

## CARACTERIZAÇÃO GEOFÍSICA DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL NA CIDADE DE DOURADOS.

**Camila Souza de Andrade**

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, Acadêmica do Curso de Gestão Ambiental na Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais – FCBA, Dourados-MS.

**Joelson Gonsalves Pereira; Rodrigo Coelho de Oliveira; José Daniel Freitas.**

**Email do Autor Principal:** camilasouza.andrade7@gmail.com

### RESUMO

O crescimento acelerado da urbanização causa uma pressão significativa sobre o meio físico urbano, constituindo problemas ambientais como poluição de recursos hídricos, degradação do solo, agressão às áreas de proteção permanente (como áreas ciliares aos cursos d'água), entre outras. A caracterização da vulnerabilidade dentro destas áreas é um importante processo para a conservação ambiental e para a gestão adequada dos recursos naturais, trazendo consigo o aprimoramento do planejamento urbano proporcionando artifícios para a recuperação ambiental. Neste sentido, o presente trabalho tem o propósito de empregar as técnicas de geoprocessamento juntamente com os processos do sensoriamento remoto para caracterizar os componentes geofísicos de topografia, drenagem natural, solos, geomorfologia e geologia, nas microbacias da cidade de Dourados-MS, como subsídio à identificação e proposição de planejamento das áreas suscetíveis a agravos ambientais pelo escoamento superficial de água pluvial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vulnerabilidade ambiental, Planejamento Territorial, Geotecnologias.

### INTRODUÇÃO

Os conflitos relacionados ao uso e ocupação do solo sempre se apresentaram como um desafio à gestão urbana no Brasil. Esses problemas estão diretamente relacionados ao próprio processo de urbanização do país, sobretudo no último século, caracterizado por um fenômeno social de inversão demográfica campo-cidade, com a consequente expansão das periferias urbanas, juntamente com a deficiência na efetivação de uma política de planejamento que pudesse orientar o crescimento das cidades. Esses fatores se colocam hoje como decisivos à existência de graves distorções urbanísticas que estão relacionadas, sobretudo, à ocupação residencial de áreas suscetíveis a agravos ambientais como alagamentos, enxurradas, inundações e movimentos de massa, o que compromete a segurança habitacional da população estabelecida nesses locais.

Essas distorções do uso e ocupação do solo se configuram num problema social basicamente relacionado à população de baixa renda, devido à sua dificuldade de acesso à terra urbanizada. Por outro lado, se configura também, como um problema ambiental, uma vez que a ocupação irregular de áreas urbanas, que ocorre, sobretudo, em locais excluídos do circuito especulativo do mercado imobiliário, como áreas de fundos de vale, encostas de morros e áreas de preservação permanente, são sempre acompanhadas de supressão da vegetação, da exposição do solo a processos erosivos mais intensos e da impermeabilização do terreno. Assim, além de colocar em risco a estabilidade do terreno, propicia-se também, o carreamento de materiais pelas drenagens que atingirão as partes baixas da cidade, assoreando rios e contribuindo para o agravamento dos problemas relacionados ao escoamento superficial da água, assim como dos movimentos de massa.

Essas questões sócio-ambientais decorrentes do conflito do uso e ocupação do solo urbano incluem no contexto da vulnerabilidade ambiental, cujo consenso está associado à exposição aos riscos oferecidos pelo ambiente e designa a maior ou menor susceptibilidade de pessoas, lugares, infra-estruturas ou ecossistemas sofrerem algum tipo particular de agravo (ACSELRAD, 2006 *apud* PEREIRA, 2011).

Localizada num interflúvio caracterizado por uma topografia plana, recortada por áreas úmidas e nascentes, as quais vêm sendo pressionadas por ocupações irregulares e ausentes de planejamento, a cidade de Dourados é representativa dos problemas que caracterizam a constituição da vulnerabilidade ambiental em áreas urbanas no Brasil. Tal cenário motiva a necessidade da elaboração de recursos instrumentais que possam ser empregados como subsídios ao

planejamento e à tomadas de decisão quanto ao enfrentamento dos problemas relacionados à expansão urbana em terrenos suscetíveis a agravos ambientais.

A este propósito, as novas tecnologias de sensoriamento remoto, sobretudo representadas por instrumentos sensores de alta resolução se consolidam como subsídios essenciais à obtenção de dados espaciais atualizados sobre o ambiente urbano, permitindo a constituição de informações necessárias à gestão sócio-ambiental da cidade, e que dispensam a necessidade de grandes investimentos por parte dos gestores públicos.

No contexto da vulnerabilidade, o emprego desses produtos se destaca em duas aplicações potenciais: o monitoramento da ocupação de áreas suscetíveis a agravos e, sobretudo, como subsídio ao planejamento ambiental, em todos os seus processos, desde a elaboração de levantamentos diagnósticos até a constituição de diretrizes e direcionadas ao enfrentamento técnico dos conflitos ambientais em áreas urbanas.

Neste sentido, o presente trabalho terá o propósito de caracterizar a vulnerabilidade ambiental da área urbana de Dourados-MS, à partir da integração de temáticas geoambientais por álgebra de mapas, permitindo a constituição de um marco diagnóstico favorável à análise ambiental e à proposição do planejamento das áreas suscetíveis a agravos ambientais pelo escoamento superficial de água pluvial.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Toda abordagem metodológica foi conduzida a partir de processos com caráter descritivo, desenvolvida através do uso de produtos como o sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG). Baseando-se em aspectos legais tais como averiguação do plano diretor e o estudo da Lei Nº 10.257/2001 que dispõe o estatuto das cidades. Houve a análise e avaliação da área, destacando a importância da integração destas informações para que dê subsídio ao planejamento e a gestão ambiental urbana.

A construção do banco de dados georreferenciados, assim como o processamento e elaboração dos dados temáticos empregados na geração da carta de vulnerabilidade ambiental, foram realizados com o emprego do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A criação do banco de dados obedeceu a definição dos seguintes parâmetros cartográficos: sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Marcator), zona meridiana 21 e Datum WGS 84.

A delimitação da área estudada foi orientada pela descrição perimetral contida na Lei Municipal nº 17/2011 que estabelece o perímetro urbano de Dourados. Os dados referente à geomorfologia e geologia do sítio urbano foram baseados na descrição de FREITAS FILHO (1999), o qual apresenta uma caracterização geofísica na escala 1:100.000 que deu origem ao mapeamento geotécnico do médio curso do rio Dourados, onde inclui a cidade de Dourados. Essas informações foram complementadas com levantamento de campo, o que permitiu o refinamento do mapeamento original para a escala de 1: 50.000.

A caracterização do uso e ocupação do solo foi realizada a partir da classificação de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetations Index* – NDVI), obtido com o emprego das bandas 3 (vermelho) e 4 (infravermelho) de imagem Landsat TM5 a partir da seguinte equação implementada em ambiente LEGAL (Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico):

$$(NDVI: IVP - V / IVP + V) \quad \text{equação (1)}$$

O resultado do mapeamento por NDVI indica à variação espacial a densidade de biomassa verde por unidade de área. Essa variação é expressa através de uma escala numérica cujos valores variam de -1,0 (ausência de vegetação) a 1,0 (maior índice de vegetação). No mapeamento da área urbana de Dourados, os valores de NDVI foram agrupados em quatro extratos de classificação, a saber: - ausência de vegetação (-1,0 a 0,0), baixo índice (0,0 a 0,3), médio índice (0,3 a 0,5) e alto índice de vegetação (0,5 a 1,0).

Posteriormente, os mapeamentos temáticos foram submetidos uma análise de ponderação, que consistiu na atribuição de pesos de vulnerabilidade em suas respectivas classes temáticas, de acordo com a característica morfodinâmica

dominante. A este propósito, recorreu-se à metodologia proposta por TRICART (1977), desenvolvendo o conceito ecodinâmica, que indica as trocas de energia e matéria em um processo de equilíbrio dinâmico, para a estabilidade do meio são atribuídos valores próximos de 1 que significam Estabilidade (processos de morfogênese), já os valores próximos de 2 são interpretados como intermediário, e por fim os valores próximos de 3 caracterizam-se como Instáveis (processos de pedogênese).

O mapa de vulnerabilidade foi gerado a partir do emprego Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algebrico (LEGAL) do SPRING, utilizada para operações de álgebra de mapas, onde foram cruzados planos de informações atribuindo pesos para cada um destas classes de planos, os planos de informação temáticos utilizados para fazer o cruzamento foram classificados como: geomorfologia e índice de vegetação (NDVI). A caracterização da vulnerabilidade ambiental através do recurso álgebra de mapas, é considerado por TOLLIN, (1990) *apud* BARBOSA, *et al* (1998) um instrumento para indicar o conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas. Concebendo uma visão a análise espacial como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, em analogia aos ambientes de álgebra e estatística tradicional.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perímetro urbano de Dourados possui uma extensão de 205,99 Km<sup>2</sup>, estando localizado na porção sul do estado do Mato Grosso do Sul, sob o quadrante definido pelas coordenadas geográficas “-O 54°.51’19”,-S 22° 18’4.50” e “O 54° 37’ 0.”, “S 22° 7’ 00””. Nas últimas décadas, Dourados experimentou um incremento demográfico significativo, o que a fez tornar a segunda maior cidade do estado, dispondo de uma população de 196.035 habitantes (IBGE, 2011).

Estabelecida num interflúvio que se constitui um divisor de águas entre as bacias do rio Dourados e do rio Brilhante, sua área se estende por um conjunto de microbacias formadas por vales predominantemente rasos e que abrigam uma grande densidade de nascentes, áreas úmidas, lagos e córregos que compõem um complexo sistema de drenagem natural do sítio urbano (Figura 1).

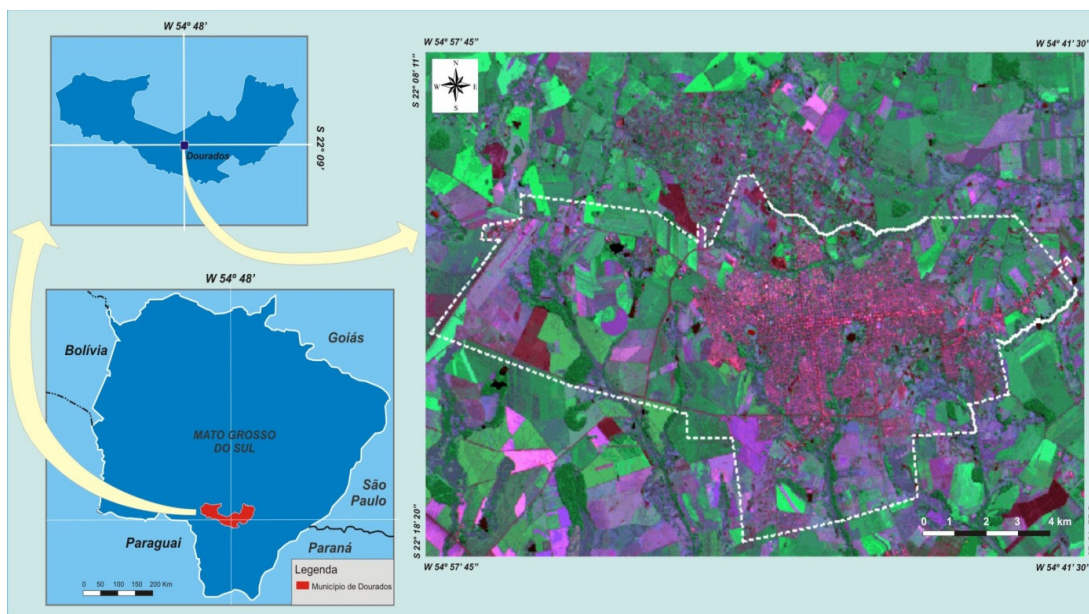


Figura 1. Mapa da localização do perímetro urbano do Município de Dourados

A expansão física da cidade de Dourados desencadeou problemas referentes ao uso e ocupação do solo, tendo como consequência a modificação dos processos naturais das microbacias, acarretando o comprometimento na sua

conservação e o aumento da vulnerabilidade ambiental no local. Os principais aspectos a serem atingidos são os fundos de vale, margens de córregos e áreas úmidas, fazendo com que haja um aumento de riscos ambientais e urbanos.

Neste sentido é que se destaca a importância de uma abordagem que leve em consideração as áreas de vulnerabilidade ambiental na cidade de Dourados-MS, as quais vêm sendo seriamente afetadas pelo crescimento populacional, industrial e agropastoril, sobretudo nas últimas décadas, e que pode ser verificado, mormente, pelo uso residencial, a exemplo de margem de córregos. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo, identificar as áreas de vulnerabilidade ambiental na cidade de Dourados-MS, a partir da caracterização e integração de temáticas geofísicas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas.

### Aspectos Geoambientais

#### 1 .Geologia

Conforme os estudos realizados por FREITAS FILHO (1999), o perímetro urbano de Dourados encontra-se inserido na unidade geotectônica denominada Bacia tecto-sedimentar do Paraná, estabelecida sobre a Plataforma Sul-Americana a homoclinal a partir do Doviano Inferior/Siluriano. Apresenta feições em colinas amplas e áreas maiores que 4,0km<sup>2</sup>, de topos convexos a sibretilíneo, podendo apresentar quebras positivas com rampas e quebras negativas através dos fundos de vale.

A unidade geológica da área é representada pelo:

- **Grupo São Bento, Formação Serra Geral** - Formado por derrames de basaltos toleicos, creme-amarronzado, cinza-escuro, esverdeados, textura predominante afanítica, amigdalóide no topo e raramente vitrofirico. Presença de interpretes arenítico fino e muito fino, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Disques e soleiras de diabásio granular, cinza e esverdeado.

#### 2. Solos

Segundo NUNES (2012) os solos do município de Dourados constitui um relevo plano suavemente ondulado, possuindo características relativamente homogêneas, sendo que algumas classes apresentam características morfológicas muito distintas, tais como:

- **Latossolos Vermelhos Distroféricos:** Encontram-se em 76,2% da área do município, são solos muito profundos, acentuadamente ou fortemente drenados, muito porosos e permeáveis devido sua estrutura granular.
- **Gleissolos Háplicos:** Encontram-se em 1,6% do município, constitui características com uma textura argilosa/média argilosa, são mal drenados, relevo plano, baixa permeabilidade e características físicas e químicas muito variáveis (**Figura 2**).

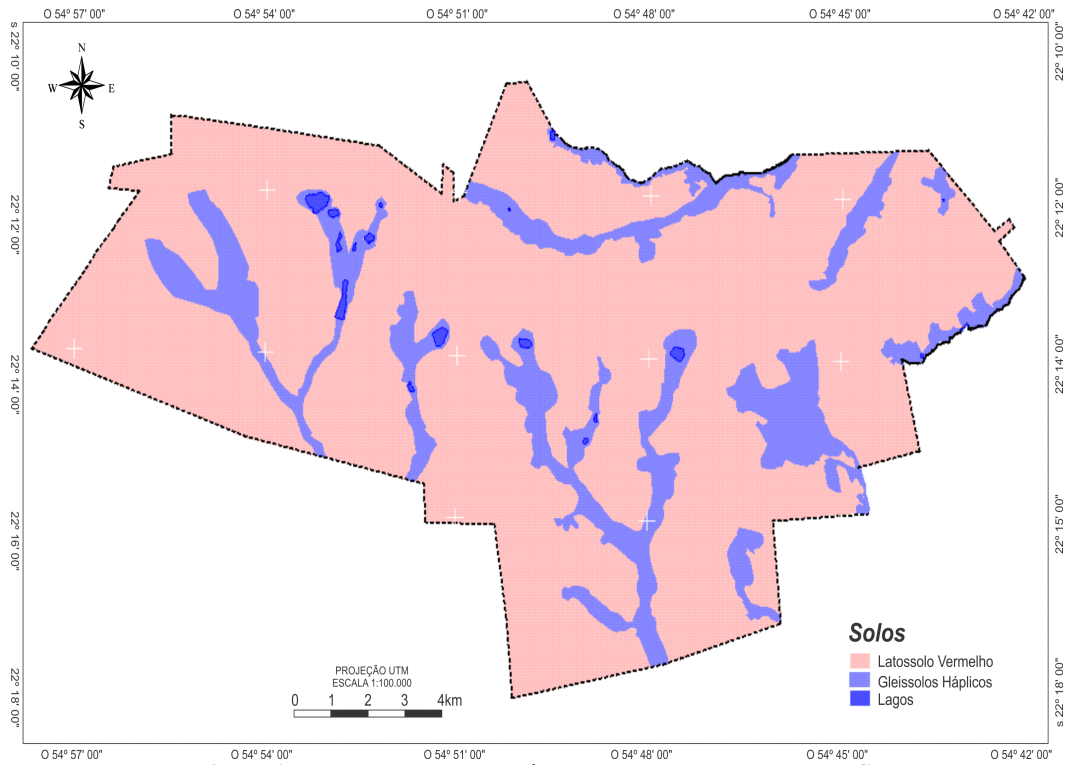


Figura 2. Mapa de solos do perímetro urbano de Dourados-MS.

### 3. Geomorfologia

Através da metodologia desenvolvida por FREITAS FILHO (1999) os processos que identificam a geomorfologia estão representados a partir da Tabela 1, podendo ser visualizados através da Figura 3.

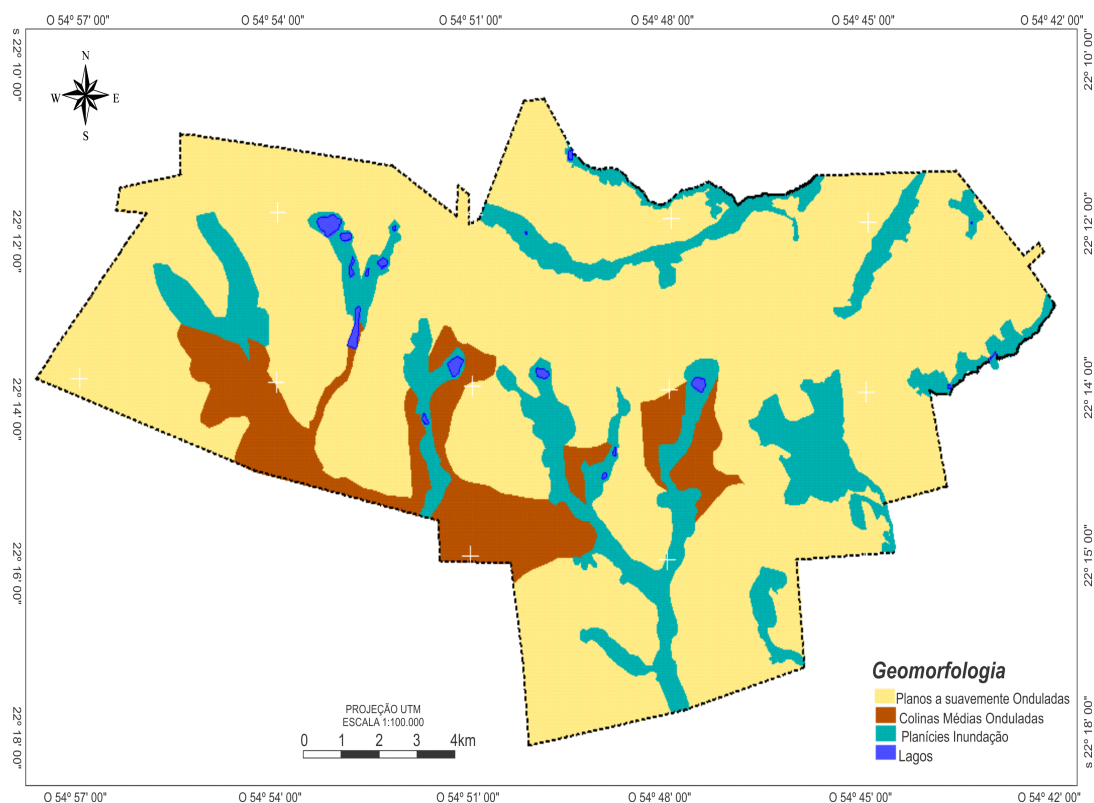


Figura 3. Mapa Geomorfológico do perímetro urbano de Dourados-MS.

TABELA 1 – Cálculo de área das classes de geomorfologia na área estudada e atribuição da variável peso conforme processo ecodinâmico dominante

Formação Geológica	Área em km <sup>2</sup>	%	Peso
Topos planos a colina suavemente onduladas	149,2	74,5%	2
Colinas médias onduladas e rampas	20,4	10,2%	2
Planície de Inundação	30,5	15,2%	3

A declividade do local encontra-se classificada por três tipos de formações topográficas e suas variações percentuais estão representadas a partir da Tabela 2.

TABELA 2- Classificação da Declividade

Formação Topográfica	%
Topos planos e colinas suavemente onduladas	0% á 5%

Colinas médias onduladas e rampas	5% á 15%
Planície e Inundação	0% á 2%

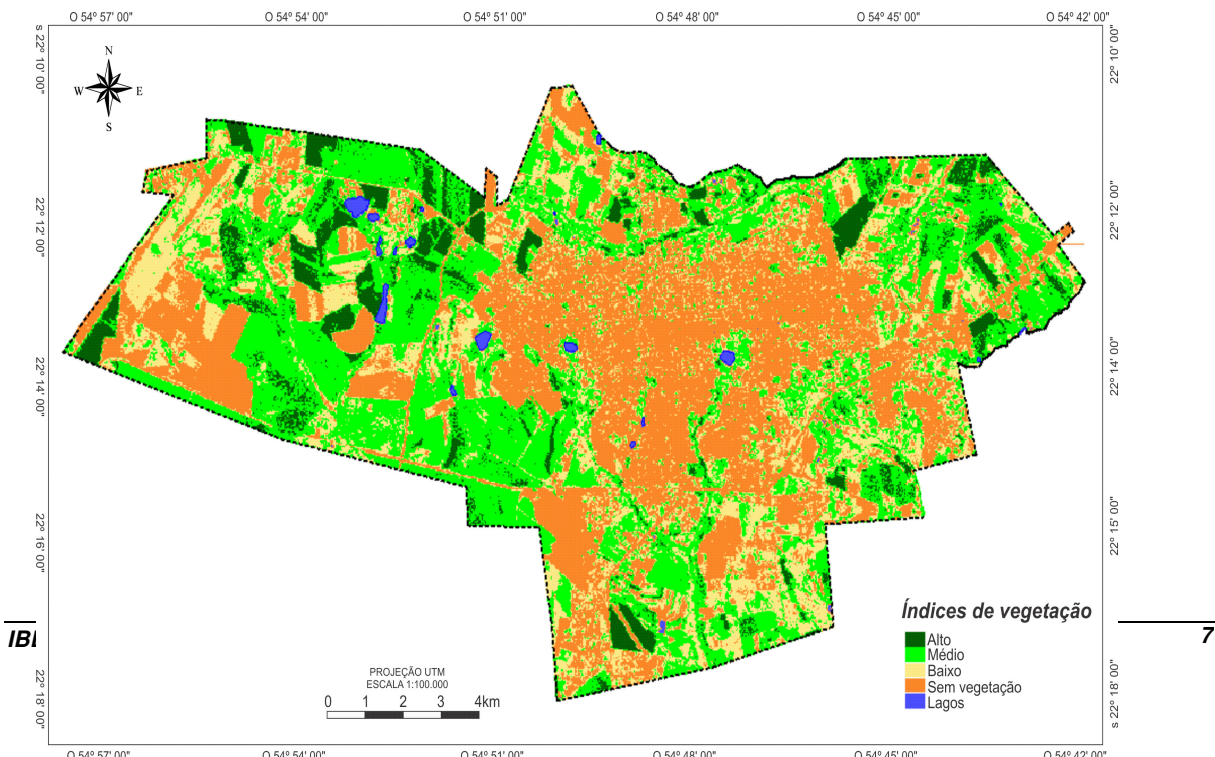
#### 4- Índices de Vegetação

Segundo TUCKER, (1979), citado por VELASCO (2007), a vegetação é caracterizada por uma intensa absorção devido à clorofila na região do vermelho (0,58 a 0,68 $\mu$ m) e por uma intensa reflexão na faixa do infravermelho próximo (0,76 a 1,35  $\mu$ m) causada pela estrutura celular das folhas. A diferença entre as bandas do vermelho e infravermelho é proporcional à reflectância da imagem.

Os dados de reflectância dos alvos podem ser transformados em índices de vegetação, os quais foram criados com o intuito de ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e a outros alvos da superfície terrestre, sendo que um dos índices mais utilizados é o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (MOREIRA (2005) *apud* VELASCO (2007)). O índice de vegetação pode ser classificado por atributos como:

- **Alto índice:** associado às áreas constituídas por coberturas de floresta densa;
- **Médio índice:** correspondente a áreas de cobertura por vegetação de porte arbustivo, vegetação arbórea de padrão disperso ou áreas em processo de regeneração;
- **Baixo índice:** áreas associadas a uso econômico, ocupadas por pastagens, cultivo agrícola e gramíneas;
- **Sem vegetação:** áreas ausentes de cobertura vegetal ou onde o quantitativo de biomassa verde por unidade de área é inexpressiva. Pode ser associado às situações em que ocorre solo exposto ou, em menor significância, a presença de afloramentos rochosos.

O mapeamento e quantificação das classes de NDVI podem ser observados pela **Figura 4 e Tabela 3**.



**Figura 4. Mapa do Índice de Vegetação do perímetro urbano de Dourados-MS.**

**TABELA 3** – Cálculo de área das classes de índice de vegetação na área estudada e atribuição da variável peso conforme processo ecodinâmico dominante

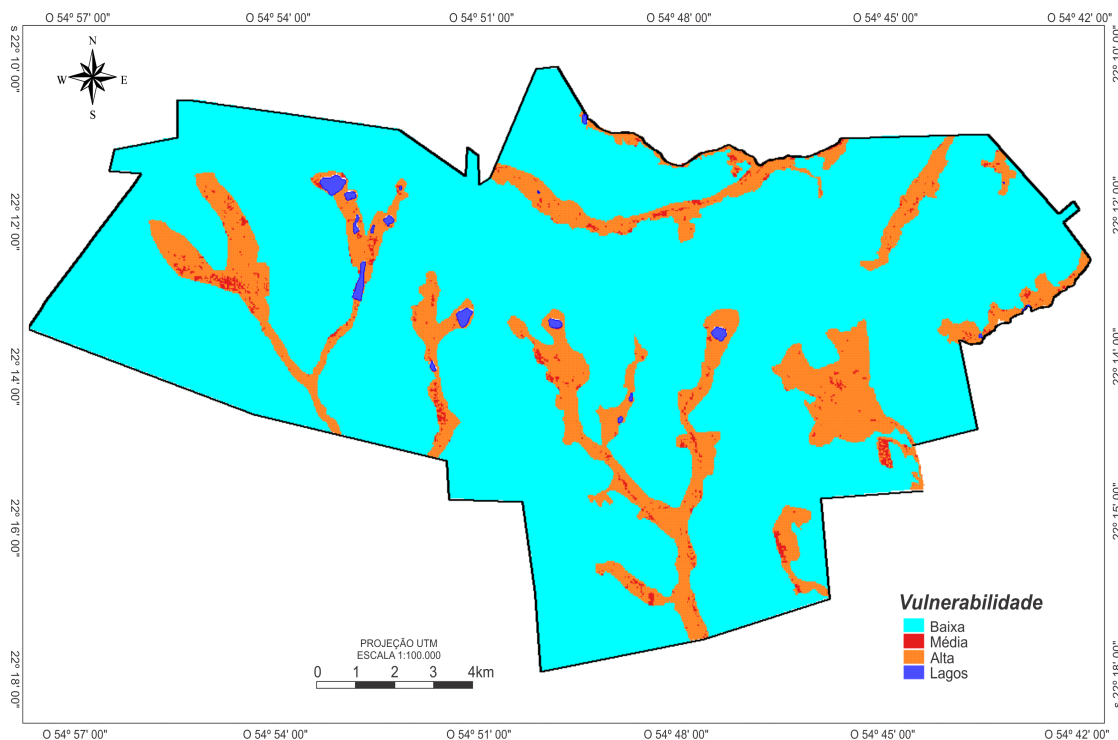
Classes de índice de vegetação	Área em km <sup>2</sup>	%	Peso
Alto índice	14.4	7%	1
Médio índice	69.4	35%	3
Baixo índice	42.5	21%	2
Sem vegetação	73.7	37%	1

#### **Caracterização da Vulnerabilidade Ambiental no Perímetro Urbano de Dourados**

Os diferentes fatores que influenciam a vulnerabilidade do perímetro urbano de Dourados são comparados como critério de importância e atribuídos ao relacionamento entre estes fatores, conforme uma escala de pesos pré-definida. Neste sentido, o trabalho se baseou na teoria ditada por TRICART (1977) e seu conceito de ecodinâmica, mencionado por FERREIRA *et al* (2011), como o estabelecimento de uma gradação entre a morfogênese, onde prevalecem os processos erosivos modificadores das formas de relevo, e a pedogênese, onde prevalecem os processos formadores de solos.

Sendo assim, estabeleceu o cálculo dos índices de vulnerabilidade ambiental que sobressaem na área estudada, classificados como “baixa”, “média”, “alta”, observados na **Tabela 4**, podendo ser visualizados na **Figura 5**.





**Figura 5.** Mapa da Vulnerabilidade do perímetro urbano de Dourados-MS.

As integrações das categorias temáticas indicam como vulnerabilidade alta áreas que são susceptíveis às mudanças a partir dos processos físicos como a degradação ambiental. Tais áreas apresentam características predominantes como de áreas construídas, estando relacionadas á áreas susceptíveis a alagamentos e enxurradas, as condicionantes que caracterizam seus processos geoambientais são observados a partir de uma topografia plana caracterizado por um solo Hidromorfo Saturado, encontrando-o basicamente em áreas úmidas e fundos de vale. Na classificação de solos, esta área faz parte do Gleissolos Háplicos sendo considerados informalmente como “solos de baixadas”, devido ser uma área úmida com grande frequência de microbacias.

As áreas de média vulnerabilidade constitui uma pequena porcentagem e são classificadas por apresentarem índices de áreas construídas, possuindo pequenos fragmentos florestais, sendo estes remanescentes de áreas úmidas.

As áreas com baixa vulnerabilidade correspondem a um percentual mais significativo, sendo caracterizados por serem áreas planas de interflúvios com a constituído por Latossolo Vermelho Distroféricos tendo a predominância de vegetação rasteira.

**TABELA 4** – Cálculo de área das classes de vulnerabilidade na área estudada e classificação da categoria morfodinâmica dominante

Classe de vulnerabilidade	Área em km <sup>2</sup>	%	Peso
Baixa	16.79	84%	1
Média	2.09	1%	2
Alta	29.1	15%	3

## CONCLUSÃO

A espacialização e integração dos dados geoambientais em SIG, mostraram-se adequadas enquanto rotinas de análise espacial para o mapeamento da vulnerabilidade ambiental na cidade de Dourados. O levantamento apontou que as áreas de maior vulnerabilidade ambiental correspondem àquelas correspondes aos fundos de vale, nos quais predominam uma condição geomorfológica caracterizada por planícies de inundação, constituída predominantemente por gleissolos háplico o qual apresenta altos índices de saturação hídrica, de forma permanente. Tais condições caracterizam essas áreas como locais em que predominam processos de pedogênese, tornando-as inapropriadas para expansão urbana e prioritárias para conservação ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBOSA, C.C; CAMARA, G; MEDEIROS, S.J; CREPANI, E; NOVO, E; CORDEIRO, C.P.J **Operadores Zonais em Álgebra de Mapas e Sua Aplicação a Zoneamento Ecológico-Econômico** Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos-SP,1998, INPE, p. 487-500.
2. FERREIRA, A.D.J ; AZEVEDO, P. V; FARIAS, M.S.S **Determinação da vulnerabilidade ambiental na Vila dos Teimosos, Campina Grande – PB** Rev. Caminhos da Geografia. Vol. 9, n. 25, Uberlândia- MG, 2008, p. 115 – 120.
3. FERREIRA, C.C; MIRANDOLA, H.P; SAKAMOTO, A.Y; GONÇALVES, F. **Uso de SIG para análise da vulnerabilidade ambiental da Bacia do Alto Scuriú – MS/BR.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR, Curitiba- PR, 2011, p.1169.
4. FREITAS FILHO, J.D **Caracterização física do médio curso do Rio Dourados (MS), escala 1:100.000 – Bases para o zoneamento geoambiental.** Tese de Mestrado, UNESP – Rio Claro- SP, 1999.
5. IBGE, Instituto Brasileiro Geografia Estatística **Cidades-Dourados** Disponíveis em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=500370>> Acesso em: 15/05/2011.
6. NUNES, A.G.A.W; **Solos do Município de Dourados** EMBRAPA- Agropecuária Oeste. Disponível em:< <http://www.cpa.embrapa/portal/artigos/artigos/artigo10.html> > Acesso: 06/06/2012.
7. PEREIRA, L. E; PEREIRA, J. G **Identificação e análise das áreas de vulnerabilidade ambiental da cidade de Corumbá-MS, através de recursos gratuitos de geotecnologia** Trabalho de Conclusão de Curso, UFGD- FCBA, Dourados- MS, 2011.
8. PEREIRA, J.G **Identificação de áreas de vulnerabilidade ambiental em áreas urbanas de Mato Grosso do Sul.** Projeto de Pesquisa, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados, 2011.
9. TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro-RJ. IBGE-SUPREN, 1997.
10. VELASCO, G.D.N; POLIZEL, J.L; COLTRI, P.P; LIMA, A.M.L.P; SILVA FILHO, D.F. **Aplicação do índice de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) em imagens de alta resolução no município de São Paulo e suas limitações** Rev. Sociedade brasileira de arborização urbana, Vol. 2, Piracicaba- SP, 2007, Nº 3.