

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

HUGO TERUYA JUNIOR

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO FORMOSO, MS.

CAMPO GRANDE, MS.
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

HUGO TERUYA JUNIOR

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO FORMOSO, MS.**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias
Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do
Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e
Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Giancarlo Lastoria

Aprovada em: 02/02/2011

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho
Co-Orientador – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof^ª. Dr^ª. Sandra Garcia Gabas
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Ademir Kleber Morbeck de Oliveira
Universidade Anhanguera – Uniderp

CAMPO GRANDE, MS.
2011

DEDICATÓRIA

As mulheres de minha vida: Clarinda e Liliane

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus.

Aos que sempre foram membros da minha família. Em especial meus pais, Clarinda e Hugo, exemplos de garra e honestidade.

Aos que passaram a ser da minha família com o tempo e convivência. Em especial a Lilly e sua família.

Aos meus professores. Em especial ao meu orientador, Prof. Dr. Giancarlo Lastoria e ao Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho, cujo carinho e conselho, nas horas mais difíceis, jamais serão esquecidos.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, que permitiu dedicação exclusiva a este estudo. E também ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais que permitiu a pesquisa.

Aos colegas de turma e laboratório, em especial a Erika.

A todos, listados nominalmente aqui ou não devido à limitação de espaço, meu sincero: Muito Obrigado.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
SUMÁRIO	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	10
Mapeamento das Áreas de Preservação Permanentes de Hidrografia e Declividade como subsídio a Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. ÁREA DE ESTUDO	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3.1 MALHA HIDROGRÁFICA	17
3.2 APPS DE HIDROGRAFIA E DECLIVIDADE	18
3.3 APPS X USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE 1989 E 2005	21
4. RESULTADOS	21
4.1 MALHA HIDROGRÁFICA	21
4.2 MAPA DAS APPS DE HIDROGRAFIA, DECLIVIDADE E UCS.....	24
4.3 APPS X USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE 1989 E 2005	25
5. CONCLUSÃO.....	27
Agradecimentos	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
Vulnerabilidade Natural e Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Mato Grosso do Sul.....	30
1. INTRODUÇÃO.....	31
2. ÁREA DE ESTUDO	32
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	34
3.2 VULNERABILIDADE NATURAL E AMBIENTAL	46
4. RESULTADOS	53
4.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	53
4.2 VULNERABILIDADE NATURAL E AMBIENTAL.....	57
5. CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
CONCLUSÕES GERAIS	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	67
ANEXO A – Artigo publicado no SBSR 2009	68
ANEXO B – Normas para Publicação de Trabalhos da Revista Geociências/UNESP	76

LISTA DE FIGURAS

Figura I. 1 Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, uma das integrantes da Bacia do Rio Miranda.	16
Figura I. 2. Acesso rodoviário ao Município de Bonito, passando por Sidrolândia, Nioaque e Guia Lopes da Laguna em um percurso total de 290 km. No mesmo mapa é possível ver duas das principais rodovias federais que cortam o Estado de Mato Grosso do Sul, no sentido Leste – Oeste (BR 262) e Norte – Sul (BR 163).	17
Figura I. 3 <i>Buffers</i> (linhas em vermelho) de 50 metros para: as nascentes (a partir do ponto central da nascente); cursos d’água com largura menor do que 10 metros (a partir do eixo central do rio) e cursos d’água com largura maior de 10 metros (a partir das margens).	19
Figura I. 4. Divisor da BHRF (em vermelho) gerado a partir do MDE (Torres, 2006), destacando-se a hidrografia da região em azul.	20
Figura I. 5. Processo de obtenção das APPs de declividade, ou seja, áreas com inclinação superior a 45°.	20
Figura I. 6 Comparação entre a hidrografia fotointerpretada da imagem Landsat com a hidrografia correspondente a Carta Jardim da DSG (1966b).	22
Figura I. 7 Comparação entre a hidrografia fotointerpretada da imagem Landsat com a hidrografia correspondente as Cartas da DSG Rio Perdido e Jardim (1966c; b).	23
Figura I. 8. Mapa de APPs de Declividade e Hidrografia com as UCs da Bacia do Rio Formoso. O total das áreas representam 17% da bacia.	25
Figura I. 9. Mapa de uso e ocupação do solo de 1989 separando as áreas naturais e antropizadas nos limites de APPs de hidrografia e declividade.	26
Figura I. 10. Mapa de uso e ocupação do solo de 2005 separando as áreas naturais e antropizadas nos limites de APPs de hidrografia e declividade	27
Figura II. 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, uma das integrantes da Bacia do Rio Miranda.	32
Figura II. 2. Acesso rodoviário ao Município de Bonito, passando por Sidrolândia, Nioaque e Guia Lopes da Laguna em um percurso total de 290 Km. No mesmo mapa é possível ver duas das principais rodovias federais que cortam o Estado de Mato Grosso do Sul, no sentido Leste – Oeste (BR 262) e Norte – Sul (BR 163).	33
Figura II. 3. A esquerda é mostrada a imagem Landsat TM de 1989, com destaque ao quadrante nordeste sobre o qual esta o limite da Bacia do Rio Formoso, em amarelo. O mesmo vale para a imagem de 2005, à direita na figura.	34
Figura II. 4. Pontos de controle de campo efetuados em 2006 na Bacia do Rio Formoso, locados sobre a imagem Landsat de 2005.	35
Figura II. 5 Classe de Cobertura do Solo 1.1.2 – Padrão Urbano Descontínuo.	37
Figura II. 6 Classe de Cobertura do Solo 1.3.1 – Área de Extração Mineral.	38
Figura II. 7 Classe de Cobertura do Solo 2.1.1 – Áreas Agrícolas.	39
Figura II. 8 Classe de Cobertura do Solo 2.3.1 – Pastagens.	40
Figura II. 9 Classe de Cobertura do Solo 3.1.1 – Matas.	41
Figura II. 10 Classe de Cobertura do Solo 3.2.2 – Cerrado.	42
Figura II. 11 Classe de Cobertura do Solo 4.1.1 – Áreas Úmidas.	43
Figura II. 12 Classe de Cobertura do Solo 5.1.1 – Rios.	44
Figura II. 13 Classe de Cobertura do Solo 5.1.2 – Lagos.	45
Figura II. 14. Mapa Litológico com contatos atualizados.	47
Figura II. 15. Mapa de Geomorfologia, com contatos atualizados.	48
Figura II. 16. Mapa de Associação de Solos, com contatos atualizados.	48

Figura II. 17. Sequência de cruzamentos (dois a dois) das cartas para elaboração do Mapa de vulnerabilidade natural conforme técnica proposta por Grigio (2003) e Carrijo (2005).....	51
Figura II. 18. Cruzamentos das Cartas para elaboração do Mapa de vulnerabilidade ambiental.	53
Figura II. 19. Carta de cobertura do solo de 1989 da Bacia do Rio Formoso, com as classes de cobertura.	54
Figura II. 20. Distinção em porcentagem das diferentes classes para a Bacia do Rio Formoso para 1989.	54
Figura II. 21. Carta de cobertura do solo de 2005 da Bacia do Rio Formoso, com as classes de cobertura.	55
Figura II. 22. Distinção em porcentagem das diferentes classes para a Bacia do Rio Formoso para 2005.	55
Figura II. 23. Mapa final, após reclassificação da Vulnerabilidade Natural.....	57
Figura II. 24. Vulnerabilidade Ambiental da BHRF, enfoques conservacionistas e erosivo, para o ano de 1989.....	59
Figura II. 25. Vulnerabilidade Ambiental da BHRF, enfoques conservacionistas e erosivo, para o ano de 2005.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela II. 1. Classes de cobertura de solo do Projeto CORINE identificadas no mapeamento de cobertura na Bacia do Formoso.	36
Tabela II. 2. Valores de estabilidade de unidades de paisagem (Grigio, 2003).	49
Tabela II. 3. Pesos atribuídos pelo grau de vulnerabilidade das classes de cada Mapa temático, para a Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, MS.	50
Tabela II. 4. Pesos para o Uso e Ocupação do Solo, no enfoque conservacionista e erosivo.	52
Tabela II. 5. Rebanho Bovino no Município de Bonito – MS (IBGE, 2010)	56

RESUMO

TERUYA JUNIOR, H. (2010). *Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, MS*. Campo Grande, 2010. 75p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Hoje o sensoriamento remoto possibilita estudar a dinâmica socioambiental de grandes regiões, com custos relativamente baixos e alto grau de acerto, tornando-se uma ferramenta imprescindível para o diagnóstico ambiental de bacias. Com esta ferramenta foi possível elaborar, na Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Mato Grosso do Sul diversos mapas: Hidrografia na escala 1:50.000; Mapas das Áreas de Preservação Permanente de Hidrografia e de Declividade; Mapas de Uso e Ocupação do Solo de 1989 e de 2005; além dos Mapas de Vulnerabilidade Natural e Ambiental com dois diferentes enfoques. Os resultados obtidos mostram o decréscimo das áreas naturais e o aumento das antropizadas, inclusive dentro dos limites das APPs. Estas mudanças também foram associadas com o aumento da Vulnerabilidade Ambiental com enfoque erosivo. A evolução deste quadro é preocupante, principalmente para uma região dependente do turismo. Todos os produtos listados aqui são apresentados em dois artigos a serem encaminhados para revistas científicas, além de um resumo já publicado no Simpósio Brasileiro de Sensoriamento de 2009.

Palavras chaves: sensoriamento remoto, áreas de preservação permanente, vulnerabilidade

.

ABSTRACT

TERUYA JUNIOR, H. (2010). *Environmental Diagnosis of the Formoso River Hydrographic Basic, Mato Grosso do Sul*. Campo Grande, 2010. 75p. Dissertation (MSc) – Postgraduate Program in Environmental Technology, Federal University of Mato Grosso do Sul.

Nowadays the remote sensing allows studying the dynamic socio-environmental of larger regions, with relative low costs and high level of accuracy, becoming a unique tool to the environmental diagnosis of basins. With this tool it became possible the elaboration of several maps: Hydrograph on 1:50.000; Permanent Preservation Areas on Hydrograph and on Slope; Land use and occupation of 1989 and 2005; and also the Natural and Environmental Vulnerability Maps with two different approaches. The results achieved show the decreasing of the natural areas and the increasing of artificial areas, same inside the APPs areas. These changes also have been associated to the increasing of the environmental vulnerability with the erosive approach. The evolution of this situation is worrying mainly to a region dependent on the tourism. All the products listed here are presented as two papers to be submitted on scientific magazine and also an abstract accepted on the Brazilian Symposium of Remote Sensing in 2009.

Key-words: remote sensing, permanent preservation areas, vulnerability.

INTRODUÇÃO GERAL

A presente dissertação de mestrado, desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais (PGTA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), teve como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Formoso (BHRF), uma das bacias do Rio Miranda, contribuinte para o Pantanal, na qual está localizada em sua área central o Município de Bonito. Com reconhecida vocação turística, devido ao grande número de atrativos com beleza cênica que encantam turistas e moradores locais, Bonito tem no turismo sua maior fonte geradora de serviços e empregos.

Os trabalhos aqui apresentados foram desenvolvidos no contexto do Projeto Global Environment Facility (GEF) Rio Formoso. O GEF é uma organização financeira independente que realiza parcerias com governos, instituições internacionais, organizações não governamentais e o setor privado, visando abordagens ambientais em países subdesenvolvidos. O Projeto GEF Rio Formoso é fruto deste esforço, sendo criado para promover a gestão integrada dos instrumentos públicos, apoiando a implementação de atividades sustentáveis para reduzir a pressão sobre os recursos naturais, como os rios, matas ciliares, cerrado, entre outros.

Contribui com o valor ambiental da BHRF sua ligação com importantes Unidades de Conservação (UC), como o Parque Nacional da Serra da Bodoquena, o Monumento Natural do Rio Formoso, Gruta do Lago Azul (declarada pela Unesco como Patrimônio Natural da Humanidade), além de diversas Reservas Particulares do Patrimônio Nacional (RPPNs). Seu principal rio, que dá o nome à bacia, cobre uma área de drenagem de aproximadamente 136.000 hectares e faz parte do Complexo da Serra da Bodoquena.

Conduzir uma política ambiental na BHRF embasada em critérios técnicos acarreta benefícios ambientais e consequentemente econômicos à região. Para tal é importante que haja trabalhos que possam auxiliar os formuladores de políticas e os tomadores de decisões.

Com a motivação de auxiliar tal fim, fornecendo ferramentas para o diagnóstico ambiental da BHRF, esta dissertação lançou mão do sensoriamento remoto, uma técnica que a partir da década de 1970 possibilita o monitoramento da dinâmica ambiental de uma região, permitindo o acompanhamento da evolução dos processos antrópicos através de análises multitemporais.

O uso desta ferramenta com base na análise de imagens de satélites é um dos meios que se dispõe atualmente para acelerar e reduzir custos dos mapeamentos ambientais, bem como na detecção e quantificação das mudanças ocorridas nesse meio (Grigio, 2003). Em 2004 o uso das geotecnologias ganhou projeção na mídia internacional quando a conceituada

revista Nature (Gewin, 2004) afirmou serem, junto com as nanotecnologias e biotecnologias, umas das três áreas do conhecimento humano que mais cresciam. Desde então, o que se viu foi apenas a confirmação e intensificação desta tendência no uso das geotecnologias (Paranhos Filho et al., 2008).

Esta dissertação é apresentada em dois artigos completos, que serão enviados para revistas científicas da área de geociências e um resumo já publicado no Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) de 2009.

O primeiro artigo completo contribui a BHRF com informações sobre a situação das suas Áreas de Preservação Permanente (APPs) de hidrografia e de declividade. Para a geração da primeira foi fotointerpretada uma imagem da banda pancromática Landsat ETM possibilitando criar a rede hidrográfica na escala 1:50.000. Já para as APPs de declividade utilizou-se um Modelo Digital de Elevação (MDE), da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Uma vez delimitadas as APPs de hidrografia e de declividade houve o cruzamento destas com as informações de uso e ocupação do solo da BHRF, dos anos de 1989 e 2005, para verificar a quantidade de áreas naturais e antropizadas presentes nestes limites protegidos.

Já o segundo artigo efetuou a classificação e comparação da cobertura do solo nos anos de 1989 – 2005, juntamente com a elaboração de Mapas de vulnerabilidade natural e ambiental, também para os anos de 1989 e 2005.

Para chegar a estes produtos, lançou-se mão, em ambiente computacional, da técnica de álgebra de mapas, termo cunhado pela primeira vez por Dama Tomlin em 1983 como procedimentos em análise espacial para produzir novos dados a partir da manipulação de um ou mais mapas (Carrijo, 2005). Moreira et al. (2001) explicam que a álgebra de mapas é a combinação lógica de mapas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e equivale à sobreposição de *overlayers* em uma mesa de luz, um método convencional utilizado por geólogos. Valores numéricos são atribuídos para fatores bióticos e/ou abióticos presentes nos mapas, sendo associados posteriormente.

Carrijo (2005), Grigio (2006), Costa et al. (2006), Furlan et al. (2010), entre outros, têm utilizado em seus trabalhos a álgebra de mapas para identificar locais vulneráveis. Vulnerável é um adjetivo que qualifica um sujeito que pode vir a ser prejudicado (Houaiss, 2004) e dá origem ao termo abstrato vulnerabilidade. Cutter (1996) identificou 18 definições diferentes para vulnerabilidade, sendo frequentes em trabalhos de modelagem espacial da reação do ambiente a pressões (antrópicas e/ou naturais) o tratamento a vulnerabilidade, sensibilidade ou ainda fragilidade como sinônimos (Grigio, 2006).

Deixando de lado discussões etimológicas, o conceito de Vulnerabilidade Ambiental adotado por esse trabalho é o definido por Tagliani (2003) como “a maior ou a menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer”.

Na construção dos Mapas de vulnerabilidade utilizaram-se Cartas de Geologia, Geomorfologia e Associação de Solos do projeto RADAMBRASIL (Radambrasil, 1982) além das informações de Uso e Ocupação do Solo, fotointerpretadas de imagens Landsat, sensor TM, de 1989 e 2005. Esta informação, um capítulo do segundo artigo, deu origem ao pôster publicado no SBSR de 2009.

Para efeito de comparação, dois enfoques distintos foram aplicados para as cartas de vulnerabilidade ambiental, 1989 e 2005, denominados aqui como: erosivo e conservacionista. No final do segundo artigo é apresentada a comparação dos dois enfoques na BHRF.

As formatações dos artigos seguiram as normas de 2011 da Revista de Geociências da UNESP, conforme anexo.

Mapeamento das Áreas de Preservação Permanentes de Hidrografia e Declividade como subsídio a Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso.

Hugo TERUYA JUNIOR¹; Giancarlo LASTORIA¹; Antonio Conceição PARANHOS FILHO¹

¹Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campus Universitário, s/n, Campo Grande/MS – Brasil.
teruyajunior@gmail.com; lastoria@nin.ufms.br; antonio.paranhos@pq.cnpq.br.

Introdução
Área de Estudo
Materiais e Métodos
Malha Hidrográfica
APPs de Hidrografia e Declividade
APPs X Uso e Ocupação do Solo de 1989 e 2005
Resultados
Malha Hidrográfica
Mapa das APPs de Hidrografia, Declividade e UCs
APPs X Uso e Ocupação do Solo de 1989 e 2005
Conclusão
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – A Bacia Hidrografia do Rio Formoso possui alto apelo turístico, especialmente o Município de Bonito/MS que tem nas águas límpidas dos seus rios seu maior ativo turístico. Para preservar este recurso natural - relevante para a realidade socioeconômica da região - é preciso identificar suas Áreas de Preservação Permanente e avaliar sua qualidade. Estas áreas são importantes para a manutenção ambiental do local, evitando o assoreamento, a turbidez, a perda de vazão, entre outros; preservando minimamente as características físicas, químicas e biológicas dos cursos d'água. Este trabalho fez uso das geotecnologias para identificar as APPs de hidrografia e declividade da BHRF, produzindo uma carta hidrográfica na escala 1:50.000 e as APPs de declividade determinadas em um Modelo Digital de Elevação pós-processado da SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Uma vez identificadas estas áreas pôde ser constatado, por meio do cruzamento com informações de Uso e Ocupação do Solo de 1985 e 2005, uma perda de 10% das áreas naturais nas faixas de APPs neste período.

Palavras Chaves: áreas de preservação permanente, Sensoriamento Remoto, Bonito, Rio Formoso.

ABSTRACT – *Mapping of Areas of Permanente Preservation of Hydrograph and of slope as subsidies to Formoso River Basin Managent.* The Hydrographic Basin of Formoso River has a high potential to touristic activities, especially in Bonito Municipality which has in its crystal clear waters one of its most important touristic active. Aiming the preservation of this natural resource, relevant to the socio-economy of the region, it is necessary identify its areas of permanent preservation (APP) and evaluate its quality. These areas are important to the local environment, avoiding sedimentation in the rivers bodies, turbidity, flow loss, among others problems. Preserving the minimal characteristics physical, chemicals and biological of the water bodies. This work has used geotechnologies to identify the APP of hydrograph over BHRF, using a 1:50.000 hydrographic sheet produced on this work, and also the APP of slope determined in digital elevation model post-processed form SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Once the APP were identified the result has been confronted to the land use of 1985 and 2005, it became possible to determine a loss of 10% of natural areas in the APPs in this period.

Keywords: areas of permanent preservation, remote sensing, Bonito, Formoso River.

1. INTRODUÇÃO

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são definidas pelo Código Florestal como forma de limitação para proteção de um bem de interesse comum ao País, conceituadas como áreas protegidas, independentemente do tipo de vegetação, de acordo com termos específicos que visem de forma geral à preservação dos recursos ambientais além de assegurar o bem-estar humano (Brasil, 1965).

Estas áreas são de vital importância para a manutenção ecológica em diferentes escalas, pois protegem os mananciais, minimizam o impacto do carreamento de sedimentos, interceptam e absorvem parte da radiação solar, entre outras ações benéficas para preservar as características físicas, químicas e biológicas do local. Alcança maior benefício ainda a sua integração como parte de corredores de vegetação, objetivando auxiliar no fluxo da fauna e na maior dispersão da flora de forma geral.

Por isso é importante identificar a localização e a qualidade dessas áreas, além de meios para o monitoramento de forma rápida. Segundo Ribeiro et al. (2005) é justamente a falta dessa demarcação, principalmente em caráter oficial, que impede o veto de pronto de licenciamentos ambientais indevidos.

Neste ponto, o uso de geotecnologias pode e deve contribuir como o meio de melhor custo/benefício, considerando eficiência, confiabilidade e baixo custo (Paranhos Filho et al., 2008). Já em 2004 o avanço dessas ferramentas ganhou grande destaque na mídia internacional quando a conceituada revista Nature (Gewin, 2004) afirmou que o grupo formado pelas geotecnologias, nanotecnologias e biotecnologias eram as três áreas do conhecimento que mais cresciam. Desde então, o que se viu foi apenas a confirmação e intensificação desta tendência no uso das geotecnologias (Paranhos Filho et al., 2008).

O presente trabalho lançou mão das geotecnologias com o objetivo de identificar as Áreas de Preservação Permanente de hidrografia e de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio

Formoso (BHRF). Posteriormente houve o cruzamento destes limites com o uso e ocupação do solo de 1989 e 2005, verificando assim a quantidade das APPs da Bacia.

Além dos aspectos socioambientais do turismo, especialmente no Município de Bonito (MS), corrobora também com a importância ambiental da BHRF sua ligação com importantes Unidades de Conservação e pontos turísticos, como o Parque Nacional da Serra da Bodoquena, o Monumento Natural do Rio Formoso, Gruta do Lago Azul (declarada pela Unesco como Patrimônio Natural da Humanidade), além de diversas Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs).

2. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, localizada entre as coordenadas, UTM Fuso 21, *datum* Córrego Alegre, 525.160/582.040E e 7.686.435/7.629.790N, é contribuinte para a região da Planície Pantaneira e está inserida na Bacia do Rio Miranda (figura I.1), componente da Bacia do Alto Paraguai.

Localizada na parte central da BHRF encontra-se a sede administrativa do Município de Bonito, de assumida vocação turística com belezas naturais já divulgadas há muito pelos meios de comunicação até mesmo internacionalmente.

O acesso rodoviário à cidade, partindo de Campo Grande, pode ser feito pela BR-060, passando pelos Municípios de Sidrolândia, Nioaque até chegar a Guia Lopes da Laguna, em um percurso de 230 km. Depois, outros 60 km pela MS 382 até Bonito (figura I.2). Na soma dos dois trechos percorre-se um total de 290 km por esse caminho.

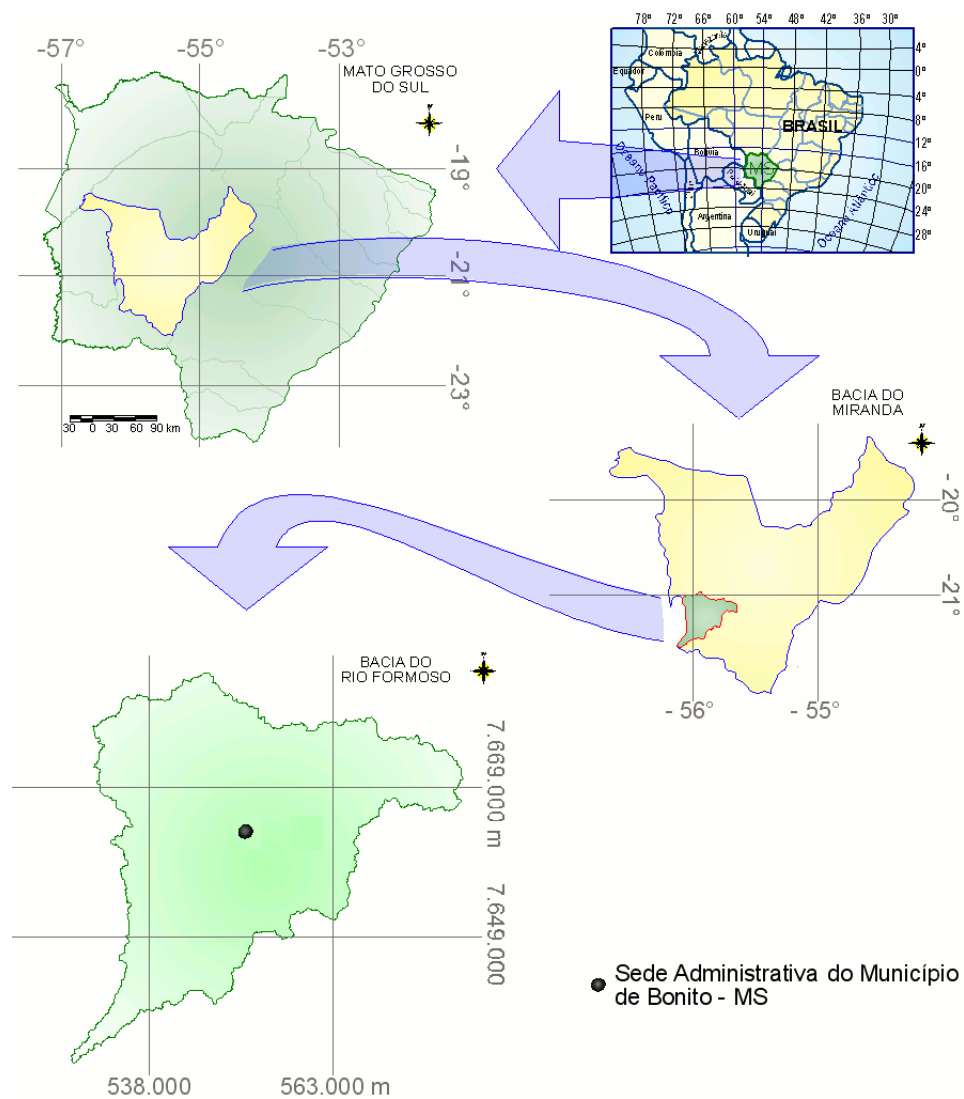


Figura I. 1 Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, uma das integrantes da Bacia do Rio Miranda.



Figura I. 2. Acesso rodoviário ao Município de Bonito, passando por Sidrolândia, Nioaque e Guia Lopes da Laguna em um percurso total de 290 km. No mesmo mapa é possível ver duas das principais rodovias federais que cortam o Estado de Mato Grosso do Sul, no sentido Leste – Oeste (BR 262) e Norte – Sul (BR 163).

A BHRF possui um sistema hidrológico com rios subterrâneos, sumidouros e ressurgências (GEF, 2007). Situada em terreno cárstico, possui relevo levemente ondulado a exceção do limite oeste, definido pela Serra da Bodoquena (Torres et al., 2006), feição geomorfológica de destaque no Mato Grosso do Sul não só pela altitude de até 800 metros, mas também pela extensão de 200km no eixo N-S (Sallum Filho et al., 2004).

O resultado pode ser contemplado pelo grande número de atrativos turísticos, com beleza cênica que encantam turistas e move a economia local. Seu principal rio, que dá o nome à bacia, cobre uma área de drenagem de aproximadamente 136.000 hectares.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MALHA HIDROGRÁFICA

Para fotointerpretação da hidrografia, optou-se pela banda pancromática do satélite Landsat ETM+, cena 225/076 do ano de 2001, por sua resolução espacial de 15 metros. Esta imagem foi inserida no Mapublisher (Avenza, 2001), um *plugin* do aplicativo Macromedia

Freehand (Macromedia, 2000), para a vetorização georreferenciada da hidrografia, conservando seus atributos espaciais.

A extração da hidrografia foi manual baseada na imagem pancromática, utilizando-se de modo acessório uma imagem Landsat TM em composição falsa-cor. Também foram inseridas, no mesmo arquivo, as cartas topográficas da DSG: Aldeia Lalima (SF 21-X-A-V), Jardim (SF 21-X-C-II), Rio Perdido (SF 21-X-C-I) e Vila Campão (SF 21-X-A-IV) (DSG, 1966a; b; c; d), para comparação das hidrografias.

Considerando o Padrão de Exatidão Cartográfico (Brasil, 1984), para cartas Classe “A”, bem como a resolução espacial de 15 metros da imagem pancromática Landsat ETM+, pode-se enquadrar a rede hidrográfica fotointerpretada da imagem na escala 1:50.000, uma vez que o erro do georreferenciamento foi no máximo de 1 pixel.

3.2 APPS DE HIDROGRAFIA E DECLIVIDADE

Para o Mapa de APPs de Hidrografia foram observados o Código Florestal (Brasil, 1965), com um raio mínimo de 50 metros para as nascentes, e a Lei Orgânica do Município de Bonito (Bonito, 2000), especificamente no seu artigo 179, que determina uma largura mínima de vegetação de 50 metros para qualquer rio ou manancial no Município.

A rede hidrográfica, em formato vetorial, foi inserida no módulo Focus (PCI, 2003), para a geração dos *buffers*. Primeiro para as nascentes, sendo 50 metros a partir de um ponto. Para os rios houve duas situações distintas. Para a maioria, devido à largura, todo o rio pôde representado por um único vetor, sendo então o *buffer* de 50 metros gerado a partir do eixo central ao longo de toda a extensão. No entanto, para o rio principal, com largura maior que 10 metros, foram necessários dois vetores representando, cada um, uma das margens. Nesta última situação o *buffer* de 50 metros foi gerado a partir de cada vetor de margem (figura I.3).

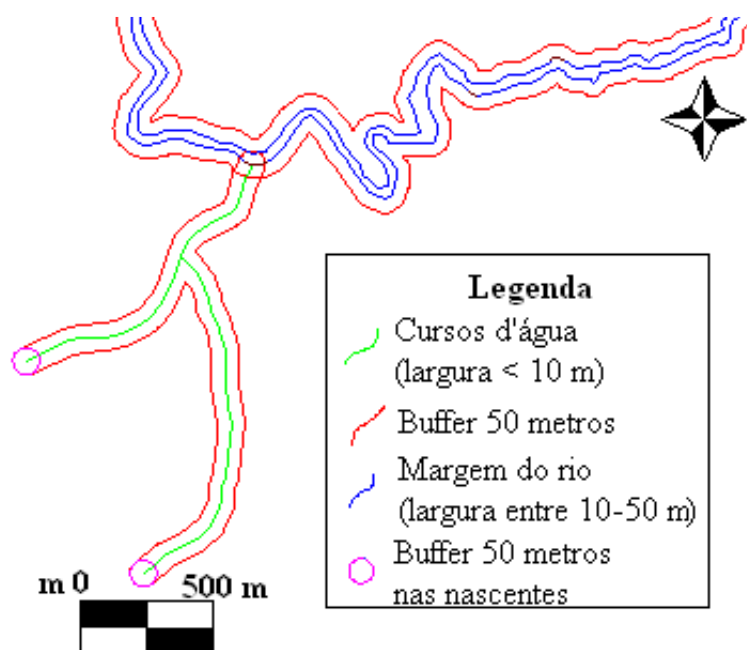


Figura I. 3 *Buffers* (linhas em vermelho) de 50 metros para: as nascentes (a partir do ponto central da nascente); cursos d'água com largura menor do que 10 metros (a partir do eixo central do rio) e cursos d'água com largura maior de 10 metros (a partir das margens).

Para o Mapa de APPs de declividade foi observado o Código Florestal (Brasil, 1965), identificando áreas com declividade superior a 45° ou 100%. Para isso utilizou-se dados de declividade derivados do modelo digital de elevação (MDE) da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) versão 1 do ano de 2000, com as devidas correções. A confiabilidade dos dados altimétricos deste modelo foi confirmada por Higa et al. (2006) na comparação da altimetria do SRTM com os dados da rede GPS (Global Positioning System) na Bacia do Alto Paraguai, Mato Grosso do Sul.

O MDE da SRTM utilizado foi obtido do Relatório Final da subatividade 1.1.1 - item 2 – do Projeto GEF Formoso (Torres, 2006). No projeto de 2006 o MDE foi corrigido, para eliminação de possíveis picos/sumidores e pós-processado de 90 para 30 metros. A figura I.4 mostra o divisor da bacia (em vermelho) e o MDE (Torres, 2006).

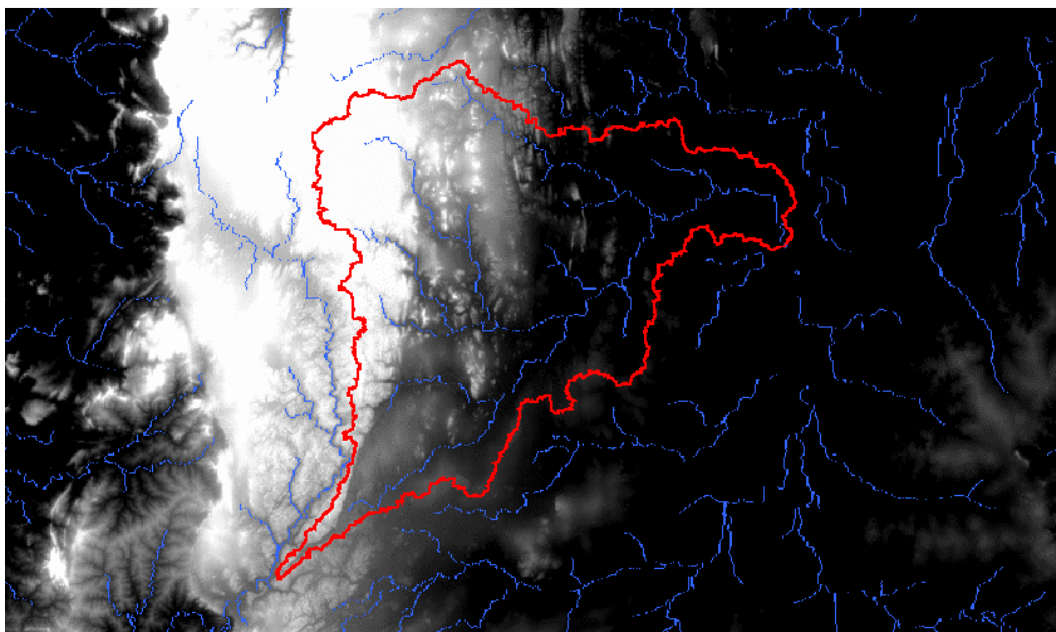


Figura I. 4. Divisor da BHRF (em vermelho) gerado a partir do MDE (Torres, 2006), destacando-se a hidrografia da região em azul.

A Carta de Declividade foi gerada inserindo o MDE SRTM corrigido por Torres (2006) no módulo Modeler (PCI, 2003), onde se empregou um algoritmo para a geração dos vetores a partir dos dados de declividade, selecionando os polígonos e arcos com valor de declividade igual ou superior a 45 graus. A figura I.5 esquematiza este processamento até o produto final.

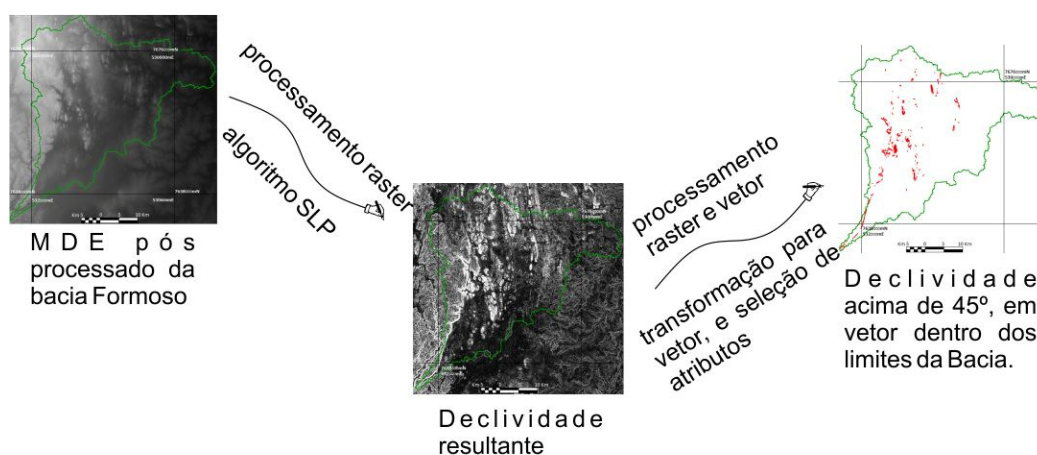


Figura I. 5. Processo de obtenção das APPs de declividade, ou seja, áreas com inclinação superior a 45°.

Por fim, houve a união dos polígonos de hidrografia, declividade e ainda com as Unidades de Conservação (UCs) presentes na área, disponibilizadas no âmbito do projeto GEF Rio Formoso. Na união, tomou-se o cuidado de evitar sobreposições de áreas no arquivo final.

3.3 APPS X USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE 1989 E 2005

Com o arquivo vetorial das APPs de hidrografia e declividade foi realizado o cruzamento com os Mapas, em formato *raster*, de Uso e Ocupação do Solo dos anos de 1989 e 2005. Estes são derivados de imagens Landsat TM, classificadas com as chaves de interpretação de Paranhos Filho et al. (2006), adaptadas e validadas para a BHRF por meio do controle de campo.

O corte das imagens pelo vetor das APPs, em formato *shape*, foi realizado no aplicativo Erdas Imagine 8.4 (Erdas, 1999) através da ferramenta *subset image* que requer, previamente, a conversão do arquivo vetorial para a extensão AOI (*Area Of Interest*). A resultante deste corte são imagens *raster* com o uso e ocupação do solo de 1989 e 2005, presentes nas áreas de APP de hidrografia e declividade da Bacia do Rio Formoso.

4. RESULTADOS

4.1 MALHA HIDROGRÁFICA

A comparação dos vetores de hidrografia das cartas topográficas da DSG, na escala 1:100.000, com os vetores derivados das imagens Landsat ETM+ (Landsat, 2001) constatou que estes últimos possuem um traçados mais acurado da rede hidrográfica, em função de sua escala maior. Porém, em determinados locais foi possível atualizar inconsistências no traçado dos rios e até mesmo a inclusão de trechos e nascentes inexistentes nas cartas 1:100.000.

Entre os pontos de incongruências observados na bacia são apresentados quatro exemplos. Na figura I.6 é possível verificar a ausência de afluentes e nascentes na hidrografia em azul, correspondente a Carta Jardim (DSG, 1966b), com relação a hidrografia fotointerpretada da banda pancromática Landsat, em vermelho. Para esta comparação, além da carta do DSG, também é utilizada uma composição falsa cor da imagem Landsat TM (Landsat, 2005), facilitando a identificação da vegetação ripária. Já a figura I.7 apresenta outros dois pontos onde é possível verificar um deslocamento ao longo do curso do rio em ambos os pontos.

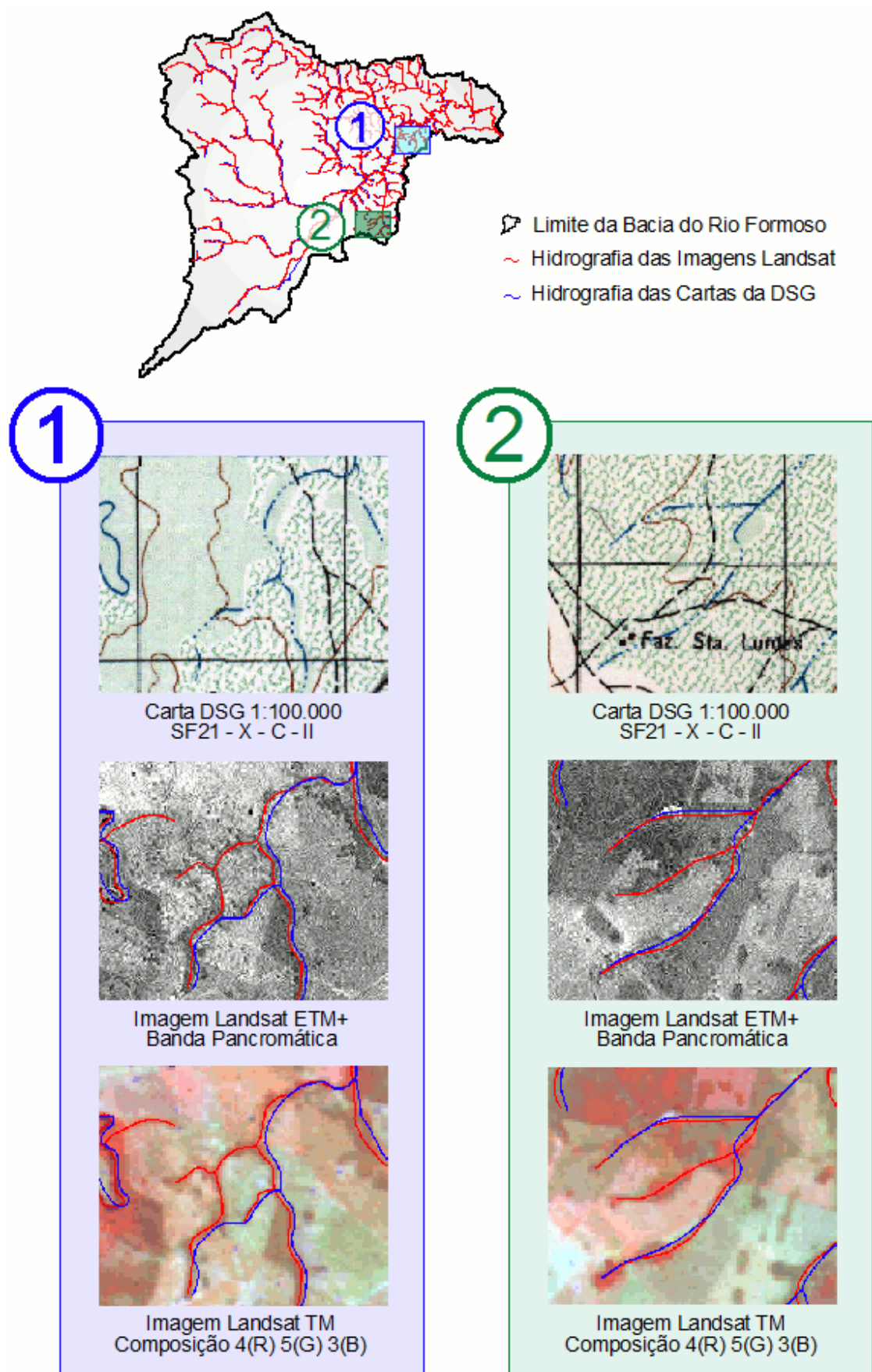


Figura I. 6 Comparação entre a hidrografia fotointerpretada da imagem Landsat com a hidrografia correspondente a Carta Jardim da DSG (1966b).

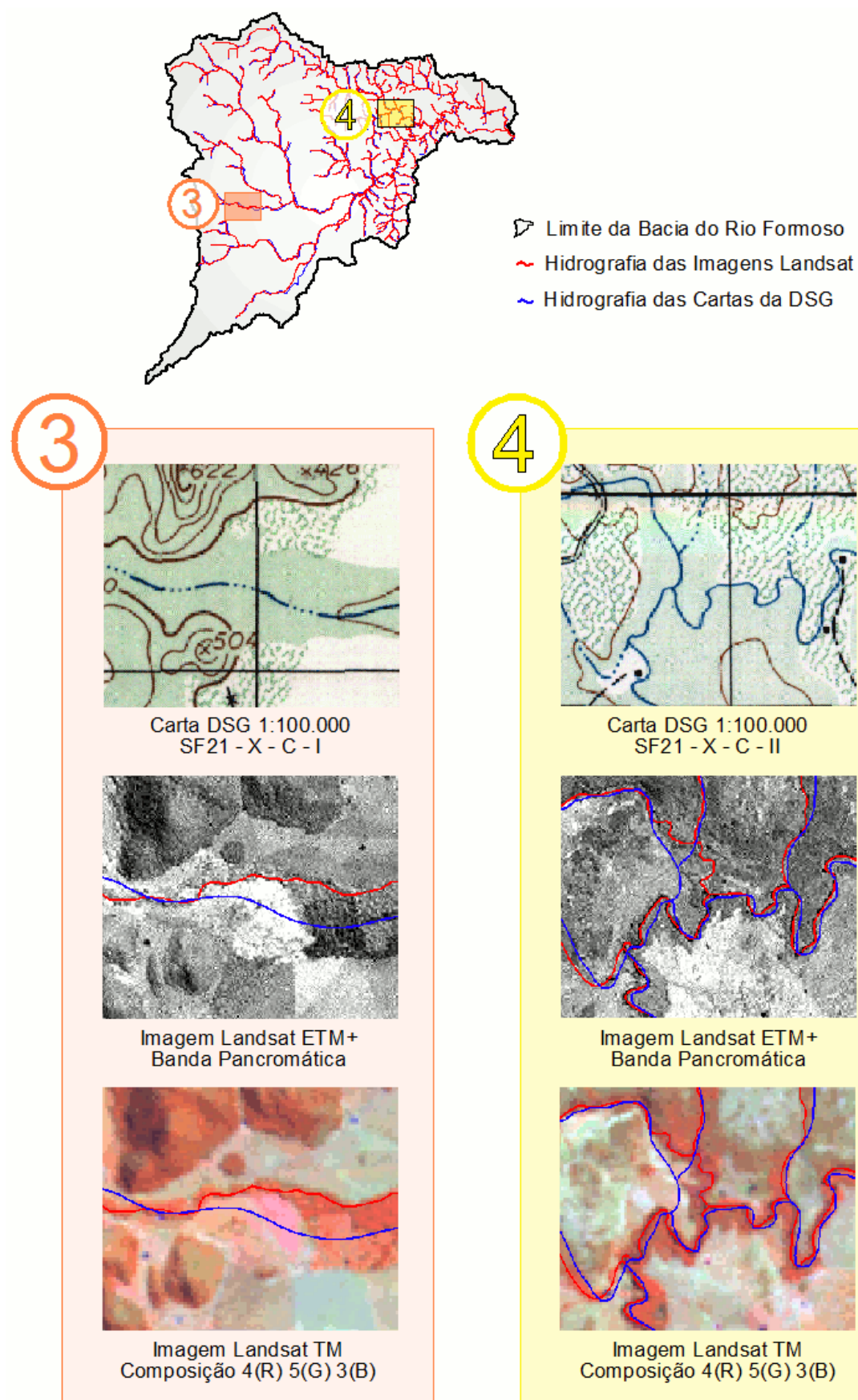


Figura I. 7 Comparação entre a hidrografia fotointerpretada da imagem Landsat com a hidrografia correspondente as Cartas da DSG Rio Perdido e Jardim (1966c; b).

4.2 MAPA DAS APPS DE HIDROGRAFIA, DECLIVIDADE E UCS

A área ocupada unicamente pelas APPs de hidrografia na BHRF totalizou 6.693,0 hectares (5% do total da bacia). Uma área relativamente pequena, mas vital para a preservação do ativo turístico que deu fama internacional a cidade de Bonito: a limpidez das águas. Uma vez que as APPs de hidrografia não sejam respeitadas, perde-se a barreira natural que impede o carreamento de sedimentos para os rios, trazendo como consequência, além do assoreamento, a turbidez das águas.

Já as Áreas de Preservação Permanente de declividade da Bacia do Rio Formoso estão preponderantemente na porção Oeste da bacia, aonde é possível identificar os traços do contorno leste do Parque Nacional da Serra da Bodoquena. A bacia não possui grandes áreas com declividade igual ou superior a 45 graus, resultando em um total de 1.335,9 hectares (1% da área total da BHRF).

Por fim, a união das Áreas de Proteção Permanente de hidrografia e declividade totalizou 8.052,4 hectares (6% da BHRF). Somente os limites das Unidades de Conservação da Bacia, disponibilizados no âmbito do Projeto GEF Rio Formoso, possuem 15.518,5 hectares, perfazendo 12% do total da BHRF. A soma total, do Mapa de APPs de hidrografia e de declividade com as UCs resulta em 23.570,9 hectares, ou seja, 17% da Bacia (figura 1.10).

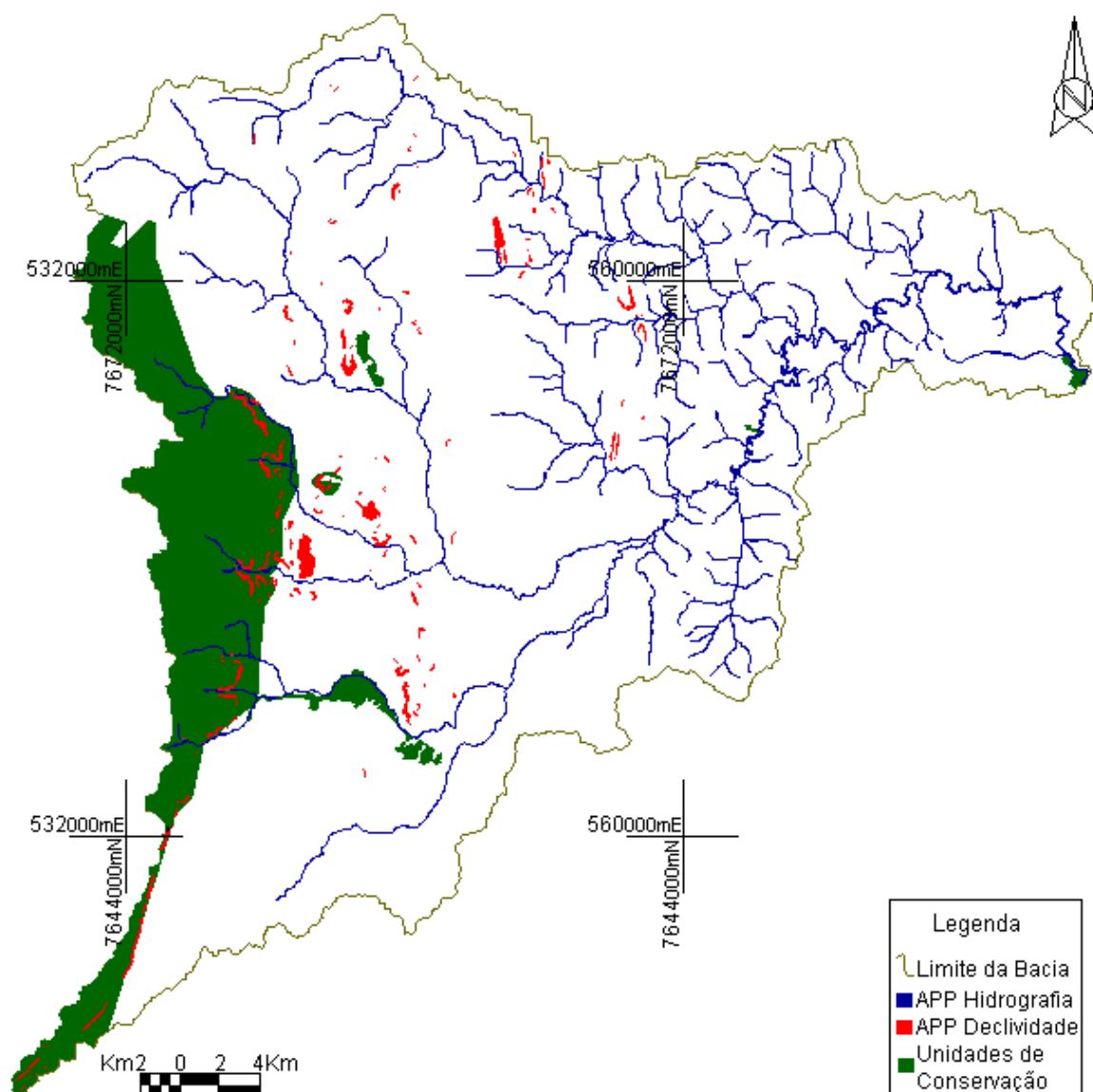


Figura I. 8. Mapa de APPs de Declividade e Hidrografia com as UCs da Bacia do Rio Formoso. O total das áreas representam 17% da bacia.

4.3 APPS X USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE 1989 E 2005

O cruzamento dos vetores das APPs de hidrografia e declividade com o uso e ocupação do solo de 1989 e 2005 produziram, respectivamente, os Mapas das figuras I.11 e I.12. Consideraram-se como áreas naturais, em ambos os Mapas, classes de uso e ocupação composta por matas, Cerrado, corpos d'água e áreas úmidas. Como antropizado, foi considerada área urbana, agricultura e pastagens. Em 2005 as somas destas áreas perfaziam 22,0 %; 10,2% a mais do que em 1989.

O aumento do rebanho bovino no Município de Bonito de 1985 a 2005, quando saltou de 237.679 para 382.330 cabeças (IBGE, 2010), pode ser um dos fatores de pressão nas áreas naturais. O aumento da demanda por áreas de pastagens poderia ocasionar, em determinados locais, avanço sobre as áreas de APP de Hidrografia.

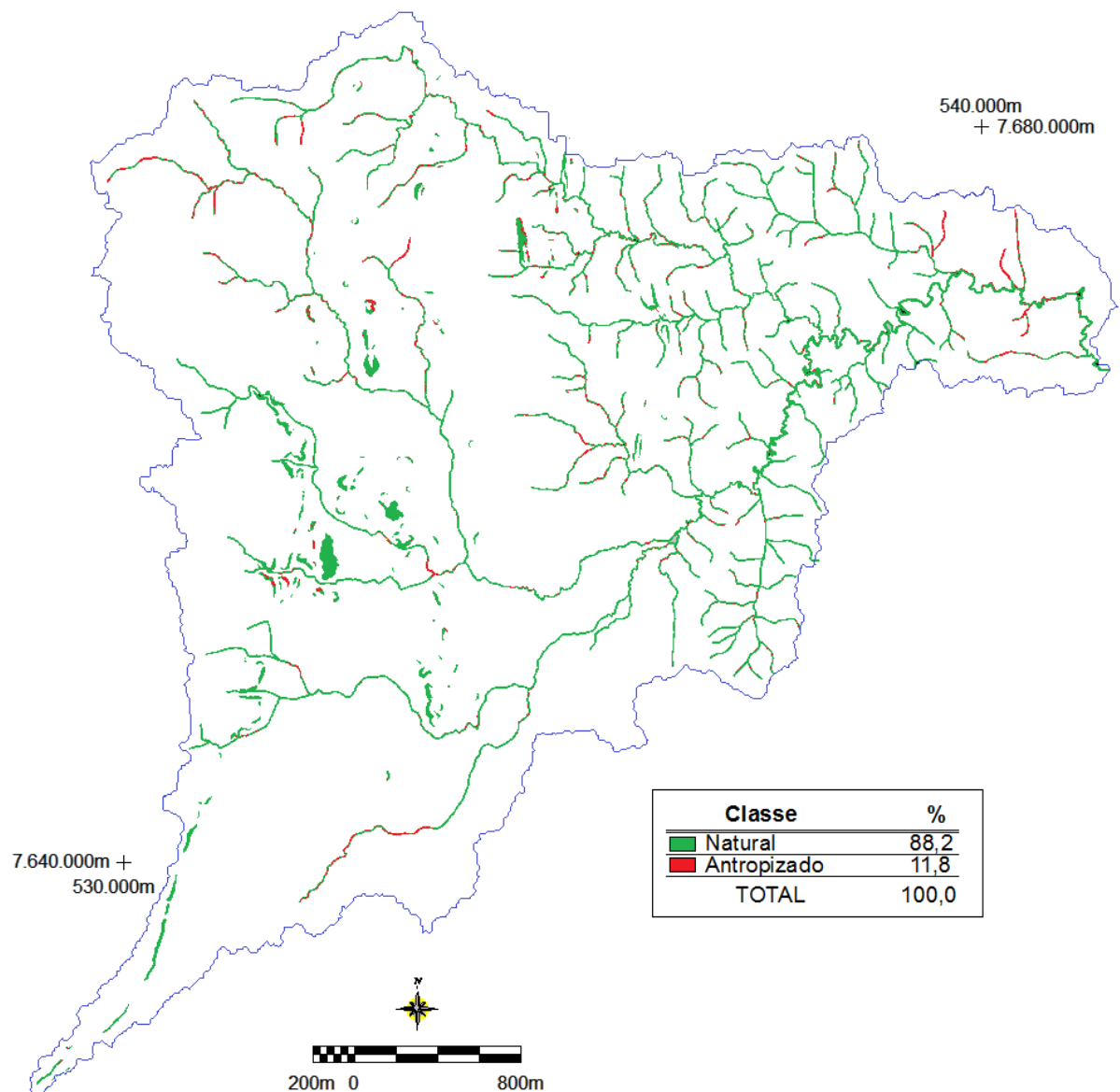


Figura I. 9. Mapa de uso e ocupação do solo de 1989 separando as áreas naturais e antropizadas nos limites de APPs de hidrografia e declividade.

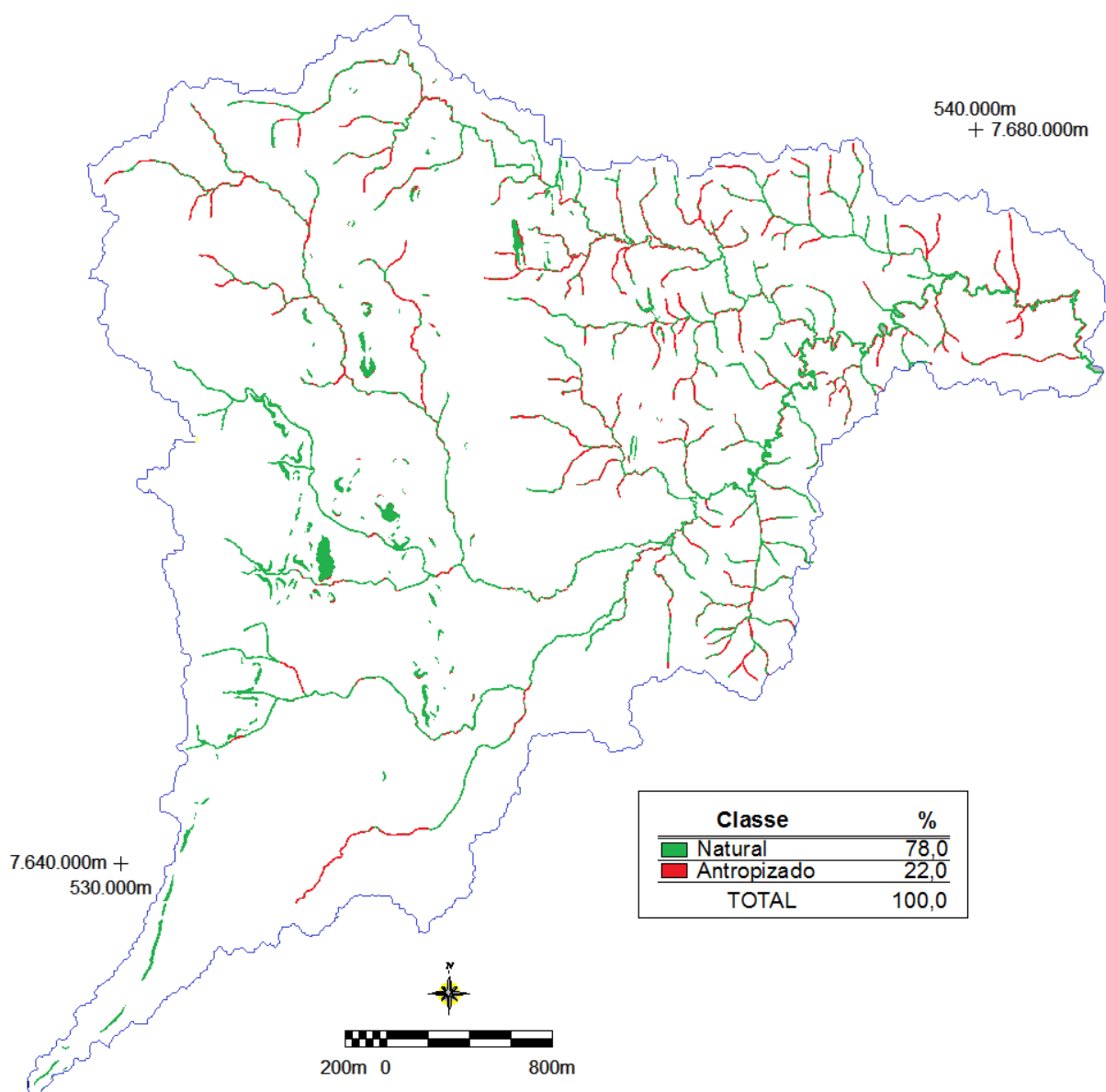


Figura I. 10. Mapa de uso e ocupação do solo de 2005 separando as áreas naturais e antropizadas nos limites de APPs de hidrografia e declividade

5. CONCLUSÃO

As Áreas de Preservação Permanente contribuem decisivamente para a manutenção do meio ambiente, preservando as encostas, cursos d'água e nascentes das interferências antrópicas entre outros. O mapeamento destas áreas é importante para a manutenção dos ambientes naturais.

O uso de geotecnologias mostrou-se eficiente em todas as etapas do trabalho, desde a fotointerpretação da hidrografia na imagem Landsat - culminando na determinação da rede hidrográfica na escala 1:50.000 - quanto no cruzamento da APP de Hidrografia com os mapas

de Uso e Ocupação do Solo dos anos de 1989 e 2005. Dessa forma têm-se informações relevantes que podem ser aproveitadas para ações de planejamento e fiscalização da área.

Considerando o caráter turístico que as águas de Bonito, podem-se considerar preocupante a diminuição das áreas naturais nas faixas de APP. A diminuição desta faixa natural pode causar sérios problemas aos corpos d'água, como assoreamento e turbidez das águas, observadas em trabalhos de campo que começaram há mais de 2 anos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de estudos concedida e ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais.

O autor agradece a Airton José Silva Garcez (IDATERRA – Bonito), Alessandro Copatti (SEMAC – IMASUL), Ivan Salzo (IBAMA – Bonito) e Thais Gisele Torres (NUGEO MP – MS), pelo apoio prestado no levantamento de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVENZA SYSTEMS Inc. MaPublisher version 4.0, Avenza Systems Inc. USA. 2000/2001. 1CDROM.
- BRASIL. Decreto nº. 89.817, de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. 1984.
- BRASIL. Lei Federal nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. 1965.
- BONITO. Lei Orgânica do Município de Bonito, de 15 de setembro de 2000, Mato Grosso do Sul. 2000
- DSG - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta Aldeia La Lima, Folha SF.21-X-A-V, Escala 1:100.000. Ministério do Exército - Região Centro-Oeste do Brasil - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta. 1966a.
- DSG - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta Jardim, Folha SF.21-X-C-II, Escala 1:100.000. Ministério do Exército - Região Centro-Oeste do Brasil - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta. 1966b.
- DSG - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta Rio Perdido, Folha SF.21-X-C-I, Escala 1:100.000. Ministério do Exército - Região Centro-Oeste do Brasil - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta. 1966c.
- DSG - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta Vila Campão, Folha SF.21-X-A-IV, Escala 1:100.000. Ministério do Exército - Região Centro-Oeste do Brasil - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta. 1966d.
- ERDAS. Inc. Erdas Imagine version 8.4, Erdas Inc Atlanta – Geórgia. 1999. 1CDROM.
- GEF – Global Environment Facility. Rio Formoso. Disponível em <http://www.gefrioformoso.org.br>. Acessado em 30nov2007.

GEWIN, V. Scientists who can combine geographic information systems with satellite data are in demand in a variety of disciplines. *Revista Nature*, v. 427, p. 376-377, janeiro de 2004. Disponível em www.nature.com/nature. Acessado em 08out2006. 2004.

HIGA, L. T.; PARANHOS FILHO, A. C.; TORRES, T.G. Avaliação da precisão vertical do modelo SRTM para a bacia do rio Paraguai, no Estado de Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1, 2006, Campo Grande/MS. Resumos Expandidos... Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2006, p. 834-840.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Efetivo dos rebanhos bovinos (cabeças), Município de Bonito/MS, Período de 1985 a 2005. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acessado em: 01jun2010

LANDSAT. Imagem de satélite, sensor TM. Canais 1,2,3,4,5 e 7. Órbita/Ponto: 226/075. 2005.

LANDSAT. Imagem de satélite, sensor ETM+. Canais 1,2,3,4,5 e 7. Órbita/Ponto: 226/075. 2001.

MACROMEDIA. Inc. FreeHand version 9, Macromedia Inc. San Francisco – California. January 2000. 1 CD ROM.

PARANHOS FILHO A.C.; LASTORIA, G.; TORRES, T.G. (Coordenadores). Sensoriamento Remoto Aplicado: introdução as geotecnologias. Editora UFMS, 198p., 2008.

PARANHOS FILHO, A.C.; GAMARRA, R.M.; PAGOTTO, T.C.S.; FERREIRA, T.daS.; TORRES, T.G.; MATOS FILHO, H.J.S.de. Sensoriamento Remoto do Complexo Aporé-Sucuriú. In: PAGOTTO, T.C.S & SOUZA, P.R.de (Organizadores), Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú: subsídios à conservação e ao manejo do Cerrado: área prioritária 316-Jauru. Campo Grande/MS, Ed. UFMS, 308p., 2006.

PCI Geomatics. Geomatica Versão 9.1 for Windows. Ontário, Canadá. 2003. 1 CD-ROM.

RIBEIRO C.A.A.S.; SOARES V.P.; OLIVEIRA A.M.S.; GLERIANI M.J. O Desafio da Delimitação de Áreas de Preservação Permanente. *Revista Árvore*, v. 29, n. 2, p. 203-212, 2005.

SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I. & BOGGIANI, P.C. Paisagens Cársticas da Serra da Bodoquena, MS. In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.; DAL RÉ CARNEIRO, C. & BRITO-NEVES, B.B. (Organizadores). *Geologia do Continente Sul-Americano*, 1, São Paulo: Beca, p. 423-433, 2004.

TORRES, T.G.; PARANHOS FILHO, A.C.; TERUYA JUNIOR, H.; CORREA, L.C.; GARCEZ, A.J.S.; COPATTI, A. Utilização dos dados SRTM na geração dos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso (Bonito, MS). In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1, 2006, Campo Grande/MS. Resumos Expandidos... Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2006, p. 145-154.

TORRES T.G. Relatório Final Subatividade 1.1.1 – item 2 – Geração dos Limites da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso e das Sub-Bacias do Córrego Anhumas e Rio Mimoso (Bonito/MS)., p. 25, 2006.

Vulnerabilidade Natural e Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Mato Grosso do Sul.

Hugo TERUYA JUNIOR¹; Giancarlo LASTORIA¹; Antonio Conceição PARANHOS FILHO¹.

¹Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campus Universitário, s/n, Campo Grande/MS – Brasil.

teruyajunior@gmail.com; lastoria@nin.ufms.br; antonio.paranhos@pq.cnpq.br

Introdução
Área de Estudo
Material e Métodos
 Uso e Ocupação do Solo
 Vulnerabilidade Natural e Ambiental
Resultados e Discussão
 Uso e Ocupação do Solo
 Vulnerabilidade Natural e Ambiental
Conclusão
Referências Bibliográficas

RESUMO: A evolução das técnicas de sensoriamento remoto possibilitou analisar grandes regiões com custos relativamente baixos e alto grau de confiabilidade. Essa ferramenta foi aplicada na Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Mato Grosso do Sul, com a elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo dos anos de 1989 e 2005. Neste período constatou-se principalmente um aumento das áreas destinadas à agropecuária e o declínio do cerrado. De posse dos Mapas de Uso e Ocupação do Solo foi possível, juntamente com outras informações da área (geologia, geomorfologia e associação de solos), elaborar Mapas de Vulnerabilidade Natural e Ambiental dos anos de 1989 e 2005 com dois diferentes enfoques, definidos aqui como conservacionista e erosivo. Embora não se possa dizer qual enfoque é genericamente mais adequado para os estudos ambientais, pode-se constatar que o enfoque erosivo se mostrou consoante com as alterações de uso e ocupação do solo, relacionando de forma direta o crescimento das áreas desmatadas com o aumento da vulnerabilidade, melhor traduzindo assim as preocupações que esta mudança pode trazer ao turismo da região, especialmente no tocante a limpidez dos rios.

Palavras Chaves: sensoriamento remoto, cobertura do solo, álgebra de mapas.

ABSTRACT: *Natural and Environmental Vulnerability of the Hydrographic Basin of Formoso River, Mato Grosso do Sul.* The evolution of the remote sensing techniques has made possible to analyze major regions with low cost and high level of accuracy. These tools have been applied to the Hydrographic Basin of Formoso River (Mato Grosso do Sul State), in the elaborating the Maps of land cover and use of 1989 and 2005. In this period, it has been observed an increase of areas destined to grazing and agriculture and the depletion of the Cerrado. Using the maps of land use and cover and others information on the area (such as geology, geomorphology and soil association) were been elaborated Maps of Natural and Environmental Vulnerability of 1989 e 2005 with two different approach defined as conservationist and erosive. Although it is not possible to affirm which approach is more suitable to environment studies, it has been possible to observe that the erosive on became more adequate to the modifications on the land cover and use, demonstrating a direct relationship between the worries of these changes on the tourism in the region.

Keywords: remote sensing, land cover, maps algebra.

1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 1970, o sensoriamento remoto possibilitou o monitoramento da dinâmica ambiental de uma região, permitindo o acompanhamento, de modo mais eficiente, da evolução dos processos antrópicos através de análises multitemporais. O uso desta ferramenta com base na análise de imagens de satélites é um dos meios que se dispõe atualmente para acelerar e reduzir custos dos mapeamentos ambientais, bem como na detecção e quantificação das mudanças ocorridas nesse meio (Grigio, 2003).

Assim sendo, o uso de geotecnologias pode e deve contribuir como o meio de melhor custo/benefício, considerando eficiência, confiabilidade e baixo custo (Paranhos Filho et al., 2008). Já em 2004 o avanço dessas ferramentas ganhou grande destaque na mídia internacional quando a conceituada revista *Nature* (Gewin, 2004) afirmou que o grupo formado pelas geotecnologias, nanotecnologias e biotecnologias eram as áreas do conhecimento que mais cresciam mundialmente. Desde então, o que se viu foi apenas a confirmação e intensificação dessa afirmação (Paranhos Filho et al., 2008).

A proposta desse trabalho foi de aplicar as técnicas de sensoriamento remoto, uma das subdivisões do geoprocessamento, na Bacia Hidrográfica do Rio Formoso (BHRF), efetuando a classificação da cobertura do solo nos anos de 1989 e 2005, e a elaboração de Mapas de Vulnerabilidade Natural e Ambiental.

O conceito de Vulnerabilidade Ambiental adotado por este trabalho é o definido por Tagliani (2003) como “a maior ou a menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer”. Conceito este adotado por outros autores como Carrijo (2005), Costa et al. (2006) e Grigio et al. (2006).

Entretanto, ainda que possa haver uniformidade do conceito em diferentes trabalhos, não necessariamente a abordagem seguirá a mesma linha, uma vez que metodologia pode variar em diferentes situações (Carrijo, 2005).

Neste trabalho, a Vulnerabilidade Ambiental é fruto do cruzamento dos Mapas de Uso e Ocupação do Solo e da Vulnerabilidade Natural, uma etapa anterior derivada aqui dos Mapas de Geologia, Geomorfologia e Associação de Solos. A técnica empregada para cruzamento de todas estas informações foi a álgebra de mapas, operada em ambiente computacional.

Além dos aspectos socioambientais do turismo, especialmente no Município de Bonito, corrobora também para a importância ambiental da BHRF a sua ligação com importantes Unidades de Conservação e pontos turísticos, como o Parque Nacional da Serra da Bodoquena, o Monumento Natural do Rio Formoso, a Gruta do Lago Azul (declarada pela Unesco como Patrimônio Natural da Humanidade), além de diversas Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs).

2. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, localizada entre as coordenadas, UTM Fuso 21, datum Córrego Alegre, 525.160/582.040E e 7.686.435/7.629.790N, está inserida na Bacia do Rio Miranda (figura II.1), uma das Bacias do Alto Paraguai.

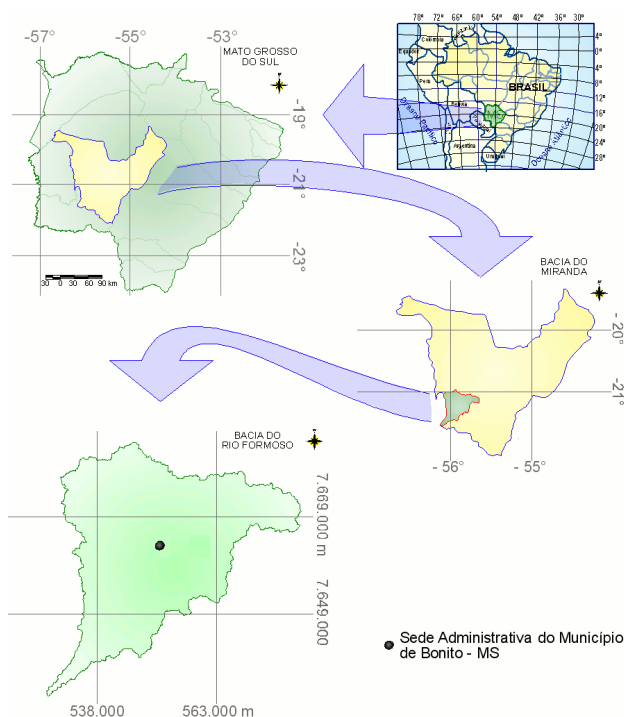


Figura II. 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, uma das integrantes da Bacia do Rio Miranda.

Localizada na parte central da BHRF encontra-se a sede administrativa do Município de Bonito, cidade de assumida vocação turística no Estado, no Brasil e mesmo internacionalmente, com belezas naturais já divulgadas há muito pelos meios de comunicação.

O acesso rodoviário a cidade, partindo de Campo Grande, pode ser feito pela BR-060 passando pelos Municípios de Sidrolândia, Nioaque até chegar a Guia Lopes da Laguna, em um percurso de 230 km. Depois, outros 60 km pela MS 382 até Bonito (figura II.2). Na soma dos dois trechos, percorre-se um total de 290 km por esse caminho.



Figura II. 2. Acesso rodoviário ao Município de Bonito, passando por Sidrolândia, Nioaque e Guia Lopes da Laguna em um percurso total de 290 Km. No mesmo mapa é possível ver duas das principais rodovias federais que cortam o Estado de Mato Grosso do Sul, no sentido Leste – Oeste (BR 262) e Norte – Sul (BR 163).

A BHRF possui um sistema hidrológico com rios subterrâneos, sumidouros e ressurgências (GEF, 2007). Situada em terreno cárstico, possui relevo levemente ondulado a exceção do limite oeste, definido pela Serra da Bodoquena (Torres et al., 2006), feição geomorfológica de destaque no Mato Grosso do Sul não só pela altitude de até 800 metros, mas também pela extensão de 200km no eixo N-S (Sallum Filho et al., 2004).

O resultado pode ser contemplado pelo grande número de atrativos turísticos, com beleza cênica que encantam turistas e move a economia local. Seu principal rio, que dá o nome à bacia, cobre uma área de drenagem de aproximadamente 136.000 hectares.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

As imagens definidas para a classificação da região de estudo foram as Landsat TM, de 1989 e 2005, disponibilizadas já georreferenciadas pelo Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais da UFMS. A estação do ano também influenciou na escolha, pois, segundo Paranhos Filho et al. (2003), imagens de satélites obtidas na estação seca permitem uma melhor discriminação das classes de cobertura do solo do cerrado de Mato Grosso do Sul.

As duas imagens classificadas nesse trabalho podem ser vistas na figura II.3, em composição falsa cor RGB: 453. À esquerda é mostrada a imagem de 1989, dando destaque ao quadrante nordeste sobre o qual está a Bacia do Rio Formoso, com o limite em amarelo. À direita, da mesma figura, é apresentado à imagem de 2005. O contraste da fitofisionomia entre as imagens de 1989 e 2005 permite constatar, ainda que visualmente e de forma qualitativa, as significativas alterações na cobertura vegetal da BHRF no espaço temporal entre as imagens.

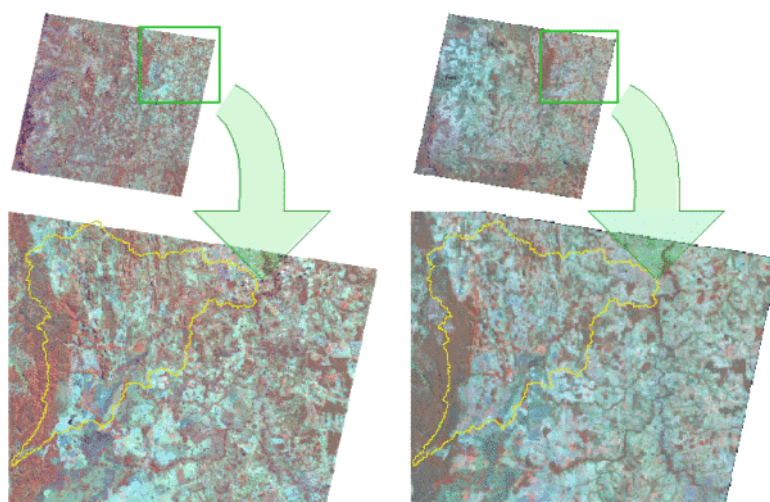


Figura II. 3. A esquerda é mostrada a imagem Landsat TM de 1989, com destaque ao quadrante nordeste sobre o qual esta o limite da Bacia do Rio Formoso, em amarelo. O mesmo vale para a imagem de 2005, à direita na figura.

O tipo de classificação adotada nas imagens acima foi a automática supervisionada (algoritmo máxima verossimilhança), executada no aplicativo Erdas Imagine 9.1 (Erdas, 1999). Nesse tipo de classificação, o usuário “treina” o sistema a reconhecer as feições de interesse, através da seleção de áreas piloto que representem um determinado tipo de cobertura.

Com o fornecimento dos exemplos de cobertura do solo na imagem, o programa passa a ter uma lista de classes para enquadrar todo o restante da imagem, comparando a resposta espectral de cada pixel com os exemplos escolhidos segundo critérios estatísticos. Para a seleção das áreas de treinamento foi tomado como base as chaves de classificação discutidas por Paranhos Filho et al. (2006).

Posteriormente, essas chaves foram validadas e adaptadas para a BHRF por meio de controle de campo, efetuado em meados de 2006. Os pontos de controle levantados para a identificação da cobertura e controle do georreferenciamento da imagem podem ser vistos na figura II.4.

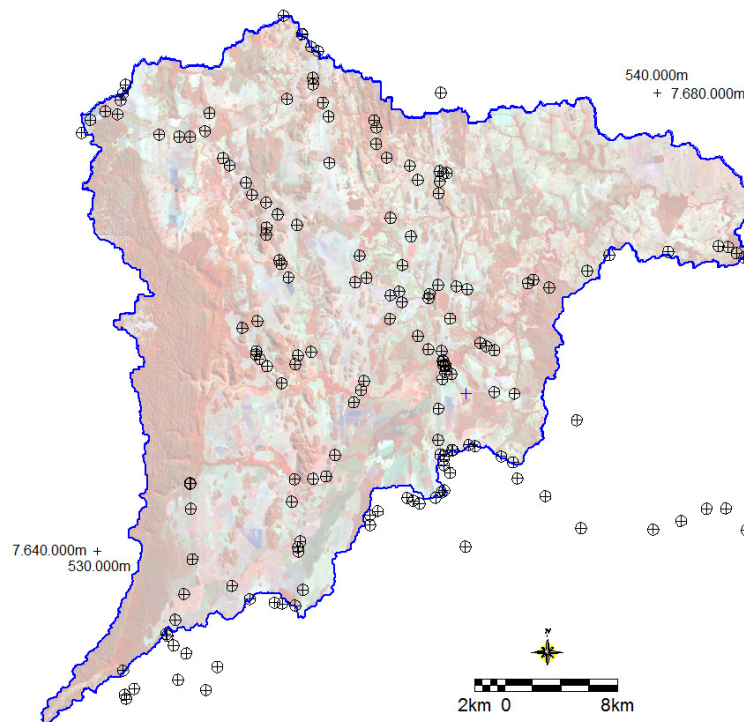


Figura II. 4. Pontos de controle de campo efetuados em 2006 na Bacia do Rio Formoso, locados sobre a imagem Landsat de 2005.

O controle de campo também serviu para embasar as correções manuais na classificação final. Efetuadas em poucas áreas e sempre de modo pontual, estas correções foram necessárias devido à ocorrência de confusão espectral entre pastagens e alguns pontos muito específicos de culturas agrícolas.

A legenda utilizada nas cartas de uso e ocupação do solo, elaborada a partir da imagem de 1989 e 2005, é a do Projeto Corine (Heymann et al., 1984; CORINE, 1992; Paranhos Filho, 2000). As classes Corine identificadas na BHRF são apresentadas na tabela II.1 e os exemplos de cada uma das chaves de cobertura utilizadas nas figuras: II 5 (1.1.2 – Padrão Urbano Descontínuo), II 6 (1.3.1 – Extração Mineral), II 7 (2.1.1 – Áreas Agrícolas), II 8 (2.3.1 – Pastagens), II 9 (3.1.1 – Matas); II 10 (3.2.2 – Cerrado), II 11 (4.1.1 – Áreas Úmidas), II 12 (5.1.1 – Rios) e II 13 (5.1.2 – Lagos).

Tabela II. 1. Classes de cobertura de solo do Projeto CORINE identificadas no mapeamento de cobertura na Bacia do Formoso.

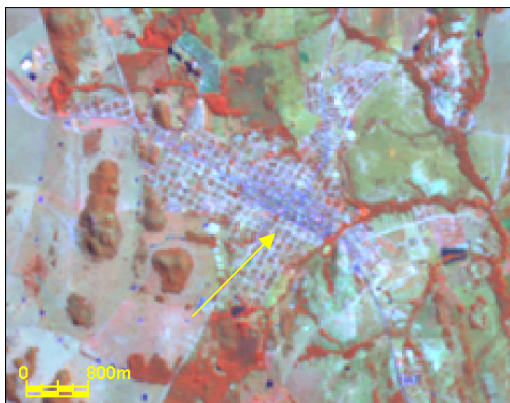
Nível I	Nível II	Nível III
1. Superfícies Artificiais	1.1. Padrão Urbano Indistinto	1.1.2 Padrão urbano descontínuo
	1.3. Mina, depósito de lixo e local de construção.	1.3.1. Local de extração mineral
2. Áreas agropecuárias	2.1. Terra Agricultável	2.1.1. Área arável não irrigada
	2.3. Pasto	2.3.1. Pastagens
3. Áreas com vegetação natural e seminaturais	3.1. Formações Florestais	3.1.1. Classe constituída por mata e cerradão, fisionomias florestais.
	3.2. Formações savânicas e/ou campestres	3.2.2. Cerrado
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

1.1.2. Padrão urbano descontínuo

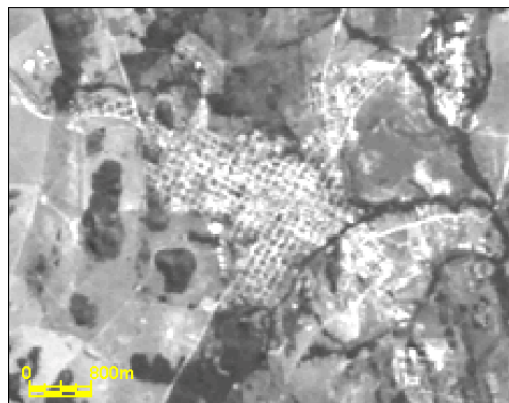
A maior parte da superfície é coberta por estruturas. Edificações, rodovias e áreas de superfície artificial. Estão associadas com áreas vegetadas e solo exposto, o qual é descontínuo, porém ocupa uma área significativa.

Edificações, rodovias e superfícies artificiais cobrem entre 50 e 80% da superfície total da unidade classificada.

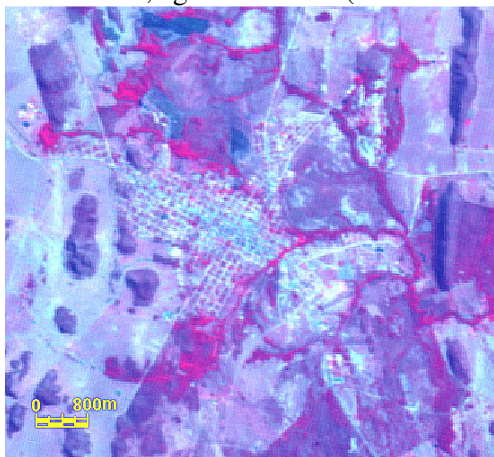
Esta classe não inclui as habitações e estruturas agrícolas dispersas em áreas naturais e agrícolas



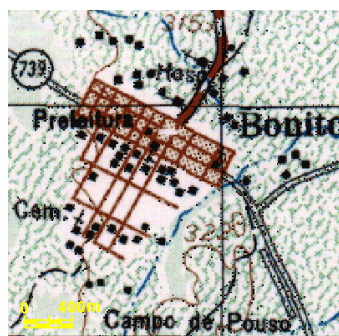
Cidade de Bonito – MS, na composição RGB 453, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



Mesma área urbana sobre a banda 3, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



Cidade de Bonito – MS, na composição RGB 432, CBERS-2, sensor CCD, agosto de 2006 (CBERS-2 CCD, 2006).



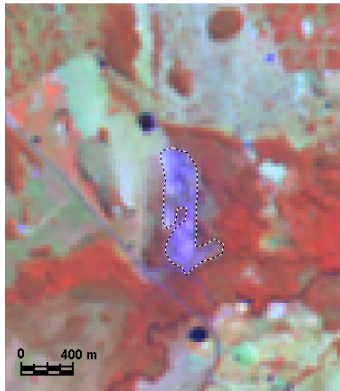
Carta topográfica escala 1:100.000 – Folha Jardim SF .21-X-C-II (DSG, 1966).

O uso de cartas topográficas e fotos aéreas atualizadas são importantes fontes de dados complementares.

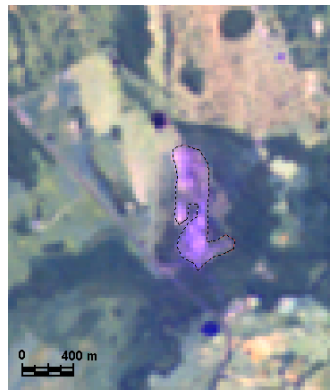
Figura II. 5 Classe de Cobertura do Solo 1.1.2 – Padrão Urbano Descontínuo.

1.3.1. Extração Mineral

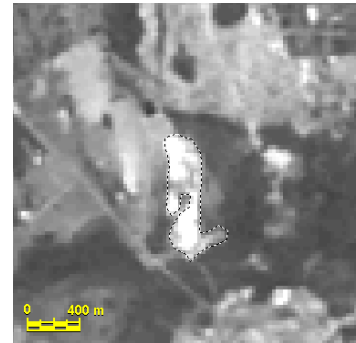
Áreas de extração de material mineral a céu aberto (calcário neste caso - lavra a céu aberto). Estão compreendidos os edifícios e instalações associadas.



Interpretação na composição RGB 453, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005)



Mesma área, interpretação na composição RGB 752, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



Mesma área, interpretação sobre a banda 3, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



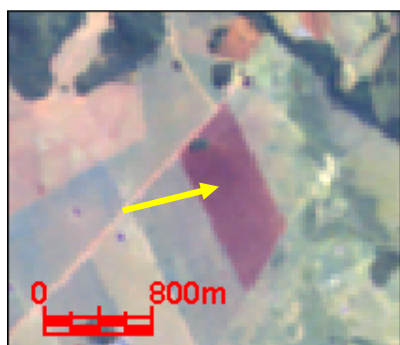
Mesma mina de calcário vista do solo.

Depois de identificadas em campo, normalmente, são fáceis de delimitar na imagem devido ao grande contraste que possuem com a região ao seu redor.

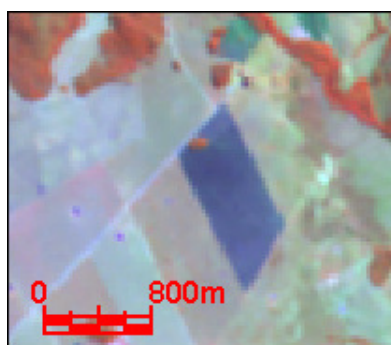
Figura II. 6 Classe de Cobertura do Solo 1.3.1 – Área de Extração Mineral.

2.1.1. Áreas Agrícolas

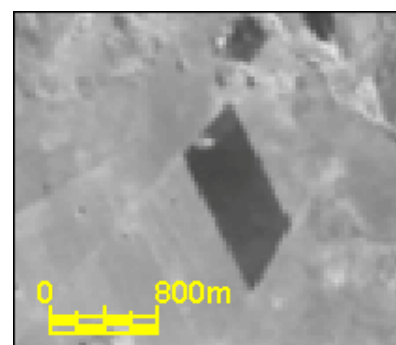
Como proposto por Heymann et al. (1994), plantações de cereais, leguminosas, forrageiras, culturas industriais, raízes comestíveis e demais tipos de culturas agrícolas.



a. área arada para plantio, composição RGB 752, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



b. mesma área, composição RGB 453, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



c. mesma área, banda 4, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



d. mesma área vista do solo.

É essencial haver informações complementares à imagem para a classificação de áreas 2.1.1. A textura uniforme e a estrutura geométrica das áreas agrícolas são típicas e auxiliam o fotointerprete na identificação da classe 2.1.1.

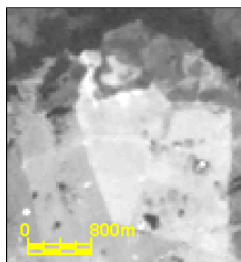
Figura II. 7 Classe de Cobertura do Solo 2.1.1 – Áreas Agrícolas.

2.3.1. Pastagens

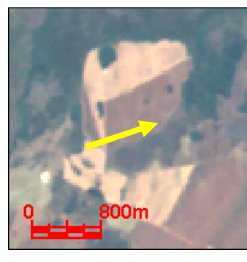
Superfície com cobertura herbácea densa e composição florística dominada por gramíneas, porém ao contrário do proposto por Heymann et al. (1994), na área de estudo pode estar sujeita a rotação de culturas.



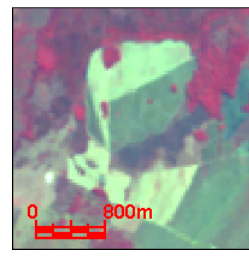
a. Pastagem na composição RGB 345, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



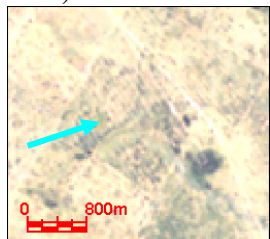
b. Pastagem “a” sobre a banda 3, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



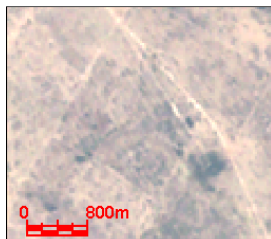
c. outra Pastagem na composição RGB 321, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



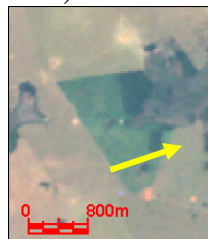
d. Pastagem “c” sobre a banda 457, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



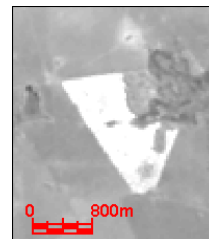
e. Pastagem na composição RGB 752, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



f. Pastagem “e” na composição RGB 321, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



g. Pastagem na composição RGB 321, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



h. Pastagem “g” sobre a banda 4, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



i. Pastagem vista do solo.

O tipo de resposta para um mesmo tipo de pastagens pode ser muito variado, pois depende de diversos fatores como: altura dos pastos, umidade, fertilidade do solo ou a taxa de lotação (o pisoteio e a superpopulação degrada a pastagem mudando a resposta espectral). Para a identificação desta classe o apoio de campo é fundamental.

A distinção entre as classes pode ser feita com o auxílio de documentação complementar e controle de campo. A observação da parcelização, textura ou o contexto em que se encontra a área pode auxiliar na identificação.



j. Outro exemplo de pastagem.

Figura II. 8 Classe de Cobertura do Solo 2.3.1 – Pastagens.

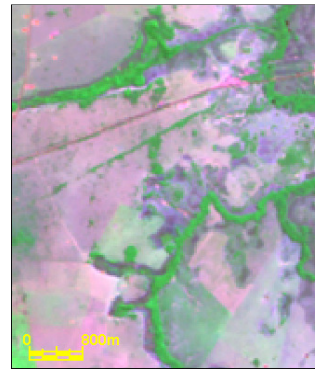
3.1.1. Matas

Esta classe é constituída por matas e cerrado conforme as fitofisionomias descritas por Ribeiro e Walter (1998).

Engloba os vários tipos de fitofisionomias arbóreas, como Matas Ciliares e de Galeria, Mata Seca, Mata Verde e Cerradão (Ribeiro e Walter, 1998)

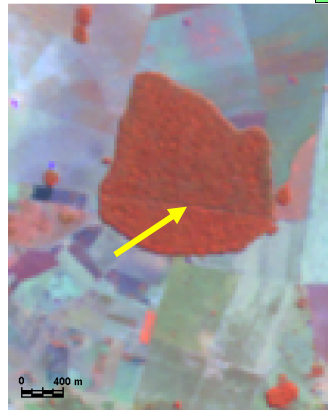


a. Mata na composição RGB 432, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



b. Mesma área “a” na composição RGB 345, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).

c. Mata na composição RGB 453, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



d. Mesma área “c” na composição RGB 752, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).

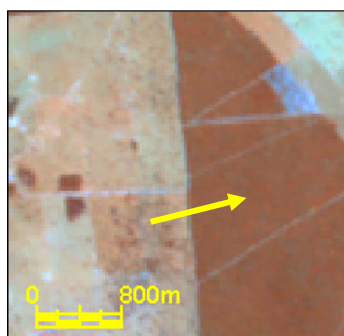


c. Na foto a área, de “c” e “d”, localmente chamada de “Mata Fria”.

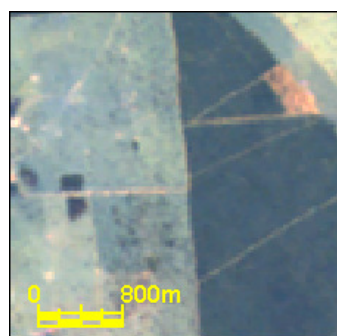
Figura II. 9 Classe de Cobertura do Solo 3.1.1 – Matas.

3.2.2. Cerrado

Corresponde aos vários tipos de cerrado sentido restrito (Ribeiro e Walter, 1998), existentes na Bacia do Formoso.



a. Cerrado na composição RGB 457, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



b. Mesmo cerrado na composição RGB 752, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



c. Na foto exemplo de cerrado visto do solo.

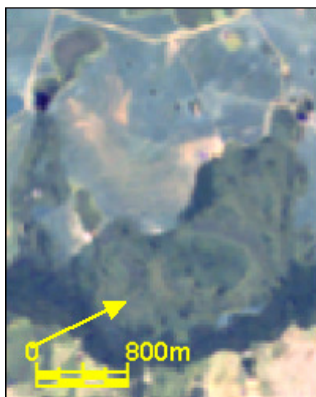


d. Outro exemplo de cerrado.

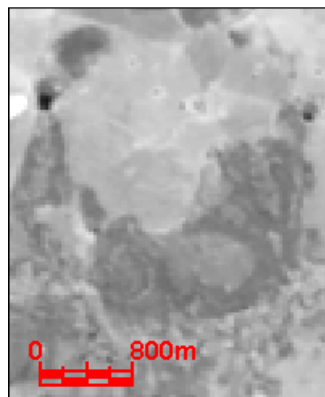
Figura II. 10 Classe de Cobertura do Solo 3.2.2 – Cerrado.

4.1.1. Áreas Úmidas

Áreas planas, geralmente inundadas, parcial ou totalmente, na estação úmida e menos saturadas o resto do ano. Esta classe inclui os brejos (Heymann et al., 1994).



a. Área úmida na composição RGB 752, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



b. Mesma área sobre a banda 4, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



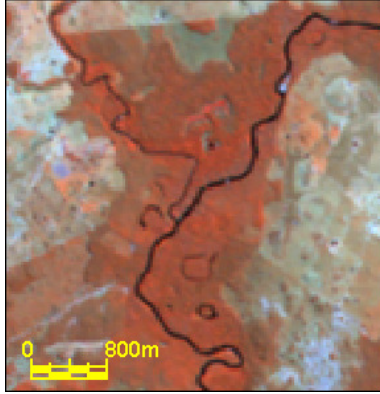
c. Exemplo de área úmida.

Figura II. 11 Classe de Cobertura do Solo 4.1.1 – Áreas Úmidas.

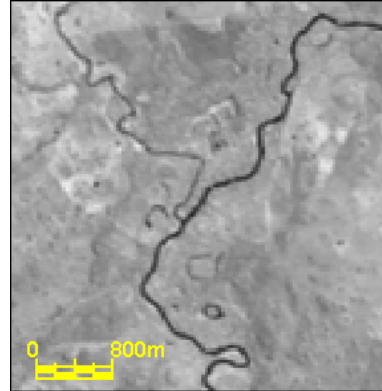
5.1.1. Rios

Corresponde aos cursos d'água naturais ou artificiais que servem como canais de drenagem. A menor largura para inclusão como classe de cobertura do solo é 100 m (Heymann et al., 1994).

As bandas do infravermelho são especialmente úteis na detecção de corpos aquosos.



a. Rios na composição RGB 456, Landsat TM, foz do Rio Formoso no Rio Miranda, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



b. Mesma área de “a”, sobre a banda 4, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).

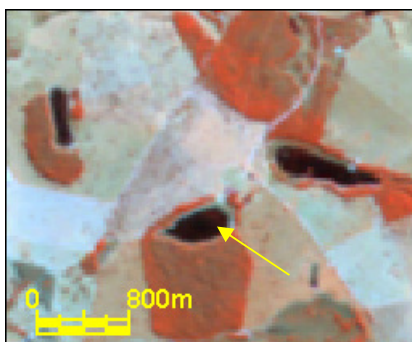


c. Rio Formoso visto do solo, pode-se observar também a mata ciliar nas margens (classe 3.1.1).

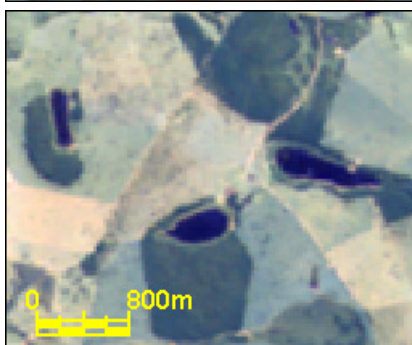
Figura II. 12 Classe de Cobertura do Solo 5.1.1 – Rios.

5.1.2. Lagos

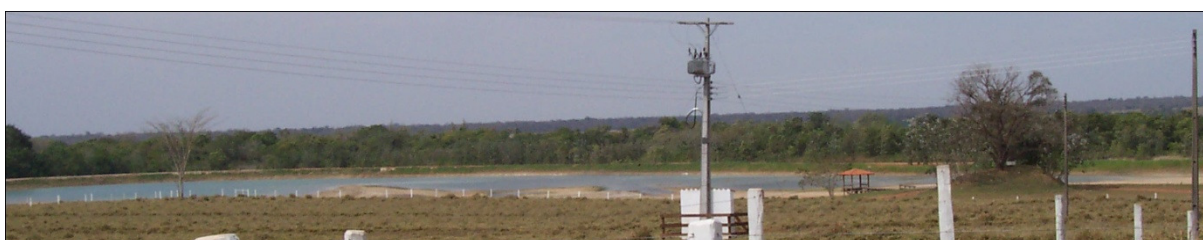
Corpos d'água naturais ou artificiais (Heymann et al., 1994), que não pertençam à classe 511. As bandas do infravermelho são especialmente úteis na detecção de corpos aquosos.



a. Corpos d'águas na composição
RGB 456, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



b. Mesma área na composição
RGB 752, Landsat TM, agosto de 2005 (Landsat TM, 2005).



c. Lagoa vista do solo.

Figura II. 13 Classe de Cobertura do Solo 5.1.2 – Lagos.

3.2 VULNERABILIDADE NATURAL E AMBIENTAL

Neste trabalho a vulnerabilidade natural é derivada dos Mapas de Geologia, Geomorfologia e Associação de Solos, considerando assim num primeiro momento aspectos ligados apenas ao meio físico. Os remanescentes de vegetação, assim como as outras coberturas identificadas no Mapa de Uso e Ocupação do Solo, foram considerados quando este foi cruzado com a Vulnerabilidade Natural, dando origem assim a Vulnerabilidade Ambiental.

A primeira etapa para a elaboração dos Mapas de Vulnerabilidade teve início com a busca das cartas temáticas de interesse: Geologia, Geomorfologia, Associação de Solos e Uso e Ocupação do Solo, cuja metodologia foi tratada anteriormente.

Em comum, Geologia, Geomorfologia e Associação de Solos têm a procedência no Projeto Radambrasil (Radambrasil, 1982), originalmente em formato raster. Após as digitalizações houve o georreferenciamento das Cartas no aplicativo Erdas (Erdas, 1999).

Uma vez georreferenciadas, foram inseridas em ambiente SIG para a vetorização e atualização dos contatos. Para as três cartas, utilizou-se como base para a atualização e a fotointerpretação sobre uma banda pancromática Landsat ETM+ (Landsat ETM+, 2001). De forma auxiliar, foram utilizados para a geologia os Mapas no formato raster da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (CPRM, 2006) e o vetor do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP (PCBAP, 1997).

Os resultados finais dos procedimentos acima são: Mapa Litológico atualizado (figura II.14) com a tabela de unidades geológicas de acordo com a legenda do Radambrasil (Radambrasil, 1982) e da CPRM (CPRM, 2006) (tabela II.2); Mapa Geomorfológico atualizado (figura II.15) com a tabela de unidades de acordo com a legenda do Radambrasil (Radambrasil, 1982) (tabela II.3); e o Mapa de Associação de Solos atualizado (figura II.16) e a sua tabela de unidades de acordo com a legenda do Radambrasil (Radambrasil, 1982) (tabela II.4).

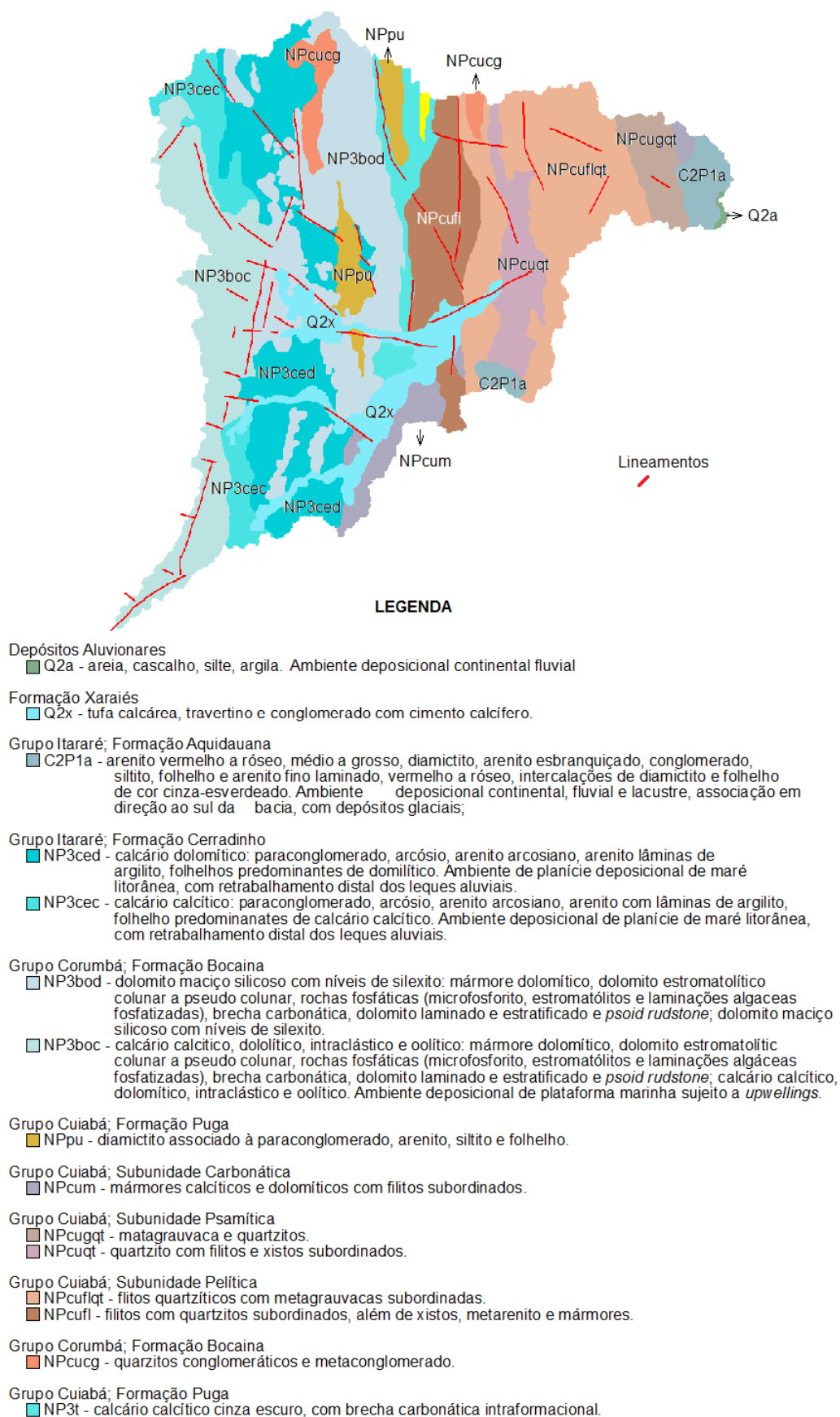


Figura II. 14. Mapa Litológico com contatos atualizados.

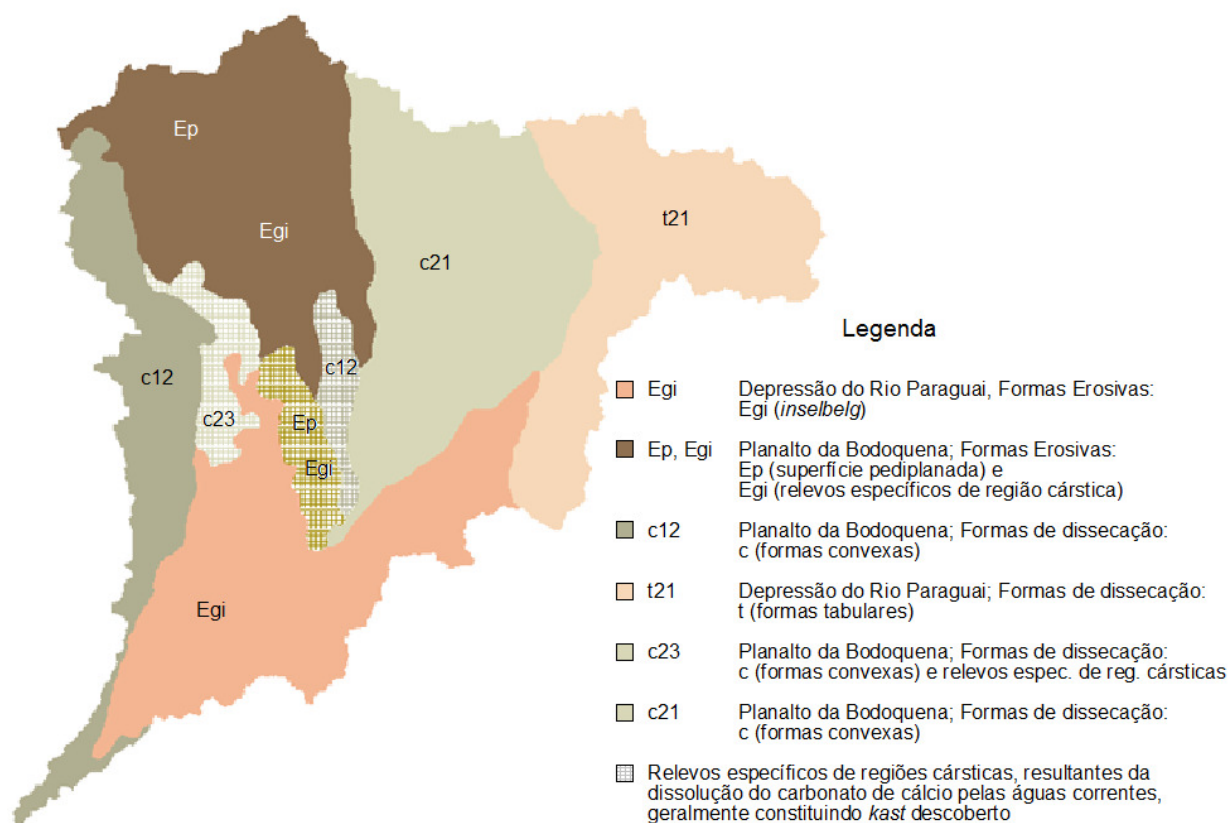


Figura II. 15. Mapa de Geomorfologia, com contatos atualizados.

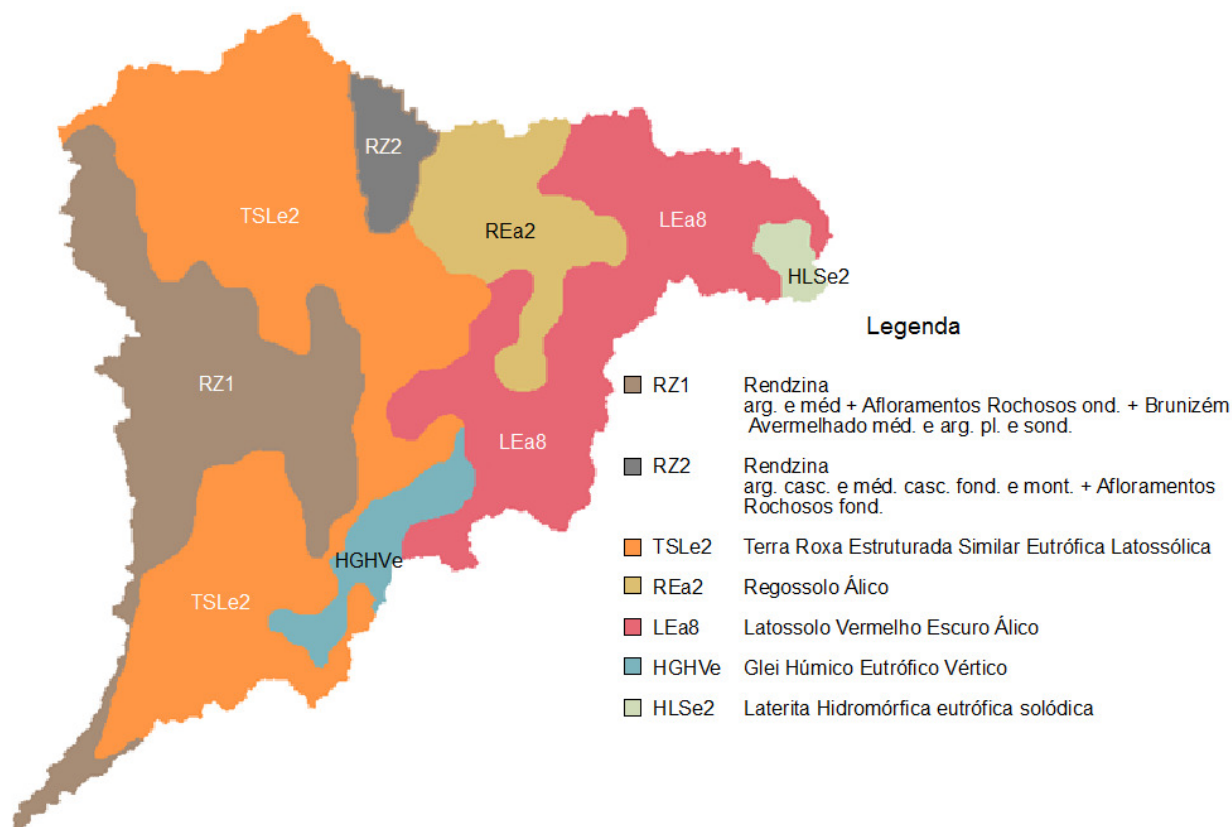


Figura II. 16. Mapa de Associação de Solos, com contatos atualizados.

Uma vez constituída a base digital com os mapas necessários, houve a definição dos pesos para cada unidade temática na área da bacia. Para isto, neste trabalho, foi adotado o conceito de vulnerabilidade ambiental de Tagliani (2003): a maior ou a menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer.

Então, optou-se utilizar como base a metodologia ecodinâmica de Tricart (1977), em que a estabilidade de cada unidade é classificada conforme observada na tabela II.5.

Tabela II. 2. Valores de estabilidade de unidades de paisagem (Grigio, 2003).

Unidade	Relação pedogênese/morfogênese	Valor Adotado
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediário	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

O grau de vulnerabilidade estipulado para cada unidade foi distribuído em uma escala de 1,0 a 3,0; com intervalo de 0,5 prevendo-se assim situações intermediárias que não se encaixassem perfeitamente em números cheios (1, 2 ou 3). Para valores próximos a 1,0 prevalece a pedogênese, próximos a 2,0 existe um equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese e próximos a 3,0 prevalece à morfogênese. Este critério foi utilizado para os mapas de unidades geomorfológicas, de geologia e de associação de solos inspiradas na técnica estabelecida por Grigio (2003).

Para a geologia o valor foi estabelecido considerando Crepani (1996), onde a contribuição deste tema para a definição e análise das unidades de paisagem natural está relacionada com o grau de coesão das rochas. Com a história de evolução do ambiente geológico, tem-se, em rochas pouco coesas o prevalecimento de processos modificadores de relevo e em rochas muito coesas predominam processos de formação de solos. Além do grau de coesão das rochas é preciso levar em consideração o acesso da água como um importante agente intemperizador. Quanto mais fraturada a rocha, maior será o contato do agente e, por conseguinte, a desagregação.

A geomorfologia, de acordo com Crepani (1996), oferece para a caracterização das unidades de paisagem natural as informações relativas à morfometria, como amplitude de relevo, declividade e o grau de dissecação da unidade de paisagem, que influenciam de maneira definitiva os processos ecodinâmicos. Com efeito, quanto maior o grau de dissecação da unidade ou a declividade maior a tendência para desagregar as partículas do solo com valores mais próximos de 3,0 na escala de estabilidade.

Já a temática solos caracteriza as unidades de paisagem de acordo com seu grau de maturidade, produto do balanço entre a morfogênese (gera solos jovens e pouco desenvolvidos) e a pedogênese (gera solos maduros, lixiviados e bem desenvolvidos), mostrando onde prevalecem os processos pedogenéticos (Crepani, 1996; Grigio, 2003). A relação completa dos pesos para as unidades geomorfológicas, de geologia e de solos está na tabela II.6.

Tabela II. 3. Pesos atribuídos pelo grau de vulnerabilidade das classes de cada Mapa temático, para a Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, MS.

Geologia	Pesos		Geomorfologia	Pesos
NPcugqt	1,0		t21	1,0
NPcuqt	1,0		c12	2,0
NPcucg	1,0		c23	2,0
NPpu	1,5		c21	2,0
Q2a	1,5		Egi	3,0
NPcum	2,0		Ep, Egi	3,0
NPcufl	2,0			
NP3boc	2,0		Solos	Pesos
NP3bod	2,5		TSLe2	1,0
NPcuflqt	2,5		HGHVe	1,0
NP3t	2,5		HLSe2	1,0
NP3ced	3,0		RZ1	2,0
C2P1a	3,0		RZ2	2,0
NP3cec	3,0		LEa8	2,0
Q2x	3,0		REa2	3,0

Com todas as unidades dotadas de um peso de estabilidade puderam ser realizados os primeiros cruzamentos envolvendo os mapas temáticos, originando a vulnerabilidade natural. A técnica utilizada foi à álgebra de mapas, onde o resultado é obtido a partir do cruzamento

dos mapas através do cálculo da média aritmética dos pesos atribuídos em cada unidade. Dessa forma encontram-se os valores de vulnerabilidade natural conforme a fórmula 1.

$$\text{Vulnerabilidade Natural} = [(\text{Tema 1}) + (\text{Tema 2}) + (\text{Tema 3})] / 3$$

Onde:

Tema 1 = Mapa de unidades geomorfológicas;
Tema 2 = Mapa de geologia;
Tema 3 = Mapa de associação de solos.

Fórmula 1

O comando de cruzamento utilizado foi o *Geoprocessing Wizard* do Arcview 3.2 (ESRI, 1998), o qual limita o cruzamento a dois mapas em cada etapa. Primeiro realizou-se o cruzamento entre o mapa de unidades geomorfológicas e de geologia e posteriormente, o produto deste cruzamento com o Mapa de Associação de Solos. O resultado passou então por uma redistribuição dos valores obtidos em cinco classes distintas, variando de muito baixo a muito alto, conforme a metodologia adotada por Grigio (2003) e Carrijo (2005). Todo o processo pode ser visto na (figura II.17)

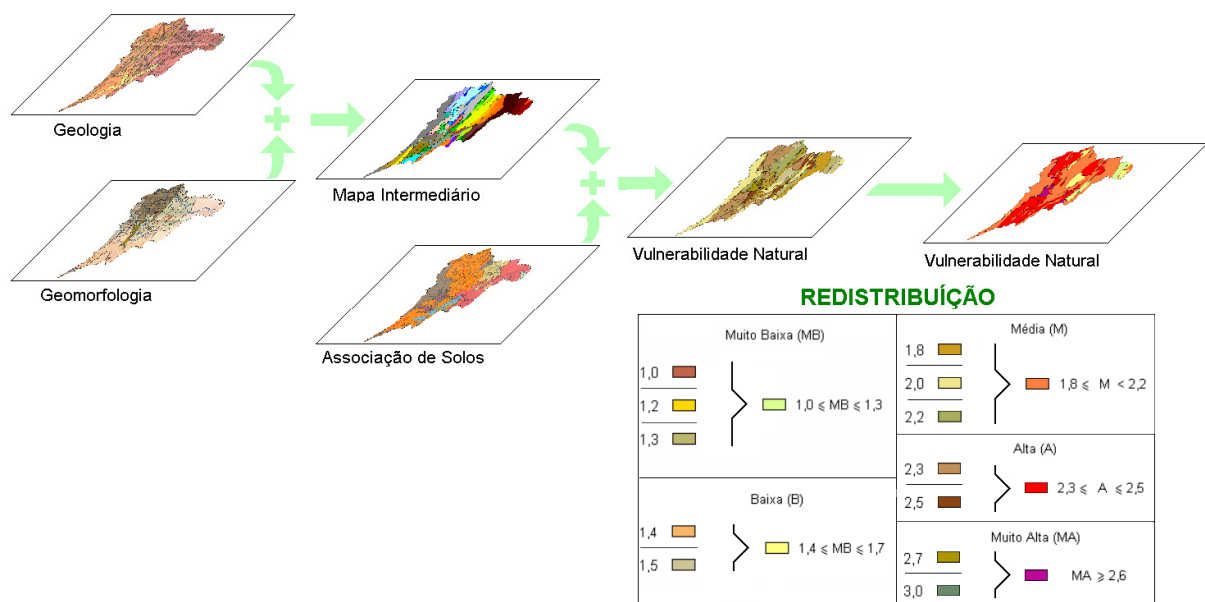


Figura II. 17. Sequência de cruzamentos (dois a dois) das cartas para elaboração do Mapa de vulnerabilidade natural conforme técnica proposta por Grigio (2003) e Carrijo (2005).

Finalizado o Mapa de Vulnerabilidade Natural, buscou-se acrescentar as informações do Uso e Ocupação do Solo dos anos de 1989 e 2005. Para tal, dois conjuntos de pesos foram definidos de acordo com a abordagem ou enfoque dado a questão.

Num primeiro momento, pode-se considerar vulnerável uma determinada área que tenha unidades importantes, no quesito biodiversidade, para serem conservadas. Nesse enfoque, denominado aqui como conservacionista, remanescentes de Mata e Cerrado são mais vulneráveis, conforme pode ser visto na coluna da esquerda da tabela II.7.

Todavia, um segundo ponto de vista pode interpretar como vulnerável uma área que esteja desprovida de cobertura vegetal, pois nessa situação há o favorecimento do arraste de partículas do solo, contribuindo com a erosão do terreno e em casos mais extremos escorregamentos. Os pesos considerando essa abordagem estão presentes na coluna da direita da tabela II.7.

Tabela II. 4. Pesos para o Uso e Ocupação do Solo, no enfoque conservacionista e erosivo.

Uso e Ocupação do Solo Enfoque Conservacionista	Pesos	Uso e Ocupação do Solo Enfoque Erosivo	Pesos
231 – Agricultura	1,0	231 – Agricultura	3,0
322 – Área Urbana	1,0	322 – Área Urbana	3,0
511 – Mineração	1,0	511 – Mineração	3,0
311 – Pastagens	1,5	311 – Pastagens	2,5
211 – Área Úmida	2,0	211 – Área Úmida	2,0
512 – Rios	2,5	512 – Rios	2,0
411 – Lagoas	2,5	411 – Lagoas	2,0
112 – Mata	3,0	112 – Mata	1,0
131 - Cerrado	3,0	131 - Cerrado	1,0

A obtenção dos Mapas de Vulnerabilidade Ambiental envolveu uma metodologia de cruzamento similar ao utilizado no Mapa de Vulnerabilidade Natural. Tal qual na Vulnerabilidade Natural também foi realizado, para todos os quatro Mapas de Vulnerabilidade Ambiental (1989 e 2005 no enfoque conservacionista e 1989 e 2005 no enfoque erosivo), a redistribuição dos valores de vulnerabilidade em classes. O critério adotado é demonstrado na figura II.18, com todos os valores resultantes do cruzamento

redistribuídos em 5 intervalos: Muito Baixo (valor de vulnerabilidade entre 1 e 1,3), Baixo (entre 1,4 e 1,7), Médio (entre 1,8 e 2,2), Alto (2,3 e 2,5) e Muito Alto (entre 2,6 e 3).

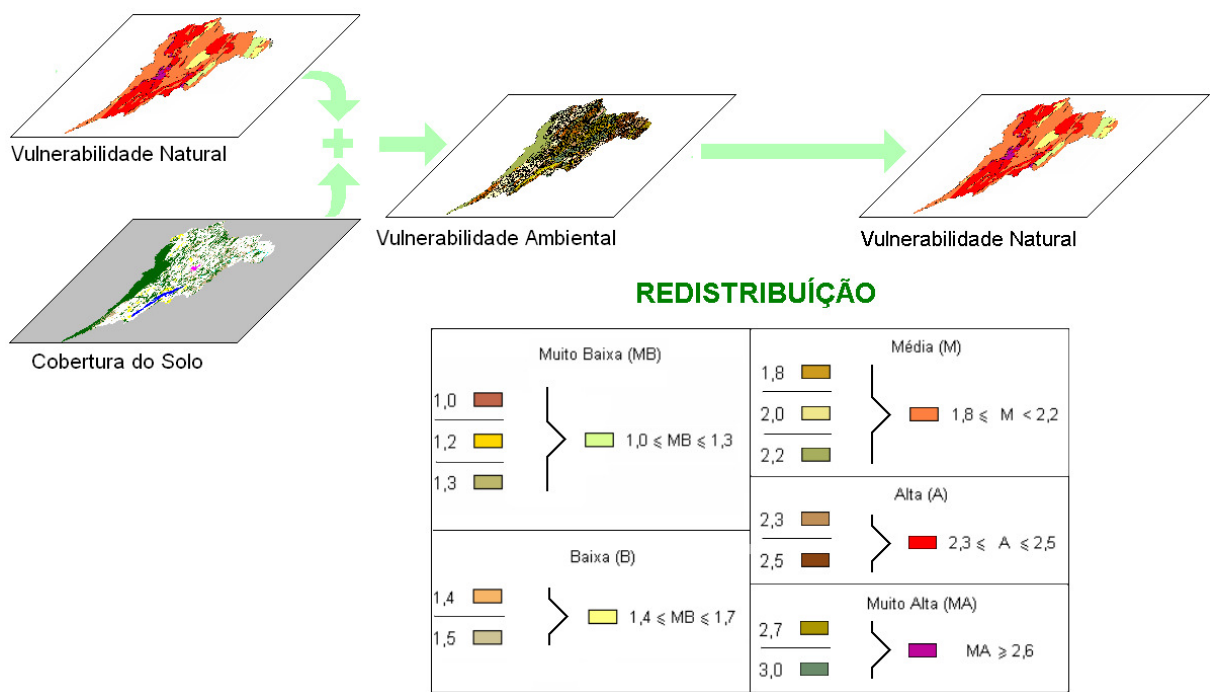


Figura II. 18. Cruzamentos das Cartas para elaboração do Mapa de vulnerabilidade ambiental.

4. RESULTADOS

4.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A figura II.19 mostra a classificação automática supervisionada, baseada nas chaves de classificação adaptadas de Paranhos Filho et al. (2006), da BHRF para o ano de 1989 e o gráfico com o percentual de cada área na figura II.20. A figura II.21 mostra a classificação final de 2005 e o gráfico com o percentual de área deste ano na figura II.22.

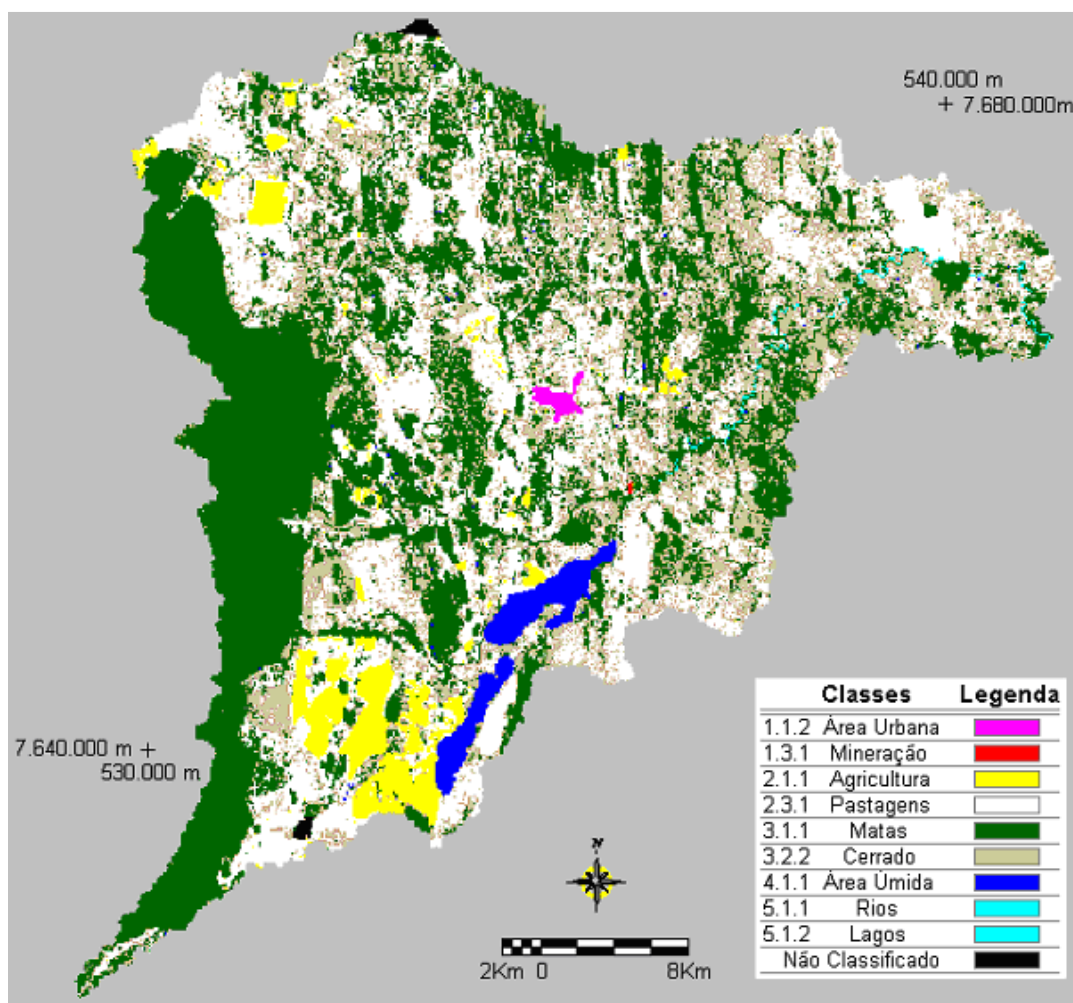


Figura II. 19. Carta de cobertura do solo de 1989 da Bacia do Rio Formoso, com as classes de cobertura.

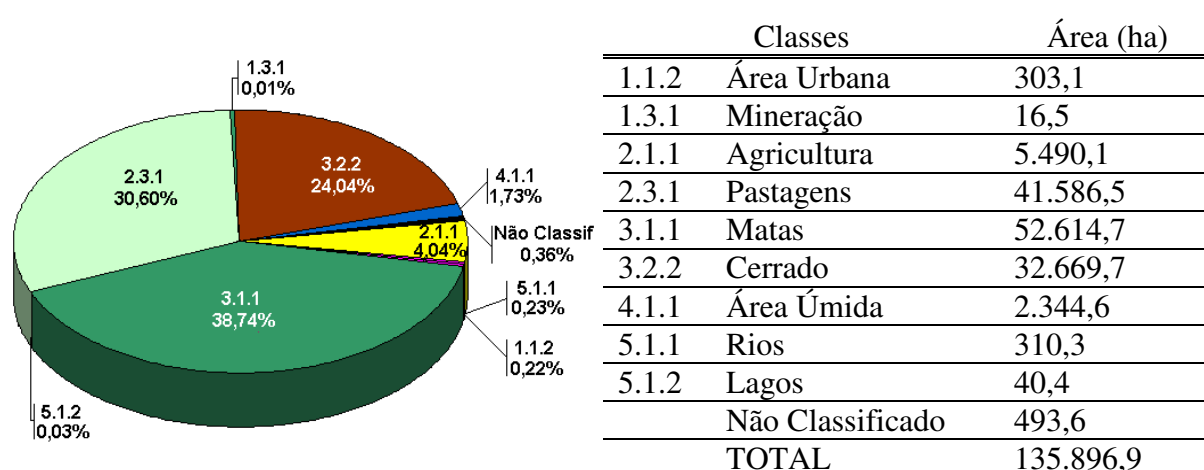


Figura II. 20. Distinção em porcentagem das diferentes classes para a Bacia do Rio Formoso para 1989.

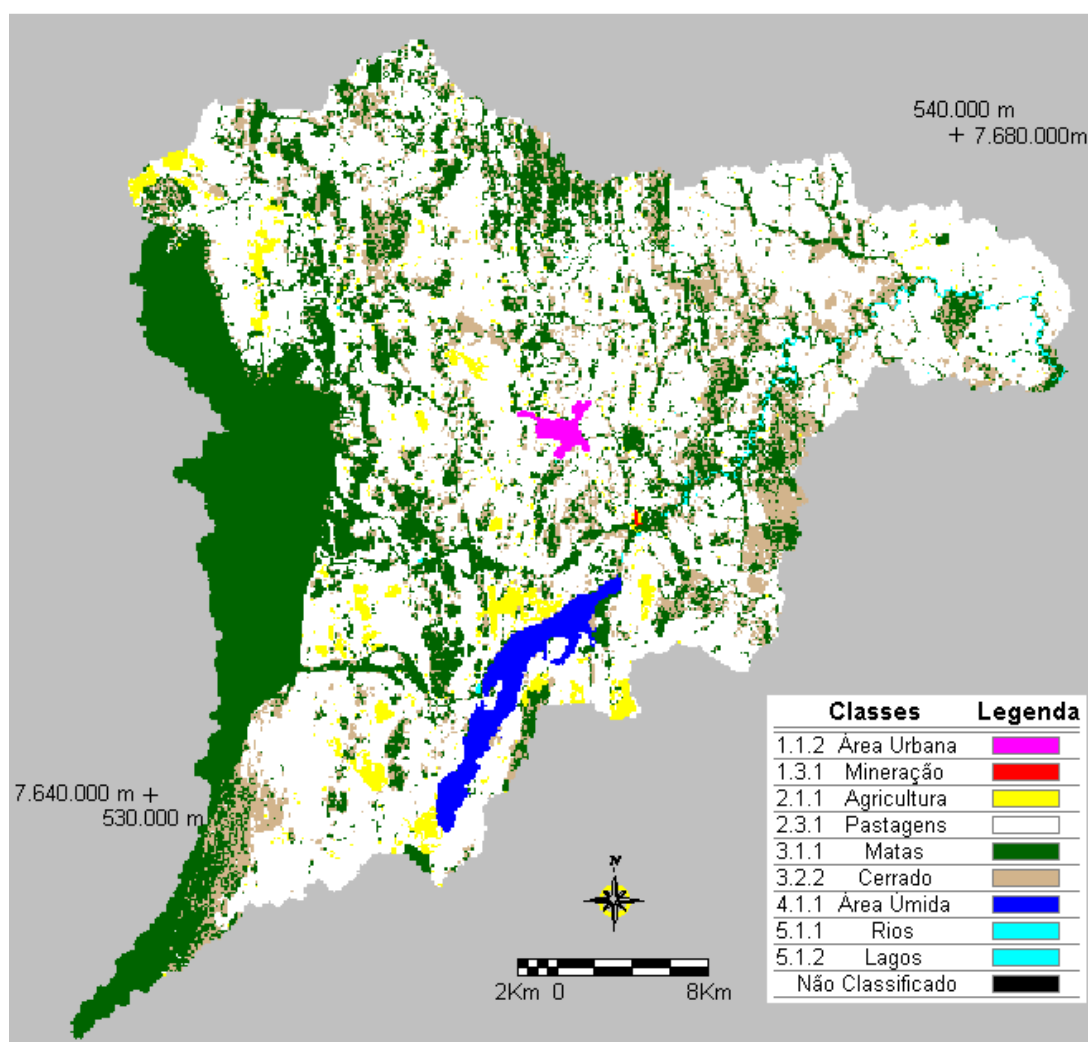
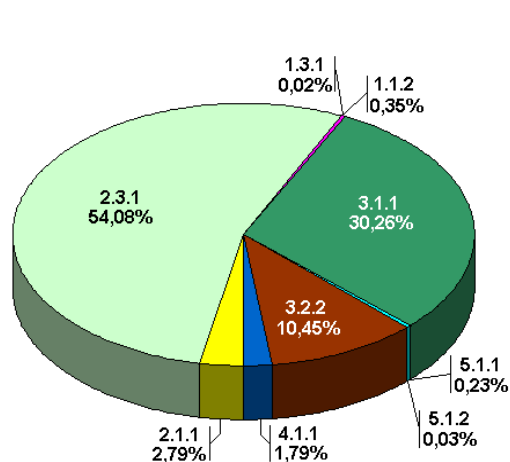


Figura II. 21. Carta de cobertura do solo de 2005 da Bacia do Rio Formoso, com as classes de cobertura.



Classes	Área (ha)
1.1.2 Área Urbana	480,8
1.3.1 Mineração	25,0
2.1.1 Agricultura	3.785,4
2.3.1 Pastagens	73.463,1
3.1.1 Matas	41.118,2
3.2.2 Cerrado	14.199,5
4.1.1 Área Úmida	2.439,2
5.1.1 Rios	317,2
5.1.2 Lagos	41,13
Não Classificado	0,0
TOTAL	135.896,9

Figura II. 22. Distinção em porcentagem das diferentes classes para a Bacia do Rio Formoso para 2005.

Os números resultantes demonstram que de 1989 a 2005 houve aumento da área urbana e das áreas destinadas à pecuária – sendo esta dominante em 2005 ocupando mais da metade da bacia – com o declínio das áreas de matas e Cerrado.

Dados econômicos corroboram com essa informação. A série histórica da tabela abaixo (tabela II.8) confirma a expansão do rebanho bovino no Município de Bonito. De 1985 a 2005 o rebanho aumentou mais de 35% em uma trajetória quase constantemente ascendente, com algumas oscilações causadas por diversos fatores como valor da arroba do boi, cotação do dólar e até mesmo surtos de febre aftosa com embargo as exportações para grandes mercados importadores.

Tabela II. 5. Rebanho Bovino no Município de Bonito – MS (IBGE, 2010)

ANO	REBANHO	ANO	REBANHO
1985	237.679	1996	318.678
1986	239.120	1997	311.156
1987	242.341	1998	311.200
1988	244.000	1999	311.300
1989	249.230	2000	311.534
1990	278.345	2001	344.042
1991	289.265	2002	350.923
1992	318.191	2003	393.033
1993	321.824	2004	388.935
1994	344.726	2005	382.330
1995	345.760		

De Lucena et al. (2006) relatam que as transformações econômicas no Município de Bonito nas últimas décadas, incluindo o decréscimo da agricultura, ascensão da pecuária e o desenvolvimento do turismo, trouxeram uma nova dinâmica no setor econômico. Apesar do setor agropecuário não ter a mesma demanda de pessoal que o setor de serviços (influenciado pelo turismo) tinha, até o ano de 2003, maior influência na composição do PIB municipal. Isto se deve, entre outros fatores, ao caráter exportador da pecuária na região.

A grande área verde na borda esquerda da bacia, que aparece nos dois anos analisados, refere-se ao Parque Nacional da Serra da Bodoquena. Além do aspecto legal, contribuiu também para sua conservação a dificuldade ao acesso devido a sua declividade acentuada.

4.2 VULNERABILIDADE NATURAL E AMBIENTAL

A Carta de Vulnerabilidade Natural em classes, variando de pouco vulnerável a muito vulnerável, é apresentada na figura II 23.

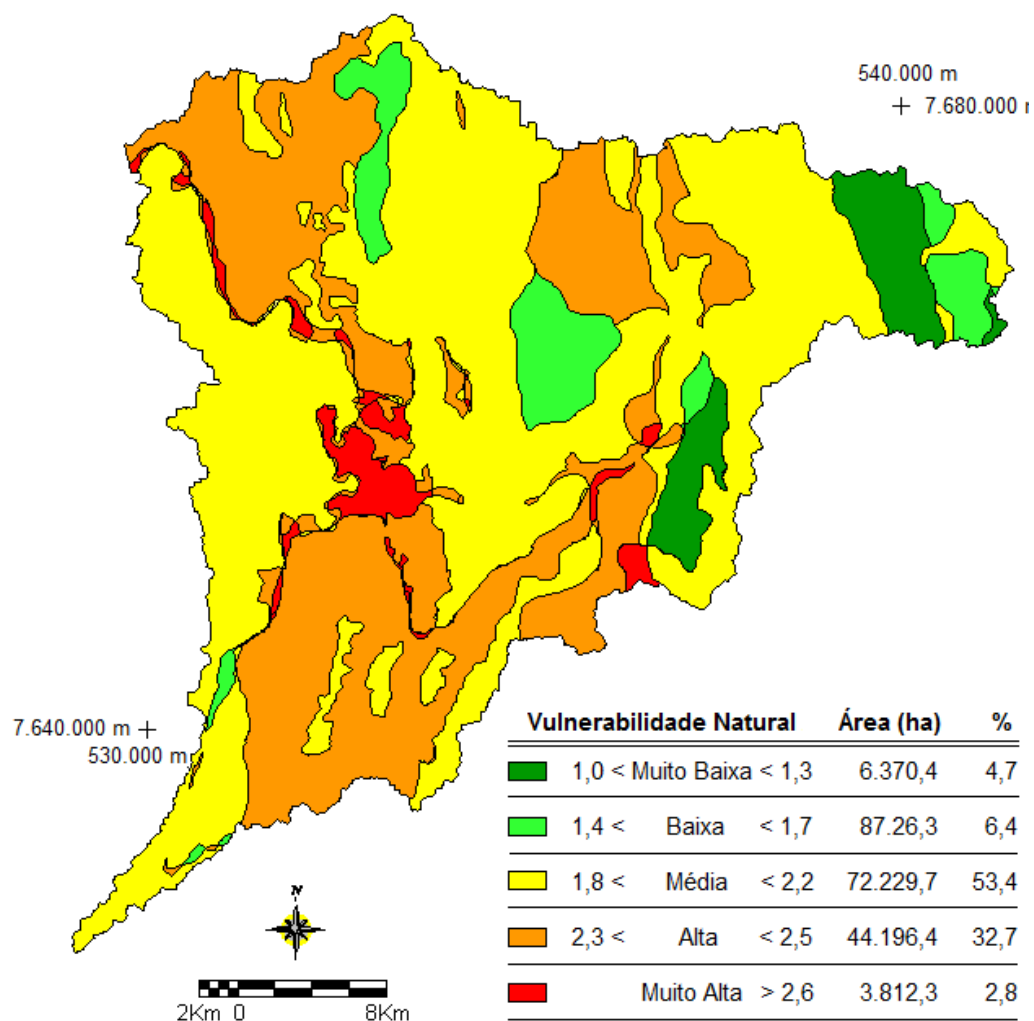


Figura II. 23. Mapa final, após reclassificação da Vulnerabilidade Natural.

Considerados os Mapas de Geologia, Geomorfologia e Associação de Solos é possível observar a maior porcentagem, em área, com vulnerabilidade entre média e alta. A primeira, contemplando valores entre 1,8 e 2,2, detém mais da metade da área e o somatório com a segunda perfaz 86,1% da BHRF.

A seguir são apresentados os Mapas de Vulnerabilidade Ambiental. A primeira figura (II 26) apresenta o enfoque erosivo. Na sequência (figura II 27) tem-se o enfoque conservacionista.

Comparando os Mapas de Vulnerabilidade Ambiental obtidos com enfoques diferentes, pode-se perceber facilmente a presença de resultados contrastantes no que tange a evolução da vulnerabilidade ambiental da BHRF.

Analisando a evolução pelo enfoque erosivo, através da figura II 26, conclui-se que a vulnerabilidade aumentou no intervalo entre 1989 e 2005. Situação contrária é sugerida pela figura II 27 que retrata a evolução pelo enfoque conservacionista, com a diminuição da vulnerabilidade. Esta diferença é devido às considerações efetuadas no momento de definição dos pesos das feições de Uso e Ocupação do Solo, uma vez que somente esta carta temática sofreu variações no enfoque.

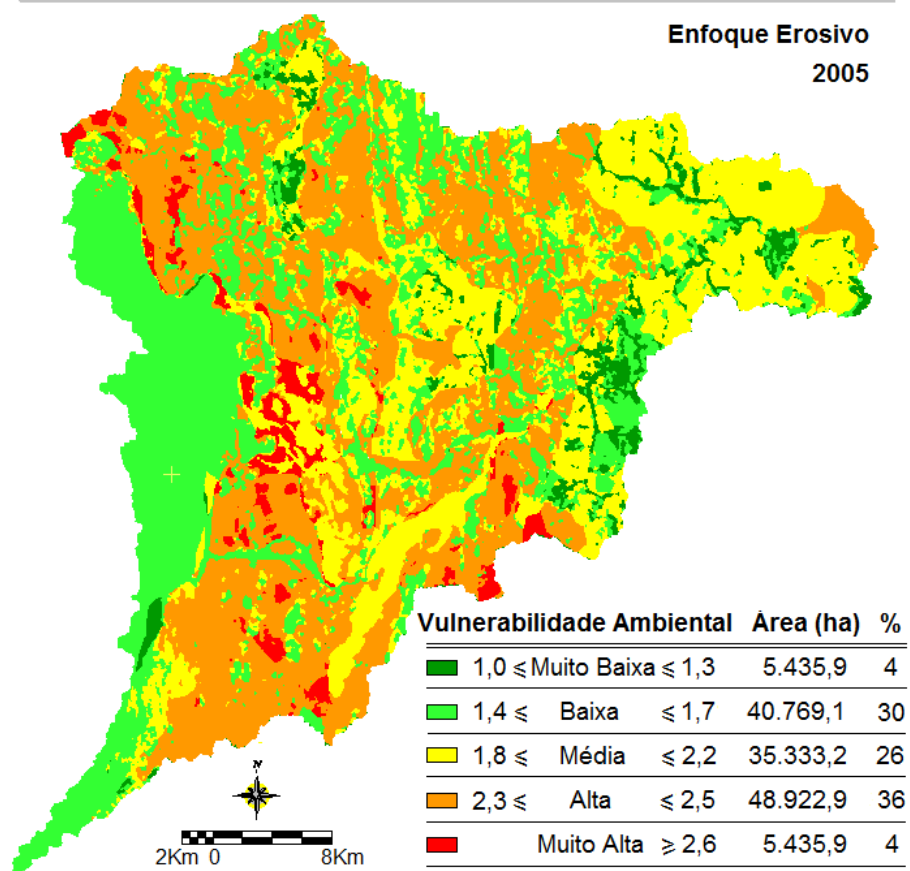
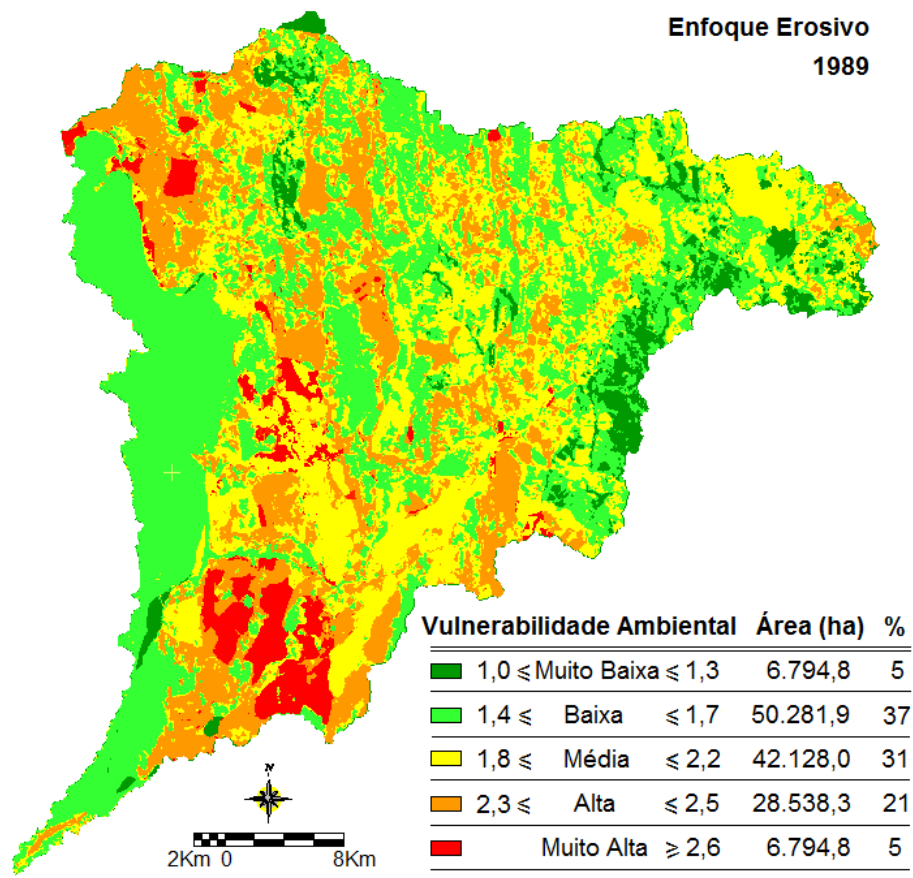


Figura II. 24. Vulnerabilidade Ambiental da BHRF, enfoques conservacionistas e erosivo, para o ano de 1989

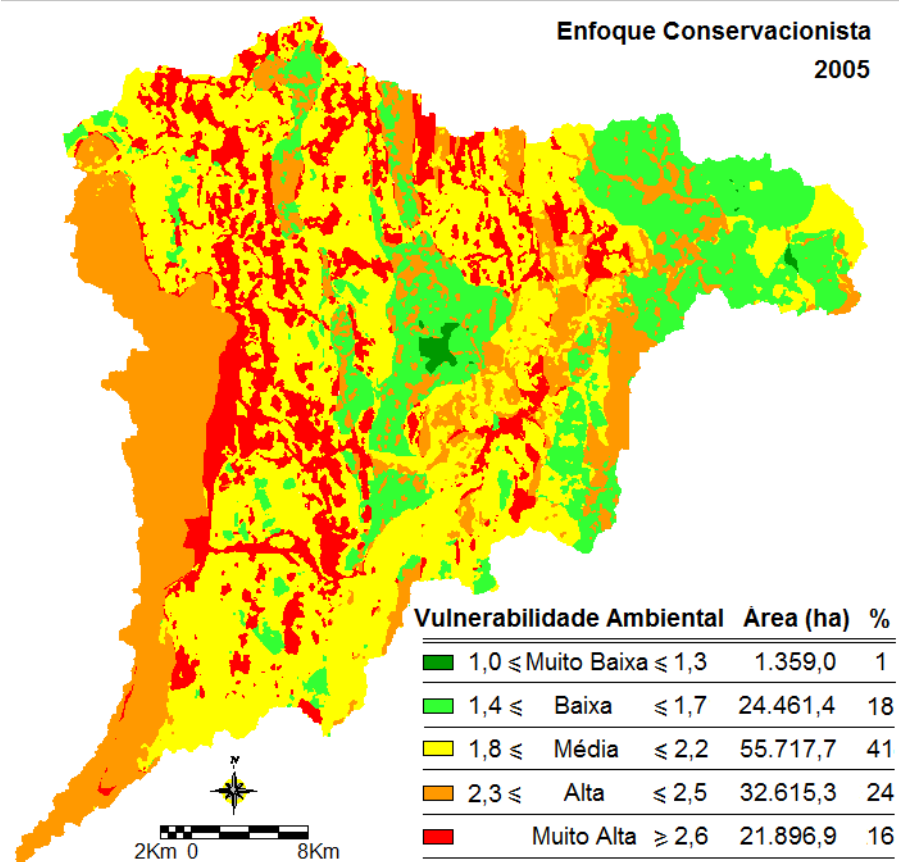
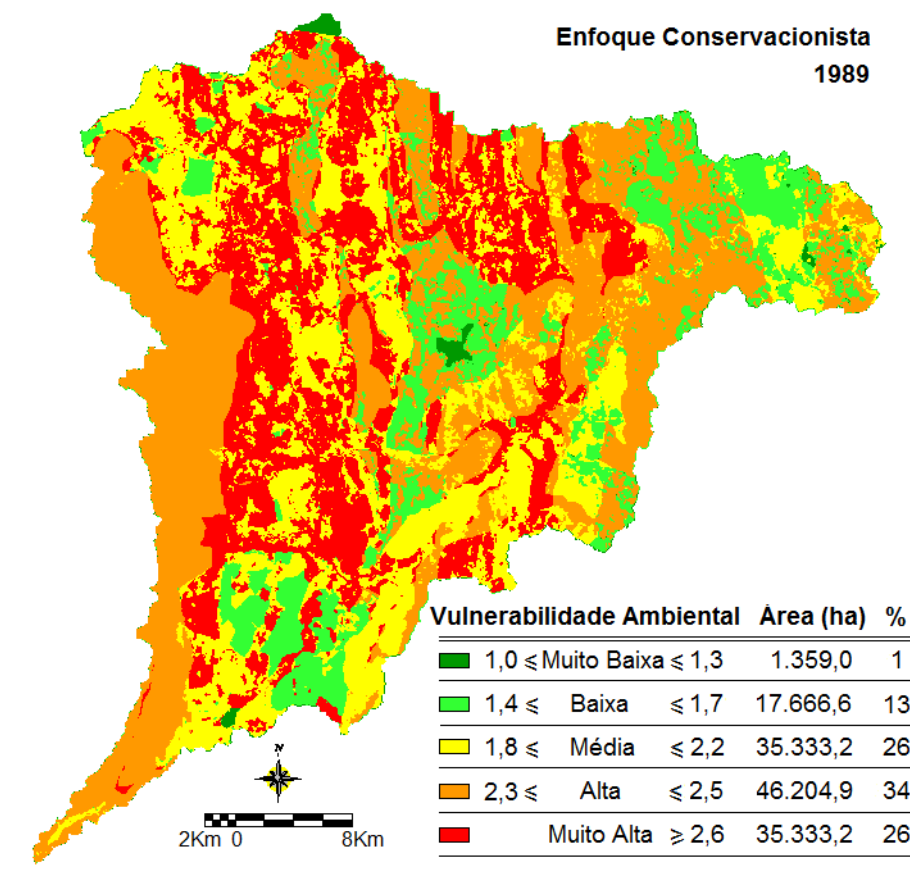


Figura II. 25. Vulnerabilidade Ambiental da BHRF, enfoques conservacionistas e erosivo, para o ano de 2005

No enfoque conservacionista apresenta vulnerabilidade alta áreas com maior biodiversidade. Ao contrário de uma terra arada ou de uma pastagem que, desse ponto de vista, tiveram baixo peso de vulnerabilidade, pois já são áreas impactadas.

Convém ressaltar que o enfoque citado acima pode levar a falsas interpretações quando comparados dois períodos distintos da mesma região. Como, por exemplo, sobre uma melhora na bacia, já que no período 1989 - 2005 houve uma queda da vulnerabilidade alta e média com o aumento de áreas com vulnerabilidade baixa. Entretanto, frisa-se que deste ponto de vista a diminuição de áreas com vulnerabilidade alta é preocupante, porquanto reflete uma queda nas áreas com vegetação nativa.

Esta aparente contradição com os dados de uso e ocupação do solo, fruto de uma visualização superficial dos mapas no enfoque conservacionista, não é repetido quando consideramos vulneráveis áreas com maior disposição a sofrer ações erosivas. Consoante ao aumento de porções desmatadas no período de 1989 a 2005, temos o aumento das áreas com média e alta vulnerabilidade com o decréscimo da porcentagem de vulnerabilidade baixa.

Assim, a rápida visualização dos mapas finais 1989 – 2005, no enfoque erosivo, já demonstram que o aumento das áreas antrópicas, principalmente de pastagens, ocasionou um aumento da vulnerabilidade da área.

Por isso, o enfoque erosivo aparenta combinar melhor com análises multitemporais de uso e ocupação do solo. Seus mapas finais traduzem por si só o aumento da vulnerabilidade ocasionado pela mudança da cobertura vegetal.

Contudo, a visualização superficial dos mapas no enfoque Erosivo também pode incorrer a simplificações errôneas ao se considerar que uma área com baixa vulnerabilidade é naturalmente propícia a empreendimentos com alto potencial degradante, quando na realidade esta deve continuar preservada para não passar a condição de vulnerabilidade mais elevada.

5. CONCLUSÃO

Em todas as etapas deste trabalho, o uso de geotecnologias foi eficiente atendendo as expectativas quanto a sua aplicabilidade. Na classificação do uso e ocupação do solo, poucas intervenções manuais foram necessárias na classificação final, sendo todas referentes a inclusão de algumas poucas áreas destinadas a agropecuárias. Esta intervenção se fez necessária pela confusão espectral, oriunda das limitações do sensor TM em distinguir entre culturas e pastagens.

Na geração de cartas de cobertura do solo usando sensores de média resolução, o controle de campo é imprescindível, na aquisição ou adaptação das chaves de cobertura e por fim, para eliminar dúvidas causadas pela confusão espectral.

Sobre a Vulnerabilidade Ambiental, uma vez que o termo vulnerabilidade por si não esclarece todos os aspectos do método aplicado, torna-se importante frisar a necessidade da interpretação de seus resultados de acordo com sua metodologia. Espera-se assim que distorções sejam evitadas. Ambos os enfoques utilizados aqui podem contribuir como ferramenta de suporte a tomada de decisão.

Especificamente sobre a BHRF, as alterações na cobertura do solo constatadas pelas cartas de uso e ocupação, entre os anos de 1989 e 2005 são preocupantes para o turismo. O aumento intensificado das áreas destinadas à pecuária e o decréscimo das áreas de matas e Cerrado, além de diminuir a fauna e flora da bacia, pode trazer sérias consequências para os rios da região. O aumento indiscriminado dos sedimentos carregados para o leito dos rios aumenta a turbidez, prejudicando em muito a limpidez das águas que deram fama internacional a Bonito. Essa preocupação fica mais evidente no enfoque erosivo, por sua ligação direta com os dados de uso e ocupação do solo, já que o aumento das áreas desmatadas explica o aumento da vulnerabilidade entre 1989 e 2005. Por isso, dada a realidade da BHRF, o enfoque erosivo associa-se melhor com a análise multitemporal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARRIJO, M.G.G. Vulnerabilidade Ambiental: o caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari. Campo Grande, 2005. 120p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- CBERS – 2. Imagem de satélite, sensor CCD. Canais 1,2,3,4. Órbita/Ponto: 165/124. 2006.
- CORINE – Coordination of Information on the Environment. CORINE Land Cover. Comm of European Communities, Bruxelas. 163p., 1992.
- COSTA, F.H.S.; PETTA, R.A.; LIMA, R.F.S.; MEDEIROS, C.N. Determinação da Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Potiguar, Região de Macau (RN), Utilizando Sistemas de Informações Geográficas. Revista Brasileira de Cartografia, nº 58/02, p. 119-127, 2006.
- CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa Geológico do Estado de Mato Grosso do Sul, Escala 1:1.000.000. Rio de Janeiro, RJ. 2006.
- CREPANI E.M.; HERNANDEZ FILHO J.S.; FLORENZANO P.; DUARTE T.G.; AZEVEDO V. Uso de sensoriamento Remoto no Zoneamento Ecológico-econômico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1996, Salvador/BA. São José dos Campos: INPE, 1996, p. 267–273.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to Environmental Hazards. Progress in Human Geography. v. 20, n. 4, p. 529–539, 1996.
- DSG - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta Jardim, Folha SF.21-X-C-II, Escala 1:100.000. Ministério do Exército - Região Centro-Oeste do Brasil - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta. 1966b.
- ERDAS. Inc. Erdas Imagine version 8.4, Erdas Inc Atlanta – Geórgia. 1999. 1CDROM.
- ESRI. Arc View version 3.2, Environmental Systems Research Institute Inc. New York. 1998. 1 CD ROM.
- GEF – Global Environment Facility. Rio Formoso. Disponível em <http://www.gefrioformoso.org.br>. Acessado em 30nov2007.
- GEWIN, V. Scientists who can combine geographic information systems with satellite data are in demand in a variety of disciplines. Revista Nature, v. 427, p. 376-377, janeiro de 2004. Disponível em www.nature.com/nature. Acessado em 08out2006. 2004.
- GRIGIO, A.M.; CASTRO, A.F.; SOUTO, M.V.S.; AMARO, V.E.; VITAL, H.; DIODATO, M.A. Use of Remote Sensing and Geographical Information System in the Determination of the Natural and Environmental Vulnerability of the Municipal District of Guamaré - Rio Grande do Norte - Northeast of Brazil. Journal of Coastal Research, 39, p. 1427-1431, 2006.
- GRIGIO, A.M. Aplicação do sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Guaramé (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera. Natal, 2003. 200p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- 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.
- LANDSAT. Imagem de satélite, sensor TM. Canais 1,2,3,4,5 e 7. Órbita/Ponto: 226/075. 2005.

- LANDSAT. Imagem de satélite, sensor ETM+. Canais 1,2,3,4,5 e 7. Órbita/Ponto: 226/075. 2001.
- LUCENA, L.P.de; FRATA, A.M.; OLIVEIRA, E.J.de; LEÃO, F.R.; ALMEIDA, A.K.de. Concentração econômica no município de Bonito – MS: Agropecuária e/ou Turismo? In: XLIV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL. Fortaleza, 2006.
- PARANHOS FILHO A.C.; LASTORIA, G.; TORRES, T.G. (Coordenadores). Sensoriamento Remoto Aplicado: introdução as geotecnologias. Editora UFMS, 198p., 2008.
- PARANHOS FILHO, A.C.; GAMARRA, R.M.; PAGOTTO, T.C.S.; FERREIRA, T.daS.; TORRES, T.G.; MATOS FILHO, H.J.S.de. Sensoriamento Remoto do Complexo Aporé-Sucuriú. In: PAGOTTO, T.C.S & SOUZA, P.R.de (Organizadores), Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú: subsídios à conservação e ao manejo do Cerrado: área prioritária 316-Jauru. Campo Grande/MS, Ed. UFMS, 308p., 2006.
- PARANHOS FILHO, A.C.; FIORI, A.P.; DISPERATI, L.; LUCCHESI, C.; CIALI, A.; LASTORIA, G. Avaliação Multitemporal das Perdas dos Solos na Bacia do Rio Taquarizinho Através de SIG. Boletim Paranaense de Geociências, v. 52, p. 49-59, 2003.
- PARANHOS FILHO A.C. Análise Geo-Ambiental Multitemporal : O estudo de Caso da Região de Coxim e Bacia do Taquarizinho. Curitiba, 2000. 213p. Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia – Universidade Federal do Paraná.
- PCBAP – Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA, Plano de conservação da bacia do Alto Paraguai, Volumes: I. 73 p. II, Tomos I e II-A, p. 334-386. 1997.
- RADAMBRASIL, Ministério das Minas e Energias, Secretaria Geral. Folha SF 21 Campo Grande: Geologia, Geomorfologia, Solos. Levantamento de Recursos Naturais, 28. Escala 1:1.000.000. Rio de Janeiro, 1982.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In. SANO, S.M & ALMEIDA, S.P. (Organizadores). Ed. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC. p. 89-166, 1998.
- SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I. & BOGGIANI, P.C. Paisagens Cársticas da Serra da Bodoquena, MS. In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.; DAL RÉ CARNEIRO, C. & BRITO-NEVES, B.B. (Organizadores). Geologia do Continente Sul-Americano, 1, São Paulo: Beca, p. 423-433, 2004.
- TAGLIANI, C.R.A. Técnica para Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental de Ambientes Costeiros Utilizando um Sistema Geográfico de Informação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003, Belo Horizonte. Resumo Expandido... Anais, 2003, p. 1657-1664.
- TORRES, T.G.; PARANHOS FILHO, A.C.; TERUYA JUNIOR, H.; CORREA, L.C.; GARCEZ, A.J.S.; COPATTI, A. Utilização dos dados SRTM na geração dos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso (Bonito, MS). In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1, 2006, Campo Grande/MS. Resumos Expandidos... Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2006, p. 145-154.
- TRICART, J. J. L (Coordenador). Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, Recursos Naturais e Meio Ambiente, 97p., 1977.

CONCLUSÕES GERAIS

Em todas as etapas do trabalho, as geotecnologias, por meio dos métodos e programas utilizados, foram eficientes atendendo as expectativas.

Na área de estudo a importância socioambiental dos recursos hídricos tem claro reflexo econômico, não só para o Município de Bonito, mas também para o Estado de Mato Grosso do Sul, onde o setor de serviços ligado ao turismo tem enorme potencial de crescimento.

As alterações verificadas entre 1989 e 2005, especialmente no que diz respeito a perda de áreas naturais nas faixas de APPs de hidrografia e declividade, bem como no aumento da vulnerabilidade ambiental no enfoque erosivo, são preocupantes para os recursos hídricos da região. O aumento de sedimentos carregados para os leitos dos rios e a perda de vazão são fenômenos que podem impactar diretamente o apelo turístico da Bacia. Para conduzir políticas públicas que possam resguardar o bem comum é preciso, além de vontade política, ferramentas e dados para o suporte a tomada de decisões.

Contribuir para um melhor gerenciamento ambiental da Bacia é um dos motivadores do Projeto GEF Rio Formoso, no qual os produtos aqui presentes são integrantes, fornecendo ferramentas para o diagnóstico ambiental utilizando técnicas de sensoriamento remoto que possibilitem o monitoramento da área. Sabe-se que os custos do cumprimento da legislação são menores do que da remediação, basta considerar os recentes casos de desastres ambientais como os da região serrana do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARRIJO, M. G. G. Vulnerabilidade Ambiental: o caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari. Campo Grande, 2005. 120p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- COSTAS, F.H. dos S.; PETTA, R.A.; LIMA, R.F. de S.; MEDEIROS, C.N. de Determinação da Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Potiguar, Região de Macau (RN), utilizando Sistemas de Informações Geográficas. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 58/02, p. 119-127, 2006.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to Environmental Hazards. *Progress in Human Geography*. v. 20, n. 4, p. 529–539, 1996.
- FURLAN, A.; BONOTTO, D.M.; GUMIERE, S.J. Development of environmental and natural vulnerability maps for Brazilian coastal at Sao Sebastiao in Sao Paulo State. *Environmental Earth Science*. 2010.
- GEWIN, V. Scientists who can combine geographic information systems with satellite data are in demand in a variety of disciplines. *Revista Nature*, v. 427, p. 376-377, janeiro de 2004. Disponível em www.nature.com/nature. Acessado em 08out2006. 2004.
- GRIGIO, A.M.; CASTRO, A.F.; SOUTO, M.V.S.; AMARO, V.E.; VITAL, H.; DIODATO, M.A. Use of Remote Sensing and Geographical Information System in the Determination of the Natural and Environmental Vulnerability of the Municipal District of Guamaré - Rio Grande do Norte - Northeast of Brazil. *Journal of Coastal Research*, 39, p. 1427-1431, 2006.
- GRIGIO, A.M. Aplicação do sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Guaramé (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera. Natal, 2003. 230p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal Rio Grande do Norte.
- HOUAISS, A. & VILLAR, M. de S. Minidicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Editora Objetiva, p. 976, 2004.
- MOREIRA, F.; BARBOSA, C.; CÂMARA, G.; ALMEIDA-FILHO, R. Inferência Geográfica e Suporte à Decisão. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C; MONTEIRO, A.M.V.; (Coordenadores), *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE, p. 9/1-9/48, 2001.
- PARANHOS FILHO A.C.; LASTORIA, G.; TORRES, T.G. (Coordenadores). *Sensoriamento Remoto Aplicado: introdução as geotecnologias*. Editora UFMS, 198p., 2008.
- RADAMBRASIL, Ministério das Minas e Energias, Secretaria Geral. Folha SF 21 Campo Grande: Geologia, Geomorfologia, Solos. Levantamento de Recursos Naturais, 28. Escala 1:1.000.000. Rio de Janeiro, 1982.
- TAGLIANI, C.R.A. Técnica para Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental de Ambientes Costeiros Utilizando um Sistema Geográfico de Informação. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 2003, Belo Horizonte. *Resumo Expandido... Anais*, 2003, p. 1657-1664.

ANEXOS

ANEXO A – Artigo publicado no SBSR 2009



Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 6329-6336.

Análise Multitemporal da Bacia do Rio Formoso, 1989 – 2005

Hugo Teruya Junior¹
Giancarlo Lastoria¹
Liliane Candida Corrêa¹
Erika Silva Moreira¹
Thais Gisele Torres²
Antonio Conceição Paranhos Filho¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS
Caixa Postal 549 - 79070-900 - Campo Grande - MS, Brasil
teruyajunior@gmail.com; lastoria@nin.ufms.br; lilycorrea@gmail.com;
engenheriaambiental@gmail.com; paranhos@nin.ufms.br

² Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul -
Procuradoria Geral de Justiça
Núcleo de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto
R.: Pres. Manoel Ferraz de C. Sales, 214 – 79031-907 – Campo Grande – MS, Brasil
thaisgisele_torres@mp.ms.gov.br

Abstract. The utilization of satellite images to characterize the land use and occupation has been an important tool in environmental studies, showing satisfactory results, saving money and resources. This paper presents a multitemporal analysis held at the Formoso River Basin, sub-basin of Miranda River (Alto Paraguai Basin). The Formoso river basin contains Bonito city, a major tourist city in the state of Mato Grosso do Sul. In this work have been used Landsat TM images, 226-075 (path-row), from 1989 and 2005, classified in supervised automatic mode, in the Erdas Image 9.1 software, employing the classification keys discussed by Paranhos Filho (2000). To these keys validation and adaptation to the study area, has been conducted a field control work in the drum of 2006. The results showed that the region has the farming areas increased. In 1989 farm activities occupied 34% of the total basin area (approximately 136,000 hectares), reaching approximately 57% in 2005. In the same period of time, the areas of forests and cerrado of the basin fall from 62% to 40%. The methodology used proved to be applicable to region, reaching given the expectations on the number of classes can that may be separated.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, Landsat TM, sensoriamento remoto, processamento de imagens, Landsat TM.

1. Introdução

A ocupação antrópica desorganizada acarreta modificações da vegetação nativa e prejuízo ao *habitat* natural com o desmatamento exacerbado, queimadas e mau uso do solo. Corroborando Carrijo (2005), atualmente é inquestionável a necessidade de manutenção dos ambientes naturais, principalmente o cerrado do Mato Grosso do Sul.

Entre os meios disponíveis para o planejamento e monitoramento dessas áreas, a análise e interpretação de imagens de satélites é uma técnica eficaz para a avaliação ambiental, podendo ser resumida na obtenção de dados sobre uma área da superfície através de sua resposta em diferentes canais individuais – bandas (Andrade *et al.*, 1998).

Neste trabalho foram empregadas imagens do satélite Landsat, sensor TM, de 1989 e 2005 da área de estudo. A escolha da imagem Landsat TM, com seis bandas multiespectrais (visível, infravermelhos próximo, médio e distante) se deve a sua já consagrada capacidade de reconhecimento dos diferentes tipos de cobertura e também pela sua disponibilidade no acervo do Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais da UFMS.

2. Objetivos

Este trabalho tem o objetivo de realizar a análise multitemporal na Bacia do Rio Formoso, utilizando imagens Landsat TM de 1989 e 2005, tendo como base as chaves de interpretação proposta por Paranhos Filho (2000), observações em campo e a legenda de cobertura CORINE.

3. Área de estudo

A área de estudo é a Bacia Hidrográfica do Rio Formoso – BHRF (Figura 1), uma das sub-bacias do Rio Miranda, localizada entre as coordenadas, UTM *datum* Córrego Alegre, 525.160/582.040mE e 7.686.435/7.629.790mN.

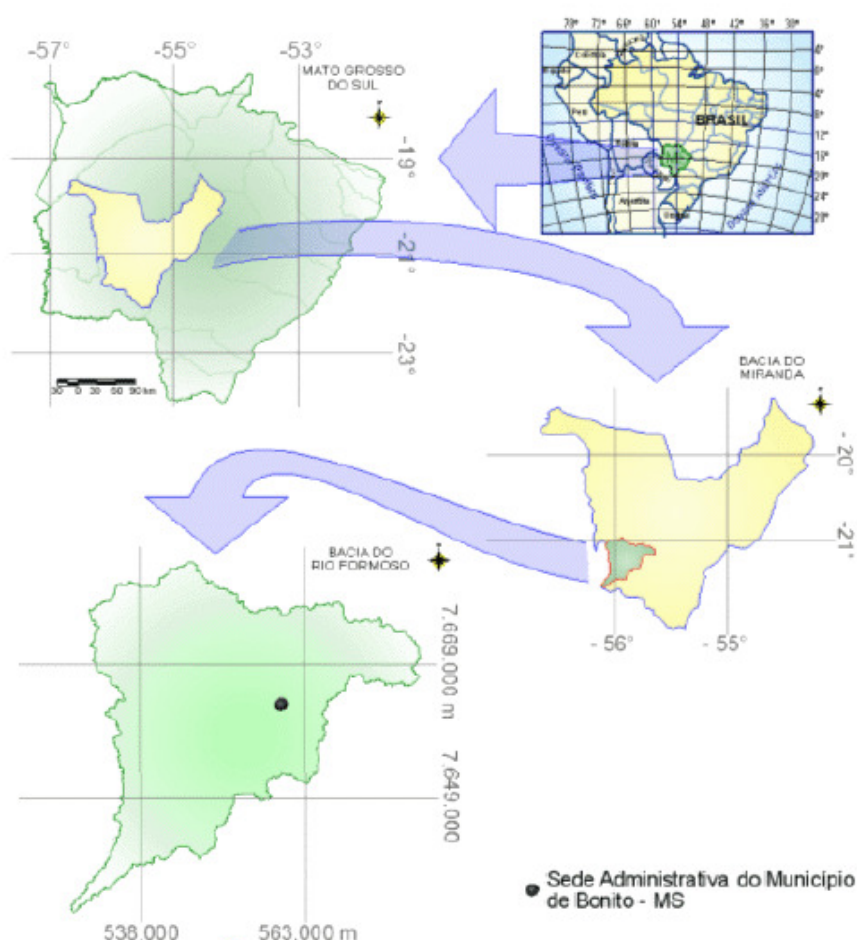


Figura 1. Localização da Área de Estudo (Bacia Hidrográfica do Rio Formoso).

Na parte central da BHRF encontra-se a sede administrativa do Município de Bonito, cidade de assumida vocação turística com belezas naturais já divulgadas a muito pelos meios de comunicação (PMB, 2007). Sua distância rodoviária a capital do Estado, Campo Grande, é de aproximadamente 300Km.

A Bacia do Rio Formoso constitui um sistema hidrológico único associado com rochas calcárias e incluem rios subterrâneos, sumidouros de água e ressurgências (GEF, 2007). Seu principal rio, que dá o nome à bacia, cobre uma área de drenagem de aproximadamente 136.000 hectares e é parte do Complexo da Serra da Bodoquena.

Contribui para a importância ambiental o fato dessa área estar ligada a várias Unidades de Conservação – como o Parque Nacional da Serra da Bodoquena, o Monumento Nacional do Rio Formoso, a Gruta da Lagoa Azul – além de diversas Reservas Naturais de Patrimônio Nacional - RPPN's.

4. Metodologia de Trabalho

As duas imagens classificadas nesse trabalho podem ser vistas na Figura 2, em composição falsa cor RGB 453. A esquerda é mostrada a imagem de 1989, dando destaque ao quadrante nordeste sobre o qual está a Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, com o limite em amarelo. À direita, da mesma figura, é apresentado a imagem de 2005.

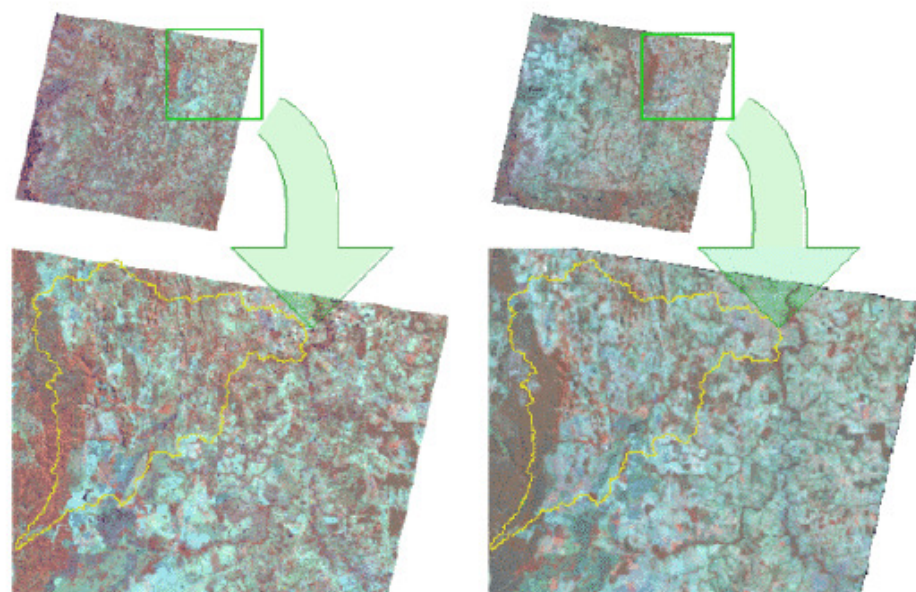


Figura 2. A esquerda é mostrada a imagem Landsat TM de 1989, com destaque ao quadrante nordeste sobre o qual está o limite da Bacia do Rio Formoso, em amarelo. O mesmo vale para a imagem de 2005, a direita na figura.

A classificação adotada nas imagens acima foi a automática supervisionada (algoritmo máxima verossimilhança), executada no aplicativo Erdas Imagine 9.1 (ERDAS, 1999). Nesse tipo de classificação o usuário “treina” o sistema a reconhecer as feições de interesse, através da seleção de áreas piloto que representem bem um determinado tipo de cobertura. Com o fornecimento dos exemplos de cada uma das áreas de interesse na imagem o programa passa a ter um “roll” de classes para enquadrar todo o restante da imagem, comparando a resposta espectral de cada *pixel* com os exemplos escolhidos segundo critérios estatísticos. Para a seleção das áreas de treinamento foi tomado como base as chaves de classificação discutidas por Paranhos Filho (2000). Posteriormente essas chaves foram validadas e adaptadas para a BHRF por meio do controle de campo, efetuado em meados de 2006. Os pontos de controle

levantados para a identificação da cobertura e controle do georreferenciamento da imagem podem ser vistos na Figura 3.

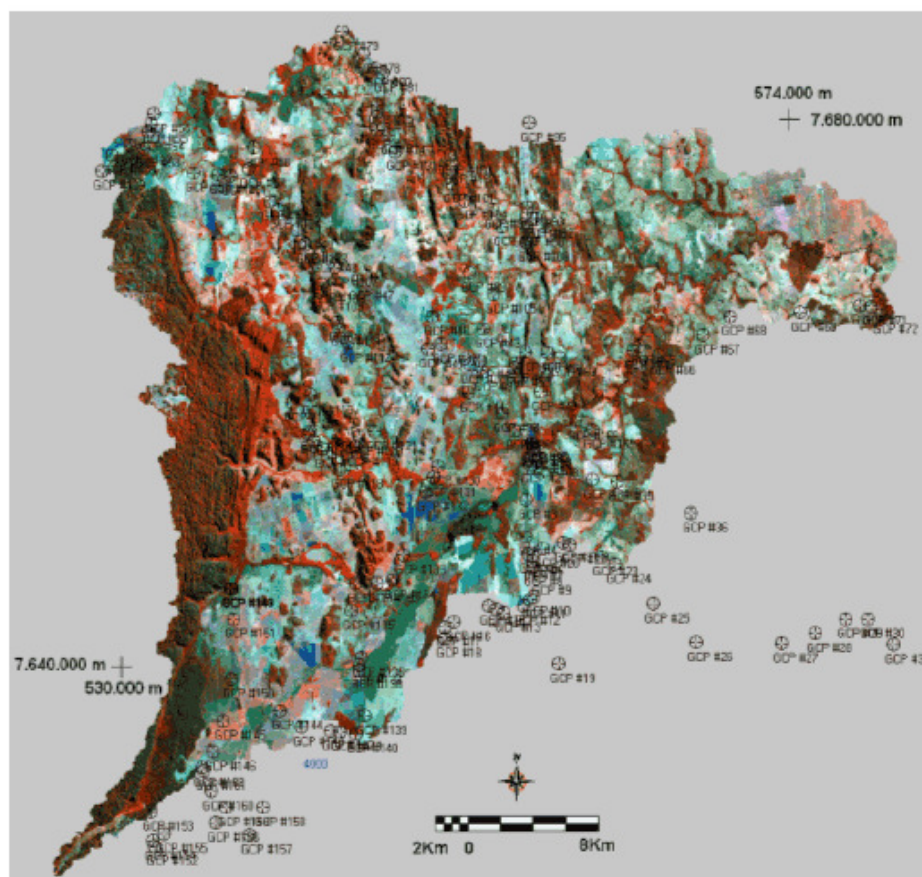


Figura 3. Pontos de controle de campo efetuados em 2006 na Bacia do Rio Formoso, locados sobre a imagem Landsat de 2005.

A legenda utilizada nas cartas de cobertura do solo elaborada a partir da imagem de 1989 e 2005 é do Projeto CORINE (Heymann et al., 1984; CORINE, 1992; Paranhos Filho, 2000). As classes CORINE identificadas são apresentadas na Tabela 1.

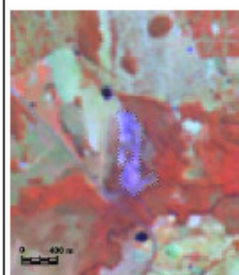
Tabela 1. Classes de cobertura de solo do Projeto CORINE identificadas no mapeamento de cobertura na Bacia do Formoso.

Nível I	Nível II	Nível III
1. Superfícies Artificiais	1.1. Padrão Urbano Indistinto	1.1.2 Padrão urbano descontínuo
	1.3. Mina, depósito de lixo e local de construção.	1.3.1. Local de extração mineral
2. Áreas agropecuárias	2.1. Terra Agricultável	2.1.1. Área arável não irrigada
	2.3. Pasto	2.3.1. Pastagens
3. Áreas com vegetação natural e seminaturais	3.1. Formações Florestais	3.1.1. Classe constituída por mata e cerrado, fisionomias florestais.
	3.2. Formações savânicas e/ou campestres	3.2.2. Cerrado
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

Os quadros, citadas na última coluna da tabela, foram construídos considerando as chaves de cobertura base, o controle de campo e a legenda CORINE. Como exemplo destas mostramos abaixo as Figuras 3 (quadro 02) e 4 (quadro 05).

1.3.1. Extração Mineral

Áreas de extração de material mineral a céu aberto (calcário neste caso - lava a céu aberto). Estão compreendidos os edifícios e instalações associadas.



Interpretação na composição RGB 453, Landsat TM, agosto de 2005 (LANDSAT TM, 2005)



Mesma área, interpretação na composição RGB 752, Landsat TM, agosto de 2005 (LANDSAT TM, 2005).



Mesma área, interpretação sobre a banda 3, Landsat TM, agosto de 2005 (LANDSAT TM, 2005).



Mesma mina de calcário vista do solo.

Figura 4. Classe de Cobertura do solo 1.3.1 – Extração Mineral.

3.1.1. Matas

Esta classe é constituída por matas e cerrado conforme as fitofisionomias descritas por Ribeiro e Walter (1998).

Engloba os vários tipos de fitofisionomias arbóreas, como Matas Ciliares e de Galeria, Mata Seca, Mata Verde e Cerradão (Ribeiro e Walter, 1998).

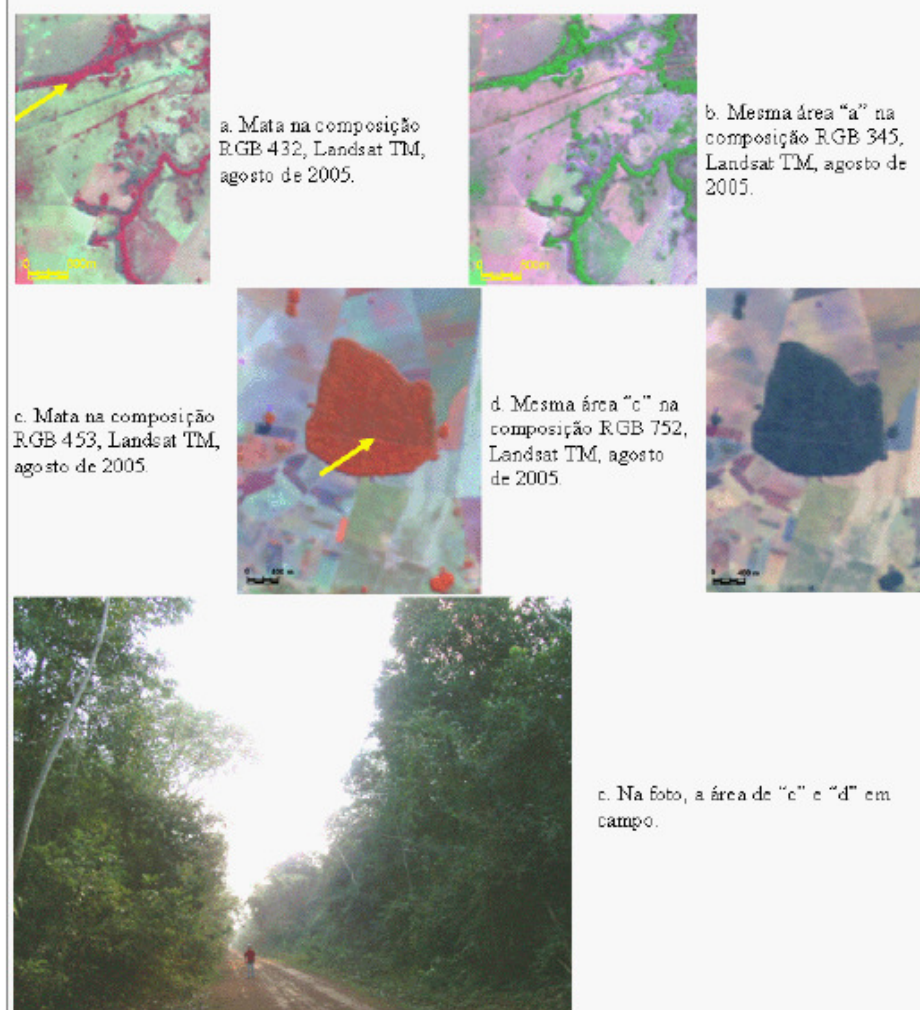


Figura 5 – Classe de Cobertura do Solo 3.1.1 – Matas.

5. Resultados

A Figura 5 mostra a classificação das imagens com o resultado porcentual e numérico das classes identificadas logo abaixo. A esquerda encontra-se o resultado da classificação para o ano de 1989 e da direita para 2005.

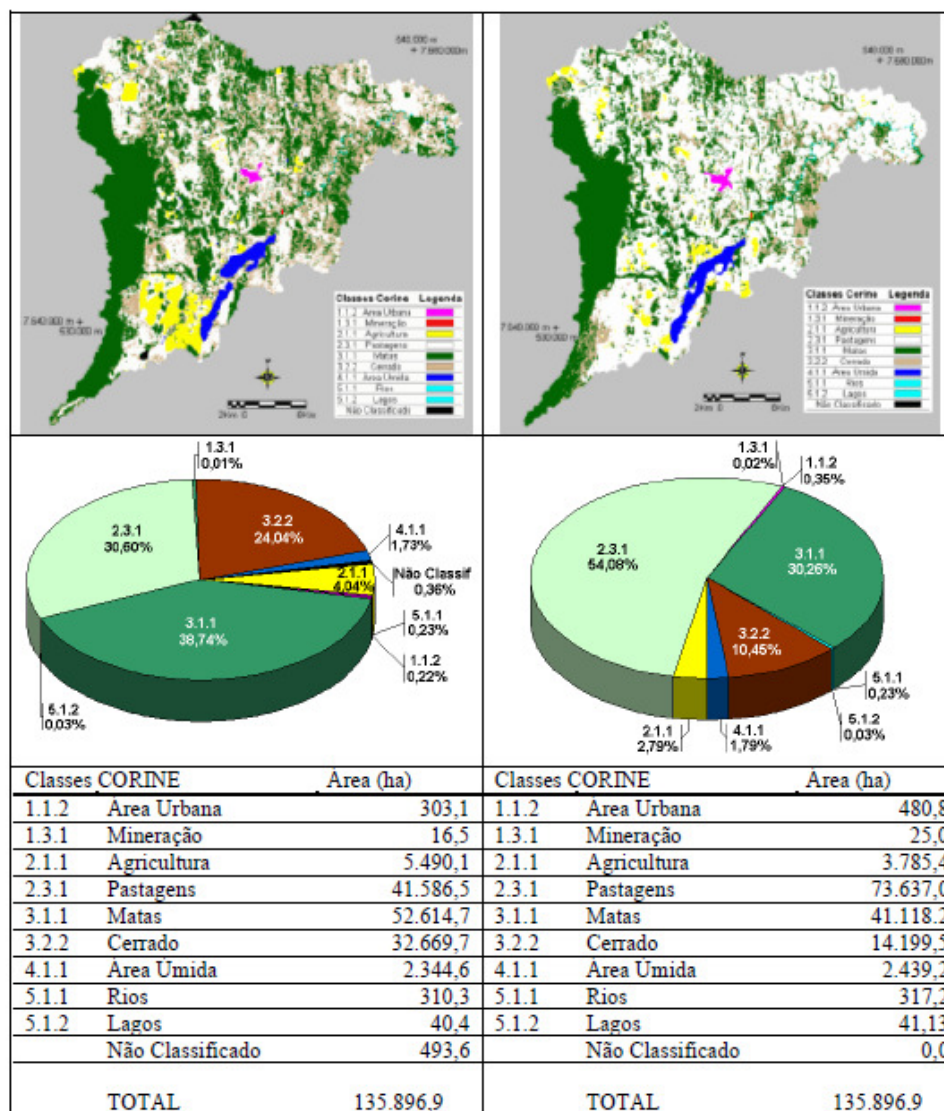


Figura 5: Valores das diferentes classes CORINE para a Bacia do Rio Formoso para 1989 e 2005.

6. Conclusões

Os números demonstram que de 1989 a 2005 houve aumento na quantidade de área destinada à agropecuária, sendo que no último ano analisado há o predomínio sobre as demais classes. A grande área verde na borda esquerda da bacia, que aparece nos dois anos analisados, refere-se ao Parque Municipal da Serra da Bodoquena. Além do aspecto legal contribuiu também para sua conservação a dificuldade ao acesso devido a sua declividade acentuada.

A metodologia utilizada mostrou-se aplicável a região, atendendo as expectativas sobre o número de classes possíveis de serem separadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao projeto GEF (Global Environment Facilities) Rio Formoso que disponibilizou os recursos para a realização do levantamento em campo de 2006.

Referências Bibliográficas

Andrade, N.S. de O.; Araújo, L.S.; Numata, I. Valério Filho, M. Estudo da dinâmica da cobertura vegetal e uso de terra na região de Ji-Paraná/RO. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 9, 1998, Santos. Anais... São José dos Campos: INPE, 1998. Artigos, p. 89-98. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00015-3. Disponível em: < http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.14.39/doc/4_64p.pdf>. Acesso em: 28 out. 2007.

Carrijo, M.G.G. Análise da Vulnerabilidade Ambiental: o caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari – MS. 2005. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 2005.

Corine. Corine Land Cover. 1992. CORINE – Coordination of Information on the environment. Comm of European Communities, Bruxelas. 1992.

ERDAS, Inc. Erdas Imagine 8.4. LEICA Geosystems Geospatial Imagine, LCC. Atlanta – Geórgia. 2006. CD-ROM

GEF. Rio Formoso. GEF - Global Environment Facility. 2007. Disponível em <<http://www.gefrioformoso.org.br/>>. Último acesso em 30 de nov de 2007.

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.

Landsat TM. Imagem de satélite. 1989. Canais 1,2,3,4,5 e 7. Órbita/Ponto: 226/075.

Landsat TM. Imagem de satélite. 2005. Canais 1,2,3,4,5 e 7. Órbita/Ponto: 226/075.

Paranhos Filho, A. C. Análise Geo-Ambiental Multitemporal: O estudo de Caso da Região de Coxim e Bacia do Taquarizinho. 2000. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2000.

PMB. Prefeitura Municipal de Bonito. O Sistema Turístico de Bonito – MS. 2007. Disponível em: <<http://www.portalpublicobonitoms.com.br/arquivos/artigos/Sobre%20Bonito.doc>>. Último acesso em: 4 de jan de 2008.

ANEXO B – Normas para Publicação de Trabalhos da Revista Geociências/UNESP

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS

GEOCIÊNCIAS é uma revista quadrimestral, on-line, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (UNESP)/Campus de Rio Claro, que divulga trabalhos sobre temas da Geologia e Geografia Física, básicos e de aplicação, de autores da UNESP e de outras instituições, do País ou do Exterior, de interesse para a comunidade geocientífica e a coletividade em geral.

A partir do ano de 2009, a revista passou a operar apenas no formato eletrônico, com o ISSN 1980-900X, seguindo a tendências das revistas internacionais.

1. TIPO DE TRABALHO PUBLICADO

A revista publica Artigos com dados e resultados originais e inéditos de pesquisas científicas e técnicas, redigidos em português, inglês ou espanhol.

2. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

a) O trabalho deve ter:

- 1) Título, coerente com o conteúdo.
- 2) Nomes do(s) autor(es), completos e por extenso.
- 3) Instituição(ões)/empresa(s) a que se vincula(m), com endereço(s) (logradouro, CEP, cidade, estado, endereço eletrônico), completos e sem abreviaturas ou siglas.
- 4) Sumário dos itens e subitens, mostrando a hierarquia deles.
- 5) Resumo de até 200 palavras, em parágrafo único, sem incluir citações bibliográficas, seguido de até cinco palavras-chave que reflitam a natureza e conteúdo do trabalho e escritos na língua utilizada no artigo.
- 6) Título, resumo e palavras-chave vertidos para outra língua dentre as indicadas acima.

b) A estrutura do artigo deve ter, ressalvada a natureza do trabalho que exija explanação diferente e mais adequada à boa exposição das informações:

- 1) Introdução, contextualizando o trabalho e definindo o objetivo do artigo.
- 2) Materiais, métodos e técnicas.
- 3) Apresentação de dados.
- 4) Discussões, interpretações e resultados.
- 5) Conclusões ou considerações finais.
- 6) Agradecimentos.
- 7) Lista das referências bibliográficas citadas.

c) A hierarquia de itens e subitens deve ser feita em até 5 níveis:

- 1) Nível 1: negrito, em maiúsculas, centrado. Ex.: INTRODUÇÃO.
- 2) Nível 2: negrito, caixa alta, alinhado à esquerda. Ex.: Litologia.
- 3) Nível 3: negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: Aspectos do Relevo.
- 4) Nível 4: itálico, negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: Xistos do Grupo São Roque.
- 5) Nível 5: itálico, não-negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: Características Texturais dos Sedimentos.

3. ENTREGA DO ARTIGO

a) O texto deve ser elaborado em folhas A4, margens de 2 cm, espaço duplo, recuos (parágrafos) de 0,5 cm, fonte Times New Roman de 12 pontos, sem formatação, sem hifenização, utilizando o

Winword para IBM-PC. Extensão: até 30 páginas, incluindo texto, ilustrações e referências bibliográficas. Não são aceitos textos escaneados.

- 1) Unidades e símbolos de medidas devem seguir o sistema de padronização internacional (exs.: M para milhão, G para bilhão, m, cm, km, kb, MPa). Símbolos não-usuais e abreviaturas, quando utilizados, devem ter os significados explicitados quando da primeira citação no texto.
- 2) Equações e fórmulas devem ser inseridas no texto em formato JPG. Todos os símbolos e abreviaturas utilizados devem ter seus significados explicitados. Se forem citadas no texto podem ser numeradas com algarismos arábicos sucessivos, colocados à direita.
- 3) Palavras estrangeiras e citações, se usadas, devem aparecer em itálico.
- 4) Notas de rodapé não são aceitas (inclusive para indicação dos nomes de instituições ou empresas). Eventuais notas complementares podem ser inseridas no fim do texto, referidas como APÊNDICES, limitados à exposição de detalhes imprescindíveis à compreensão do texto (p. ex., minúcias de ensaios, deduções de equações).
- 5) A redação deve ser impessoal (terceira pessoa).

b) Dos trabalhos devem ser enviados obrigatoriamente:

- 1) uma cópia em papel, numeradas seqüencialmente, do texto e das ilustrações (para controle da editoração);
- 2) duas cópias em papel, sem os nomes dos autores e de suas instituições/empresas (para blind review de dois Consultores);
- 3) uma cópia de todo o trabalho (texto e ilustrações) em CD-ROM, se necessário com compactação em formato zip.

4. ILUSTRAÇÕES

a) As ilustrações e suas legendas devem ser apresentadas em separado do texto, com as respectivas legendas.

b) São ilustrações:

- 1) TABELAS (sem molduras verticais das células) e QUADROS (com molduras horizontais e verticais das células) elaboradas no Winword ou Excel, dispostas em formato Retrato.
- 2) FIGURAS, que são mapas, perfis, diagramas e assemelhados, em Preto & Branco, em tons de cinza ou coloridas, numeradas seqüencialmente com algarismos arábicos, na ordem de inserção no texto. As figuras devem ser apresentadas em formato cdr ou cad (CorelDraw, Auto Cad), que permita elaboração para o padrão da revista. No texto devem ser apontados os locais de inserção em uma linha logo após o parágrafo em que é feita a primeira citação.
- 3) FOTOS, FOTOMICROGRAFIAS, IMAGENS e assemelhados, e PRANCHAS, que são quadros de tais documentos. Devem se apresentadas em tons de cinza, em originais ou escaneadas em formato jpg, com resolução mínima de 300 dpi. Não são aceitas cópias xerográficas. Inserir escala gráfica, se necessário. Indicações devem ter tamanhos ou espessuras que comportem redução e visibilidade no tamanho de largura máxima entre 8 a 17 cm (largura útil da página impressa).

c) Ilustrações coloridas estão liberadas.

5. CITAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

a) Citações no texto:

- 1) de um autor – ex.: Adams (1989), (Adams, 1996);
- 2) de dois autores – exs.: Cox & Singer (1986), (Cox & Singer, 1986);
- 3) de trabalhos de mais de 2 autores – exs.: Lopes et al. (1992), (Lopes et al., 1992);
- 4) de mais de um trabalho do mesmo autor e do mesmo ano ou de anos distintos – exs.: Johnson (1995a, b, c); Roberts (1996, 1997); (Johnson, 1995a, b; Roberts, 1996a, b, 1997);
- 5) Para citações indiretas, usar segundo em vez de apud – ex.: Lucas (1975, segundo Silva, 1993).

- 6) Evitar o uso de op. cit. – ex.: Martins (1998) em vez de Martins (op. cit.).

b) Lista de REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1) Seguir a ordem alfabética dos nomes dos autores e numerar consecutivamente. Se houver mais de um trabalho do(s) mesmo(s) autor(es) num ano, indicar no final (a), (b), (c)...
- 2) Entrada de um autor – ex.: SILVA, A.L. DA.
- 3) Entrada de dois autores – ex.: SILVA, J.L. & RUIZ, A. DA S.
- 4) Entrada de três ou mais autores – citar todos. Ex.: LIMA, E.S.; MARQUES, J.S.; CAMPOS, A.
- 5) Exemplos de citação de publicações:

Livros, monografias, relatórios

COSTA, M.C. da & ANGÉLICA, R.S. (Coordenadores). Contribuições à Geologia da Amazônia. Belém: Financiadora de Estudos e Projetos e Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Norte, 446 p., 1997.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Jacupiranga-Guaará - geologia, levantamento geoquímico, processamento aerogeofísico e metalogenia das folhas SG22-X-8-VI-2 (Jacupiranga) e SG22-X-B-VI-4 (Rio Guaará), Estado de São Paulo, Escala 1 :50.000. São Paulo: Convênio Secretaria de Estado de Energia / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil, 245 p., 1999.

Capítulos de livros

ROOSEVELT, A.C. The influence of geology on soils, biota and the human occupation of Amazonia. In: COSTA, M.C. da & ANGÉLICA, R.S. (Coordenadores), Contribuições à Geologia da Amazônia. Belém: Financiadora de Estudos e Projetos e Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Norte, p. 1-14, 1997.

Dissertações e Teses

SANTOS, M. DOS. Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica. Rio Claro, 1999. 134 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

Artigos de periódicos

FERREIRA, M.C. Análise espacial da densidade de drenagem em Sistema de Informação Geográfica através de um modelo digital de distâncias interfluviais. Geociências, v. 18, n. 1, p. 7-22, 1999.

Resumos (estendidos ou não) publicados em eventos técnico-científicos

ROY, P. Estuaries and coastal valley-fills in Southeast Australia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 6, 1997, Curitiba. Resumos Expandidos... São Paulo: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 1997, p. 12-13.

c) Outros

- 1) Programas de computação (softwares) citados no texto devem ser referenciados como trabalhos, com dados de autoria, versão, local, data.
- 2) Documentos consultados na Internet: citar a URL e data de acesso. Ex.: C.M.L. da Cunha & I.A. Mendes. Proposta de análise integrada dos elementos físicos da paisagem: uma abordagem geomorfológica. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista/Sumario0301.htm>. Acessado em: 25jan2006.
- 3) Trabalhos aceitos para publicação ou no prelo: citar, com indicação da situação.
- 4) Comunicações pessoais e trabalhos em preparação ou submetidos para publicação não devem ser citados na listagem bibliográfica, mas apenas no texto.
- 5) Não devem ser citados documentos (relatórios e outros) confidenciais ou inacessíveis aos leitores.

6. ANÁLISE DOS TRABALHOS E PROCEDIMENTOS DA EDITORIA

- 1) O autor ou primeiro autor será comunicado da recepção do trabalho, dos resultados das avaliações pelos Consultores e aceitação para publicação.

- 2) Os trabalhos receberão avaliação crítica do mérito por um ou dois membros do Conselho Editorial e/ou Corpo Consultivo tendo em vista a publicação na revista. O prazo para avaliação é de 30 dias.
- 3) Trabalhos não recomendados serão devolvidos. Aqueles cuja aceitação dependa de modificações ou ajustes serão devolvidos ao(s) autor(es) para adequação.
- 4) Revisões de aspectos formais dos trabalhos, antes da impressão final, serão efetuadas pelo Conselho Editorial.
- 5) Os dados, informações e conceitos emitidos nos trabalhos são de inteira responsabilidade dos autores. O autor ou primeiro autor do trabalho responde pela autorização de sua publicação e cessão de direitos autorais à revista.

7. ENCAMINHAMENTO

Os trabalhos devem ser enviados, com carta de encaminhamento, para:

Revista Geociências
Instituto de Geociências e Ciências Exatas / UNESP
Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP.
Caixa Postal 178. Telefones: (19) 3526-9264 . Fax: (19) 3524-9644.
Endereço eletrônico: maurelio@rc.unesp.br.

8. INTERNET

A revista está disponível na Internet, podendo ser acessada no portal <http://www.revistageociencias.com.br>