividade hidráulica dos solos foram determinadas conforme classificação da Tabela 4.1, (Cauduro & Dorfman 1986).

Tabela 4.1: Classes de condutividade hidráulica dos solos.

Classe	Condutividade hidráulica (cm/h)
Muito lenta	< 0,13
Lenta	0,13 a 0,51
Moderadamente lenta	0,51 a 2,00
Moderada	2,00 a 6,30
Moderadamente rápida	6,30 a 12,70
Rápida	12,70 a 25,40
Muito rápida	> 25,40

Fonte: Cauduro & Dorfman (1986).

Os resultados obtidos são apresentados no item 5.7 - Condutividade hidráulica dos solos, página 46.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Modelo digital de elevação

O modelo digital de elevação foi calculado em Arc[®] Info[®] (ESRI, 1997a 1997b), o qual cria modelos hidrológicamente corretos, levando em conta a quebra de relevo ocasionada pela drenagem e permite verificar e corrigir a presença de erros cometidos pelos algoritmos envolvidos no processo (Tarboton *et al.*, 1991; ESRI, 1997a 1997b; Paranhos F^o, 2000).

A altitude da região está compreendida entre as cotas 199 e 411 metros, representando um desnível de 212 metros em 35 km e, mesmo assim o relevo é suave.

Na Figura 5.1 observa-se, ainda, duas pequenas áreas mais elevadas situadas no divisor de águas da bacia, uma ao norte e outra a leste.

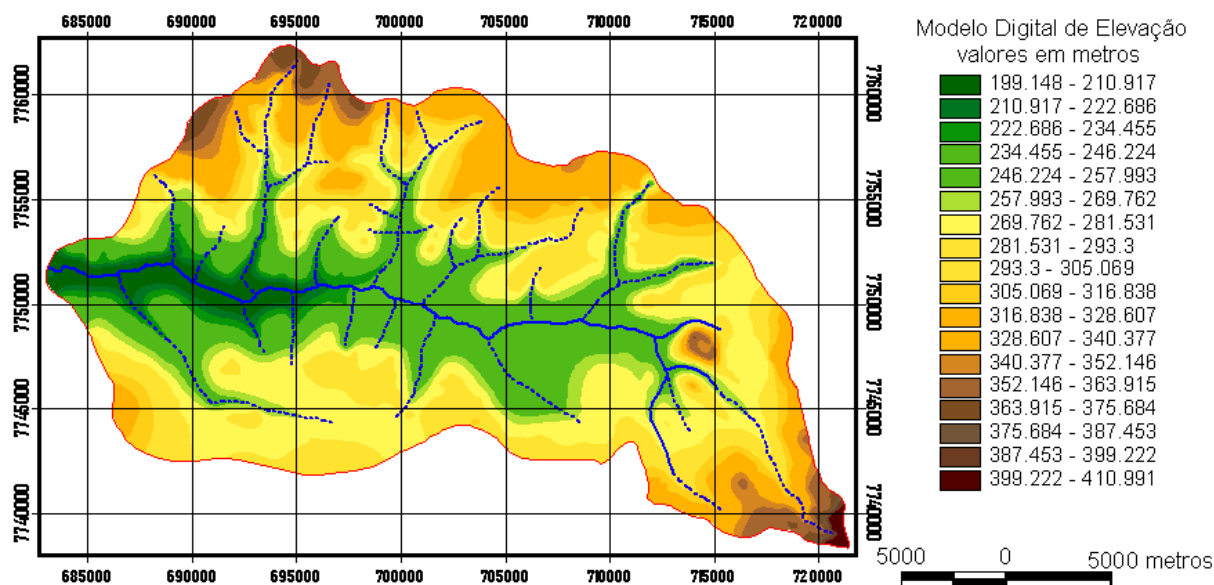


Figura 5.1: Modelo digital de elevação da bacia do Ribeirão Salobra.

Foi realizada também, a modelagem em 3D do relevo, a qual auxilia a visualização e compreensão da geomorfologia da área (Figura 5.2).

5.2. Carta de declividade

A bacia hidrográfica do Ribeirão Salobra caracteriza-se por ser uma área de declividades baixas (Figura 5.3). As vertentes com declividades inferiores a 3% predominam

na área e são, geralmente extensas. Junto aos cursos d'água e das áreas úmidas o terreno assume declividades ainda menores, na sua maioria abaixo de 3%.

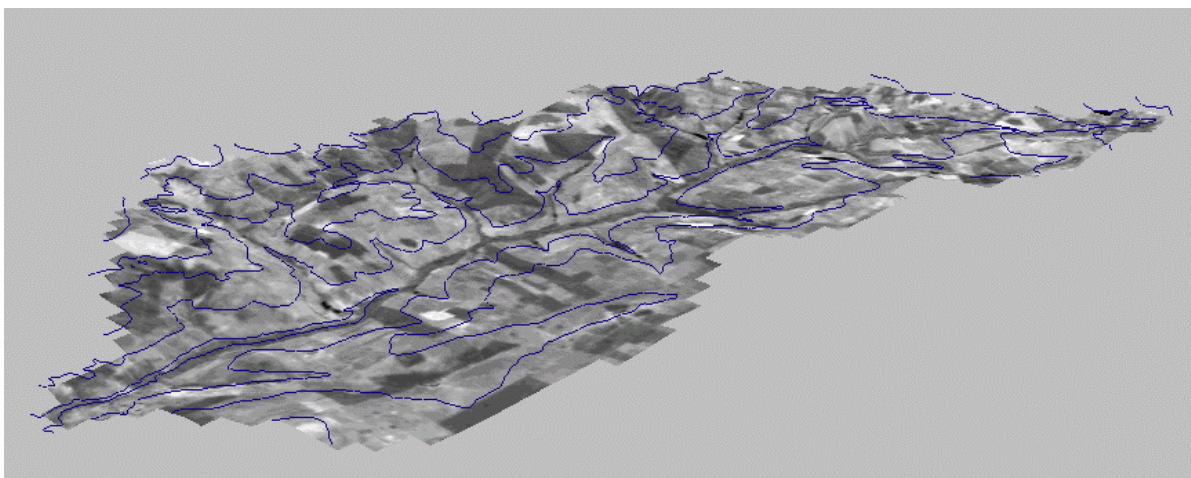


Figura 5.2: Modelo digital de elevação em 3D da bacia do Ribeirão Salobra mostrando as curvas de nível (linhas azuis) sobre a banda pan do Landsat ETM (há um exagero vertical de 7 vezes).

Assim, para facilitar a sua visualização e compreensão, a carta de declividade do Ribeirão Salobra foi reclassificada (Figura 5.4), onde se observa que mais de 90% da área tem declividade de até 3% e, mais de 95% de até 5%.

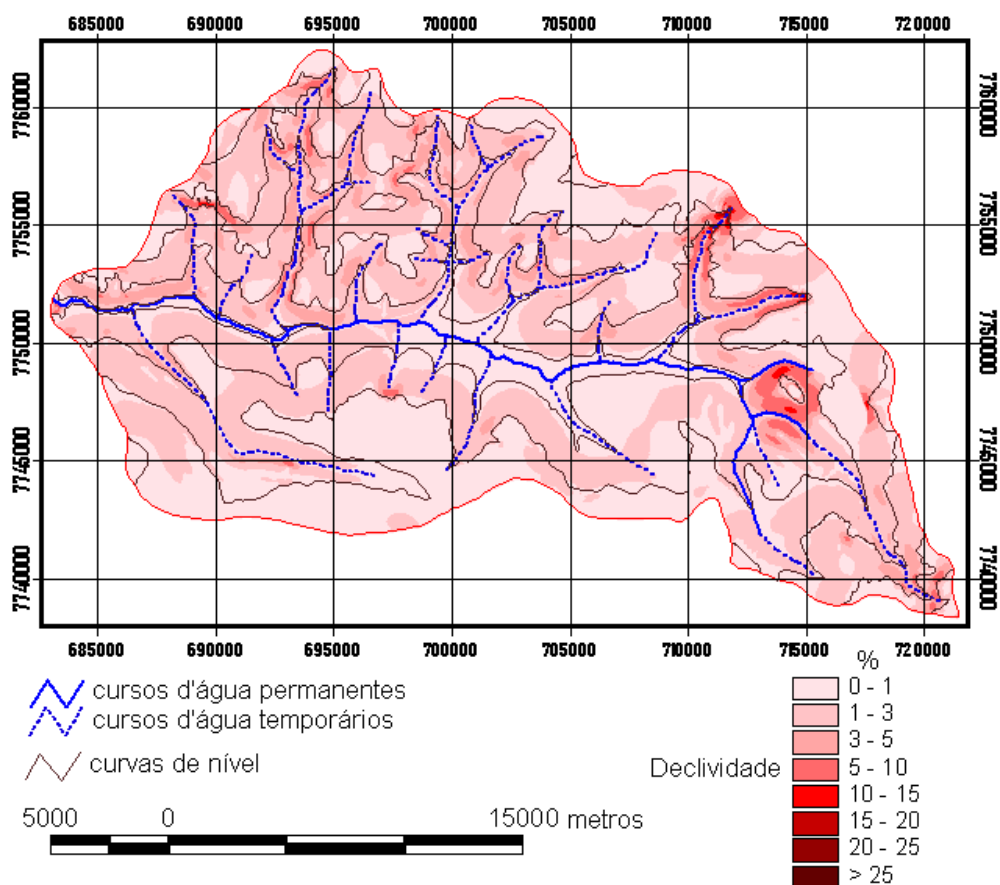
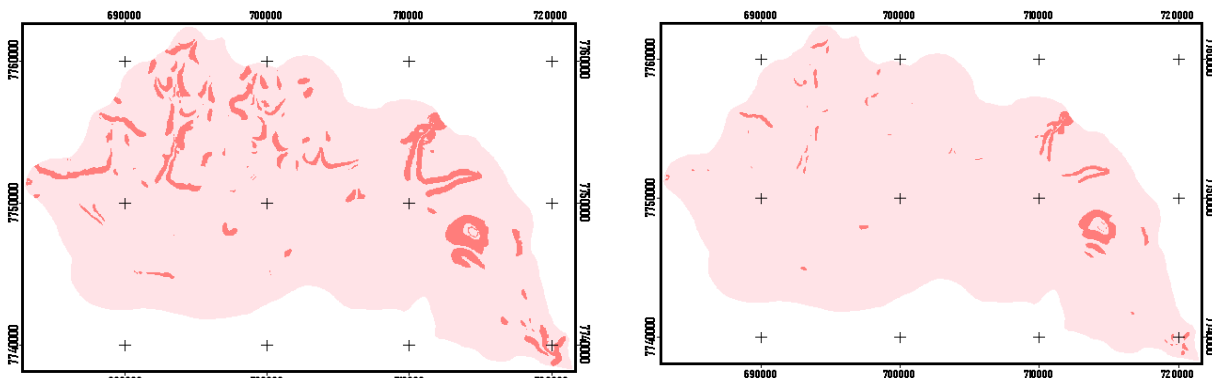


Figura 5.3: Carta de declividade da bacia do Ribeirão Salobra.



(A): Carta de declividade reclassificada, mostrando em tom mais claro a área com declividade de até 3% e em vermelho mais escuro acima de 3%.

(B): Carta de declividade reclassificada, mostrando em tom mais claro a área com declividade de até 5% e em vermelho mais escuro acima de 5%.

Figura 5.4: Carta de declividade da bacia do Ribeirão Salobra, reclassificada.

A Figura 5.5 mostra a foto de uma vertente representativa da área de estudo, onde predominam baixas declividades. Observa-se que a linha de horizonte apresenta-se numa mesma cota altimétrica do ponto onde foi realizada a fotografia, mostrando a característica de relevo suave dominante da região da bacia.



Figura 5.5: Foto da paisagem, mostrando vertente com baixa declividade e grande extensão. Característica predominante na área de estudos.

5.3. Classes de cobertura obtidas

As classes de cobertura do solo da área da bacia hidrográfica do Ribeirão Salobra foram definidas a partir das classes da nomenclatura CORINE, adaptadas por Paranhos (2000) para a área da região de Coxim (MS).

É oportuno citar que as classes aqui referidas podem, ainda, ser subdivididas, facilitando, assim, futuros estudos nesta região. O cerrado (322) pode ser subdividido de acordo com os seus diferentes tipos. A mata (311) pode ser dividida em cerradão e mata

propriamente dita. Isto porém não é objetivo deste estudo, visto que o principal interesse é o da caracterização das áreas naturais (ou renaturalizadas) e as de uso antrópico.

Na área de estudo foram identificadas 14 Classes CORINE, a níveis três e quatro, a seguir identificadas (Tabela 5.1).

Tabela 5.1: Nomenclatura de cobertura do solo da bacia do Ribeirão Salobra, adaptada de Paranhos (2000) para região de Coxim.

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
2. Áreas agrícolas	2.1. Terra arada (área agrícola)	2.1.1. Área arada não irrigada	
	2.3. Pastos	2.3.1. Pastagens	2.3.1.1. Pasto limpo 2.3.1.2. Pasto sujo 2.3.1.3. Queimada sobre pasto
		2.3.2. Área predominantemente pecuária com significativas parcelas de área naturais	
	2.4. Áreas agrícolas heterogêneas	2.4.3. Área predominantemente agrícola com significativas parcelas de área naturais 2.4.5. Área de desmate	
3. Florestas e áreas semi-naturais	3.1. Florestas	3.1.1. Matas	
	3.2. Arbustos e/ou vegetação herbácea associada	3.2.2. Cerrado	
	3.3. Espaços abertos com pouca ou nenhuma vegetação	3.3.4. Queimada	
4. Zonas úmidas	4.1. Zonas úmidas continentais	4.1.1. Áreas úmidas	
5. Corpos aquosos	5.1. Águas continentais	5.1.1. Rios	
		5.1.2. Corpos de água	

A seguir são descritas as classes obtidas na área de estudo:

Classe 211. Área arável não irrigada

Esta classe é representada por áreas que, na data de obtenção das imagens, se encontravam aradas ou com indícios deste processo. As áreas identificadas como agrícolas, durante o controle de campo, são incluídas nesta classe.

Na área de estudo representam, principalmente, culturas de milho e soja e predominam onde o substrato é constituído de solos derivados do basalto, a leste.

A Figura 5.6 mostra, em fotos e imagens, um exemplo de identificação de áreas desta classe, com áreas agrícolas aradas e com culturas, comparando-se os dados de campo com os

das imagens de satélite Landsat ETM. Mostra, ainda, um exemplo de área 311 - Mata, descrita na classe seguinte.

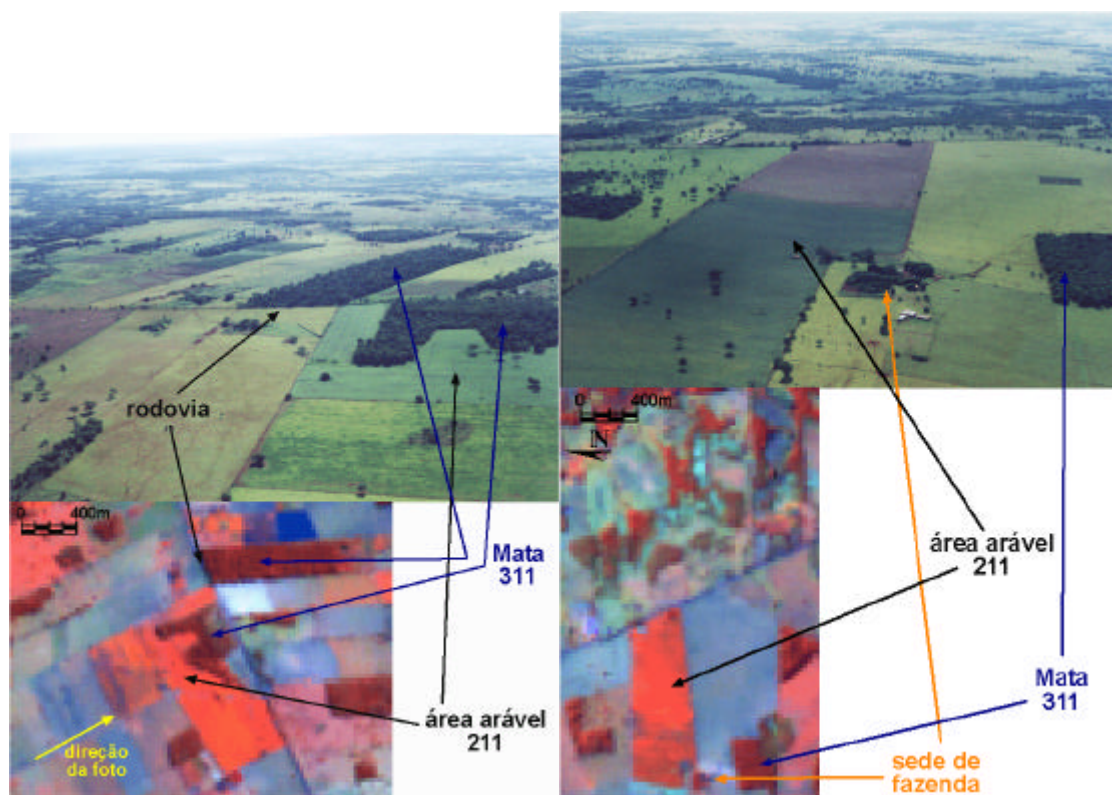


Figura 5.6: Exemplo de áreas agrícolas aradas e com cultura (classe 211 - área arável não irrigada), comparando-se os dados de campo com os das imagens de satélite Landsat ETM (FCC - composição falsa-cor - RGB 453). É visível, ainda, um exemplo de área 311 - Mata, descrita a seguir.

Em imagem, as áreas agrícolas apresentam uma resposta espectral que reflete o solo exposto ou a vegetação baixa de verde intenso (no visível).

O termo "área arável" é mais adequado à caracterização da cobertura do solo e se refere ao fato de que, no momento de obtenção da imagem, estas áreas se encontravam aradas ou com cultura agrícola. Portanto, incluí as áreas que não são continuamente utilizadas pela agricultura ou que foram aradas para o cultivo de pastagens. Para se determinar que o uso é efetivamente agrícola, deve-se obter dados de uma região ao longo de vários anos.

Classe 231. Pastagens

A classe pastagens representa as coberturas de pastos em geral.

As pastagens apresentam, para uma mesma composição falsa-cor, várias respostas espectrais dependendo das condições em que se encontram, se limpas ou sujas e, ainda, se

"descansadas" ou em condições de sobrepastoreio (intenso pastejo). A resposta espectral depende muito da quantidade de clorofila que a planta possui.

Nos pastos limpos, as respostas dependem do tipo de pastagem, do substrato e da umidade, e mesmo, do tipo de pastoreio. Pastagens submetidas ao intenso pastoreio, quando o solo fica significativamente exposto, tendem a respostas espectrais do substrato.

Nos pastos sujos, as respostas dependem da densidade e porte da vegetação natural recuperada. Quanto mais densa e de maior porte for esta vegetação, mais a resposta se aproxima da do cerrado.

Esta classe, a nível 3 - pastagens, foi dividida em três classes a nível 4 - pasto limpo, pasto sujo e queimada sobre pasto.

Classe 2311. Pasto limpo

É a classe que inclui as pastagens em bom estado de conservação. Na área são pastagens de *Brachiaria (decumbens, humidícula, brizantha)*, predominantemente *decumbens* e em pequena escala *andropogon gayanus* (todas exóticas). A identificação das gramíneas foi feita utilizando-se do catálogo de Sementes Matsuda (Sementes Matsuda, inédito).

Classe 2312. Pasto sujo

São as pastagens em mal estado de conservação e incluem o cerrado aberto que, na área, possui uso do solo como pastagem (Figura 5.7).

Classe 2313. Queimada sobre pasto

Inclui as áreas, geralmente, queimadas no final do período da seca ou após as primeiras chuvas. É uma técnica de manejo de pastagem praticada com o objetivo de limpar os pastos, de provocar a antecipação da brotação e de aumentar a densidade das plantas que formam o pasto, por isto, são mantidas em uma classe distinta da classe 334 que se refere a incêndios, naturais ou não.



Figura 5.7: Foto de um pasto sujo.

Classe 232. Área predominantemente pecuária com significativas parcelas de áreas naturais

Nesta classe, as áreas naturais estão presentes no interior da área de pastagem e, embora sejam significativas no seu total, isoladamente não possuem dimensão para aparecerem como uma classe.

Classe 243. Áreas predominantemente agrícolas com significativas parcelas de áreas naturais

Nesta classe, as áreas naturais estão presentes no interior da área agrícola e, embora sejam significativas no seu total, isoladamente não possuem dimensão para aparecerem como uma classe.

Classe 245. Área de desmate

Esta classe foi criada pelo fato de que, apesar de ser possível identificá-las, não é possível afirmar se as mesmas serão utilizadas para agricultura ou pastagens. Estas áreas possuem textura e estrutura típicas. Para a identificação das áreas de desmatamento, o apoio de campo é imprescindível.

A textura, em linhas retas, representa áreas vegetadas intercaladas com áreas não vegetadas. Esta é uma característica deste tipo de cobertura (Figura 5.8).

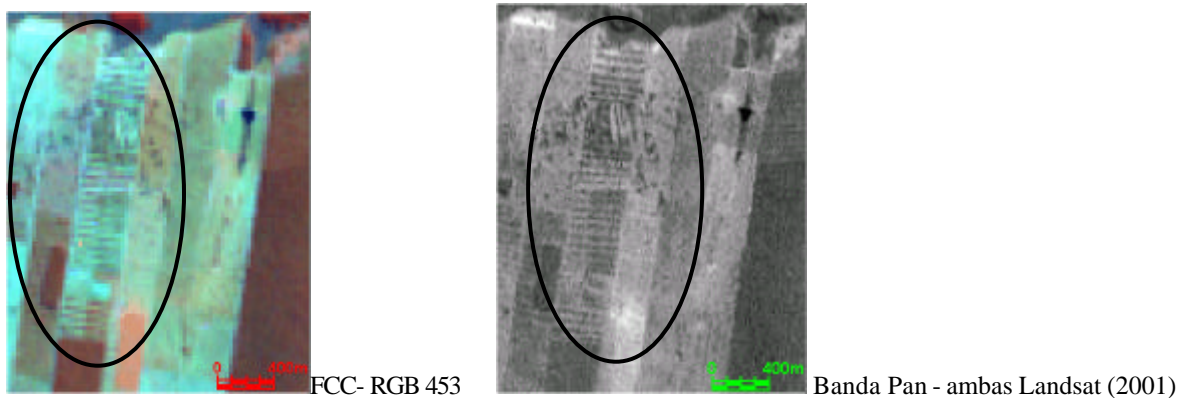


Figura 5.8: Comparação de imagens mostrando a textura observada para uma mesma área de desmatamento.

Classe 311. Matas

É a classe que representa a vegetação de fisionomia florestal, porte arbóreo (Figuras 5.9 e 5.10). Na área de estudo incluem o cerradão e a mata propriamente dita, a exemplo das matas-galeria e demais florestas latifoliadas.



Figura 5.9: Foto de um Cerradão ao fundo e pasto sujo no primeiro plano.

Classe 322. Cerrado

Como o próprio nome diz esta classe representa o cerrado, usado em *lato sensu* neste trabalho (Figura 5.7).

Classe 334. Queimadas

Esta classe é representada pelas áreas de queimadas sobre cerrado ou mata, incluindo os incêndios naturais. Diferencia-se da classe 2313 por não ser manejo de pastagem. Na região, normalmente, se refere a incêndios ou caminho de incêndios e prática de desmate e limpeza do terreno.

Classe 411. Áreas úmidas

Esta classe engloba os brejos e os banhados, que na área de estudo aparecem junto às nascentes e às margens dos riachos, situados, geralmente, em áreas planas ou vales cujas vertentes junto aos mesmos possuem pequena declividade (Figura 5.11).

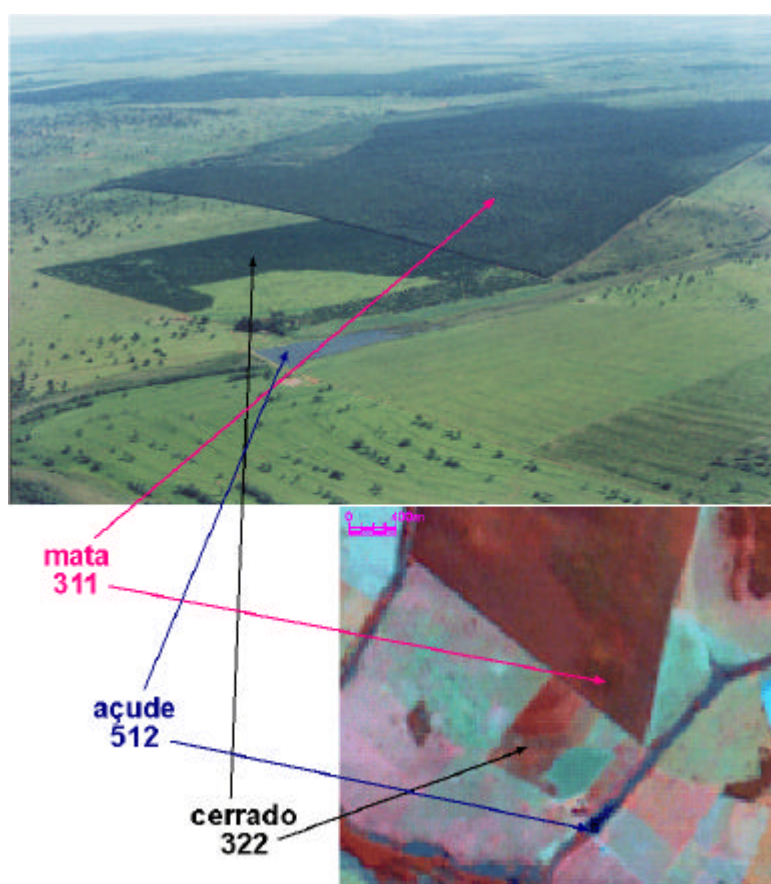


Figura 5.10: Diferença entre mata (classe 311) e cerrado (classe 322). Aparece também um açude (Classe 512) e, ao Sul da imagem, mata ciliar (classe 311) e área úmida (classe 411).

Classe 511. Rios

Nesta classe encontram-se somente os rios com mais de 100 m de largura no terreno (1mm de largura sobre a carta 1:100.000). Embora não existente no interior da bacia do estudo, é sempre interessante manter esta classe em uma nomenclatura de cobertura.

A Figura 5.12 mostra no primeiro plano, abaixo, uma cobertura de cerrado. Na margem direita do Ribeirão Salobra, ao alto, mata e a esquerda um pasto limpo. Observa-se ainda, a jusante da foz do Salobra e na margem direita do Aquidauana, "cordões" de mata ciliar.



Figura 5.11: Foto de uma área úmida (classe 411), com vertente de pequena declividade junto ao riacho.

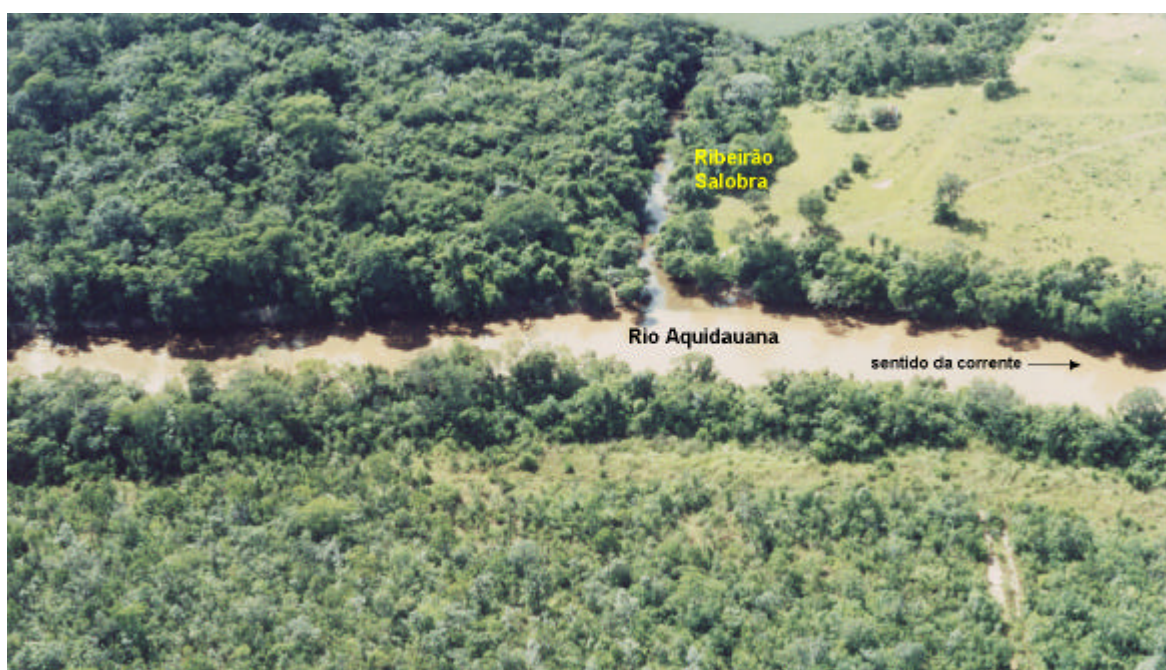


Figura 5.12: Foto da foz do Ribeirão Salobra com o Rio Aquidauana.

Classe 512. Corpos de água

Esta classe agrupa lagos naturais ou não, açudes, represas e reservatórios.

Na área, os açudes e represas são utilizados para abastecimento de água das sedes de fazendas e, principalmente, para dessedentar a animais. Foram encontrados, ainda, tanques para a criação de peixes.

5.4. Controle de campo e acuidade dos resultados

As Figuras 5.13 e 5.14 são exemplos de identificação de feições em imagens, com o auxílio de campo para a verificação da acuidade de interpretação das imagens na classificação das feições que compõem a cobertura da área.

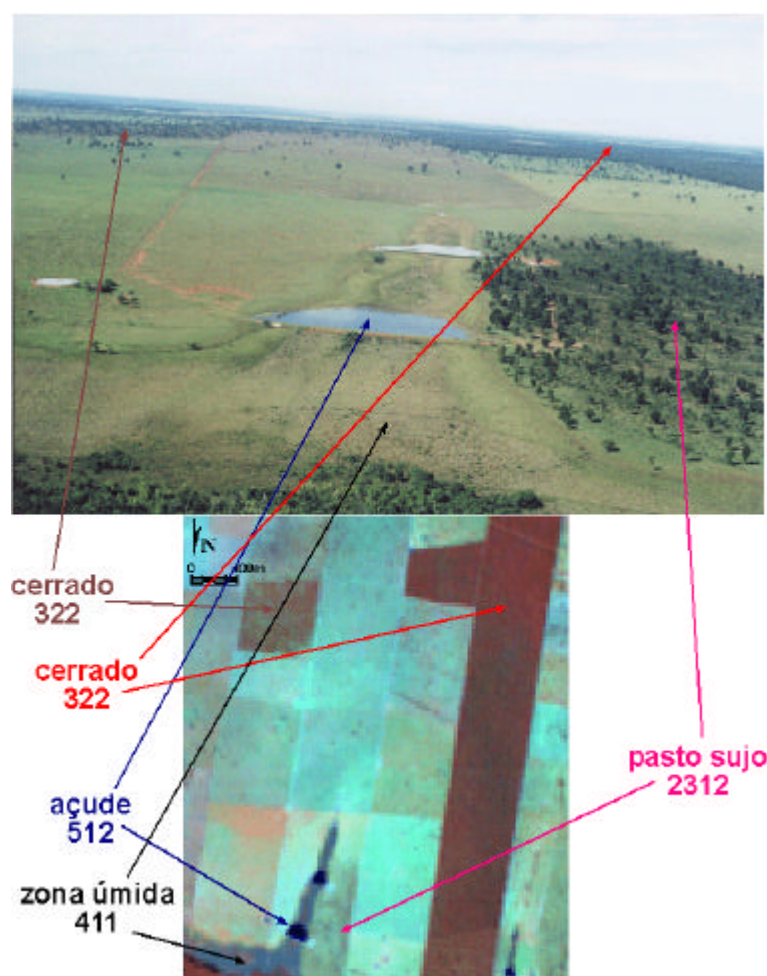
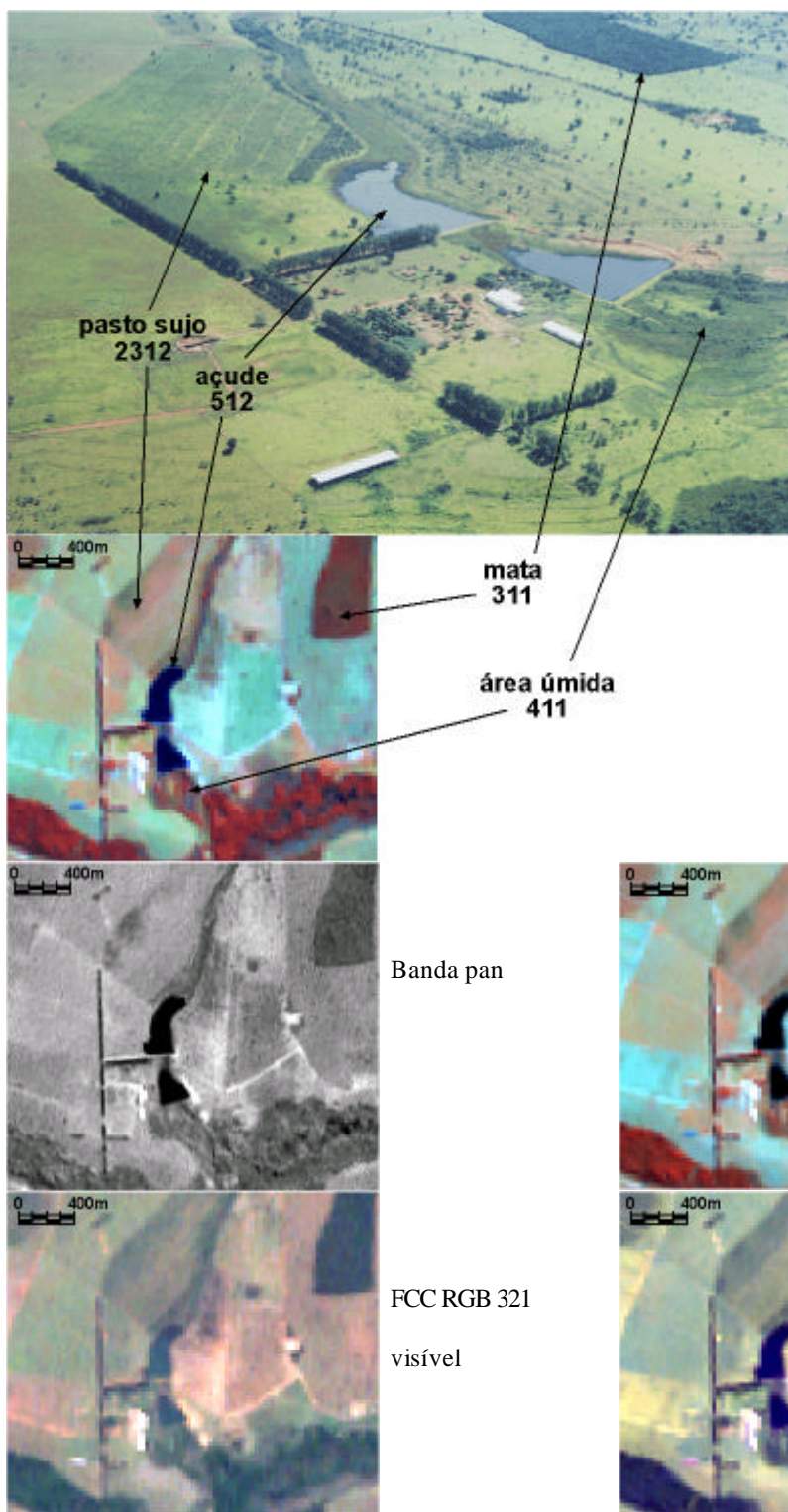


Figura 5.13: Área úmida (411), cerrado (322), pasto sujo (2312 - no limite com o cerrado, porém no momento de captura da imagem possuía uma biomassa menor).

A imagem da Figura 5.13, em composição falsa-cor RGB 453 (composição de imagem *Red, Green, Blue* - bandas 4, 5, 3) vermelho, possibilita a identificação das respostas espectrais das pastagens. Pode-se observar que na mesma área de pastagens, nas invernações com mais biomassa as respostas são em verde claro com tendência para o rosa. Em pastos com pouca biomassa a resposta espectral tende do verde claro para o azul claro, dependendo do tipo substrato, podendo chegar ao branco.

A Figura 5.14 mostra um exemplo de obtenção de dados para a classificação de imagem. A identificação dos tipos de cobertura feitas por interpretação de imagens pode ser comparada com as feições da foto do mesmo local.

A Figura 5.15 ilustra a identificação de feições da cobertura do solo da bacia do Ribeirão Salobra, em fotografia aérea panorâmica e em imagem (FCC ou composição falsa-cor - RGB 453) e em detalhes sobre a banda pan. Nesta figura é possível visualizar, comparativamente, em foto e imagem, áreas aráveis, áreas úmidas, matas, tanques e represas.



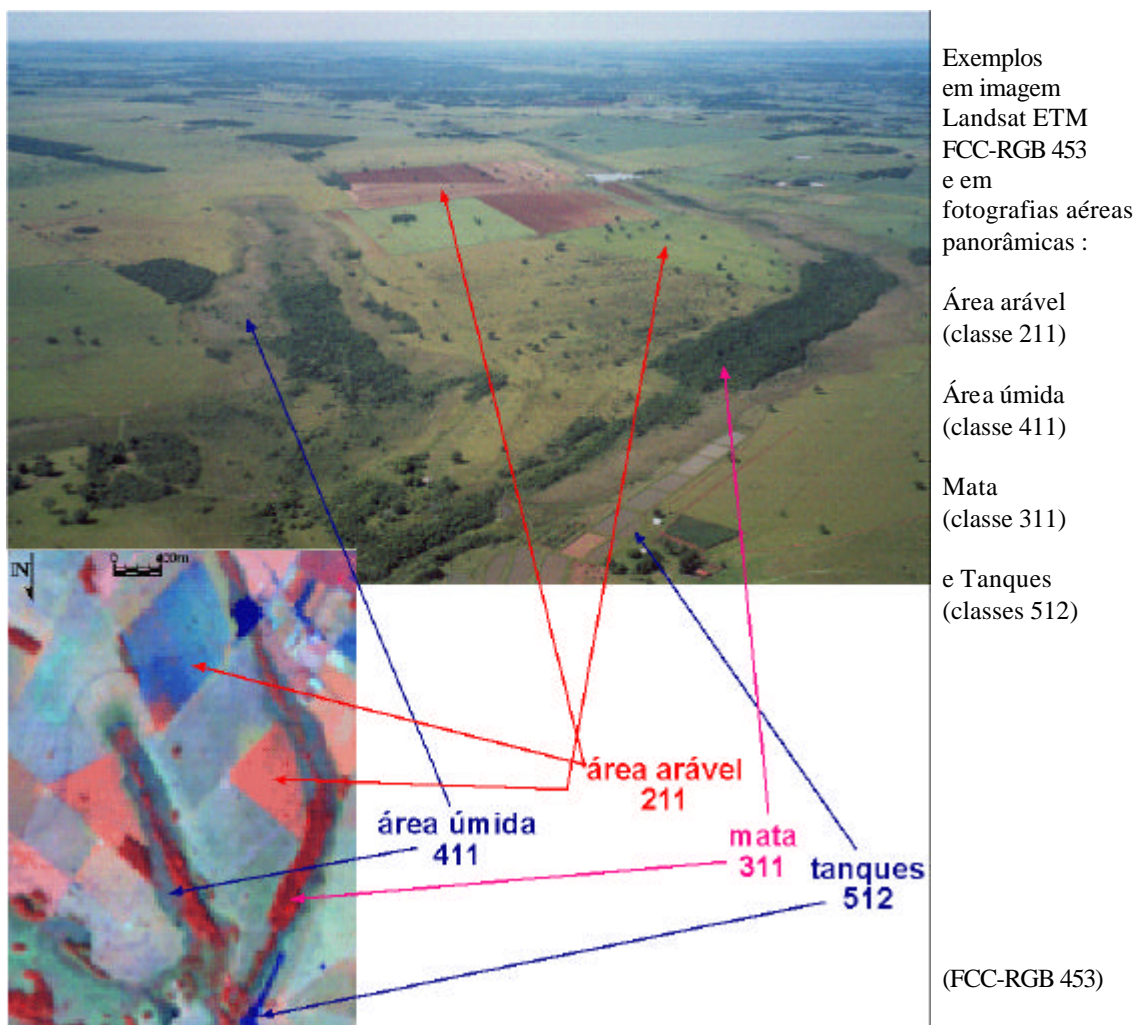
Exemplo de obtenção de dados para a classificação de imagem.

O uso de diferentes composições falsa-cor auxilia na tarefa de identificação dos diferentes tipos de cobertura.

A banda pan possui resolução espacial mais fina e permite uma melhor individualização dos alvos.

Imagem de 2001
Landsat ETM FCC RGB 453

Figura 5.14: Identificação de feições em fotografia aérea e, na imagem, em diferentes composições falsa-cor (FCC).



Detalhes dos tanques acima, sobre a banda pan (Landsat ETM).

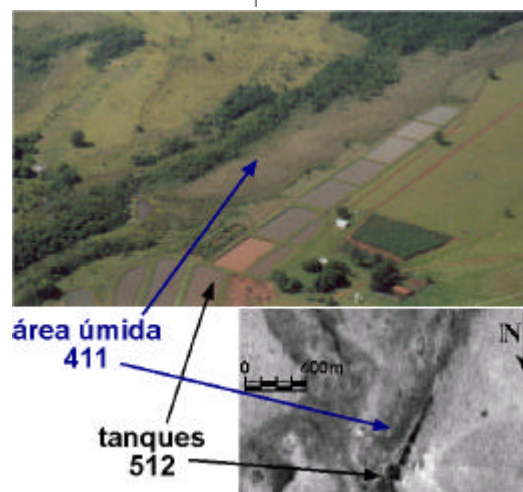


Figura 5.15: Identificação das feições na foto e comparadas a composição falsa-cor, com detalhes dos tanques sobre a banda pan.

5.5. Cartas e composição percentual da cobertura do solo

5.5.1. Situação em 1966

A carta de cobertura do solo da bacia do Salobra em 1966 (Figura 5.16), obtida das cartas Palmeiras e Campo Grande (escala 1:100.000, IBGE/DSG, 1979 e 1988), mostra a área ocupada por vegetação natural de cerrado e mata. Observa-se, ainda, uma área com cobertura não classificada na época. A Figura 5.17 apresenta a distribuição percentual dessas coberturas.

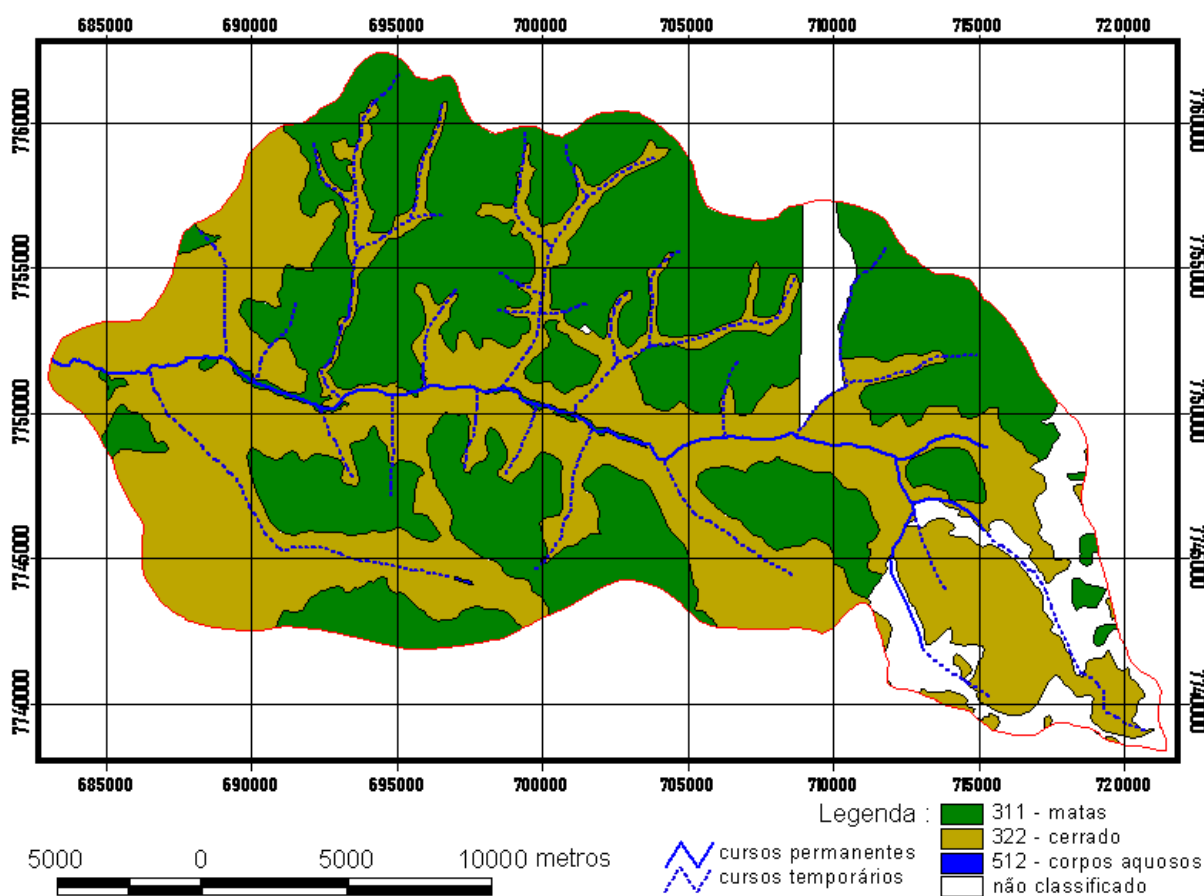


Figura 5.16: Carta de cobertura do solo em 1966, obtida das cartas desta época, em ambiente SIG.

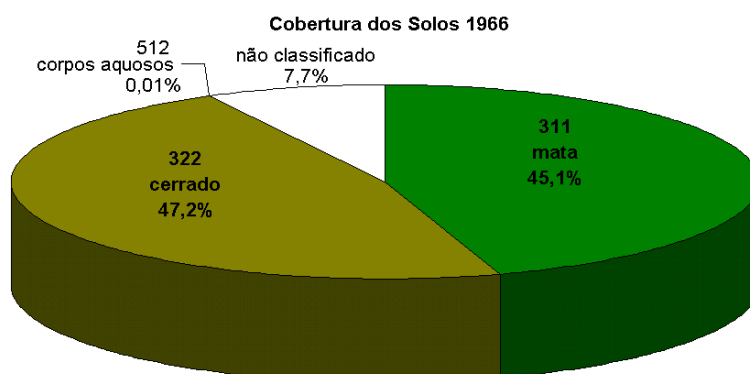


Figura 5.17: Composição percentual da cobertura do solo em 1966, obtida das cartas desta época, em ambiente SIG.

5.5.2. Situação em 1985

A Figura 5.18 mostra a carta de cobertura do solo em 1985, obtida da interpretação de imagens e em ambiente SIG. Nesta época, a área já se apresentava com uma cobertura do solo que caracteriza o seu uso e ocupação atual, com as atividades da pecuária e agrícola de plantações não permanentes. Também, já estava caracterizada a ocupação agrícola na região leste, onde o solo é oriundo da decomposição do basalto e, no restante da área, por pastagens implantadas sobre solos formados a partir de arenitos.

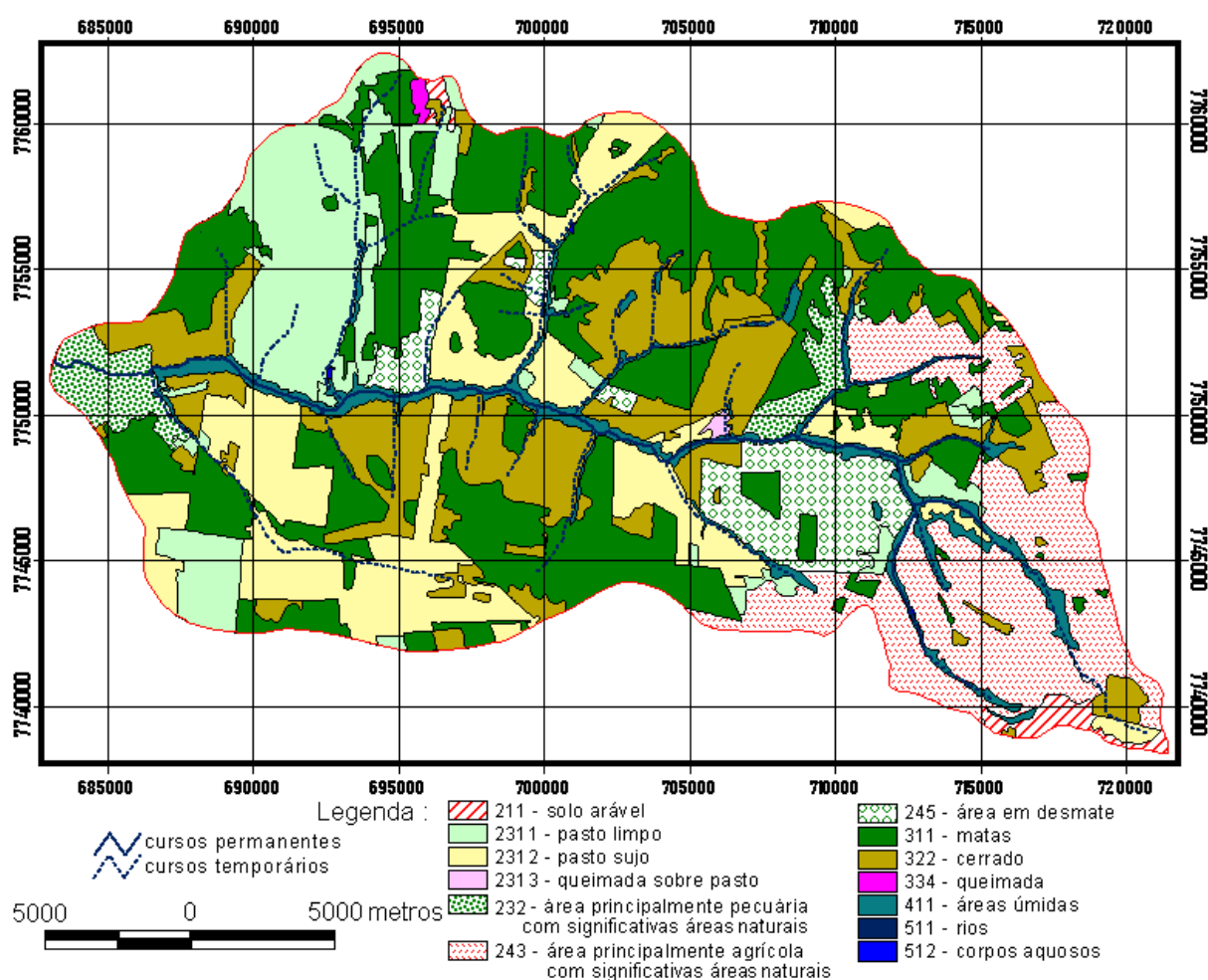


Figura 5.18: Carta de cobertura do solo de 1985, obtida da interpretação de imagens e edição em ambiente SIG.

Nesta data, as áreas ocupadas por atividades agropecuárias já predominavam em relação à vegetação natural. As pastagens eram constituídas de pastos limpos e sujos, entendendo-se como pastos sujos àqueles que possuem brotação da vegetação natural em vários estágios de crescimento. Observa-se, ainda, que a imagem da época revela a pouca prática da queimada.

Neste trabalho, entende-se por áreas de vegetação natural àquelas cobertas por cerrado e mata, ainda que secundários. Na carta de 1966 não é possível identificar a vegetação secundária e, em imagens, é de difícil identificação, principalmente quando o intervalo de tempo entre as imagens utilizadas é grande.

A Figura 5.19 apresenta a distribuição percentual dessas coberturas na época.

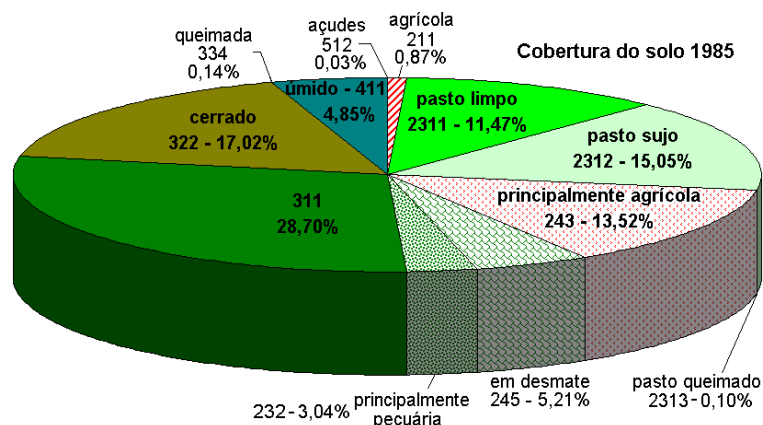


Figura 5.19: Composição percentual da cobertura do solo em 1985, obtida da interpretação de imagens e edição em ambiente SIG.

5.5.3. Situação em 2001

A Figura 5.20 fornece a composição percentual dos tipos de ocupação do solo em 2001.

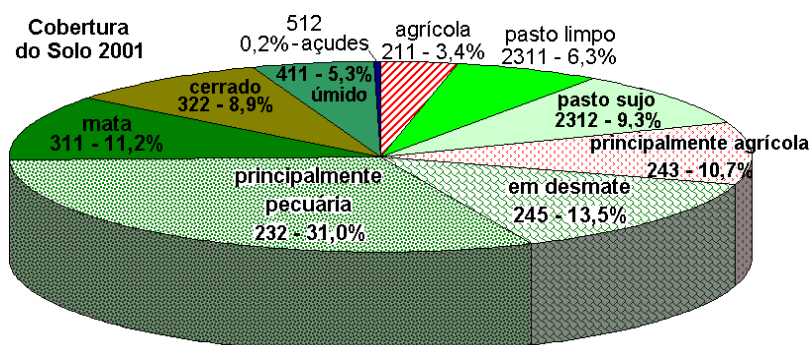


Figura 5.20: Composição percentual da cobertura do solo em 2001, obtida da interpretação de imagens e edição em ambiente SIG.

Verifica-se através da imagem de 2001 (Figura 5.21) que, na área, continuou-se substituindo a vegetação natural pela atividade agropecuária. A atividade agrícola foi incrementada, porém continua restrita às áreas de solos mais ricos, constituindo-se uma pequena fração. A atividade predominante é a pecuária. Igualmente a 1985, a área com registro de queimadas é pequena.

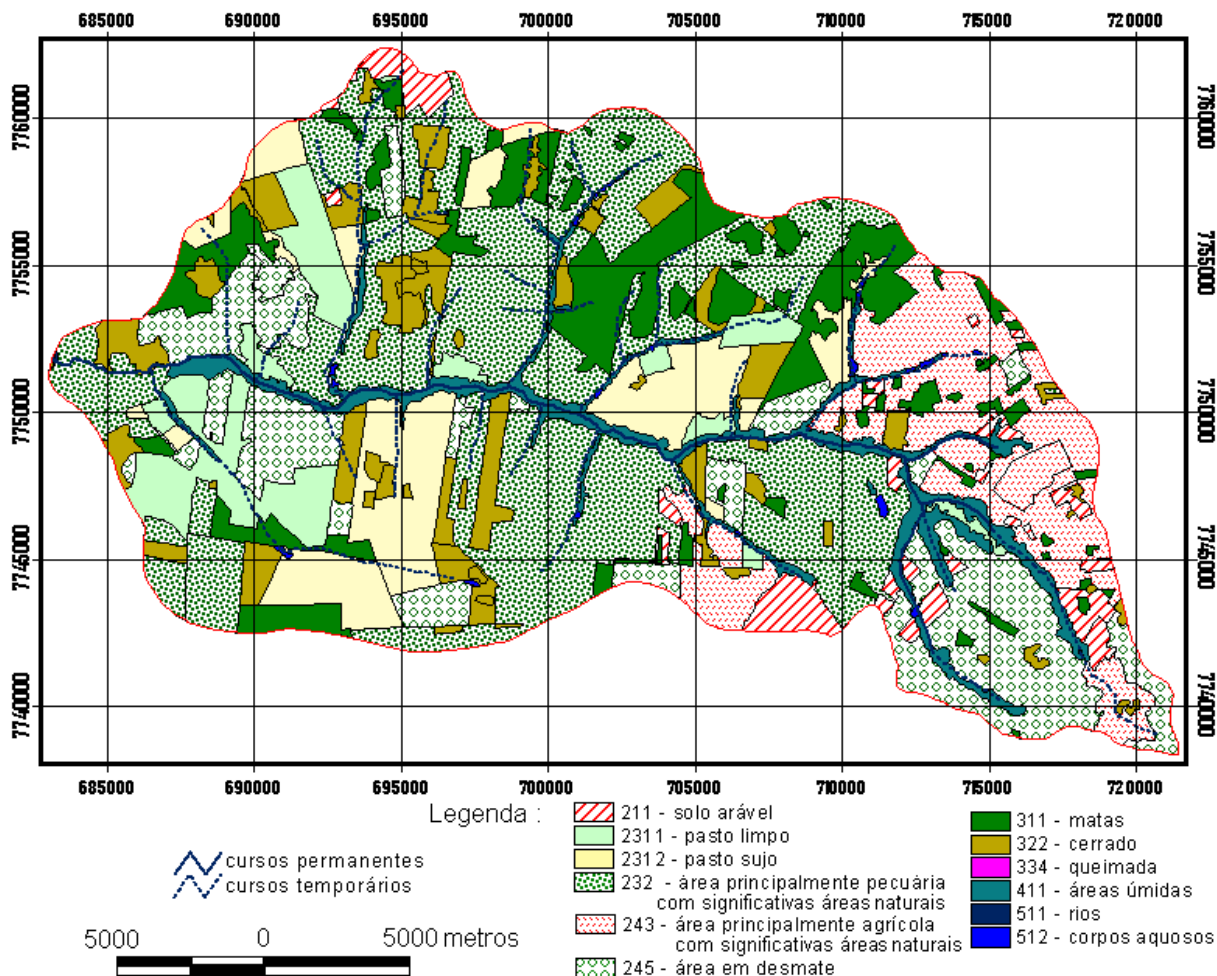


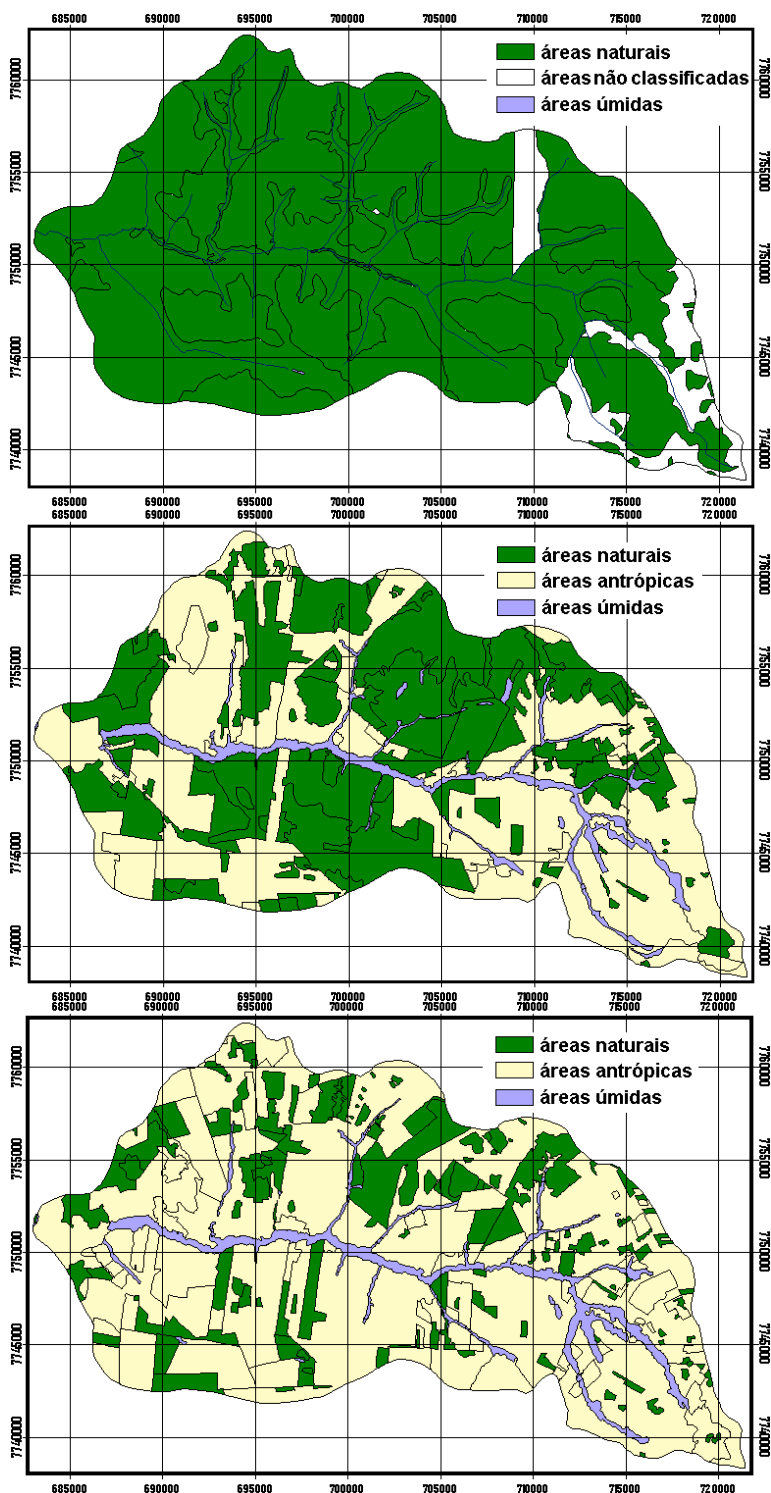
Figura 5.21: Carta de cobertura do solo em 2001, obtida da interpretação de imagens e edição em ambiente SIG.

5.6. Análise multitemporal

A Figura 5.22 apresenta as coberturas naturais e antrópicas nos anos de 1966, 1985 e 2001, o que possibilita a análise multitemporal da cobertura do solo da bacia do Ribeirão Salobra nos últimos 35 anos.

A avaliação multitemporal da cobertura do solo na bacia do Ribeirão Salobra, proposta neste estudo, teve por objetivo registrar a situação da cobertura em três diferentes épocas para a análise. Assim, utilizou-se das cartas topográficas do IBGE/DSG de 1966, e de imagens Landsat dos anos de 1985 e 2001. Ainda, utilizou-se, para o auxílio à análise, da imagem de 1996. Estas imagens são todas do período de seca na região.

Existe uma disparidade entre a legenda IBGE/DSG e a do CORINE, porém, certamente o que o IBGE/DSG, em 1966, chamou de cerrado e mata correspondem às áreas naturais e podem, portanto, serem comparadas com os dados obtidos na classificação das imagens.



1966: Obtida da vetorização das cartas 1:100.000 do IBGE/DSG (DSG, 1979 e 1988).

1985: Obtida da classificação de imagem Landsat TM de 1985 (Landsat, 1985).

2001 Obtida da classificação de imagem Landsat ETM+ de 2001 (Landsat, 2001).

Figura 5.22: Cartas com a cobertura do solo da bacia do Ribeirão Salobra em três diferentes datas, nos últimos 35 anos. A região mudou de sistemas naturais, de cerrado e mata, para sistemas agropecuários.

A comparação entre as coberturas de 1966 e as de 1985 e 2001, pôde ser feita apesar da legenda de cobertura de 1966 ser diferente das outras duas. Em 1966 as coberturas eram naturais (cerrado, cerradão e mata), e a comparação feita é em nível de cobertura natural e cobertura antropizada, portando, independe dos nomes atribuídos em 1966.

A comparação entre cobertura natural (mata e cerrado) e antrópica (agrícola e pastagens), nos três anos de estudo (Figura 5.22) mostra que:

- em 1966 a cobertura natural era de 92,30%, ressaltando-se que 7,70% não foi classificada na carta do IBGE. Não existe registro de área antrópica;
- em 1985 a cobertura natural era de 45,72% e a área antrópica de 49,16%, compreendendo as áreas agrícolas, as pastagens e as em desmate;
- em 2001 a cobertura natural era de 20,10% e a área antrópica de 74,20%, igualmente a 1985, ocupada pela agricultura, pastagens e em desmate.

Na Figura 5.23, o gráfico mostra a evolução entre a cobertura natural e a área antrópica nos anos de 1966, 1985 e 2001.

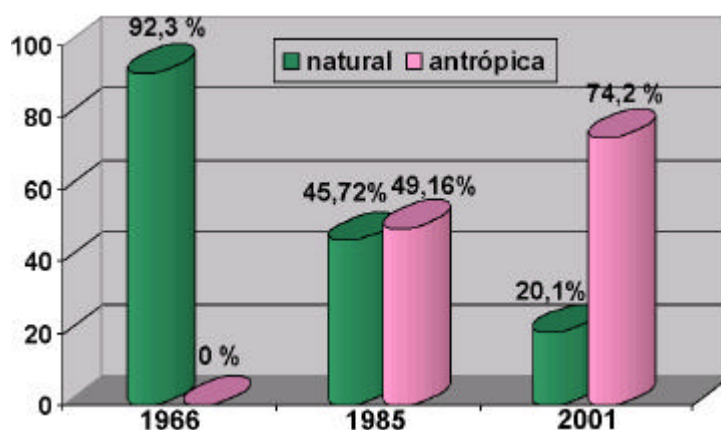


Figura 5.23: Comparação entre cobertura natural (mata e cerrado) e antrópica (agrícola e pastagens), nos três anos de estudo.

Uma outra avaliação de interesse é a relativa à evolução da área de uso antrópico entre os anos de 1985 e 2001, podendo-se observar que:

- a área agrícola passou de 0,87% em 1985 para 3,40% em 2001. E, a área principalmente agrícola de 14,39% em 1985 para 14,10% em 2001. Estes números mostram que a ocupação agrícola expandiu muito pouco, ficando restrita à região leste de solos mais apropriados a esta atividade.

Na Figura 5.24, o gráfico mostra a evolução da área ocupada pela agricultura nos anos de 1966, 1985 e 2001.

- a área de pastagens passou de 29,56% em 1985 para 46,60% em 2001. Nesta área estão incluídos os pastos limpos e sujos e os principalmente de pecuária;
- a área de somente pastos limpos e sujos passou de 26,52% em 1985 para 15,60% em 2001.

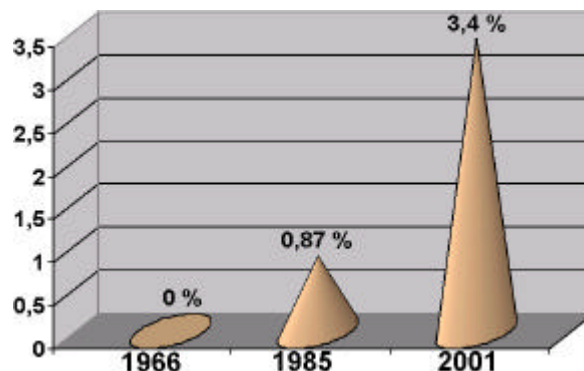


Figura 5.24: Evolução da área ocupada pela agricultura nos anos de 1966, 1985 e 2001.

Observa-se, portanto, uma diminuição destas coberturas. Porém, a área com cobertura, principalmente pecuária evoluiu de 3,04% em 1985 para 31,00% em 2001. Isto mostra que entre 1985 e 2001 ocorreu uma significativa alteração de pastagens limpas e sujas para predominantemente pecuária. A explicação dessa alteração pode encontrar resposta em duas práticas. A primeira é que o desmatamento feito nos últimos anos não foi realizado com remoção total da vegetação natural e, a segunda, é que nas pastagens implantadas ocorreu a recuperação da vegetação natural, passando a existir pequenas áreas compostas de vegetação natural recuperada, o que caracteriza a classe 232 de cobertura predominantemente pecuária.

Na Figura 5.25, o gráfico mostra a evolução das áreas ocupadas por pastos limpos e sujos e por predominantemente pecuária e o total destas três coberturas (pastagens) em 1985 e em 2001.

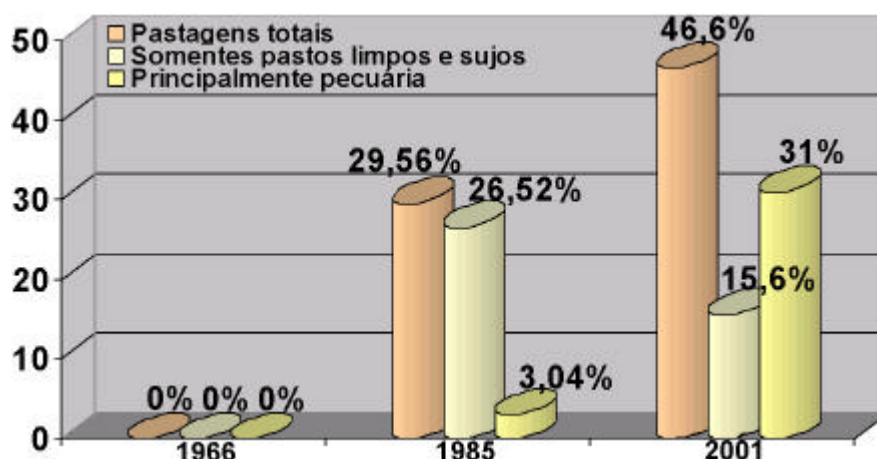


Figura 5.25: Evolução da área ocupada por pastos limpos e sujos, por predominantemente pecuária e o total de pastagens nos anos de 1966, 1985 e 2001.

A área de desmate em 1985 era de 5,21% e em 2001 de 13,50%, o que mostra a continuidade da remoção das matas e cerrados na bacia, predominantemente para a implantação de pastagens.

5.7. Condutividade hidráulica dos solos

Foram escolhidos três pontos para a realização dos testes de condutividade hidráulica, de forma que estes pudessem representar os solos mais característicos da bacia, definindo três áreas de solos distintos (latossolo vermelho-escuro álico e distrófico - LEa9; areias quartzosas álicas - AQA2, e AQA6; latossolo roxo álico, distrófico e eutrófico - LRd3, Lrd4).

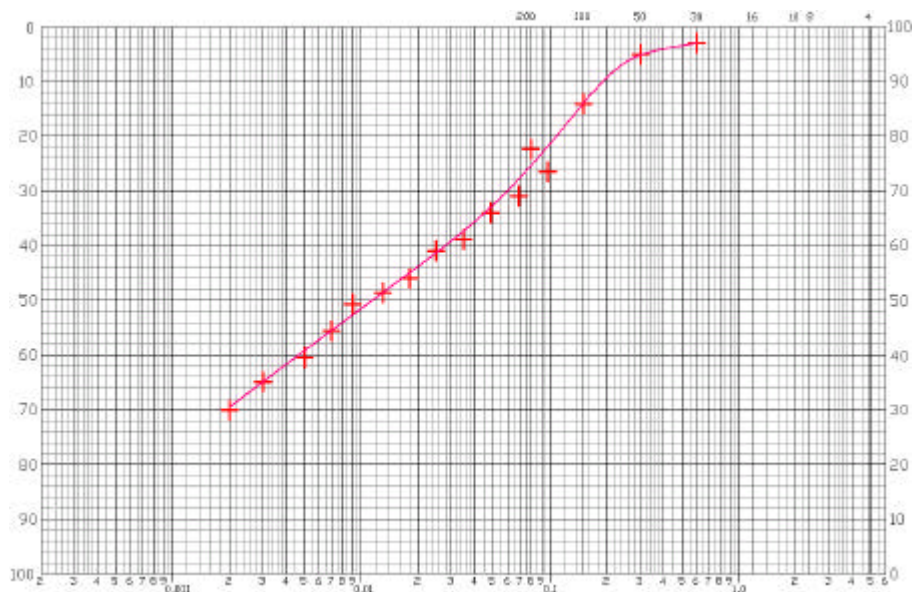
O primeiro ponto foi escolhido na parte leste da área, que possui substrato formado da decomposição do basalto e é constituída por latossolos. O segundo ponto foi escolhido na área mais central, de solos arenosos avermelhados e, o terceiro, na parte oeste da bacia, de solos arenosos avermelhados mais claros com pouca argila.

O resultado dos testes revelou, de acordo com a Tabela 4.1, condutividade hidráulica muito rápida nos três pontos. No ponto 1 a condutividade é de 9,54 m/dia, no ponto 2 de 14,80 m/dia e no ponto 3 de 14,53 m/dia. Esta característica é observada, mesmo para o solo do ponto 1, fino com pouca areia (30,5% de argila, 42,5% de silte e 27,0% de areia fina a média). A condutividade muito elevada neste solo pode ser atribuída à sua estrutura, que fornece uma percolação secundária.

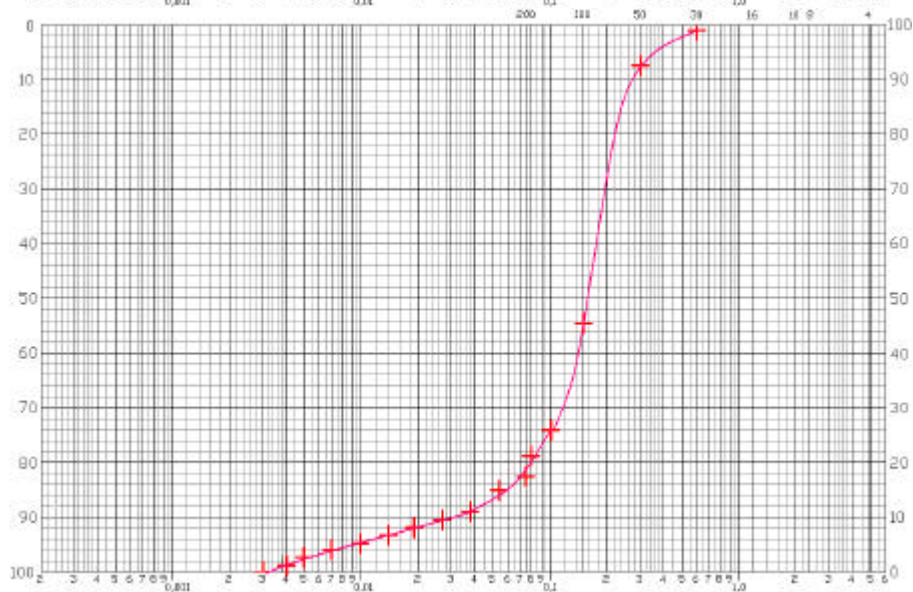
5.8. Análise granulométrica

A análise granulométrica das três amostras de solos da área foi realizada pelo processo do peneiramento para a porção que fica retida até a peneira 200 (malha 0,075 mm). Para a porção que passa na peneira 200, foi utilizado o método de sedimentação contínua em líquido. As curvas granulométricas das amostras estão na Figura 5.26.

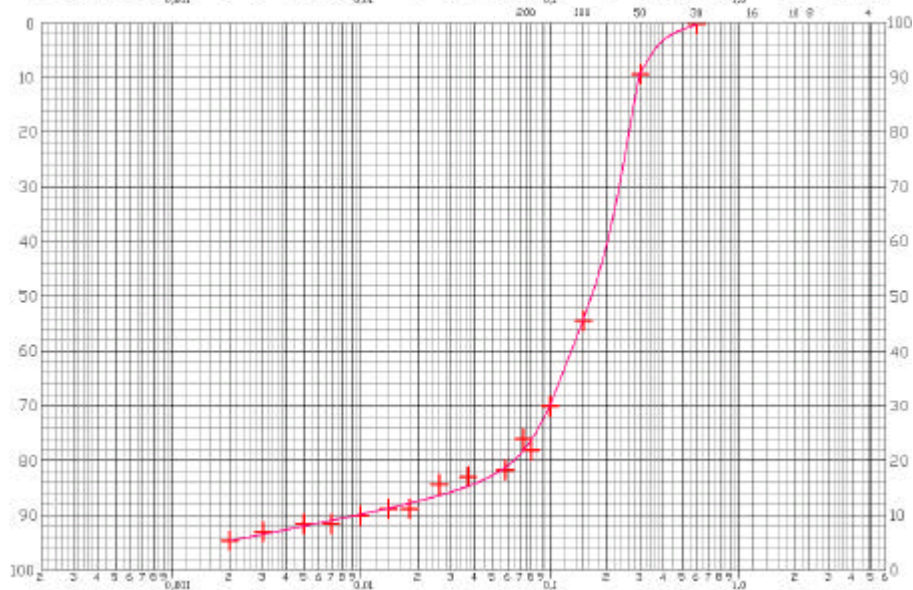
Para a classificação textural dos solos analisados, foi adotada a escala da Associação Brasileira de Norma Técnica (ABNT) NB-617 - procedimento para a identificação das amostras obtidas em uma sondagem de simples reconhecimento e *American Society for Testomg and Materials* (ASTM) D-2488 - procedimentos necessários para a identificação e descrição dos vários tipos de solos, de uma forma mais geral (Nogueira, 1998), mostrada na Tabela 5.2.



Amostra de Solo 1 -
Latosolo Roxo
distrófico- região leste
da área.



Amostra de Solo 2 -
Latosolo Vermelho -
região central da área.



Amostra de Solo 3 -
Areia quartzosa álica -
região oeste da área.

Figura 5.26: Curvas granulométricas das amostras dos três solos que constituem a área.

Tabela 5.2: Escala de classificação textural.

Fração	Intervalo de diâmetros - mm		Intervalo de peneiras
	Total	Subdivisões	
Pedregulho	4,8 < D < 76	Grosso : 19 < D < 76	
		Fino : 4,8 < D < 19	
Areia	0,075 < D < 4,8	Grossa : 2 < D < 4,8	#10 #4
		Média : 0,42 < D < 2,0	#40 #10
		Fina : 0,075 < D < 0,42	#200 #40
Silte	0,002 < D < 0,075		
Argila	D < 0,002		

Fonte: Nogueira (1998).

Obteve-se para a área as seguintes percentagens de solos em cada fração, segundo os intervalos dos diâmetros que definem a classe textural:

- Amostra 1: argila (30,5%), silte (42,5%), areia fina (23,0%) e areia média (4,0%);
- Amostra 2: argila (0,0%), silte (18,0%), areia fina (78,2%) e areia média (3,8%);
- Amostra 3: argila (5,6%), silte (17,9%), areia fina (72,2%) e areia média (4,3%).

Segundo a escala textural adotada, os solos receberam a seguinte classificação:

- Amostra 1, região leste da área: silte argiloso;
- Amostra 2, região central da área: areia siltosa;
- Amostra 3, região oeste da área: areia fina siltosa.

5.9. Aspectos erosivos

Na área não foram observados processos erosivos do tipo ravinamento ou voçorocas, o que era esperado quando do início do estudo, embora a área seja de ocupação recente.

Os solos presentes na área são predominantemente arenosos com pouca argila. Estes dois fatores aliados a ínfima adoção de práticas de proteção contra a erosão, tais como a construção de terraços, o plantio direto, o parcelamento planejado das pastagens, e faixas de vegetação de proteção, dão à bacia características indicativas de grande suscetibilidade a erosão.

Verificou-se que as vertentes possuem declividades baixas, com mais de 90% da área de declividades abaixo de 3%. Ainda, foi constatado que junto aos riachos e áreas úmidas, as vertentes assumem declividades ainda menores. Estes locais são frágeis quanto à erosão, quando reúne outras condições favoráveis. Um outro fator significativo para a não ocorrência de erosões na área é a condutividade dos solos (classe muito rápida).

É válido observar que, embora, não se tenha verificado processos erosivos, isto não significa que a área não esteja sujeita a essas ocorrências no futuro. A prática do sobrepastoreio tornará os solos ainda mais pobres de matéria orgânica e compactados. Estas duas condições poderão ser suficientes para contribuir no surgimento de ravinas ou até mesmo de voçorocas, ainda que a área possua baixas declividades e os seus solos condutividade muito rápida, que tende a ser diminuída.

5.10. Potencial de recuperação da vegetação natural

A análise da foto - Figura 5.27 e das imagens das Figuras 5.28 e 5.29 mostra que as feições na área de estudo podem alterar em períodos relativamente curtos, não apenas de área natural para área antrópica, mas também em sentido contrário. Uma área em pastagens, em até 5 a 6 anos poderá reconstituir-se, formando novamente um cerrado secundário. Estas ocorrências se verificam em pastagens, cuja limpeza feita geralmente mecanicamente, deixa de ser realizada nas partes mais brotadas por vegetação natural, ou mesmo em toda a área de uma invernada.

Na Figura 5.27, a foto aérea de agosto de 2002 mostra uma área que sofreu ação antrópica. Na posição 1 da foto, observa-se um cerrado com aspecto de transição de pastagem suja (classe 2312) para vegetação natural secundária (cerrado - classe 322).

Na posição 2, a cobertura é de cerrado (classe 322), vegetação secundária em um estágio mais desenvolvido em relação ao da posição 1.

Observa-se ainda, a separação destas duas vegetações secundárias (posições 1 e 2) da vegetação de mata primária (posição 3 - classe 311) através de uma linha nítida, indício de desmate. A foto evidencia a diferença de porte arbóreo entre a mata e os cerrados em evolução. Estas constatações na foto são confirmadas nas imagens de 1985, 1996 e 2001 (Figura 5.28).

Na Figura 5.28, imagem de 1985, as áreas das posições 1 e 2 encontravam-se cobertas por pastagem e a área da posição 3 por mata. Em 1996 a área das posições 1 e 2 eram cobertas por pasto sujo (classe 2312). Em 2001 a área da posição 1 apresentava uma parte em pasto limpo (classe 2311) e, outra, em cerrado (classe 322) com aspecto de transição de pasto sujo para cerrado. Na área da posição 2 aparecem cerrados em estágios de desenvolvimento diversos (portes arbóreos diferentes) e na parte da posição 3 em mata.

Estas constatações mostram que, na área, a pastagem que não sofre limpeza propicia a brotação das espécies nativas, revelando a grande capacidade de recuperação que possui o cerrado de reconstituir-se. Uma área em pasto sujo transforma-se, num período de 5 anos, em cerrado secundário.

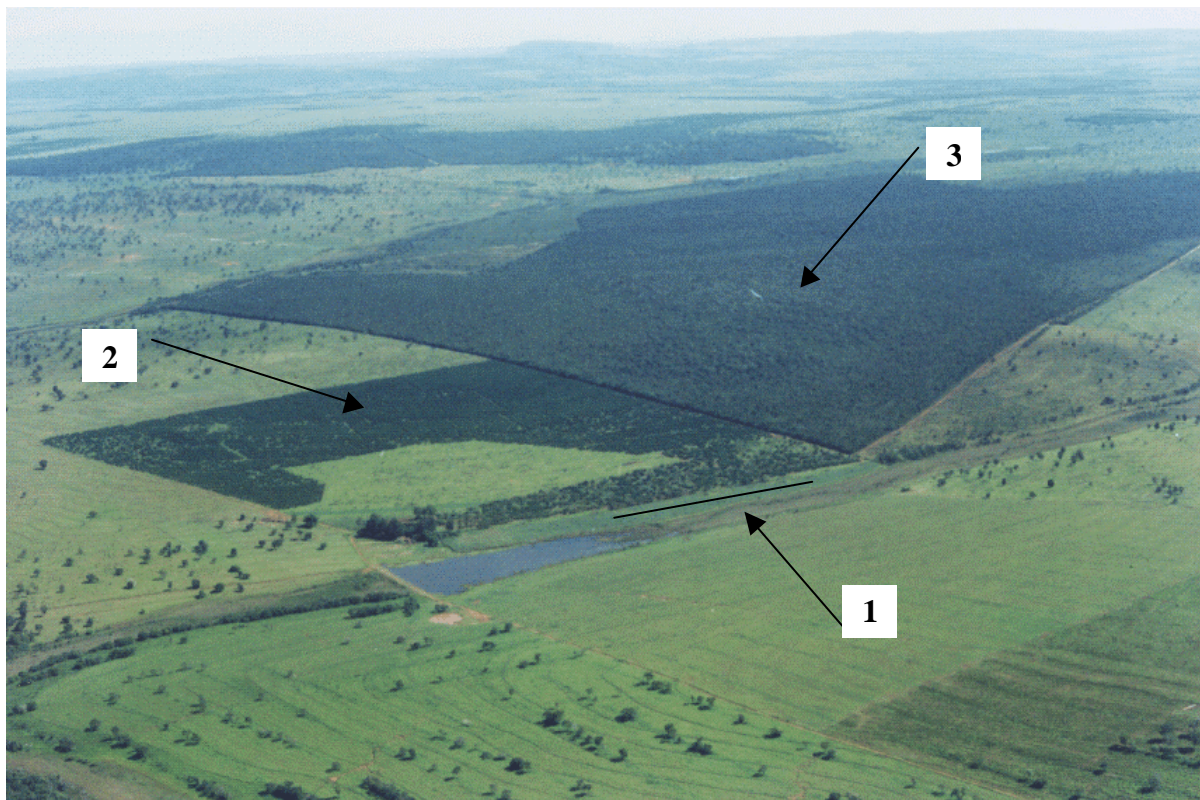
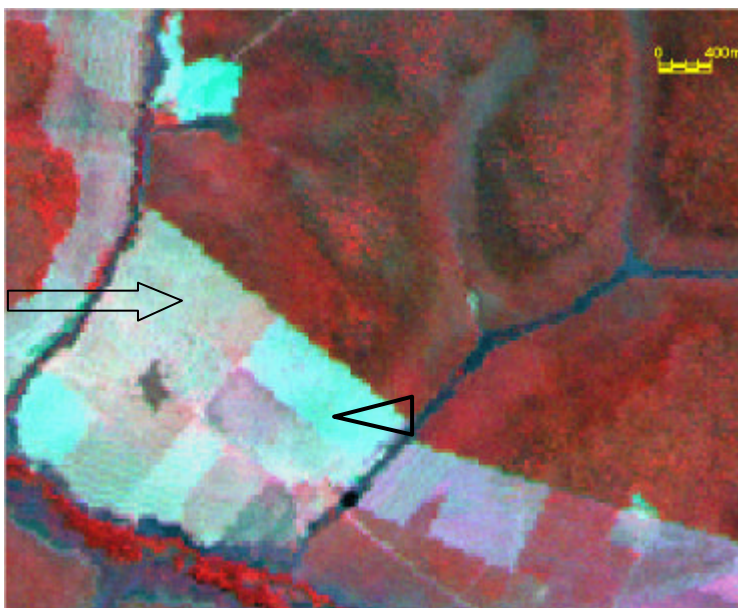


Figura 5.27: Foto de agosto de 2002 - planos de porte arbóreo separados por linha nítida - cerrado e mata. As áreas 1 e 2 de cerrados caracterizam vegetação arbustiva em desenvolvimento (classe 324), para mata (área 3).

A Figura 5.29 mostra imagens de uma área em diferentes épocas (1985, 1996 e 2001). Na imagem de 1985, a área com cobertura natural é predominante. Apresenta uma parte em cerrado secundário (classe 322). Em 1996, a cobertura altera-se predominantemente para pastagem (231), constituída de pastos limpos (classe 2311) e sujos (2312).

Em 2001, observa-se que parte da área que em 1996 era coberta por pasto limpo encontra-se com pasto sujo. E, parte da área em pasto sujo transformou-se em cerrado (vegetação secundária) e em área de desmate (classe 245).

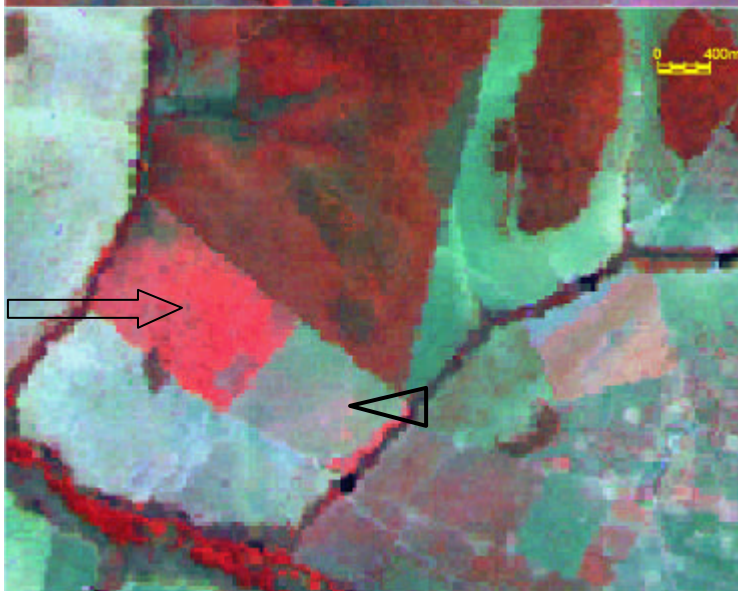
As imagens desta área mostram uma dinâmica de cobertura que ora vai de cobertura natural (primária ou secundária) para cobertura antrópica, ora de cobertura antrópica para cobertura natural secundária. Isto pode ser observado na parte central esquerda e abaixo da Figura 5.29, que em 1985 possuía cobertura de cerrado secundário, em 1996 pasto sujo e, em 2001 voltou a ter cobertura de cerrado secundário. Aqui, também se verificou a transformação de área em pasto sujo para cerrado secundário em apenas 5 anos.



1985
FCC-RGB 453

Seta da esquerda: pasto sujo (em 1966 era cerrado ou mata).

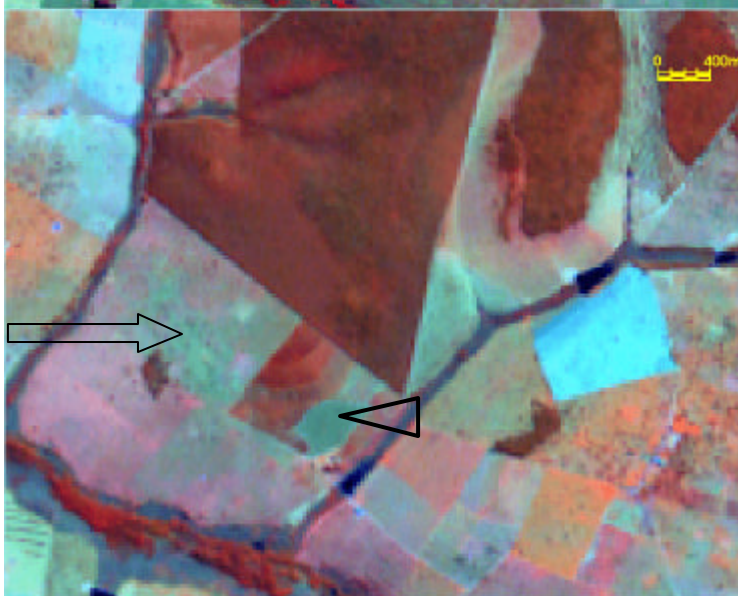
Seta da direita: pasto limpo (em 1966 era cerrado ou mata).



1996
FCC-RGB 453

Seta da esquerda: cerrado (em 1985 era pastagem, assim este cerrado tem até 11 anos no máximo).

Seta da direita: pasto sujo (mesma cobertura de 1985).

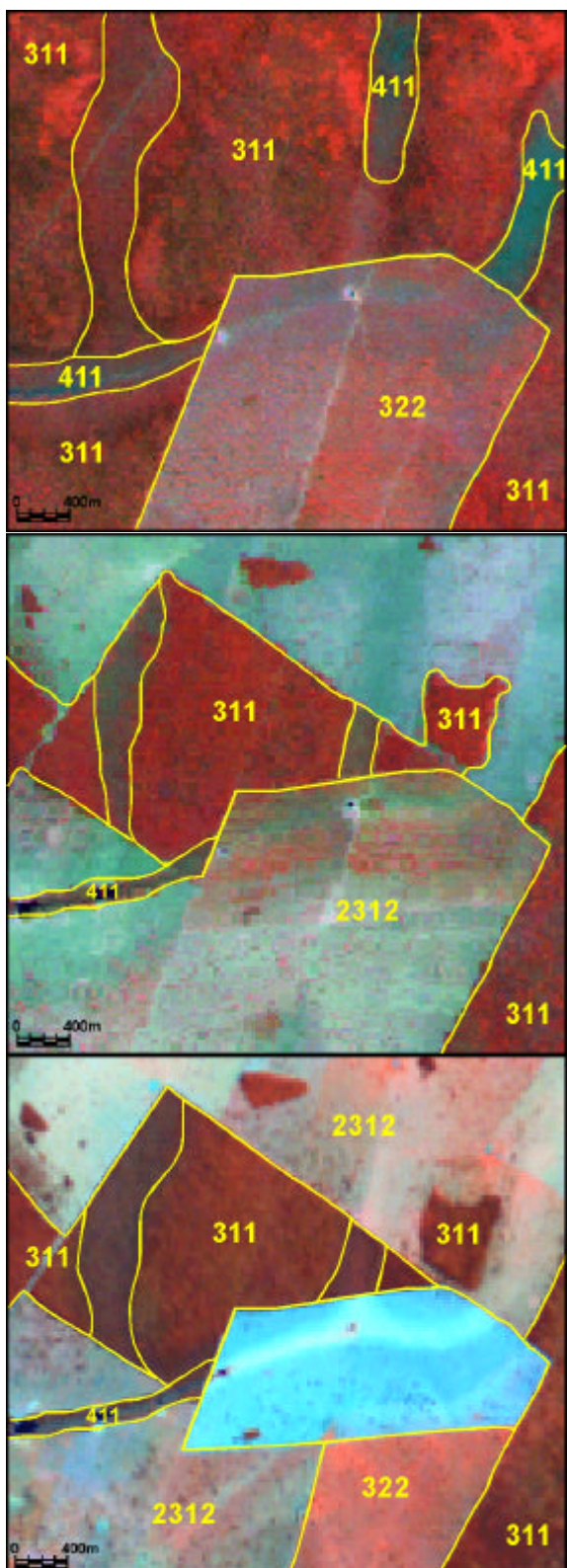


2001
FCC-RGB 453

Seta da esquerda: pasto sujo (o cerrado de 1985 foi cortado).

Seta da direita: cerrado (em 1996 era pastagem, assim este cerrado tem até 5 anos no máximo).

Figura 5.28: Mesma área da Figura 5.23, evolução da vegetação de pastagem para cerrado, mostrada por imagens de diferentes épocas para uma determinada área.



Cobertura do solo em 1985

Áreas naturais:

411 - áreas úmidas.

322 - cerrado, aparentemente secundário.

311 - mata.

Landsat TM FCC RGB 453

Mesma área em 1996

O cerrado ao sul da área (322) foi cortado, mas a pastagem naquele ponto já está evoluindo a cerrado uma outra vez.

Landsat TM FCC RGB 453

Mesma área em 2001

A área ocupada pelo cerrado em 1985 encontra-se desmatada e uma pequena parte de cerrado recuperou-se (322).

Landsat ETM FCC RGB 453

Figura 5.29: Imagens de diferentes épocas com identificação das feições e das áreas de desmate e recuperação.

6. CONCLUSÕES

A análise multitemporal da cobertura do solo da bacia do ribeirão Salobra, no período compreendido entre os anos de 1966 e 2001, mostrou que:

- as mudanças no tipo de cobertura são grandes. A área possuía 92,30% de cobertura natural em 1966, em 1985 diminuiu para 50,71% e, em 2001 restou apenas 25,41%. Estão incluídas como cobertura natural as matas, cerrados e áreas úmidas;

- a evolução da alteração da área pela ação antrópica, relativa aos usos predominantes pastagens, agrícolas e de desmate, nas duas últimas datas da avaliação, apresenta os seguintes percentuais: pastagens, 29,56% em 1985 e 46,60% em 2001; agrícolas, 14,39% em 1985 e 14,10% em 2001 e; desmate, 5,21% em 1985 e 13,10% em 2001;

- no ano de 2001 a área possuía em cobertura natural restante da ordem de 11,20% em matas e 8,90% em cerrados;

- as práticas de proteção contra a erosão, tanto na área agrícola como na de pastagens são ínfimas na bacia. Na maioria dos pastos existe o sobrepastoreio, deixando expostos os solos. Alguns possuem a dimensão perpendicular aos riachos bastante predominante em relação à paralela, o que cria caminhos de gado favorecendo o surgimento de voçorocas. Apesar disto, não foram constatados processos significativos de erosão do tipo ravina ou voçoroca. Tal condição é atribuída à baixa declividade das vertentes e à condutividade hidráulica muito rápida dos solos;

- as imagens processadas não registram incidência significativa da prática de queimada em pastagens, ainda que estas são do período usual de queimadas. Tal fato pode ser explicado por dois motivos, o primeiro porque a gramínea predominante nas pastagens desta área é a *Bachiaria decumbens*, sobre a qual geralmente o pastoreio é intenso não sobrando massa para ser queimada, principalmente, no período de estiagem, quando ocorre a falta de pasto. O segundo, poderia decorrer do fato que as queimadas não exercem poder significativo sobre a vegetação nativa de cerrado em reconstituição, na limpeza das pastagens;

- o sobrepastoreio nas pastagens de *Bachiara decumbens* predominam na área, prejudicando a reposição de matéria orgânica no solo. Essa prática favorece a alteração da distribuição granulométrica pela ocupação dos espaços de vazios pelos finos, diminuindo com o tempo a permeabilidade do solo. Essas duas condições, diminuição da permeabilidade e de matéria orgânica, favorecem o surgimento de processos erosivos;

- a capacidade de restituição da vegetação natural é bastante grande, mesmo a partir de pastos limpos. A ocorrência de pastos sujos, com diferentes densidades de brotação das espécies nativas, e em vários portes, é marcante, o que constitui um forte indicativo desta capacidade;

- as matas e cerrados continuam sendo substituídos por atividades agropecuárias;

- as imagens Landsat TM são adequadas para mapeamentos de tipos de cobertura de solo em escala 1:100.000. Presta-se, portanto, para a avaliação multitemporal e constitui-se numa ferramenta útil para o estabelecimento de políticas de desenvolvimento regional, considerando-se o planejamento ambiental;

- o apoio de campo na classificação da cobertura do solo é muito importante e, este trabalho, pode ser reduzido com a utilização de imagens de diferentes épocas do ano. Também, o sobrevôo é bastante útil.

Para a análise multitemporal de cobertura de solo, recomenda-se a utilização de imagens de uma mesma época do ano. O período de seca é recomendado por facilitar a interpretação das feições existentes no campo, principalmente na identificação de área arável. Para determinação do uso agrícola ou para formação de pastagens, é necessária a utilização de imagens de períodos de entre-safra, ou de ano subsequente, ou ainda de épocas distintas num mesmo ano.

A metodologia empregada permite a identificação do uso e ocupação do solo, e utilizando-se da carta de declividades, presta-se para a análise da adequação das atividades agropecuárias. Para isto, recomenda-se a utilização de mapas de solos, geológicos e geomorfológicos, com apoio de análises dos diferentes tipos de solos. A sua utilização nas bacias hidrográficas do Estado, principalmente nas mais frágeis, constitui uma ferramenta útil na gestão ambiental, neste sentido a ferramenta SIG poupa tempo e recursos.

Igualmente ao parágrafo anterior, pode-se estudar em uma bacia hidrográfica a correlação entre o uso e ocupação do solo, os tipos de solos, a topografia, a produção de sedimento e degradação dos solos por erosão. Estudos desta natureza permitem a obtenção de respostas rápidas e de baixo custo em gestão ambiental, importantes para o desenvolvimento de políticas de planejamento de uso e ocupação dos solos das bacias hidrográficas.

Outros estudos podem ser realizados a partir desta técnica, como exemplos a quantificação e caracterização florística em uma bacia hidrográfica; a avaliação da alteração de matas ciliares decorrentes do uso e ocupação de uma área; a influência do uso e ocupação de uma área nas nascentes dos corpos d'água; a abrangência da fumaça de focos de queimadas; a secagem de corixos e lagoas no Pantanal quando de secas prolongadas, causa de mortandade de peixes; o estudo prévio para a implantação de projetos de reforma agrária; o estudo do balanço hídrico da bacia do Salobra, tendo em vista que predomina na área afloramento dos arenitos da Formação Botucatu, provável zona de recarga do Aquífero Guarani.

Os resultados deste estudo estão integrados em um banco SIG. Os SIGs possibilitam a integração dos dados obtidos com outros, que permitirão um futuro diagnóstico da área. Estes dados podem envolver análise água para determinação da SAR (*sodium adsorption ratio* - para irrigação), dados sobre qualidade da água superficial, piezometria e mesmo dados sócio-econômicos.

7. - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOBE SYSTEMS Inc. *Photoshop version 6.0*. Adobe Systems. Inc. 2000. USA. 1 CD ROM.
- ALMEIDA, F.F.M. de. *Geologia do centro leste Mato-Grossense*. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro: n. 150, p. 1-97, 1954.
- ALMEIDA, F.F.M. de. *Aspectos gerais da geologia da bacia do Alto Paraná*. In: Simpósio Sobre a geotecnia da bacia do Alto Paraná, 1º, 1983, São Paulo. ABMS/ABGE/CBMR Anais, v. I-A, p. 9-16.
- AUTODESK Inc. *AutoCad version 14*. AutoDesk Inc. San Francisco – Califórnia. 1997. 1 CD ROM.
- BACCARO, C.A.D. Processos Erosivos no Domínio do Cerrado. In: GUERRA A.J.T.; SILVA A.S. da; BOTELHO R.G.M., *Erosão e conservação dos solos - Conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: BCD União de Editoras S.A., 1999. 340p.p. 195-227.
- BEURLEN, K. *A geologia pós-algonquiana do sul do Estado de Mato Grosso*. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro, n. 163, p. 1-137, 1956.
- BOARDMAN, J. Prefácio. In: GUERRA A.J.T.; SILVA A.S. da; BOTELHO R.G.M., *Erosão e conservação dos solos - Conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: BCD União de Editoras S.A., 1999. 340p.p. 16-17.
- BORDAS, M.P.; SEMMELMANN, F.R. Elementos de engenharia de sedimentos. In: TUCCI, C.E.M. *Hidrologia*. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993. 943p. p. 915-943.
- CAMPOS, N.; STUART, T., *Gestão de Águas - Princípios e Práticas*. Porto Alegre: M&M Buss Assessoria Gráfica Digital, 2001. 197p.
- CARRIJO, M.G.G.; PARANHOS FILHO, A.C.; IDE, C.N.; VAL, L.A.A. do; LASTORIA, G.; OLIVEIRA, J.M.Z.P. da S.; MONTEIRO, C. da S., *Levantamento de aspectos físicos do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari (MS - Brasil)*. In: SIMPÓSIO

DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 2º, 2002, Campo Grande. Anais do 2º Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste. Campo Grande: UFMS, 2002(a).

CARRIJO, M.G.G.; PARANHOS FILHO, A.C.; IDE, C.N.; VAL, L.A.A. do; LASTORIA, G.; SEIXAS, G.H.F.; TORRECILHA, S.; MONTEIRO, C. da S., *Utilização da legenda CORINE na caracterização do tipo de uso e cobertura do solo (Land Cover) do Parque Estadual das Nascentes do Taquari - MS*. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, III, 2002, Fortaleza, Anais do III Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Fortaleza: 2002 (b), v. 1, n. , p. 195-2002.

CAUDURO, F.A.; DORFMAN, R. *Manual de ensaios de laboratório e de Campo para irrigação e drenagem*. Porto Alegre: PRONI: IPH. UFRGS, 1986. 216p.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (1992) CORINE *Soil erosion risk and important land resources* In. The Southern Regions of the European Community, Directorate-General - Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Office for Official Publications of the European Communities, ISBN: 92-826-2545-1, Catalogue No: 3 14 16 CD-NA-13233-EN-C, 1992.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (1993) CORINE *Land Cover - Guide technique*, Directorate-General - Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Office for Official Publications of the European Communities, ISBN: 92-826-2579-6, Catalogue No: 15 CD-NA-12585-FR-C, 1993.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (1993) CORINE *Land Cover - Guide technique*, Directorate-General - Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Office for Official Publications of the European Communities, ISBN: 92-826-2579-6, Catalogue No: 15 CD-NA-12585-FR-C, 1993.

CORRÊA, J.A. *at al.*, Projeto *Bodoquena; relatório final*. Goiânia, DNPM/CPRM, 1976. 8v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2573) v.1.

CORINE. CORINE Land Cover. CORINE - Coordination of Information on the environment. Commission of European Communities, Bruxelas. 1992. 106p.

DISPERATI, L.; BOCCI, M.; FANTOZZI, P.L.; KOSCIAK, S. PARANHOS Fº, A.C. e RIGHINI, G. *"Mapping Land Use Changes Through Remote Sensing and GIS analysis the case of Rio Verde do Mato Grosso area in the Pantanal region (MS, Brasil)"*. In : 7th ICCTA - International Congress for Computer Technology in Agriculture "

Computer Technology in Agricultural Management and Risk Prevention". Anais. Florença - Itália, 15 - 18 de novembro de 1998.

- DRURY S.A. *Image interpretation in Geology*. Allen & Uniw, London, 1987, 243p.
- DSG - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta Campo Grande. Folha SF 21 X B I (MI-2550). Escala 1:100.000. Ministério do Exército - Região Centro-Oeste do Brasil- Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta. 2ª reimpressão. 1979.
- DSG - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta Palmeira. Folha SF X B III (MI-2551). Escala 1:100.000. Ministério do Exército - Região Centro-Oeste do Brasil- Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta. 2ª reimpressão. 1988.
- ERDAS Inc. *Erdas Imagine version 8.3.1*. Erdas Inc. Atlanta – Georgia. 1997 (a). 1 CD ROM.
- ERDAS Inc. *Erdas Field Guide*. Erdas Inc. Atlanta – Georgia. Fourth edition. 1997 (b). 656p.
- ESRI Inc. ARC/INFO version 7.11. *Environmental systems research institute*. In. New York. 1997 (a). 1 CD ROM.
- ESRI Inc. Understanding GIS - The ARC/INFO method. ESRI - *Environmental systems research institute*. In. John Wiley & Sons, New York. Fourth edition. 1997 (b). 526 p.
- ESRI Inc. ARC VIEW version 3.1. *Environmental systems research institute*. In. New York. 1998. 1 CD ROM.
- FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; AISSÉ, M. M.; GARCÍAS, C. M. *Drenagem e controle da erosão urbana*. 4ed. Curitiba, Ed. Universitária Champagnat, 1997. 485p.
- FIORI, A.P.; SOARES, P. C.; MANTOVANI, ASSINE, M.L. "*Geo-Environmental dynamics of Pantanal-Chaco: multitemporal study and previsional modelling*" (*Dinâmica Geo-ambiental da região do Pantanal-Chaco: análise multitemporal e modelo previsional*). Departamento de Geologia - UFPR. 1995 – Projeto.
- GONÇALVES, A. & SCHNEIDER, R.L. *Geologia do centro-leste de Mato Grosso. Ponta Grossa*, PETROBRÁS-DESUL, 1970. 43p. (Relatório técnico Interno, 394).
- GORDON S. *Utilizing Landsat imagery to monitor land use change: a case study of Ohio*. Remote Sensing of environment, n. 9, p. 189-196, 1980.
- GUERRA A.J.T., SILVA A.S.da, BOTELHO R.G.M., *Erosão e conservação dos solos -*

Conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro, BCD União de Editoras S.A., 1999. 340p.

GUPTA, R. P. 1991 *Remote sensing geology.* springer verlag. Berlin. 356p.

HERNANDEZ FILHO P., PONZONI F.J., PEREIRA M.N., POTT A., POTT V.J. & SILVA M.P. *Mapeamento da vegetação e de uso da terra de parte da bacia do Alto Taquari (MS) considerando o procedimento de análise visual de imagens TM/LANDSAT e HRV/SPOT.* In. Encontro sobre sensoriamento remoto aplicado a estudos no Pantanal – Livro de Resumos. Corumbá–MS, 9-12 de Outubro de 1995, 137-139.

HEYMANN Y., STEENMANS C., CROISILLE G. & BOSSARD M. *CORINE Land Cover Project - Technical Guide.* European Commission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, ECSC-EEC-EAEC, Brussels- Luxembourg: 1994. 136p.

KOK, K.; CLAVAUUX, M.B.W.; HEEREBOUT, W.M. & BRONSVELD, K. *Land degradation and land cover change detection using low-resolution satellite images and the CORINE database: a case study.* in. Spain. ITC Journal 3:217-228, 1995.

LANDSAT ETM+ 7. *Canais 1, 2, 3, 4, 5, 7 e pan.* Curitiba: Engesat. Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 073. CD ROM. De 14 de junho de 2001.

LANDSAT TM 5. *Canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7.* São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 072. CD ROM. De 11 de agosto de 1996.

LANDSAT TM 5. *Canais 3, 4 e 5.* São José dos Campos : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 074. CD ROM. De 13 de agosto de 1985.

LASTORIA, G. *Hidrogeologia da Formação Serra Geral no estado de Mato Grosso do Sul.* Tese de Doutorado apresentada junto ao curso de Pós-Graduação em geociências do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP - Campus Rio Claro. Tese. Abril de 2002. 133p.

LILLESAND, T.M. & KIEFER, R.W. *Remote sensing and image interpretation.* John Wiley & Sons Inc. New York - USA. 1994. 3 ed. 750p.

- MATO GROSSO DO SUL. *Informações básicas de Mato Grosso do Sul 1999*. comunicação via internet. Disponível em: [<http://www.seplanct.ma.gov.br/>]. Último acesso em 20/03/2000.
- MACROMEDIA In. FreeHand version 9. Macromedia Inc. San Francisco - California. February 2000. 1 CD ROM.
- MOTA & AQUINO. Gestão Ambiental. In: CAMPOS & STUART (2001). *Gestão de Águas - Princípios e Práticas*. Porto Alegre: M&M Buss Assessoria Gráfica Digital, 2001. 197p. 111-127.
- MÜHLMANN, H.; SCHNEIDER, R.H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. *Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná*. Ponta Grossa, PETROBRÁS-DESUL, 1974. 186P. (Relatório Técnico Interno, 444).
- NOGUEIRA, J. B. *Mecânica dos Solos - Ensaios de laboratório*. Reimpressão. São Carlos: EESC-USP, 1998. 248p.
- PARANHOS FILHO, A.C. *Análise geo-ambiental multitemporal: O estudo de caso da região de Coxim e bacia do Taquarizinho*. Tese de doutoramento. Curso de Pós-Graduação em Geologia - UFPR. 2000. 213p.
- PARANHOS FILHO, A.C.; FIORI, A.P.; DISPERATI, L.; CARMIGNANI, L.; *A legenda de tipos de uso do solo do projeto CORINE :uma aplicação no Brasil proposta para análise multitemporal do uso do solo no Pantanal Mato-Grossense*. Revista Geonotas. Universidade Estadual de Maringá. No prelo.
- PARANHOS FILHO, A.C.; FIORI, A.P.; DISPERATI, L.; RIGHINI, G.; FANTOZZI, P.; KOZCIAK, S.; BOCCI, M. *Proposta para análise multitemporal do uso do solo no Pantanal Mato-Grossense*. Boletim paranaense de geociências n. 46, Editora da UFPR. 1998. p. 123-130.
- PCBAP - Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai. Ministério do meio ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. In: *Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai*. Volumes : I. 73 p. II, Tomos I e II-A, 334 p. e 386 p. Programa Nacional do meio ambiente - PNMA. 1997.
- PERDIGÃO, V.; ANNONI, A. *Technical and methodological Guide for Updating Corine Land Cover Data Base*. European Environment Agency. EUR 17288. European Commission. Itália. 1997. 127p.

- RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Folha SF 21 Campo Grande: *geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Levantamento de Recursos Naturais*, 28. Rio de Janeiro, 1982. 416p. il. 5 mapas.
- REGIONE TOSCANA. Progetto CORINE *Land Cover per la Toscana*. Unione Europea. Bruxelas. 1990 - Inédito. 60p.
- RONDON, M.A.C. *Espacialização de intensidades pluviométricas de chuvas intensas em Mato Grosso do Sul*. Dissertação de mestrado. Curso de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais - UFMS. 2001. 93p.
- SCHNEIDER, R.L. MUHLMANN, H.; SCHNEIDER, R.H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. *Revisão estratigráfica da bacia do Paraná*. In. Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, 1974. Anais. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia, 1974.v.1, p.41-65.
- SEMENTES MATSUDA. *Catálogo de sementes de gramíneas*. Registro Nº 1 de sementes fiscalizadas, São Sebastião do Paraíso - MG, inédito. 44p.
- SIMÕES, S.J.C.; COIADO, E.M. Processos erosivos. In: PAIVA, J.B.D. de; PAIVA, E.M.C.D. de. *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Porto Alegre: ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001. 625 p.p. 283-293.
- SOUZA JR. J.J. de & DEL'ARCO, J.O. *Reconhecimento geológico da Folha SE.21-X-D e de partes das Folhas SE.21-X-B e SE.21-Z-B, na escala 1:250.000. Operação 466/78*. Goiânia, Projeto RADAMBRASIL, 1978. 22p. (Relatório Interno RADAMBRASIL, 402-G).
- TARBOTON, D. G.; BRAS, R. L.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. *On the extraction of channel networks from digital elevation data*, Hydrological Processes. v. 5, p. 81-100. 1991.
- TEIXEIRA, W. Folhas ao milionésimo SH.22 Porto Alegre, SH.21 Uruguaiana, SI.22 Lagoa Mirim; considerações preliminares a respeito do quadro geocronológico existente. São Paulo, Projeto RADAMBRASIL, 1980. 21p. (Relatório Interno RADAMBRASIL, 380-G).
- TUCCI, C. E. M. *Hidrologia*. 2ed. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH. Ed. da Universidade. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1993. 943p.
- WISCHMEIER, W. H.; MANNERING, J. V. *Relation of soil properties to its erodibility*. Proceedings of soil Science Society of America. 1969. 291p.

- WHITE, I.C. *Relatório sobre as Coal Measures e rochas associadas ao Sul do Brasil*. Rel. Final da Comissão dos Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, part I. Rio De Janeiro. Relatório. 1908. 300p.
- ZAVATINI, J.A. *Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. Rio Claro: UNESP. UNESPE/DCAIG, 1992. v. 17, p. 65-91.*