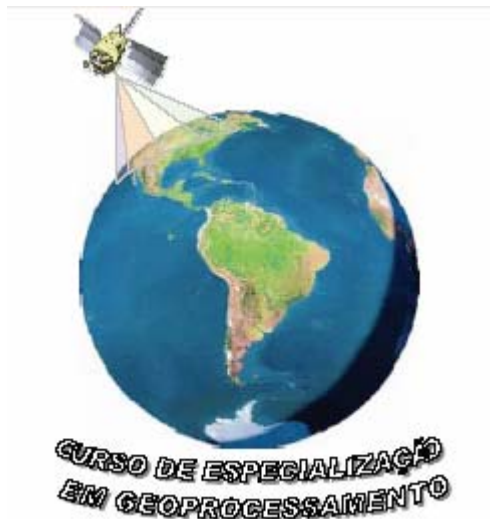




**Universidade de Brasília-UnB
Instituto de Geociências
Especialização em Geoprocessamento**



O uso do SIG no Licenciamento Ambiental das propriedades rurais do DF.

**Marcos de Lara Maia
&
Jose Voltaire Brito Peixoto**

Brasília – DF
2007



**Universidade de Brasília-UnB
Instituto de Geociências
Especialização em Geoprocessamento**

O uso do SIG no Licenciamento Ambiental das propriedades rurais do DF.

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
SUBMETIDO AO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO
DO GRAU DE ESPECIALISTA EM
GEOPROCESSAMENTO.**

Por:
Marcos de Lara Maia
&
Jose Voltaire Brito Peixoto

ORIENTADOR: Prof. Henrique Llacer Roig

Brasília – DF
2007

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	4
1 INTRODUÇÃO.....	5
1.1 Apresentação	5
1.2 Objetivos:	7
1.3 Localização da Área	7
2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	8
2.1 Área de Estudo	8
2.2 Vegetação	10
2.3 Geologia	10
2.4 Solos	10
2.5 Geomorfologia.....	12
2.6 Hidrografia	14
2.7 Clima	14
2.8 Aptidão Agrícola	17
3 METODOLOGIA DO TRABALHO	19
I – Geração de mapa de ocupação e uso do solo através de Sensoriamento Remoto	19
II – Avaliação da vulnerabilidade ambiental da propriedade, no tocante aos aspectos de erosões de origem hídrica e de riscos de contaminação de manancial pelo carreamento de efluentes de suinocultura.....	21
4 RESULTADOS	28
4.1 Ocupação e Uso	28
4.2 Índice de Vulnerabilidade.....	31
4.3 Direção de Fluxo	32
5 CONCLUSÃO.....	37
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

TABELAS

Tabela nº. 01. Disciplinas cursadas durante o curso de especialização em geoprocessamento.....	5
Tabela nº. - 03. Bandas de absorção da atmosfera terrestre	20
Tabela nº. - 04. Escolha de uma escala numérica relativa de avaliação:.....	23
Tabela nº. – 05. Peso de evidências de solos.....	24
Tabela nº. - 06. Peso de evidências de uso e ocupação	24
Tabela nº. - 07. Peso de evidências de declividade	25
Tabela nº. - 08. Peso de evidências de Zona tampão (“buffers”) ao redor das construções 26	
Tabela nº. - 09. Peso de evidências da pluviosidade	26
Tabela nº. - 10. Peso de evidências da aptidão agrícola	26
Tabela nº. - 11. Aquisição e análise dos temas utilizados no método Weighted Overlay 27	
Tabela nº.12. - Quantificação das áreas no lote 26 do mapa de Índice de Vulnerabilidade.	32

FIGURAS

Figura nº. 01, Mapa de situação.	10
Figura nº.02 – Mapa de Solos.....	11
Figura nº.03 - Mapa de declividade.....	13
Figura nº.04 – Mapa Hidrográfico da Bacia do Ribeirão Extrema.....	15
Figura nº.05 – Mapa de Isoietas do DF	16
Figura nº. 06 – Mapa de aptidão agrícola.....	18
Figura nº. 07 – Fluxograma da elaboração do mapa de uso e ocupação do solo.....	21
Figura nº. 08 – Fluxograma de geração do MDT.	25
Figura nº.09 - Indicação das oito direções de fluxo possíveis para cada pixel, com os respectivos códigos.....	28
Figura nº. 10 - Indicação da direção de fluxo único atribuída na escolha de uma determinada célula.....	28
Figura nº. 11 – Cópia da tela do ENVI após o processo de registro da imagem referenciado ao SICAD.	29
Figura nº. 12 – Superposição: levantamento de campo e classificação de imagem.....	29
Figura nº. 13– Comparação entre o mapa elaborado a partir de levantamento de campo e a classificação de imagem.	31
Figura nº. 14 – Mapa de Índice de Vulnerabilidade	32
Figura nº. 15 – Mapa de direção de fluxo.....	33
Figura nº. 16 – Mapa de declividade mostrando o caminho mais provável.....	35
Figura nº.17 – Mapa de Modelo Numérico de Terreno (MNT) de declividade e hidrografia.	36
Figura nº.18 - Indicação dos múltiplos fluxos possíveis de direção para cada pixel.	36

O USO DO SIG NO LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS PROPRIEDADES RURAIS DO DF.

Marcos de Lara Maia¹ e José Voltaire Brito Peixoto²

RESUMO A gestão ambiental cada vez mais se utiliza de ferramentas que reproduzam com fidelidade as relações existentes entre os diversos componentes ambientais. O presente trabalho testou alguns métodos de sensoriamento remoto e geoprocessamento com a finalidade de identificar fragilidades ambientais e possíveis ações mitigadoras dos impactos gerados pela atividade agropecuária. Foram utilizadas imagens de satélite CBERS pré-processadas, processadas e classificadas com as plataformas ENVI 4.3 e SPRING 4.3.3. e as ferramentas “Weighted Overlay” e o “Steepest Path” do ArcMap 9.2. Os resultados obtidos demonstraram a eficácia das metodologias utilizadas para subsidiar o gestor ambiental na tomada de decisão.

Palavras-chaves: SIG, Impacto Ambiental, Licenciamento Ambiental, CBERS, ENVI 4.3, SPRING 4.3.3., Weighted Overlay, Steepest Path, ArcMap 9.2

ABSTRACT Environmental management is increasingly using tools that best reproduce existing relations among the various environmental components. The present study tested some methods of remote sensing and geoprocessing with the aim of identifying environmental weaknesses and possible actions that could minimize impacts generated by farming activity. There were used images of CBERS which were pre-processed, processed and classified with the ENVI 4.3 and SPRING 4.3.3. softwares, and the "Weighted Overlay" and the "Steepest Path" tools of the ArcMap 9.2. The results demonstrated the effectiveness of those methods on supporting environmental manager in their decisions.

Keywords: GIS, Environmental Impact, CBERS, ENVI 4.3, SPRING 4.3.3., Weighted Overlay, Steepest Path, ArcMap 9.2.

¹Engenheiro Agrônomo, Extensionista Rural da EMATER-DF, Mestre em Planejamento e Gestão Ambiental; Parque Estação Biológica, edifício EMATER-DF, CEP 70.770-220, Brasília-DF, Brasil. E-mail; marcosagronomo@yahoo.com.br

²Engenheiro Agrônomo, Extensionista Rural da EMATER-DF; Parque Estação Biológica, edifício EMATER-DF, CEP 70.770-220, Escritório local do Rio Preto, Brasília-DF, Brasil. E-mail; josevoltaire@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Esta monografia é o documento final para cumprimento do curso de “Especialização em Geoprocessamento” promovido pelo Instituto de Geociência da Faculdade de Geologia da Universidade de Brasília – UnB para a obtenção do grau de especialista. O curso, realizado de março a dezembro de 2007 pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto do Instituto de Geociências da UnB, teve por objetivo capacitar profissionais de nível superior no uso das ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e em Processamento e Interpretação de Imagens de Sensores Remotos Orbitais.

O curso está dividido em dois módulos, com carga horária total de 525 horas. O primeiro módulo é composto por sete disciplinas com um total de 300 horas de aulas teóricas e práticas, presenciais. O segundo módulo, com duração de 225 horas para a elaboração de monografia. A tabela 01 mostra as disciplinas com suas cargas horárias e os professores responsáveis.

Tabela nº. 01. Disciplinas cursadas durante o curso de especialização em geoprocessamento.

Item	Disciplinas	Carga horária	Professor responsável
1	Estatística para Geoprocessamento	20 horas	Prof. José Affonso Brod - UnB
2	Fundamentos de Cartografia	24 horas	Prof. Ronald A. Martins – SIGEX
3	Sensoriamento Remoto	48 horas	Prof. Paulo Roberto Meneses– UnB Prof. Edson Eyji Sano - Embrapa
4	Preparação de Bases Temáticas Digitais em Ambiente SIG	24 horas	Prof. Henrique Llacer Roig
5	Interpretação de Imagens	48 horas	Prof. Paulo Roberto Meneses– UnB Prof. Edson Eyji Sano
6	Processamento de Imagens Digitais	60 horas	Prof. Paulo Roberto Meneses – UnB Profa. Tati de Almeida
7	Introdução ao SIG e Análise de Dados Espaciais	90 horas	Prof. Henrique Llacer Roig- UnB

O curso proporcionou aos profissionais a capacitação e o manuseio dos termos técnicos e conceitos avançados em geoprocessamento, bem como sua correspondência com os equipamentos de informática disponíveis e ênfase nos principais instrumentos tecnológicos (hardware, software, etc); conhecimento sobre a tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), e apresentação do sensoriamento remoto e seus produtos.

O tema desenvolvido neste trabalho **“o uso do SIG no licenciamento ambiental das propriedades rurais do DF”** surgiu a partir da necessidade de atender uma exigência da Legislação Ambiental que obriga toda e qualquer atividade rural que

tiver potencial poluidor obter licenciamento ambiental. Conforme Lei Federal Nº. 6.938 de 31 de agosto de 1981, no Art. 10 – “A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis”, que está em conformidade com a Lei Distritais n.º.399, de 10 de março de 1997 - Lei de Política Ambiental do Distrito Federal.

O Licenciamento Ambiental das atividades rurais no DF é de responsabilidade do Órgão Ambiental Distrital denominado de Instituto Brasília Ambiental (IBRAM). O projeto de lei que criou o órgão foi a Lei de Nº 3.984, de 28 de maio de 2007 DODF de 30.05.2007. O órgão ficou responsável pela fiscalização e pelos licenciamentos ambientais dos empreendimentos no DF.

Para o empreendimento rural obter o licenciamento ambiental o proprietário deverá requerer as seguintes Licenças: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO), atendendo o que preceitua o Decreto Nº. 12.960/90 que regulamenta a Lei 041/89 que dispõe sobre a Política Ambiental do Distrito Federal.

A Licença Prévia (LP), na fase preliminar de planejamento do empreendimento, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas etapas de localização, instalação e operação; é uma licença requerida antes da construção do empreendimento desejado, no qual o interessado submete ao órgão ambiental as possibilidades de determinada atividade rural poder ser concretizado numa determinada região.

A Licença de Instalação (LI) é uma licença requerida após o empreendedor ter conseguido a Licença Prévia (LP), a qual autoriza o interessado o início da implantação, de acordo com as especificações constantes do projeto. Nesta etapa do processo de licenciamento, o proprietário é obrigado a apresentar um Plano de Controle Ambiental (PCA) e o Relatório de Controle Ambiental (RCA).

A Licença de Operação (LO), como o próprio nome sugere, é a autorização obtida pelo proprietário para iniciar a operação das suas atividades fins. Quando a atividade rural já existe e encontra-se em funcionamento, mas o proprietário não tinha requerido a LP e a LI, este requererá diretamente a LO. Neste caso, o proprietário será obrigado a apresentar um Plano de Controle Ambiental (PCA) e o Relatório de Controle Ambiental (RCA). A Licença de Operação deverá ser renovada anualmente, observada a legislação vigente à época da renovação. As atividades efetivas ou potencialmente poluidoras já instaladas no Distrito Federal na ocasião da publicação da Lei n.º. 41, de 13 de setembro de 1989, e que não providenciarem a obtenção da Licença de Operação no prazo previsto, serão enquadradas em infração ambiental muito grave, independentemente das sanções civis e criminais eventualmente cabíveis.

O Plano de Controle Ambiental (PCA) e o Relatório de Controle Ambiental (RCA) é um documento único, que tem como objetivos propor medidas de proteção ambiental, bem como caracterizar e descrever a área de estudo (Solos, Vegetação, Geomorfologia, Hidrologia e Unidades de Hidrográficas), as instalações, operações, construção e funcionamento da atividade rural fim, atendendo o que preceitua o Decreto Nº. 12.960/90 que regulamenta a Lei Nº. 041/89 que dispõe sobre a Política Ambiental do Distrito Federal. Para a elaboração de um PCA/RCA é utilizado o Termo de Referência (TR) emitido pelo Órgão Ambiental do DF. O Termo de referência (TR) fixará as diretrizes mínimas necessárias à realização do PCA/RCA.

Só serão aceitos para análise, os PCA's e RCA's elaborados por equipes multidisciplinares previamente cadastradas no IBRAM, nos termos do parágrafo único do art. 15, da Lei Nº. 41, de 13 de setembro de 1989. Conforme o artigo 50 do decreto Nº. 12.960/90 entende-se por equipe multidisciplinar apta a realizar Estudo de Impacto Ambiental, aquela composta, no mínimo, por profissionais das áreas de Agronomia, Arquitetura, com conhecimento em Urbanismo, Biologia e/ou Ecologia, Engenharia Civil, com conhecimento de Saneamento Básico, Geografia, Geologia, com conhecimento em Geotécnica e Sociologia.

Os sistemas de informações geográficos (SIG) são ferramentas cada vez mais utilizadas nos processos de planificação econômica, territorial e ambiental. Este trabalho apresenta um exemplo da aplicação do SIG para o licenciamento ambiental das propriedades rurais do DF nas aplicações de análises ambientais, de planejamento e gestão do território, zoneamentos, monitoramentos, e mapeamento temáticos dos recursos naturais. A metodologia aplicada foi desenvolvida para subsidiar a elaboração de PCA/RCA com vistas ao licenciamento ambiental de uma propriedade, no âmbito de um projeto com a finalidade de licenciar dezessete propriedades de criação, terminação e/ou abatedouros de suínos já instalados. O projeto foi proposto pela Associação dos Suinocultores do DF (DF-Suin), e será executado pela Empresa de Assistência Técnica do Distrito Federal (EMATER-DF). Os resultados mostram que o SIG é uma ótima ferramenta complementar para o planejamento e gestão ambiental na avaliação da sustentabilidade das atividades rurais e o impacto ambiental dos diferentes sistemas de produção em uma propriedade, associados às diversas categorias de usos de terras.

1.2 Objetivos:

- 1.2.1 Consolidar uma metodologia de caracterização do uso atual das terras e dos principais sistemas de produção, com base em SIG e imagens orbitais.
- 1.2.2 Desenvolver uma metodologia, apoiada em SIG, de caracterização do potencial de impacto ambiental da atividade agrícola sobre o solo e a água.
- 1.2.3 Desenvolver uma metodologia para tomada de decisão quanto às medidas mitigadoras a serem adotadas a partir dos resultados obtidos com o uso do SIG.

1.3 Localização da Área

A área de estudo compreende uma propriedade rural localizada na bacia hidrográfica do Rio Preto no Núcleo Rural do Rio Preto. O Núcleo Rural Rio Preto localiza-se na Região Administrativa de Planaltina DF e dista 70 km da cidade de Brasília, 34 km da cidade de Planaltina DF, 50 km de Sobradinho, 45 km da cidade de Formosa - GO e 80 km de Unaí MG.

O principal acesso à área se dá pela DF 250 e DF 310. O Núcleo Rural do Rio Preto tem uma área total de 38.276 hectares, sendo que 63% dessa área está ocupada com agricultura intensiva e tecnificada, 13% com pecuária de leite e de Corte e o restante com unidades de conservação, espelhos d'água, infra-estruturas e áreas em pousios. Os principais produtos agrícolas da região são a soja, milho, feijão, a olericultura diversificada e a fruticultura (predominam o limão Tahiti e tangerina Ponkan).

Com relação à pecuária, são 3 os esteios da produção local: avicultura industrial tanto para corte em sistema de integração (Só Frango e Asa Alimentos) como para produção de ovos de consumo (SAITO), a pecuária leiteira e a suinocultura industrial, todas elas com bom nível tecnológico e alta produtividade. A propriedade escolhida é o lote 26 do Núcleo Rural Rio Preto tem como potencial a suinocultura industrial e está inserida no quadrante de coordenadas UTM 232901 W, 231275W, 230637W e 232067 W e paralelos 8258971S, 8261425S, 8260135S e 8260660S, fuso 23, com 297,61hectares.

2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Área de Estudo

O Distrito Federal tem atualmente uma população de 2.051.099 habitantes, numa área territorial 5.801,937 km², o que representa em termos de densidade populacional 354,3 hab./km². (IBGE, 2001).

Conforme o Plano de Ação de 2007 da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal - EMATER-DF, a região rural do DF subdivide-se em 15 Unidades de Desenvolvimento Local (UDL) assim denominados: Alexandre Gusmão, Brazlândia, Ceilândia, Gama, Jardim, Programa de Assentamento Dirigido do DF (PAD/DF), Paranoá, Pípiripau, Planaltina, Rio Preto, Sobradinho, São Sebastião, Tabatinga, Taquara e Vargem Bonita (EMATER-DF, 2007). A figura 01 mostra o mapa de situação da propriedade de lote 26 localizada no Núcleo Rural Rio Preto no Distrito Federal, conforme mostra na figura nº. 01, mapa de situação.

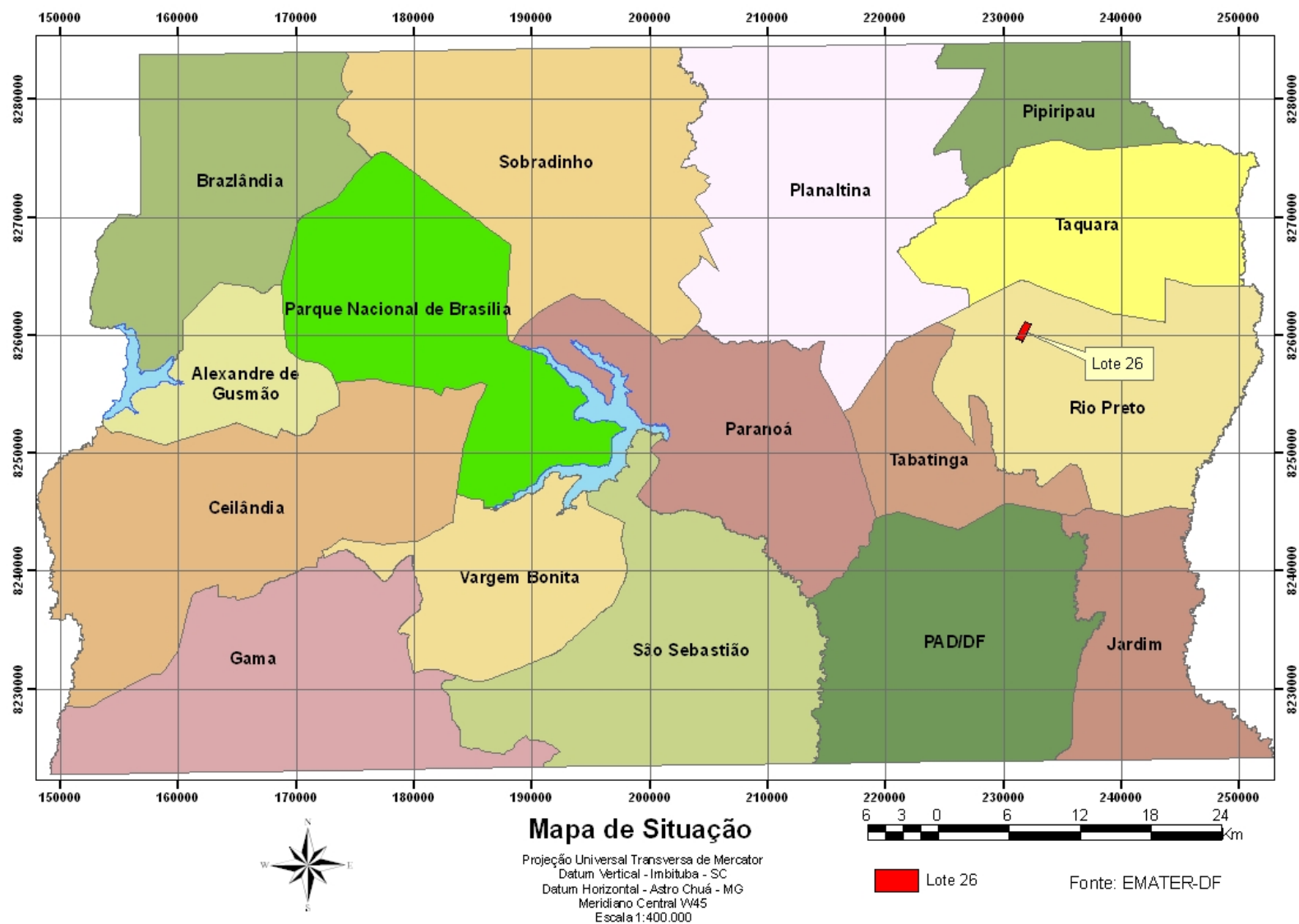


Figura nº. 01, Mapa de situação.

2.2 Vegetação

Na propriedade, a vegetação predominante constitui-se de cerrado *stricto sensu*, campos, e mata de galeria com ocorrência em menor escala de veredas.

O cerrado *stricto sensu* ocorre em extensas áreas da propriedade sobre solos mais profundos e bem drenados. Caracteriza-se por apresentar uma camada herbácea com predominância de gramíneas e uma camada lenhosa que varia de 3 a 5 metros de altura, com cobertura arbórea de até 60%.

Os campos têm a predominância de ervas graminoídes e arbustos, e podem ser caracterizados pelas tipologias denominadas de campos limpos e campos sujos. As matas de galeria caracterizam-se por formar uma rede florestal perenifólia ao longo do curso do ribeirão Extrema (divisa sul da propriedade) com uma cobertura arbórea de 80% a 100%.

As veredas são formações ao longo do curso do ribeirão Extrema e em áreas de nascentes e predominam espécies herbáceas de gramíneas adaptadas para o desenvolvimento em solos permanentemente alagados com uma cobertura florestal com alta intensidade de indivíduos finos, com média do dossel de 20 a 30 metros (FELFILI *et al.*, 2007).

2.3 Geologia

Conforme Campos *et al.*, (1999), no polígono do Distrito Federal e entorno próximo ocorrem rochas atribuídas aos grupos Canastra, Paranoá, Bambuí e Araxá. A área em estudo está inserida no Domínio Fraturado e formado pelas rochas metassedimentares atribuídas ao grupo Bambuí,

2.4 Solos

Entre as Classes de solos, destaca-se a ocorrência dos Cambissolos (Cd) e em menor escala os Latossolos Vermelhos Distróficos (LVd) e as Areias Quatzosas Distróficas (AQd), classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 1999).

Os Cambissolos (Cd) são solos que apresentam o horizonte B incipiente, o que resulta em solos rasos, mal estruturados, suscetíveis a erosão por estarem geralmente associados em locais onde a declividade é mais acentuada e tem fertilidade natural diretamente relacionado ao material de origem.

Os Latossolos Vermelhos Escuros Distróficos (LEd) são não-hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2 m) e bem drenados com horizontes B muito espesso (> 50 cm). São solos maduros, em avançado estágio de intemperização, como resultado de transformações no material constitutivo. Em geral são solos fortemente ácidos, com baixa saturação de base.

As Areias Quatzosas Distróficas (AQd) são solos originados de depósitos arenosos, apresentando textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2 m de profundidade. Esses solos são constituídos essencialmente de grãos de quartzo. A figura 02 mostra a distribuição dos solos na propriedade em estudo.

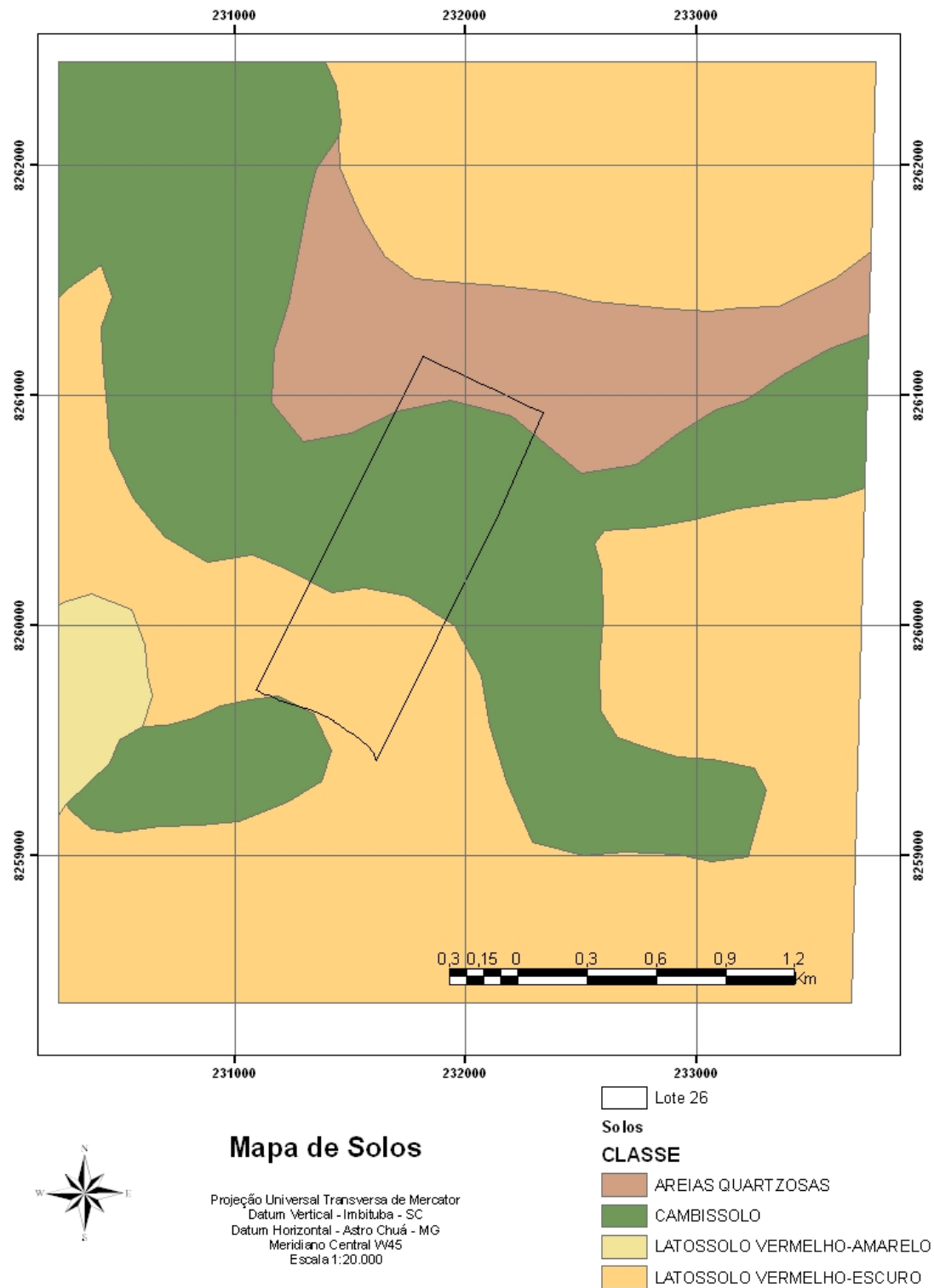


Figura nº.02 – Mapa de Solos

2.5 Geomorfologia

Nos estudos geomorfológicos da propriedade destacam-se feições topográficas residuais de superfícies planas, delimitadas por encostas com declividades variadas, cujas cotas variam de 930m até 1100m.

A proposta de compartimentação geomorfológica do Distrito Federal elaborada por Martins & Baptista (1998) foi a que melhor representou as feições geomorfológicas em escala de detalhe na propriedade. Foram identificados quatro compartimentos denominados Chapadas Elevadas, Rebordos, Escarpas e Planos Intermediários.

As chapadas Elevadas são localizadas na parte mais alta (1100m) e suavemente plano da propriedade têm declives suaves, com declividade entre 2% a 5%, onde geralmente o deflúvio é lento ou médio. Nessa classe o trabalho mecanizado usual é de fácil operação. Geralmente práticas simples de conservação do solo são suficientes (cultivo em nível ou plantio direto), exceto em solos erodíveis (arenosos) com comprimento de rampa muito longo.

Os Rebordos caracterizam-se por extensas rampas retilíneas que se prolongam desde as Chapadas Elevadas até o vale do Ribeirão Extrema. Localmente estão divididas em duas subunidades: Rebordos Suaves e Rebordos Entalhados. Nos Rebordos Suaves, as declividades têm de 5% a 10%, engloba terrenos inclinados, em relevo geralmente ondulado. O deflúvio é médio ou rápido. O declive normalmente não prejudica o uso de máquinas agrícolas. Em alguns casos a erosão hídrica pode ser controlada com práticas simples. Porém, normalmente são necessárias práticas complexas de conservação do solo (terraceamento, plantio direto), para que seja cultivado intensamente. Nos Rebordos Entalhados, as declividades têm de 10% a 20%, compreende terrenos inclinados em relevo ondulado. Geralmente o escoamento superficial é rápido para a grande maioria dos solos. O uso de máquinas agrícolas é parcialmente prejudicado. A erosão hídrica compromete o cultivo intenso.

As Escarpas são encostas com declividades acima de 20%. Nestas pequenas áreas o lençol freático aflora gerando ambientes úmidos recobertos por vegetação de gramíneas (campo úmido), delimitados por cerrados. Formam pequenas depressões abertas com fluxo superficial que tende a se concentrar a jusante no Rebordo formando canais afluentes da margem esquerda do Ribeirão Extrema. Constitui terrenos muito inclinados a fortemente inclinados onde o escoamento superficial é muito rápido. Nessa classe, a grande maioria dos solos, é extremamente suscetível à erosão, e os terrenos devem ser utilizados somente para cultivos perenes, pastagens ou reflorestamentos. A maior parte das máquinas agrícolas pode ser usada, mas com dificuldades. Há sérios impedimentos ao uso, exigindo práticas muito complexas (projetos de drenagem), e devem ser mantidos preferencialmente como áreas de preservação ambiental.

A figura 03 mostra o mapa de declividade gerado conforme metodologia descrita no capítulo 3 – II, subitem 3, página 25, geração do mapa de declividade.

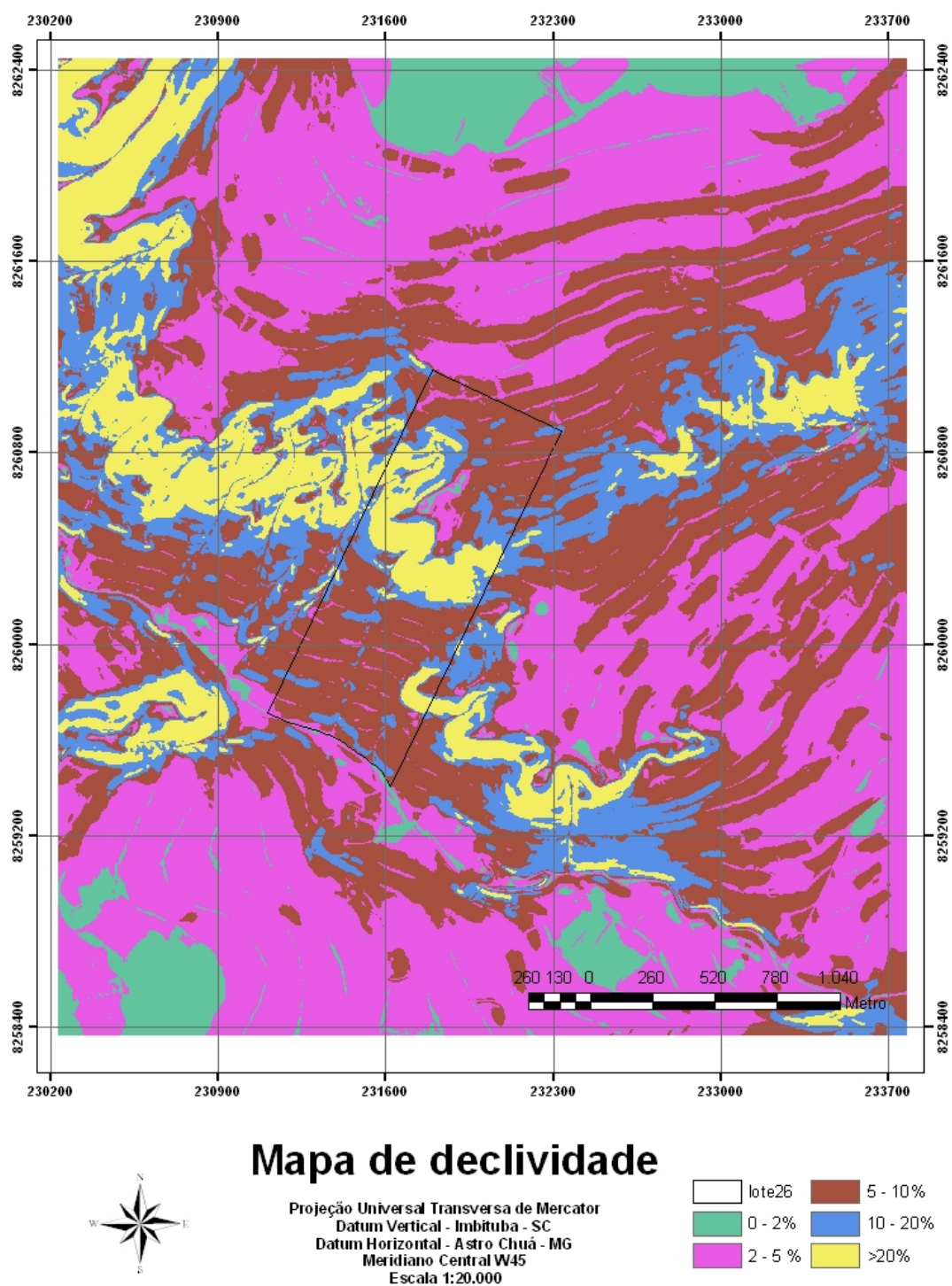


Figura nº.03 - Mapa de declividade.

2.6 Hidrografia

O principal curso d'água é o Ribeirão Extrema que faz limite ao sul da propriedade. Este é originado da união do Córrego Saltador, Córrego Gavião e o Córrego da Ribeira, o que propicia uma lâmina permanente de água sobre a superfície do solo. O Ribeirão Extrema é considerado um dos principais cursos d'água afluentes do Rio Preto no DF, e tem 31 km de comprimento. A figura 4 mostra a bacia hidrográfica do Ribeirão Extrema com seus tributários e sua foz no Rio Preto.

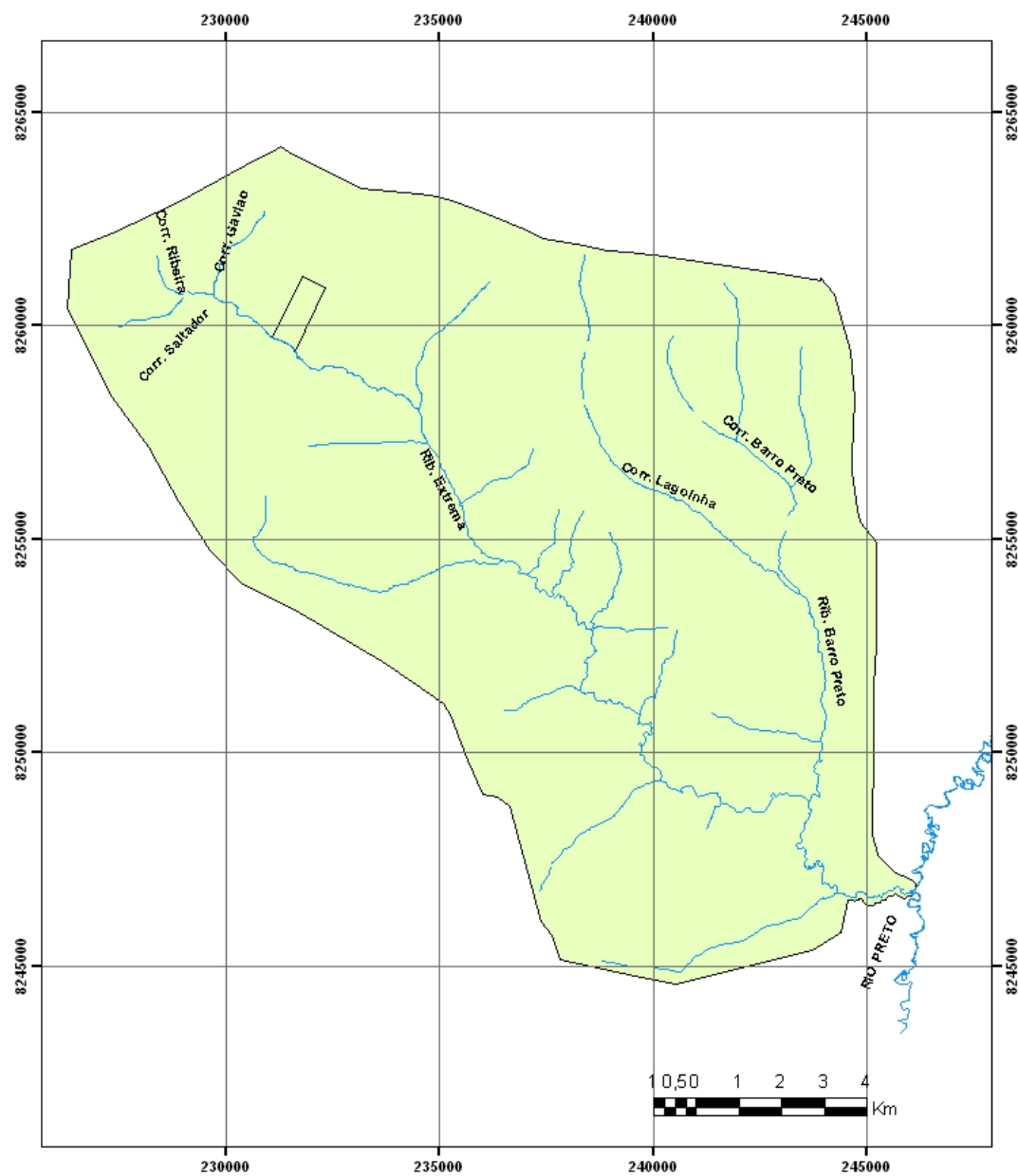
A Bacia do Rio Preto no DF, com área de aproximadamente 237,2Km², tem cerca de 70.000ha ocupados por atividades agropecuárias e destes, cerca de 7.000ha são de lavouras irrigadas. Trata-se de uma região altamente produtiva, responsável por 80% da produção agrícola do DF (MALDANER, 2003).

2.7 Clima

A disposição latitudinal e a localização geográfica da bacia do Rio Preto lhe dão uma característica predominante de clima tropical de natureza continental, quente e úmido, da classe universal (Aw) com uma época sazonal seca e fria (Cwa), bem definida, portanto, equilibrada para as suas necessidades hídricas. O período seco e frio ocorre nos meses de julho até agosto, e a época considerada úmida e mais quente do ano ocorre nos meses de novembro a março (IESA, 1993).

Segundo IESA (1993), a distribuição da temperatura da bacia não depende da troca dinâmica de massas de ar, mas acompanha o deslocamento aparente do sol através das latitudes tropicais equatoriais, e também o da faixa de calor latente máxima de vaporização. A média anual de temperatura fica em torno de 21°C, com uma média anual máxima de 27°C e uma média anual mínima de 16°C. A distribuição de umidade do ar na região também acompanha a faixa de calor latente máxima de vaporização e a variação média anual de novembro a março é de 80% e de julho a agosto de 50%.

Conforme mostra a figura nº. 05, os índices pluviométricos para a região que contem a área de estudo é de 1350 mm a 1400mm o que expressa a natureza tropical continental homogênea entre a época seca e mais fria equilibrada por uma época mais quente e úmida. Não existem variações significativas da precipitação pluviométrica na bacia, entretanto as variações altimétricas são responsáveis por variações na temperatura. Conforme o mapa de Isoietas, com variação de 50 mm, por Baptista (1997), a precipitação média anual da área de estudo é de 1350 a 1400 mm.



Mapa hidrográfico

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical - Imbituba - SC
Datum Horizontal - Astro Chuá - MG
Meridiano Central W45
Escala 1:120.000

— Rios
□ lote26
■ BH Extrema

Figura nº.04 – Mapa Hidrográfico da Bacia do Ribeirão Extrema.

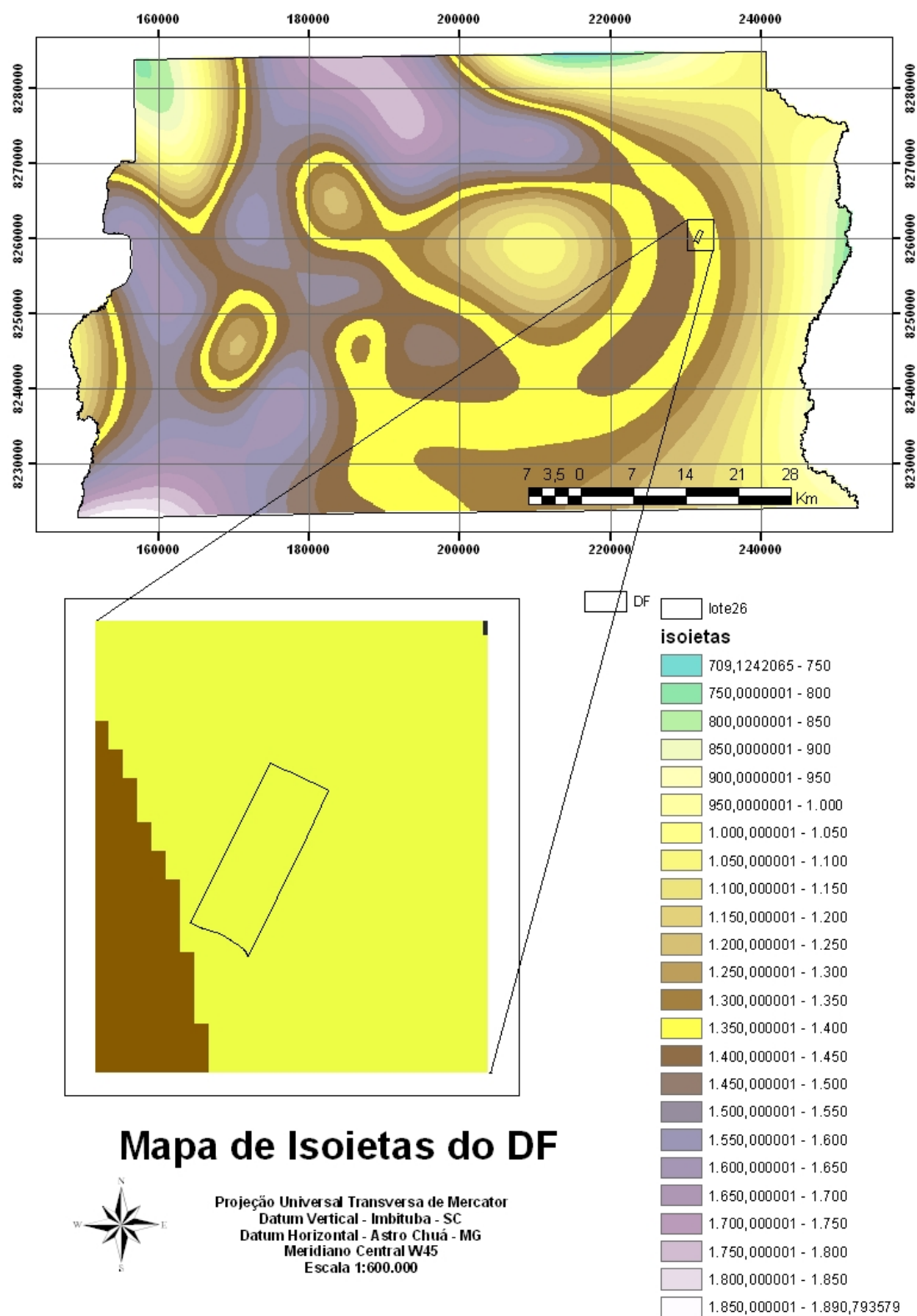


Figura nº.05 – Mapa de Isoietas do DF

2.8 Aptidão Agrícola

O Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras foi desenvolvido por Ramalho et. al., (1978 e 1995) para ser utilizado em trabalho de interpretação de levantamento de solos e para orientar as alternativas de utilização tais como lavouras (anuais e perenes), pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural e preservação da flora e fauna. Para diagnosticar o comportamento das terras diante da adoção de práticas agrícolas, Ramalho et. al., (1978 e 1995) subdividiu a aptidão agrícola das terras conforme a tabela nº. 02.

Tabela nº. 02. Aptidão agrícola das terras, para os níveis de manejo A, B e C.

GRUPO	CARACTERIZAÇÃO	SUBGRUPO
1	Terras com aptidão boa para lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo A, B ou C.	1ABC 1ABc, 1AB (c), 1AB 1aBC, 1(a)BC, 1BC 1abc, 1Ab(c), 1A(bc), 1Ab, 1A(b), 1A 1aBc, 1aB(c), 1(a)Bc, 1(a)B(c) 1aB, 1Bc, 1(a)B, 1B(c), 1B 1abC, 1(a)bC, 1(ab)C, 1bC, 1(b)C, 1C
2	Terras com aptidão regular para lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo A, B ou C.	2abc 2ab(c), 2ab 2a(bc), 2a(b), 2a 2(a)b(c), 2(a)b, 2b(c), 2c 2(ab)c, 2(b), 2c
3	Terras com aptidão restrita para lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo A, B ou C.	3(abc) 3(ab) 3(bc) 3(a) 3(b) 3(c)
4	Terras com aptidão boa, regular ou restrita para pastagem plantada.	4P 4p 4(p)
5	Terras com aptidão boa, regular ou restrita para pastagem plantada.	5N 5n 5(n)
6	Terra sem aptidão para uso agrícola	6
7	Terra com aptidão boa para silvicultura em pelo menos um dos níveis de manejo A, B ou C	7AsBsCs 7AsBscs, 7AsBs (cs), 7AsBs 7asBsCs, 7(as)BsCs, 7BsCs 7asbsCs, 7Asbs(cs), 7As(bscs), 7Asbs, 7As(bs), 7As 7asBscs, 7asBs(cs), 7(as)Bscs, 7(as)Bs(cs) 7asBs, 7Bscs, 7(as)Bs, 7Bs(cs), 7Bs 7asbsCs, 7(as)bsCs, 7(asbs)Cs, 7bsCs, 7(bs)Cs, 7Cs
8	Terra com aptidão regular para silvicultura em pelo menos um dos níveis de manejo A, B ou C.	8asbscs 8asbs(cs), 8asbs 8as(bscs), 8as(bs), 8as 8(as)bs(cs), 8(as)bs, 8bs(cs), 8cs 8(asbs)cs, 8(bs), 8cs
9	Terras com aptidão restrita para silvicultura em pelo menos um dos níveis de manejo A, B ou C.	9(asbscs) 9(asbs) 9(bscs) 9(as) 9(bs) 9(cs)

(Fonte: Ramalho et al., 1978).

Na figura nº. 06 mostra o mapa de aptidão agrícola proposto por Ramalho et. al., (1995).

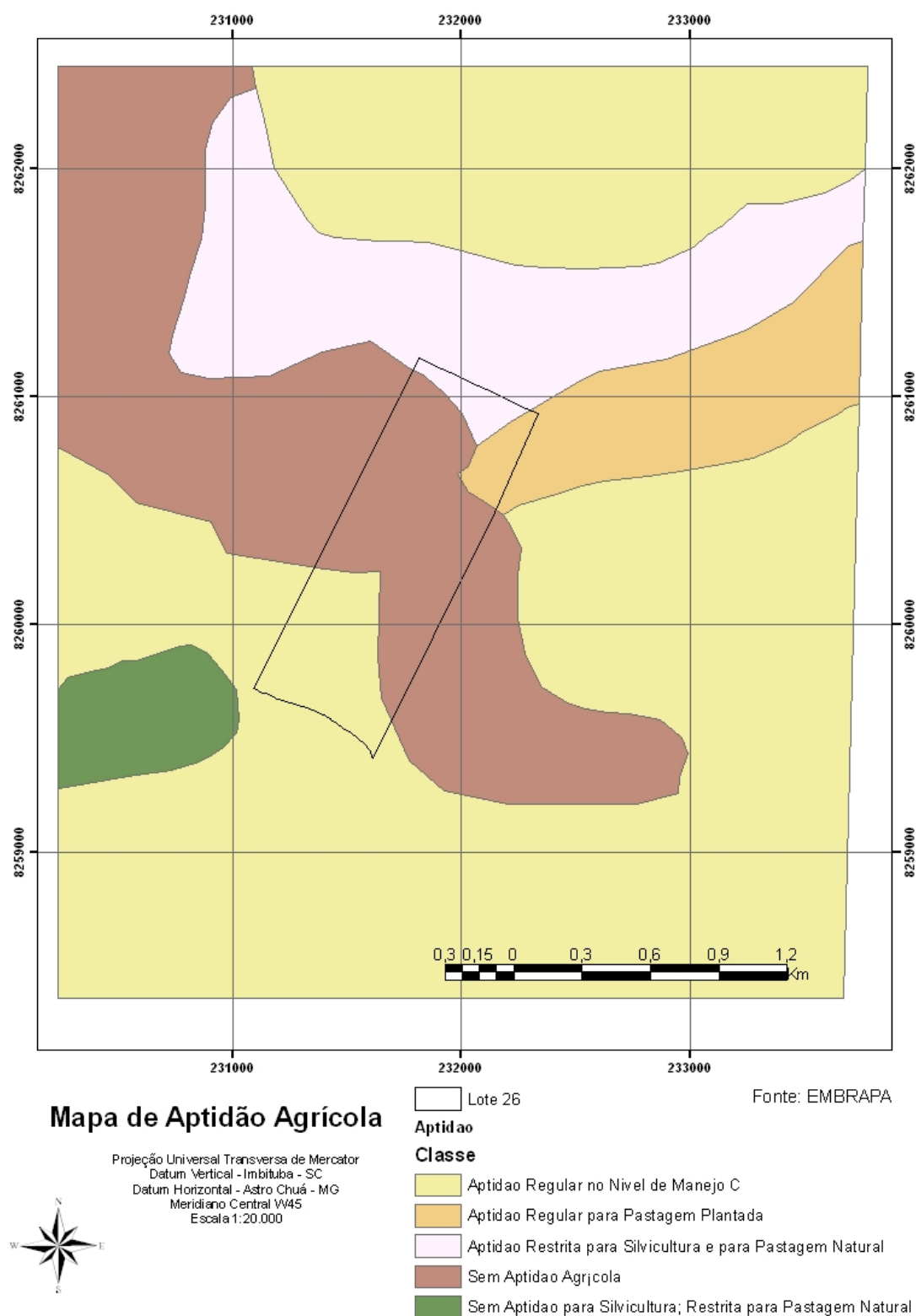


Figura nº. 06 – Mapa de aptidão agrícola

3 METODOLOGIA DO TRABALHO

Este trabalho foi subdividido em duas partes:

- 1 – Elaboração de mapa de ocupação e uso do solo
- 2 – Avaliação da vulnerabilidade ambiental da propriedade, no tocante aos aspectos de erosões de origem pluvial e de riscos de contaminação de manancial pelo carreamento de efluentes de suinocultura.

Estes dois produtos farão parte de um Plano de Controle ambiental para fins de licenciamento da atividade de suinocultura.

1 – Geração de mapa de ocupação e uso do solo através de Sensoriamento Remoto

A elaboração de mapa de uso e ocupação do solo e mapas temáticos para uma propriedade rural do Distrito Federal, deu-se a partir da classificação de imagens de satélite produzida pelo Programa CBERS, parceria entre Brasil e China no setor técnico-científico espacial, com posterior visita ao local para confirmação das feições identificadas.

Lillesand & Kiefer (1987) definem o sensoriamento remoto como “... a ciência e arte de receber informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno pela análise dos dados obtidos de uma maneira tal que não haja contato direto com este objeto, esta área ou este fenômeno”. Para se obter estas informações, usa-se um meio que, neste caso, é a radiação eletromagnética, supondo que esta possa chegar diretamente ao sensor. Isto, no entanto, não é possível em todas as partes do espectro eletromagnético, porque a transmissividade atmosférica é variável para os diversos comprimentos de onda.

No que se refere às técnicas de sensoriamento remoto por sistemas passivos, a faixa do espectro mais utilizada estende-se do ultravioleta (UV) até o infravermelho afastado (FIR, “far infra red”). A intensidade máxima da radiação solar corresponde a $\lambda = 0,47 \mu\text{m}$, a partir do qual a diminuição energética na direção do UV se passa mais rápido, enquanto a diminuição na direção do FIR é marcada por uma curva irregular.

A determinação da natureza dos alvos pelos métodos de sensoriamento remoto é baseada no fato de que diferentes materiais são caracterizados por reflectâncias próprias em cada banda do espectro. A reflectância, ou fator de reflexão, é proporcional à razão da radiação refletida pela radiação incidente. Quando as respostas espectrais de vários materiais são conhecidas, as propriedades de alvos desconhecidos podem ser determinadas pela comparação das respostas espectrais desses alvos com os dados de referência.

Neste trabalho utilizamos imagens CBERS, com as seguintes características:

- datum geodésico SAD69;
- correção geométrica por convolução cúbica;
- projeção cartográfica UTM;
- formato GeoTiff;
- órbita/ponto 157/118;
- data de imageamento; 02/04/07
- resolução espacial: 20 m;
- resolução temporal: 26 dias;

As faixas espectrais correspondentes às bandas são as seguintes:

Banda CCD-XS1 = 0,45 - 0,52 micrometro (azul)

Banda CCD-XS2 = 0,52 - 0,59 micrometro (verde)

Banda CCD-XS3 = 0,63 - 0,69 micrometro (vermelho)

Banda CCD-XS4 = 0,77 - 0,89 micrometro (infravermelho proximo)

Banda CCD-XS5 = 0,51 - 0,73 micrometro (pancromatica)

A proposta é a de testar a possibilidade do uso destas imagens, que por enquanto estão disponíveis gratuitamente, na caracterização da ocupação e uso do solo em propriedades rurais. O fato da resolução espacial da imagem ser de 20 m é fator limitante para gerar informações em grandes escalas, podendo-se chegar a uma escala gráfica variando em uma faixa de 1:27.000 a 1:35.000, dependendo da qualidade radiométrica da imagem. Para melhorarmos este aspecto, após a classificação da imagem, foi feita uma visita a campo para verificação dos dados obtidos. Nesta etapa utilizamos rastreadores de satélite para confirmar os limites dos temas identificados na classificação.

O pré-processamento da imagem foi feito do software ENVI 4.3, onde a imagem foi corrigida para o espalhamento atmosférico, e georreferenciada ao Sistema Cartográfico do Distrito Federal - SICAD, não sendo necessária a correção radiométrica, pois na área trabalhada não havia defeitos desta natureza.

Durante o seu caminho através da atmosfera, a radiação solar é atenuada pelos gases aerossóis que a compõem. Alguns gases (oxigênio, ozônio, vapor d'água, gás carbônico) absorvem a energia eletromagnética em determinadas bandas do espectro, de maneira que a atmosfera é intransmissível à radiação nestas bandas, conforme mostra a tabela nº. - 03.

Tabela nº. - 03. Bandas de absorção da atmosfera terrestre.

Gás	Bandas de absorção
O ₂ (oxigênio)	0 – 0,3 µm
O ₃ (ozônio)	5,0 – 9,5 µm
H ₂ O (vapor d'água)	0,7 – 0,8 µm, 3,3 µm, 5,5 – 7,5 µm, 11,9 µm
CO ₂ (gás carbônico)	2,7 – 2,9 µm, 4,1 – 4,2 µm, 9,4 µm, 12,6 µm, 14,0 µm

(Fonte: Lillesand & Kiefer, 1979, p. 390).

O grau de transmissão, ou transmissividade, representa a capacidade das ondas eletromagnéticas em penetrarem à atmosfera. As faixas de comprimento de onda para as quais a atmosfera parece transmissível são definidas como janelas atmosféricas. Elas têm grande importância, porque possibilitam a reflexão da radiação pela Terra e podem ser aproveitados pelos sistemas sensores passivos. Além de toda a banda do visível, as janelas mais importantes localizam-se no IR: são os intervalos entre 0,7 e 2,5 µm, de 3,5 até 4,0 µm e de 8,0 até 12,0 µm.

Para a correção do espalhamento atmosférico, foi utilizada a rotina “Dark Subtract” no ENVI 4.5, e os valores a serem diminuídos em cada banda foram obtidos a partir da análise dos histogramas e avaliação da variação dos DN's, nos corpos hídricos de grande volume, no nosso caso o lago Paranoá e a represa de Santa Maria, localizada no Parque Nacional de Brasília.

Apesar da imagem trabalhada já estar georeferenciada ao SAD69, resolvemos referenciá-la ao Sistema Cartográfico do Distrito Federal (SICAD), pois algumas fontes de dados e mapas temáticos utilizados na segunda parte deste trabalho foram produzidas neste sistema de referência. Para a consecução do referenciamento ao SICAD, foi adicionado um Datum à lista de datums do ENVI 4.5, a partir de parâmetros de transformações utilizados em levantamentos referenciados ao SICAD com rastreadores de satélites (GPS), que são os seguintes:

- ΔX = -144 m
- ΔY = 243 m
- ΔZ = -34 m

- Elipsóide Internacional 1924 (Hayford)

Esta adição foi feita através da edição dos arquivos map_proj.txt, ellipse.txt e datum.txt, que contêm os parâmetros de todas as projeções cartográficas e elipsóides utilizados pelo ENVI.

A classificação da imagem foi feita a partir da composição R-4, G-3 e B-2, e o software utilizado foi o SPRING, desenvolvido pelo INPE. Utilizamos uma segmentação com 8 pixels de similaridade e região de 10 pixels. O método de classificação utilizado foi o de “Crescimento de Regiões” com o algoritmo classificador Bhattacharya. Após a classificação, foi feita uma visita à propriedade, para confirmação de algumas feições observadas na imagem classificada, após o que efetuamos as devidas correções, e geramos o mapa de Ocupação e Uso do Solo, conforme Figura nº 07 – Fluxograma da elaboração do mapa de uso e ocupação do solo.

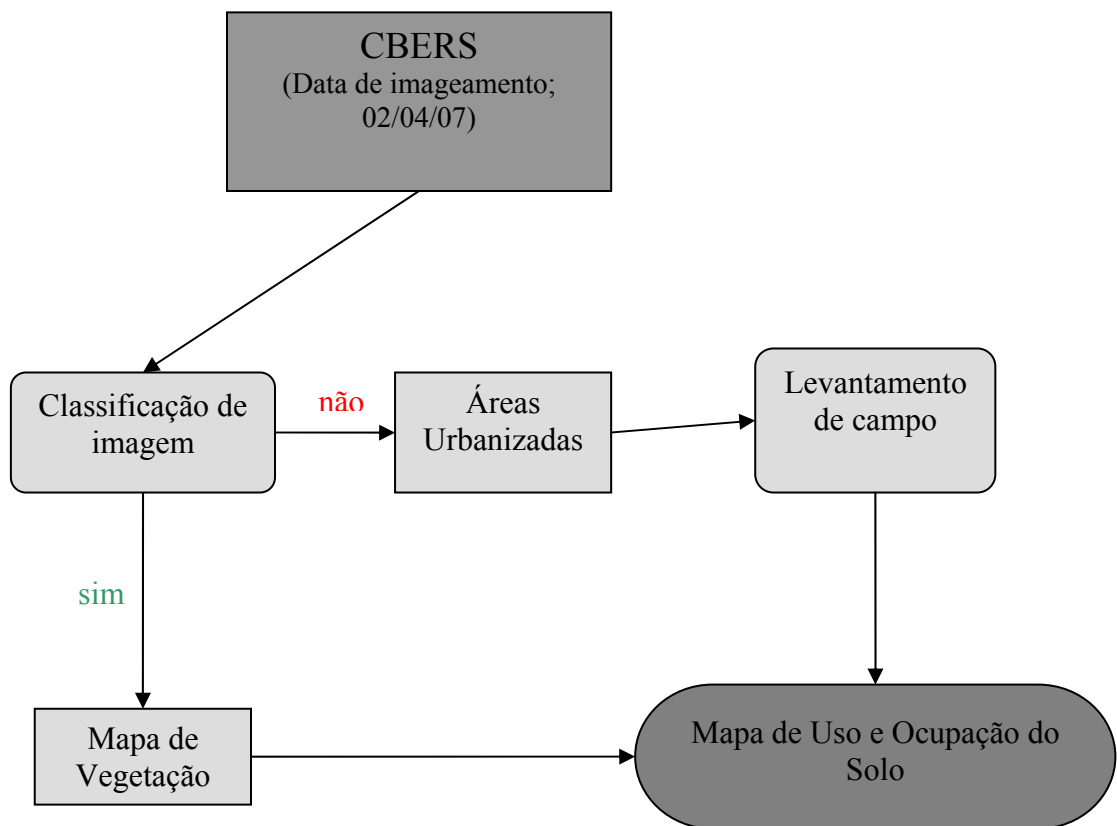


Figura nº. 07 – Fluxograma da elaboração do mapa de uso e ocupação do solo.

II – Avaliação da vulnerabilidade ambiental da propriedade, no tocante aos aspectos de erosões de origem hídrica e de riscos de contaminação de manancial pelo carreamento de efluentes de suinocultura.

- Vulnerabilidade ambiental da propriedade aos aspectos de erosões de origem hídrica

A compreensão dos processos que atuam para a formação das paisagens em ambientes naturais ou rurais, evidenciada basicamente pelo comportamento da

vegetação e a utilização do solo, atualmente se baseia fortemente em produtos de sensoriamento remoto e ferramentas de análises de sistemas de informações geográficas.

A interpretação das causas que levaram a uma determinada configuração da paisagem, e levarão a sua evolução e modificações futuras, passa pelo estudo dos seus componentes (Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Clima) em determinado um espaço geográfico. Neste trabalho, utilizamos o conceito de que paisagem é uma região natural, determinada por uma associação de características (rochas, relevo, solos, vegetação e clima), e que a diferença entre uma ou outra paisagem estaria relacionada aos diferentes processos que ocorrem para a sua formação e como estes atuam sob essas características. Não podemos nos esquecer que a intervenção humana tem alterado a paisagem, e interferido nos processos naturais de evolução da paisagem, seja acelerando ou retardando-os.

Para a avaliação da vulnerabilidade ambiental da propriedade, utilizamos a plataforma de geoprocessamento ArcGIS, e o método utilizado foi o da superposição ponderada (weighted overlay).

A ponderação ou hierarquização tem por objetivo, reclassificar as características ambientais, representadas pelas evidências entre os temas e dentro de cada um, em termos quantitativos relativos. Segundo Berry (1987), este procedimento pode ser denominado de classificação contínua, onde um atributo quantitativo é associado às classes temáticas (evidências), por um processo de ponderação, expressando a influência relativa de cada propriedade natural, embutida na evidência, para o fenômeno em estudo. O processo de ponderação se caracteriza pela transformação da escala de valoração das evidências, de nominais para ordinais, segundo critérios pré-estabelecidos, ou pela simplificação das evidências nas escalas inteira e real para ordinal.

O julgamento da importância relativa de cada evidência pode ter tanto um caráter subjetivo quanto objetivo, dependendo do modelo lógico adotado. Num caráter objetivo, a ponderação das evidências é realizada através de regras e conceitos matemáticos, que utilizam pontos de controle ou referência como base para a avaliação. Já num caráter de julgamento subjetivo, aplicado neste trabalho, a ponderação é realizada através de um processo interpretativo, que se baseia em critérios pré-estabelecidos definido pelo conhecimento.

A superposição ponderada é uma técnica que utiliza uma escala comum de valores para temas diversos e distintos, com a finalidade de criar uma análise integrada.

Problemas geográficos requerem frequentemente a análise de vários fatores diferentes. Por exemplo, a escolha de um local para um empreendimento, requer a análise de temas tais como o preço do lote, a proximidade com serviços existentes, declividade, etc. Estas informações existem em diferentes arquivos, com diferentes escalas de valores: valor monetário, distâncias, ângulos, e não se pode fazer operações entre estes valores e obter-se um resultado coerente. Mais ainda, os fatores da análise podem não apresentar a mesma importância.

Mesmo em um único arquivo, a priorização de valores ocorre. No caso de um arquivo de declividades, algumas faixas podem ser ideais para determinado propósito, enquanto que outras podem ser boas, ruins ou até inaceitáveis.

A ferramenta “weighted overlay” permite levar-se todos estes temas em consideração, através da reclassificação dos valores dos arquivos utilizados para uma escala comum de disponibilidade ou preferência, risco ou similaridade. A ferramenta trabalha apenas com arquivos “raster”, que são ponderados por importância e adicionados entre si, produzindo um arquivo “raster” de saída.

A tabela nº. – 04 apresenta a proposta de ponderação utilizada neste trabalho.

Tabela nº. - 04. Escolha de uma escala numérica relativa de avaliação:

Intensidade de importância	Definição e explicação
1	Igual importância – os fatores contribuem igualmente para o evento
3	Importância moderada – fator ligeiramente importante, com relação aos outros.
5	Importância essencial – o fator é claramente mais importante
7	Importância demonstrada – o fator é muito favorecido, sendo sua relevância demonstrada na prática.
9	Importância extrema – a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os graus descritos – a diferença de importância entre os fatores é suportada por questões secundárias adicionais

Escala de valores AHP – Peso das Evidências de cada plano de informações

Os temas escolhidos para serem utilizados nesta análise foram os seguintes:

1 – Pedologia - o critério de ponderação utilizado para definir a importância relativa de cada classe de solo identificada na área, é baseado principalmente nos parâmetros físicos dos solos, especialmente, a textura, a estrutura, a coesão e a permeabilidade. Segundo Mendes (1982) estes parâmetros exercem grande influência na resistência à erosão dos diferentes solos.

Com relação a estes aspectos, os latossolos oferecem maior resistência à erosão, e por consequência são mais instáveis com menor potencial de desencadear deslizamentos. Isto porque, este tipo de solo é mais desenvolvido (maturo) e homogêneo, e normalmente apresentaram uma textura siltoargilosa, o que lhe implicam uma boa coesão, bem como uma boa permeabilidade, graças ao grande volume de poros, isto em geral, evita a geração de lençol freático suspenso, o que poderá propiciar a geração de planos de ruptura. Os latossolos são, portanto solos naturalmente estáveis e pouco suscetíveis a problemas geotécnicos.

M.L.N. SILVA et al. (1999), relatou que houve uma tendência dos latossolos com matiz mais avermelhado apresentarem maiores valores de erodibilidade que os com matiz mais amarelado.

No entanto, na área o tipo de solo que apresenta maior estabilidade quanto aos processos de movimento de massa são os gleissolos devido à textura predominantemente argilosa e pela sua formação estar associada a locais onde o lençol freático é raso ou aflorante, ou seja, locais de relevo muito suave, não sendo comum a ocorrência de deslizamentos neste tipo de ambiente.

Os Cambissolos são solos pouco desenvolvidos e heterogêneos, caracterizado pela presença de pequenos fragmentos de rochas e minerais como feldspato e quartzo, imersos numa matriz de textura predominantemente argila-arenosa, apresentando assim uma moderada susceptibilidade à erosão, sendo mais friáveis do que os latossolos. Logo, atribui-se aos cambissolos uma maior favorabilidade para o desenvolvimento de deslizamentos.

Neste trabalho foi utilizado como base, o mapa de levantamento de solos do Distrito Federal, originalmente na escala de 1:100.000.

A tabela nº. – 05 apresenta a pontuação dada aos diferentes tipos de solos existentes na propriedade.

Tabela nº. – 05. Peso de evidências de solos

evidências	pontuação
Latossolo Vermelho escuro	3
Latossolo Vermelho Amarelo	1
Cambissolo	9
Areias Quartzosas	7

2 - Uso do Solo: a ponderação das diferentes evidências deste plano de informação foi calculada principalmente em parâmetros que pudessem descrever da melhor forma possível a geração de áreas fragilizadas em função do tipo das alterações sofridas pelo meio físico decorrentes do tipo de uso do solo.

Nas áreas de urbanização são atribuídas um maior potencial de desencadear processos erosivos. Para as atividades de pecuária são atribuídos valores de importância intermediária a elevados. Isto porque, esta atividade além de gerar, pelo desmatamento, áreas susceptíveis a erosão, propiciam um razoável aumento da sobrecarga das encostas, pelo pisoteio do gado, que em geral é responsável por movimento lento do solo (processo de rastejo), podendo se transformar em deslizamentos.

Os aspectos referentes à cobertura vegetal natural ou regenerada também foram tratados neste tema. O parâmetro utilizado para ponderação deste tema foi densidade da cobertura vegetal, estabelecida em função da vegetação predominante, que funciona principalmente como fator de proteção, influenciando diretamente a estabilidade das encostas.

A vegetação geralmente dificulta a ação dos processos erosivos, como por exemplo, o escoamento superficial concentrado e a própria desagregação e carreamento do solo. Para estes processos, os diferentes tipos de vegetação desenvolvem um papel importante, uma vez que, a trama das raízes pode funcionar como suporte, aumentando a resistência do pacote terroso ao cisalhamento. No entanto, alguns autores, também consideram a vegetação como potencializador do processo erosivo. Isto porque, as raízes podem se desenvolver em planos de fraquezas preexistentes, como fratura e juntas de alívio de pressão, diminuindo a força de atrito entre eles e propiciando a geração de planos de ruptura. Outro aspecto é com relação à geometria da copa das árvores, principalmente das folhas, que em alguns casos ou invés de dispersar e diminuir o fluxo e o impacto da chuva no solo pode concentrar o fluxo, como exemplo mais comum as folhas de bananeira.

As áreas de agricultura normalmente apresentam maior susceptibilidade a processos erosivos.

Neste trabalho foi utilizado o mapa gerado a partir de informações obtidas em coleta de campo e a classificação de imagem feita na etapa de geração de mapa de ocupação e uso do solo através de sensoriamento remoto.

A tabela nº. – 06 apresenta a pontuação dada aos diferentes tipos de uso e ocupação do solo existentes na propriedade.

Tabela nº. - 06. Peso de evidências de uso e ocupação

evidências	pontuação
Área construída	1
Agricultura	9
Pastagem	6
Mata de galeria	3

Cerrado	3
Pousio	5
Lagoa de estabilização	5

3 – Declividade – o parâmetro utilizado para avaliar a importância das diferentes classes de declividade foi a gravidade. Isto implica que quanto mais íngreme for a encosta maior será a atuação da gravidade, tanto sobre o material inconsolidado como os corpos rochosos, portanto, maior será o potencial de ocorrer deslizamentos e arrasto. Quanto mais íngreme for a encosta, mais sujeita será ao desenvolvimento de processos erosivos lineares do tipo sulcos e ravinas, que em geral, potencializam o desencadeamento de processos de movimento de massa.

Neste trabalho, o mapa de declividade foi obtido a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT) gerado pela ferramenta “Topo to Raster” do ArcMap, tendo como origem as informações sobre hidrografia, curva de nível com equidistância de 5 m e pontos de cota máxima local, constantes das cartas SICAD f92, f93, f109 e f110 no formato DXF, e escala 1:10.000.

A função “Topo to Raster” é um método de interpolação especificamente designado para criação de MDT hidrologicamente consistente, construído a partir de rotinas desenvolvidas por Hutchinson (1988, 1989). Esta ferramenta interpola os valores das elevações do terreno para um arquivo “raster”, como representa figura nº. 08, utilizando parâmetros que assegurem uma estrutura de drenagem conectada e a representação correta de ondulações e fluxos.

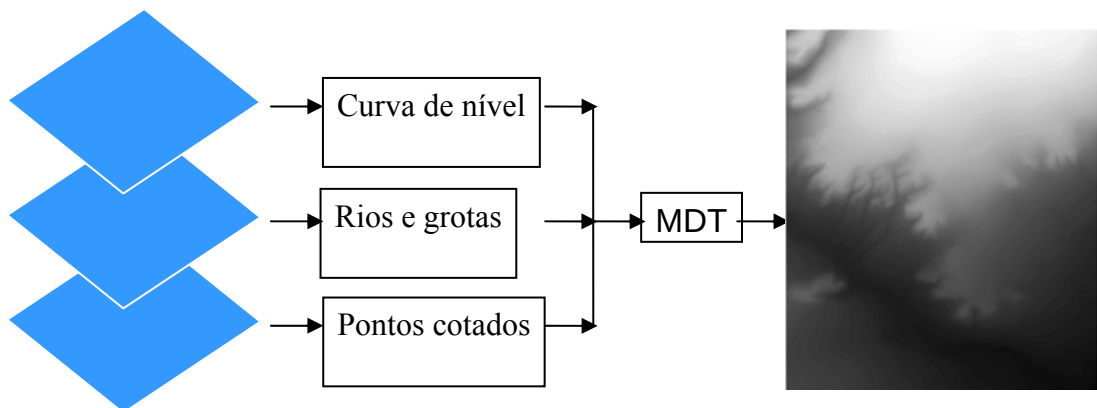


Figura nº. 08 – Fluxograma de geração do MDT.

Após a geração do MDT, utilizamos a ferramenta “slope” para reclassificá-lo, e gerar o mapa de declividade, com cinco intervalos de classes de declividades. Sendo assim, para as classes compreendidas num intervalo de percentual mais elevado é atribuída uma pontuação maior e o inverso para os intervalos com percentuais mais baixos.

A tabela nº. – 07 apresenta a pontuação dada às diferentes classes de declividade existentes na propriedade.

Tabela nº. - 07. Peso de evidências de declividade

evidências	pontuação
< 2 %	1
2 a 5 %	3

5 a 10 %	5
10 a 20 %	7
> 20%	9

4 – Zonas tampão (“buffers”) ao redor das construções – foi gerado um arquivo “shapefile” caracterizando três regiões consideradas como influenciadas diretamente, em graus diferentes, pelas áreas construídas indicadas no mapa de uso e ocupação. Isto se deve ao fato de que áreas urbanizadas apresentam grande potencial desencadeador de processos erosivos, pois além de impermeabilizarem a área onde estão assentadas, geralmente concentram o escoamento dos fluxos de escoamento superficial por elas gerados. Foram criados três “buffers” abrangeram as áreas em volta das construções em faixas contíguas com 5 m de largura.

A tabela nº. – 08 apresenta a pontuação dada às zonas tampão projetadas em torno das edificações existentes na propriedade.

Tabela nº. - 08. Peso de evidências de Zona tampão (“buffers”) ao redor das construções

evidências	pontuação
5	2
10	3
15	5

5 – Clima – este tema foi tratado a partir do mapa de isoietas do Distrito Federal, gerado por interpolação através do método de vizinho mais próximo de arquivos de pontos contendo informações sobre localização e lâmina total anual de chuva na região do Distrito Federal e reclassificado por faixas de pluviosidade total anual, a intervalos de 50 mm de chuva.

A tabela nº. – 09 apresenta a pontuação dada às diferentes classes de pluviosidade de ocorrência na região da propriedade.

Tabela nº. - 09. Peso de evidências da pluviosidade.

evidências	pontuação
1300 - 1350	5
1350 - 1400	6
1450 - 1450	7

6 – Aptidão agrícola – utilizamos o mapa de aptidão agrícola produzido pela EMBRAPA, conforme Ramalho et al., (1978). O uso desta informação teve a finalidade de introduzir os aspectos de limitações de uso, que são os fatores de classificação para a aptidão agrícola (ação antrópica), superpostos aos fatores associados a características naturais. Deve-se lembrar aqui que os aspectos referentes à atividade humana foram também analisados a partir do mapa de uso e ocupação do solo, porém mesmo nesse tema, considera-se em última instância, a exposição do solo e suas características de fragilidade, a fatores erosivos como decorrência do seu uso, enquanto que aqui trata-se do potencial de degradação devido a um uso proposto.

A tabela nº. – 10 apresenta a pontuação dada às diferentes classes de aptidão presentes na propriedade.

Tabela nº. - 10. Peso de evidências da aptidão agrícola.

evidências	pontuação
Aptidão regular no nível de manejo C	3

Aptidão restrita para silvicultura e para pastagem natural	5
Sem aptidão agrícola	9
Aptidão regular para pastagem plantada	8
Sem aptidão para silvicultura; restrita para pastagem natural	7

A tabela nº. – 11 apresenta as etapas para a aquisição e análise dos temas utilizados no método Weighted Overlay e os pesos dados aos temas tiveram por base o grau de participação deles no processo erosivo.

Tabela nº. - 11. Aquisição e análise dos temas utilizados no método Weighted Overlay.

1º Fase Identificação dos temas	2º Fase Análise dos dados existentes	Aquisição	Tema pronto	Pesos	Integração
Uso e ocupação	Não tem	Imagem/classificação	Mapa de Uso e Ocupação	20%	Weighted Overlay
Pedologia	SHP	Topologia/edição	Mapa de Solo	15%	
Aptidão Agrícola	SHP		Mapa de Aptidão Agrícola	15%	
Declividade	Cartas DXF	Interpolação/MDT	Classes de declividade	30%	
Clima	Raster	Edição	Mapa de Pluviosidade	15%	
Zona Tampão	Não tem	Levantamento de campo/Processamento	Mapa de Buffer	5%	

- Carreamento de efluentes gerados na atividade de suinocultura

Para esta etapa do trabalho elaborou-se um gráfico do “caminho mais inclinado”, que analisa qual é o caminho preferencial de um escoamento superficial a partir de determinado ponto. No nosso caso, os pontos de origem foram a lagoa de estabilização, a pocilga e o abatedouro. No caso específico da lagoa de estabilização, no período chuvoso, o aporte de água a esta estrutura é muito grande, provocando transbordamento e escoamento livre dos efluentes da lagoa em direção ao córrego. A ferramenta utilizada para geração deste gráfico foi o “steepest path” (3-D analyst) do ArcMap. O arquivo de entrada foi o MDT gerado na fase de análise de susceptibilidade à erosão. Para efeito de melhor visualização do resultado obtido, gerou-se o arquivo de direção de fluxo com a ferramenta “Flow direction” do ArcMap.

A obtenção da direção de fluxo em cada pixel é obtida a partir do sentido do escoamento de um pixel para um de seus oito vizinhos com base na diferença de cota ponderada pela distância entre eles. Como resultado, a cada pixel é atribuído um número indicativo de uma das oito direções de fluxo possíveis, conforme mostra a Figura nº.09. Seguindo as direções de fluxo, obtém-se a quantidade de pixels de montante que drenam para cada um dos pixels, gerando o segundo plano de informações requerido pelo algoritmo.

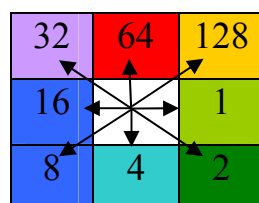


Figura nº.09 - Indicação das oito direções de fluxo possíveis para cada pixel, com os respectivos códigos.

O processo das operações do algoritmo consiste em definir em cada célula qual o pixel exutório. O pixel exutório, conforme proposto por Reed (2003), é aquele que drena a maior área acumulada (ou o maior número de pixels) dentre todos os localizados na célula, segundo o qual o trecho principal do fluxo a montante do pixel exutório deve percorrer um “caminho mínimo” dentro da célula.

Para atribuir uma das oito direções de fluxo, a uma determinada célula, percorre-se o caminho do fluxo a partir do seu pixel exutório até alcançar o pixel exutório de uma célula vizinha, conforme mostra a Figura nº. 10. Quando nenhum pixel exutório pertence ao caminho percorrido, atribui - se a direção do fluxo para a célula vizinha pela qual o caminho saiu da vizinhança anterior.

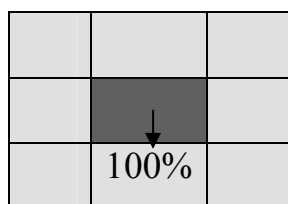


Figura nº. 10 - Indicação da direção de fluxo único atribuída na escolha de uma determinada célula.

4 RESULTADOS

Os resultados estão divididos em: mapa de ocupação e uso a partir de processamento digital e interpretação das imagens orbitais; mapa de índice de vulnerabilidade a partir das operações de cruzamentos entre mapas temáticos para a determinação de caracterização do potencial de impacto ambiental da atividade agrícola sobre o solo e a água através da operação pontual de ponderação; e o mapa de direção de fluxo a partir do arquivo de modelo digital de terreno com a indicação do caminho mais provável do deslocamento de material poluidor gerado a partir de uma fonte pontual (lagoa de estabilização de dejetos suínos).

Os mapas gerados servirão como base para elaboração de análise visando tomada de decisão quanto às medidas mitigadoras a serem adotadas.

4.1 Ocupação e Uso

Para a criação deste tema, utilizamos uma imagem CBERS (02/04/07). O pré-processamento da imagem consistiu da correção da interferência devido ao espalhamento atmosférico e após, foi feito o referenciamento da imagem ao Sistema Cartográfico do Distrito Federal, com a introdução dos parâmetros de transformação diretamente nos arquivos do ENVI. Na figura 11, podemos observar que houve uma superposição muito boa de arquivo no formato DXF construído dentro da projeção e sistema de referência utilizado no Distrito Federal e a imagem originalmente registrada no Datum SAD69. Esta superposição comprova que estes parâmetros são adequados às transformações para compatibilização de bases de dados geradas em outros sistemas de referência e o Sistema Cartográfico do Distrito Federal.

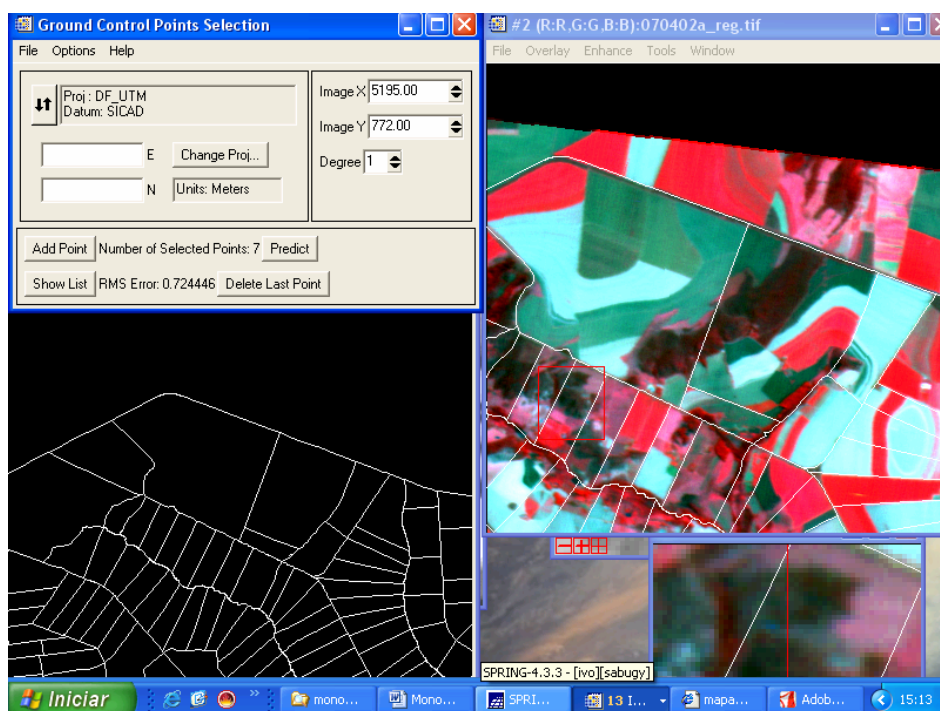


Figura nº. 11 – Cópia da tela do ENVI após o processo de registro da imagem referenciado ao SICAD.



Figura nº. 12 – Superposição: levantamento de campo e classificação de imagem

Na figura nº. 12 tem-se o mapa gerado a partir da classificação de imagem de satélite e o levantamento de campo. Como pode-se observar, as feições referentes à cobertura vegetal, seja ela natural ou artificial (pastagem) são claramente destacadas. A superposição (figura nº. 12) do levantamento feito com rastreadores de satélite (GPS) a

este mapa demonstra que estas feições foram razoavelmente retratadas a partir da imagem CBERS. Chama-se a atenção para a confusão que ocorreu entre a área com agricultura irrigada e a pastagem, no quarto inferior do mapa. Isto se deve provavelmente à época de aquisição da imagem utilizada, abril/07, período em que a umidade do solo ainda está alta, favorecendo o pleno desenvolvimento vegetativo de espécies mais rústicas (gramíneas), além do fato desta área se situar em uma região mais baixa da propriedade, o que reforça a condição citada. Observe-se que a classificação da feição Mata de Galeria foi bem representativa do levantamento feito

No caso de benfeitorias, seria necessário o uso de imagens com resolução espacial maior, como por exemplo, a imagem do satélite japonês ALOS (Advanced Land Observing Satellite), com resolução espacial de 2,5 m, veiculada no Brasil pelo IBGE, com baixo custo para aquisição das cenas, ou as imagens geradas pela a câmera HRC brevemente disponível, presente no CBERS-2B lançado recentemente, que opera numa única faixa espectral, que cobre a região do espectro eletromagnético do visível a parte do infravermelho próximo, com resolução espacial de 2,7 m e resolução temporal de 130 dias.

Dentro do objetivo proposto, isto não penaliza o uso de uma imagem com resolução de 20 m, pois as áreas urbanizadas e de trabalho nas propriedades rurais, são facilmente levantadas em visitas a campo, e normalmente se localizam em áreas de rápido acesso.

No caso deste trabalho, a opção pelo uso das imagens CBERS, deu-se principalmente por serem gratuitas, ao menos por enquanto, além de terem resolução temporal de 26 dias, o que para o acompanhamento de áreas agrícolas se torna muito positivo e a baixo custo.

A Figura nº. 13 mostra as semelhanças e diferenças entre o mapa elaborado a partir de levantamento de campo e classificação de imagem.

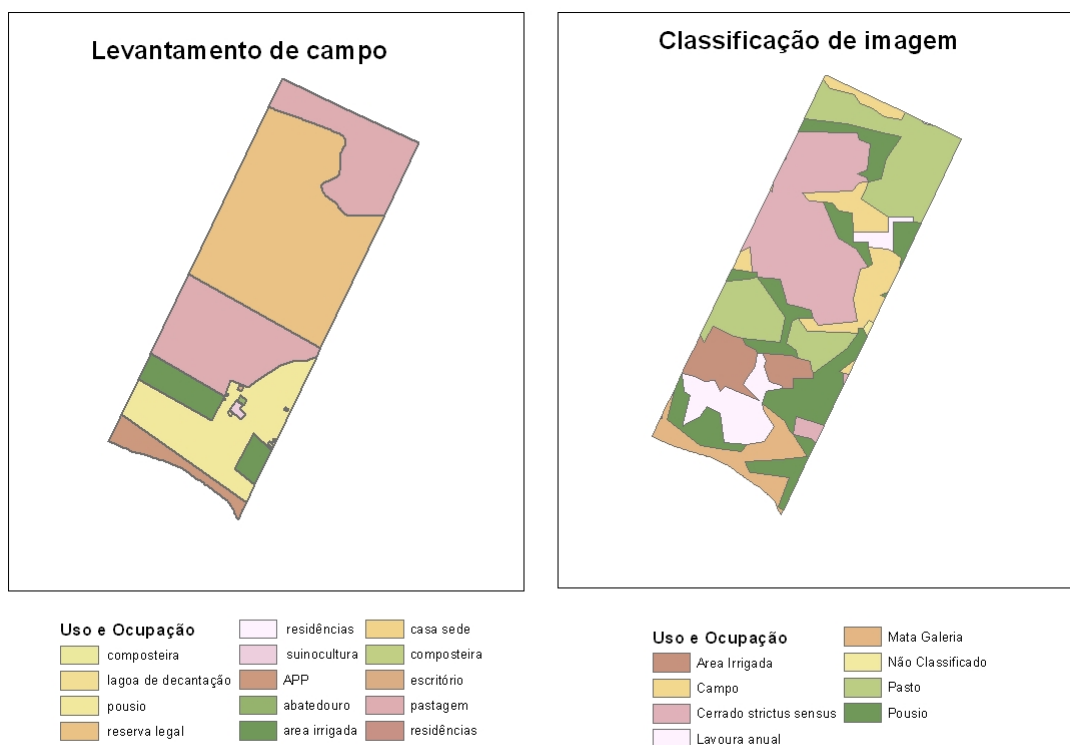


Figura nº. 13- Comparação entre o mapa elaborado a partir de levantamento de campo e a classificação de imagem.

4.2 Índice de Vulnerabilidade

O mapa de Índice de Vulnerabilidade gerado mostra as áreas em classes de vulnerabilidade conforme mostra a figura nº. 14.

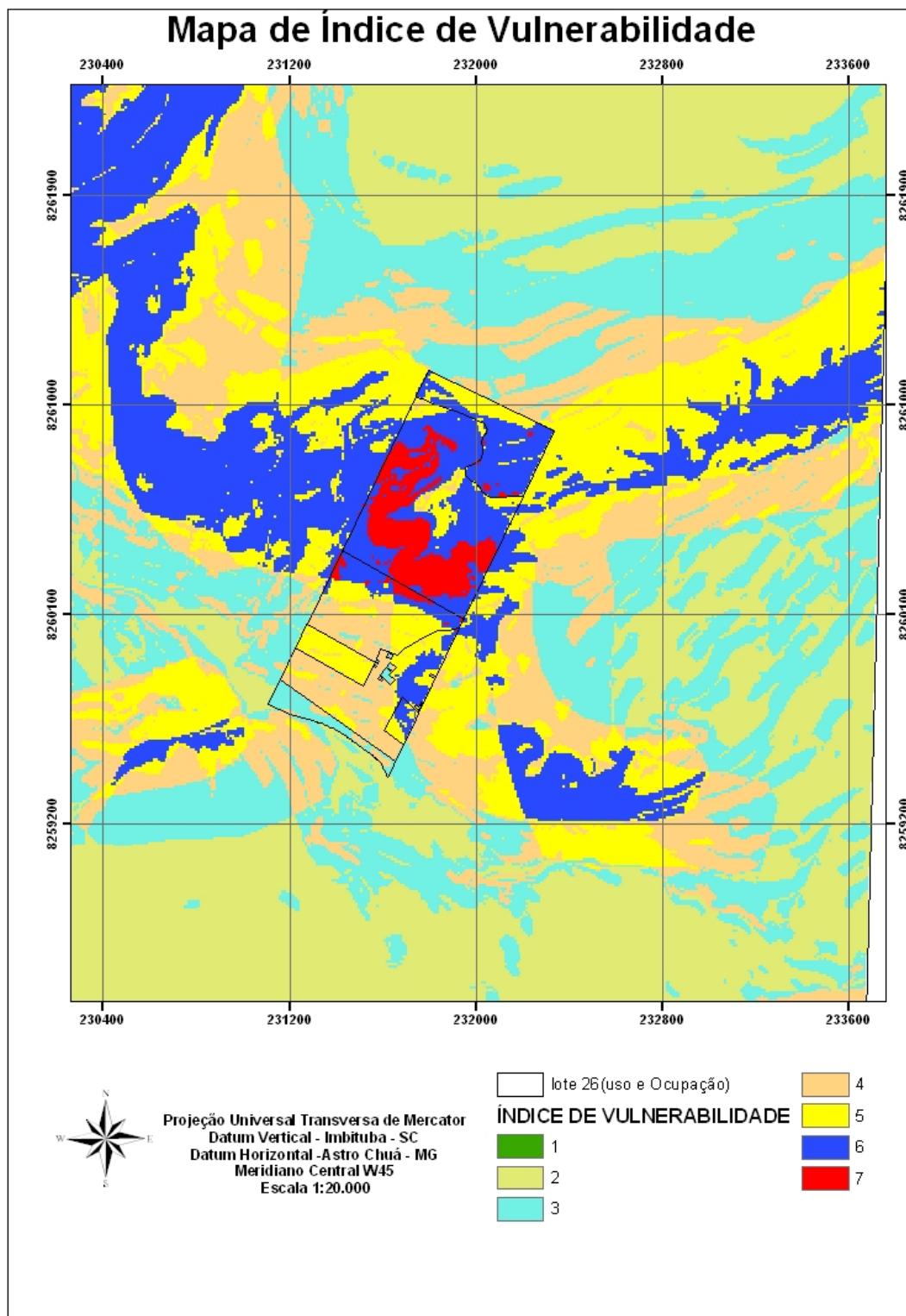


Figura nº. 14 – Mapa de Índice de Vulnerabilidade

A tabela nº. 12 mostra a quantificação das áreas do mapa de Índice de Vulnerabilidade (Figura nº. 12) gerado. Nota-se que 54,25% da área de estudo encontra-se nas classes de vulnerabilidade alta e muito alta, o que corresponde a 52,18 há. Já os índices de vulnerabilidade medianamente baixa, baixa e muito baixa aparecem em menor proporção, chegando a 5,32% da área total, o que corresponde a 5,19 ha. O restante da área, equivalente a 40,43%, enquadra-se nas classes de vulnerabilidade média para mediana alta.

Tabela nº.12. - Quantificação das áreas no lote 26 do mapa de Índice de Vulnerabilidade.

Índice de Vulnerabilidade	Classes	Área (ha)	%
1	Muito baixa	0	0
2	Baixa	0,49	0,44
3	Medianamente baixa	4,70	4,88
4	Média	18,20	18,88
5	Medianamente alta	20,78	21,55
6	Alta	34,55	35,80
7	Muito alta	17,63	18,45
Total		96,35	100

A classe de vulnerabilidade muito alta encontra-se 100% na área de declividade acima de 20%, na área da propriedade onde se encontra cobertura vegetal do Cerrado *stritus census*. Deve-se ressaltar que o proprietário não desenvolve neste local qualquer atividade, uma vez que esta área é visivelmente inadequada a qualquer tipo de uso, o que foi confirmado neste trabalho. A partir deste resultado, a orientação indicada ao proprietário é a de que essa área seja transformada em área de Reserva Legal (RL), devendo ser averbada futuramente.

A classe de vulnerabilidade alta encontra-se parte na área indicada como sendo de Reserva Ambiental e parte em área de pastagem. A partir deste resultado, a orientação indicada ao proprietário para a fração que se encontra sob pastagem tenha um manejo voltado para os princípios de conservação (práticas conservacionistas), evitando-se uma alta densidade de animais em pastoreio, que pode levar rapidamente à degradação da pastagem expondo-a aos processos erosivos. Observe-se que a maior parte da pastagem encontra-se na região da propriedade com as cotas mais altas, acima e contígua à área com a classe de maior vulnerabilidade encontrada. Consequentemente, o início de um processo erosivo pode acarretar uma degradação irreversível na área destinada à condição de reserva ambiental.

Toda a infra-estrutura da propriedade bem como todas as áreas utilizadas no plantio de hortaliças e grãos encontra-se nas áreas que apresentam índice de vulnerabilidade média e medianamente alta. A partir deste resultado, verifica-se a necessidade do dimensionamento de práticas e estruturas conservacionistas a fim de minimizar os impactos decorrentes das atividades produtivas em meio natural.

4.3 Direção de Fluxo

Foi gerado um mapa (figura nº.15) com a direção do fluxo.

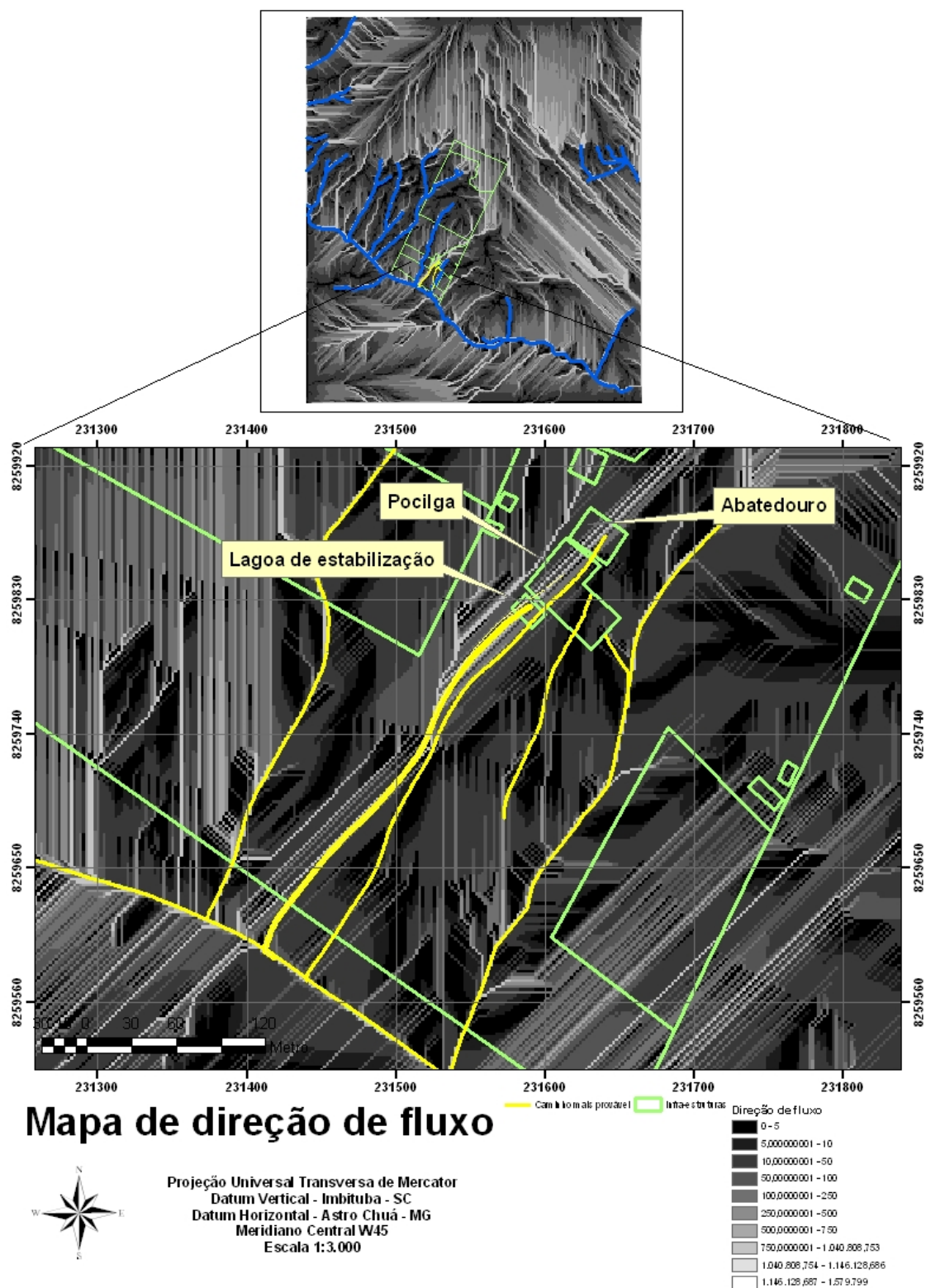


Figura nº. 15 – Mapa de direção de fluxo

As linhas amarelas mostram a indicação do “caminho mais provável” do deslocamento de material poluidor gerado a partir de uma fonte pontual (lagoa de estabilização de dejetos suínos, pocilga e abatedouro). Através deste mapa gerado, o gestor ambiental terá subsídios para analisar propostas de mitigação no que concerne a

minimização das possibilidades de escoamento superficial do material altamente poluidor (dejetos suínos).

Segundo Barros (2000), os fluxos livres de águas do tipo enxurradas são mais facilmente controláveis quando interceptados nas faixas de menor declividade pelos quais passam. Neste sentido, a figura nº. 16 mostra as áreas onde se deve preferencialmente construir as estruturas de contenção para o controle dos fluxos originados a partir das instalações existentes na propriedade com alto potencial poluidor.

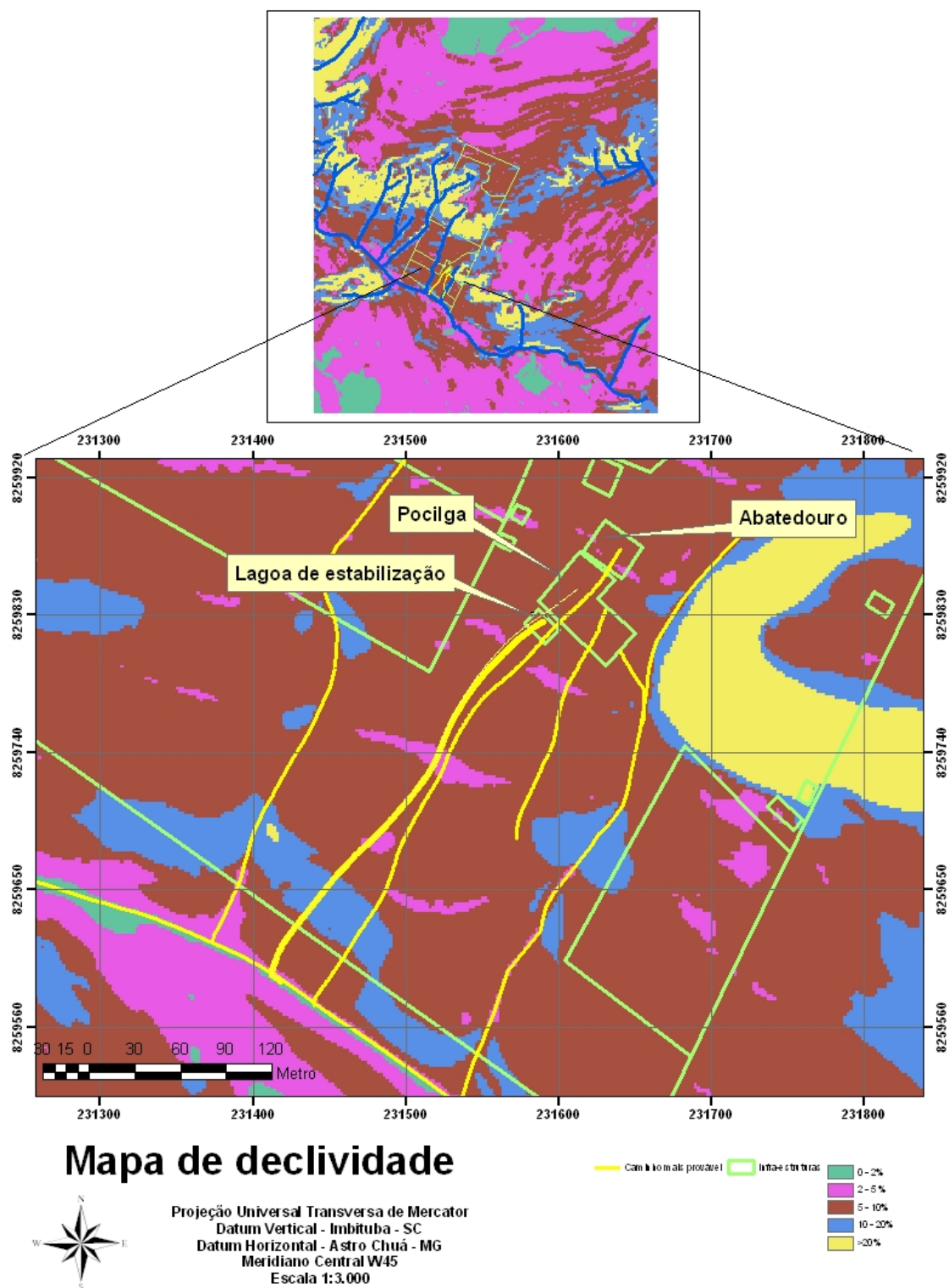


Figura nº. 16 – Mapa de declividade mostrando o caminho mais provável

Utilizando-se o critério do percurso mínimo na definição do pixel exutório em cada célula, gerou-se direções de fluxo que apresentam maior concordância com o relevo da região, o que é mais bem percebido quando comparado visualmente com o

mapa de Modelo Numérico do Terreno (MNT) de declividade e hidrografia, conforme figura nº. 17.

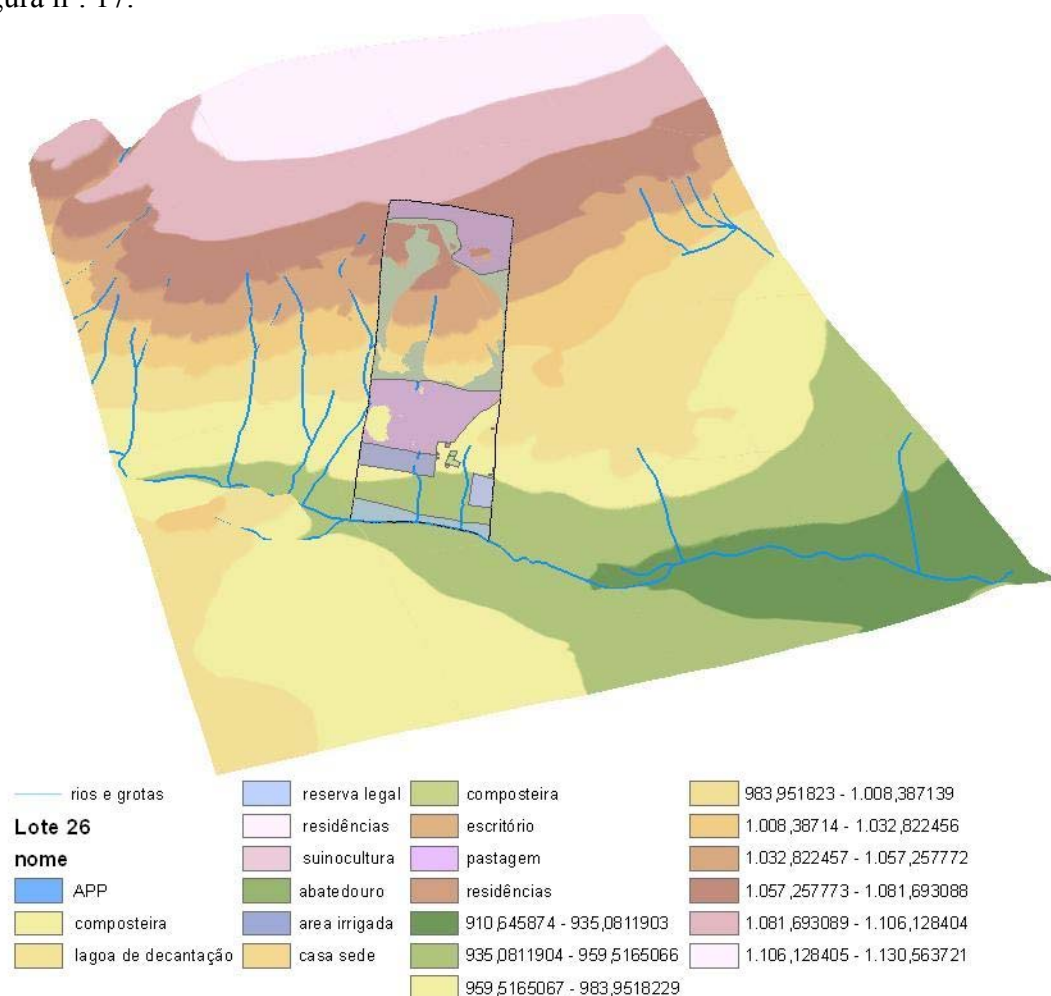


Figura nº.17 – Mapa de Modelo Numérico de Terreno (MNT) de declividade e hidrografia.

Deve-se observar que o algoritmo utilizado pela ferramenta “Flow Direction” do ArcMap calcula a direção do fluxo a partir da célula de origem em direção a apenas uma célula, no caso a que apresenta a menor cota dentre as oito células contíguas a ela, o que pode levar a incorreções do modelo gerado.

Schäuble (2004) sugere a utilização da ferramenta que gera o mapa de múltiplos fluxos de direções (MD multiple flow algorithm). Este método analisa a direção dos valores de mudança das descendências dos pixels vizinhos em contraste com o método de fluxo único. Este modelo é ilustrado na figura nº.18.

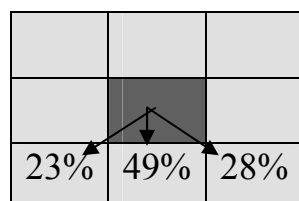


Figura nº.18 - Indicação dos múltiplos fluxos possíveis de direção para cada pixel.

5 CONCLUSÃO

Baseado nos resultados apresentados neste trabalho, conclui-se que:

- Os parâmetros de transformações de coordenadas apresentados são adequados para inserção de dados de outros sistemas de referência nos mapas e cartas gerados dentro do Sistema Cartográfico do Distrito Federal (SICAD);

- O uso das imagens CBERS para geração de mapas de uso e ocupação e vegetação apresentou-se satisfatório para as feições de maior abrangência geográfica, sendo necessário o uso de visitas a campo ou de imagens de maior resolução espacial para a obtenção de detalhes referentes às infra-estruturas das propriedades.

- A ferramenta “Weighted Overlay” do ArcMap demonstrou ser um método eficaz para o cruzamento de dados originários de temas diversos e que originalmente apresentam diferentes escalas de avaliação. No caso deste trabalho foi possível a obtenção de informações imprescindíveis para o planejamento e gestão ambiental de uma propriedade rural.

- A superposição do gráfico que representa o “caminho mais provável” ao mapa de classes de declividades mostrou-se muito eficaz na identificação de pontos de interferências para o controle de fluxos livres superficiais (Run-off).

Com vista à melhoria no uso de ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento sugere-se a produção de trabalhos da mesma natureza deste com modificações em alguns parâmetros, tais como: os pesos das evidências, a utilização do algoritmo indicado por Schäuble (2004) para geração do gráfico representando o caminho mais provável e o uso de imagens de satélite com maior resolução espacial para a identificação de obras de infra-estrutura em propriedades rurais.

Mediante as análises feitas neste presente trabalho, é possível concluir a efetiva contribuição das ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento no auxílio do planejamento e gestão ambiental em propriedades rurais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, G.M.M., **Diagnóstico Ambiental da Perda laminar de Solos no Distrito Federal, por meio de Geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado, Publicação MTARH.DM-001ª/97, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, UnB, Brasília, DF.1997.

BARROS, L.C. **Captação de Águas Superficiais de Chuvas em Barraginhas**. Notas de aula. Treinamento na EMATER-DF de construção de barraginhas para captação de águas superficiais de chuvas. Abril, 2000.

BERRY, J.K.; **Fundamental Operations in Computer-assisted Map Analysis**. International Journal of Geographic Systems 2, 1987. pp 119-136.

BRASÍLIA. CÂMARA LEGISLATIVA DO DISTRITO FEDERAL Lei Distrital Nº 2.725, de 13 de junho de 2001 — **Lei de Política de Recursos Hídricos do Distrito Federal**; Brasília, 1997.

BRASÍLIA. CÂMARA LEGISLATIVA DO DISTRITO FEDERAL Lei Distrital Nº 41, de 13 de setembro de 1989 — **Lei de Política Ambiental do Distrito Federal**; Brasília, 1997.

BRASÍLIA. CÂMARA LEGISLATIVA DO DISTRITO FEDERAL Lei Distrital Nº1. 399, de 10 de março de 1997 - **Lei de Política Ambiental do Distrito Federal**; Brasília, 1997.

BRASÍLIA. CÂMARA LEGISLATIVA DO DISTRITO FEDERAL. LEI Nº 3.984, de 28 de maio de 2007 DODF de 30.05.2007 - **Cria o Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal** — Brasília Ambiental e dá outras providências.

CAMPOS, J. E. G.; FREITAS-SILVA, F. H., Caracterização Geológica do Distrito Federal. In: **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal**. MMA/SRH/SEMATEC/IEMA, Brasília, 1999. CD-Rom.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS**. Brasília: EMBRAPA - Produção de Informação, 1999, 412p.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL -EMATER-DF - **Plano de Ação Local** – Produção dos funcionários da EMATER-DF. Brasília, DF. EMATER – fevereiro. 2007. 1 CD-ROM.

FELFILI, J.M; JÚNIOR, M.C.S; MENDONÇA, R.C; FAGG, C.W; MECENAS, V.V; Fitofisionomias e Flora In: **ÁGUAS EMENDADAS/ Distrito Federal**. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília, Seduma, 2007. 150-153 p.

HUTCHINSON, M.F. **Calculation of hydrologically sound digital elevation models.** Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data Handling at Sydney, Australia. 1988.

HUTCHINSON, M.F. **A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits.** Journal of Hydrology 1989.106: 211-232.

IESA – Companhia Internacional de Engenharia S/A. **Estudo de Impacto Ambiental da UHE – Queimado.** Brasília, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO – IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios.** 2001. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/default.shtm>> Acesso em: 18 mar. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO – IBGE. Geociências- IBGE assina acordo para distribuição de imagens de satélites japonês, 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/nota_satelite.shtm> Acesso em: 09 dez. 2007.

MALDANER, V.I., **Análises dos conflitos do uso da água na bacia hidrográfica do Rio Preto no DF.** Dissertação de Mestrado, Universidade Católica de Brasília, Brasília – DF, 2003.

MARTINS, E. S.; BAPTISTA, G. M. de M. Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. In: IEMA. **Inventário hidrológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal.** Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB, Parte I, 1998. p. 89-137.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA – Subchefia para assuntos Jurídicos. LEI FEDERAL Nº. 6.938 DE 31 DE AGOSTO DE 1981- **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Presidência da República Subchefia para Assuntos Jurídicos.

RAMALHO FILHO, A., PEREIRA E. G., BEEK, K. J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.** Brasília: SUPLAN/EMBRAPA-SNLCS, 1978, 70p.

RAMALHO FILHO, A., BEEK, K. J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.** 3edº. Ver. - Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. Viii + 65p.

REED, S. M. **Deriving flow directions for coarse-resolution (1-4 km) gridded hydrologic modeling.** Water Resources Research, vol. 39, no. 9, 1238 - 2003.

SCHÄUBLE, H., **Hydrological analysis of catchments and particle movements.** TERRACS Geographical information systems and services Beim Herbstenhof 48, 72076 Tübingen (Germany). June, 2004.

SILVA, M.L.N et al: **Proposição de Modelos para Estimativa da Erodibilidade de Latossolos Brasileiros,** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.34, n.12, p.2287-2298, dez. 1999.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA-UnB. Instituto de Geociências. Curso de Especialização em Geoprocessamento. **Folder do Curso de Geoprocessamento.** Disponível em: < http://www.unb.br/ig/posg/FolderCursoEspecGeoProc_2007.pdf > Acesso em 19/10/2007.