

O USO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NA AVALIAÇÃO DE ÁREAS CRÍTICAS COM ATIVIDADE SUINÍCOLA

EDUARDO PÉRICO^{1 e 2}, GISELE CEMIN¹ e CLAUDETE REMPEL¹

¹Curso de Ciências Biológicas, Centro Universitário UNIVATES, Rua Avelino Tallini, 171-Caixa Postal 155, CEP-95900-000 – Lajeado-RS, Brasil
Telefone: (51) 3714-7000 – FAX (51) 3714-7001

kcemin@univates.br

²Curso de Biologia, Universidade Luterana do Brasil-ULBRA, Rua Miguel Tostes, 101, CEP-92420-280 Canoas-RS, Brasil

Telefone: (51) 477-9104 – FAX (51) 477-1313

edperico@terra.com.br

RESUMO

A poluição provocada pelo manejo inadequado dos dejetos de suínos vem se agravando cada vez mais, devido ao elevado número de contaminantes gerados pelos seus efluentes. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar as áreas críticas com atividade suinícola no município de Roca Sales, RS, Brasil, utilizando uma metodologia de avaliação por critérios múltiplos, presentes no Sistema de Informação Geográfica IDRISI 32. A partir do cruzamento e análise dos fatores, obteve-se uma imagem que consiste numa medida contínua da criticidade do município, representada entre os valores de 0 a 255, sendo 0 a maior criticidade, diminuindo gradativamente até 255. Com a avaliação da imagem, pode-se concluir que grande parte da área do município apresenta criticidade média a média-alta.

Palavras Chave: Sistemas de informação geográfica, áreas críticas, suinoculturas

ABSTRACT

The pollution provoked by the inadequate handling of swine's dejections is worsening, due to the high number of pollutants generated by their effluents. The aim of this work was to identify the critical areas with swine rearing in the municipal district of Roca Sales, RS, Brazil, using decision support modules available in Information Geographic System Idrisi 32. Starting from the crossing and analysis of the factors, it was obtained an image that consists of a continuous measure of the critical level of the municipal district, represented as values ranging from 0 to 255, being 0 the most critical areas, reducing gradually up to 255. With the image evaluation, it can be concluded that most of the area of the municipal district presents critical levels ranging from medium to average-high.

Keywords: Information geographic system, critical areas, pigs rearing.

1. Introdução

A poluição provocada pelo manejo inadequado de dejetos de suínos cresce em importância a cada dia, quer seja por uma maior consciência ambiental dos produtores, quer seja pelo aumento das exigências dos órgãos fiscalizadores e da sociedade geral. A poluição ambiental provocada por estes resíduos vem se agravando na suinocultura moderna. Diagnósticos recentes tem demonstrado um alto nível de contaminação dos rios e lençóis de águas superficiais que abastecem tanto o meio rural como o urbano (Diesel *et al.*, 2001).

Segundo Perdomo *et al.* (2001) a ação individual ou combinada, pode representar uma importante fonte de degradação do ar, dos recursos hídricos e do solo. O lançamento dos dejetos de suínos diretamente nos recursos hídricos sem tratamento prévio, pode causar um grande desequilíbrio ecológico e poluição devido a diminuição do teor de oxigênio dissolvido na água, disseminação de agentes patogênicos e contaminação das águas com elementos tóxicos, tais como amônia.

O Vale do Taquari, onde está inserido o município de estudo, apresenta uma economia bastante diversificada, destacando-se a atividade agroindustrial, com ênfase na produção de proteína animal. Apresenta um total de 1.726 propriedades suínicas, com mais de 6 matrizes em ciclo completo e 20 terminações, correspondendo a uma das regiões com maior densidade média de suínos/ha do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Este trabalho foi desenvolvido no município de Roca Sales, RS, que se localiza na região centro-leste do estado, entre as coordenadas 51°30'53" e 51°44'31" de latitude sul e 29°07'54" e 29°21'10" de longitude oeste ([figura 1](#)). O município apresenta um total de 126 propriedades suínicas, destas, cerca de 80% não apresentam licenciamento ambiental e 30% não apresentam nenhum tipo de sistema de tratamento.

O objetivo deste trabalho foi de determinar quais são as áreas críticas do município de Roca Sales com atividade suínica, utilizando uma metodologia de avaliação por critérios múltiplos, presentes no Sistema de Informação Geográfica IDRISI 32.

2. Procedimentos metodológicos

Para a determinação dos locais mais críticos com o desenvolvimento de suinoculturas foi utilizada uma metodologia de avaliação por critérios múltiplos em SIG, descrita por Eastmann (1997). Foram avaliados cinco critérios envolvendo os recursos hídricos, uso agrícola, declividade, propriedades com sistema de tratamento e propriedades sem sistema de tratamento, sendo estes, com algum grau de criticidade, entre 0 (mais crítico) a 255 (menos crítico).

2.1. Materiais

A base de informações utilizadas neste trabalho envolveram as cartas planialtimétricas

elaboradas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG, 1979), em escala 1:50.000, referente as folhas SH. 22-V-D-II-1 de Encantado, SH. 22-V-D-II-4 de Garibaldi e SH. 22-V-B-II-3 de Lajeado, imagem do satélite ETM⁺/Landsat 7, bandas 3 (vermelho) 4 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho médio), com os respectivos filtros Red, Green e Blue (RGB), referente a órbita-ponto 222-080, datada de 24/09/1999, *software* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) Idrisi, versão 3.2 (Eastmann, 1998) e receptor de dados cartográficos GPS-Garmin 12 (*Global Position System*).

2.2. Métodos

As primeira etapa deste trabalho consistiu na demarcação das propriedades suinícolas existentes no município de estudo. Juntamente com a prefeitura, foram realizadas atividades de campo para o levantamento de dados quali-quantitativos das propriedades para a estruturação de um banco de dados, além de coletar as coordenadas de cada uma das propriedades visitadas com o auxílio do GPS.

As cartas planialtimétricas da DSG foram passadas do formato analógico para o formato digital, sendo escaneadas, georreferenciadas e digitalizadas para a extração da base cartográfica vetorial referente à rede de drenagem, viária e curvas de nível (equidistantes 20 metros).

Os arquivos vetoriais da rede hidrográfica e estradas foram *rasterizados*, pela função *Lineras* gerando dois arquivos no formato matricial. O arquivo *rasterizado* referente a rede viária foi submetido à função *Distance*, gerando uma imagem contendo a distância, em metros, do afastamento da rede viária. Já a rede de drenagem foi submetida a função de mapeamento de distâncias *Buffer* de 30 metros para os cursos d'água com menos de 10 metros de largura e de 100 metros para o rio Taquari (largura variando de 100 a 200 metros), segundo Código Florestal Brasileiro, Lei n° 4.771/65 que estipula estas áreas como Área de Preservação Permanente (APP).

Para a elaboração do mapa de declividade, foi necessária a elaboração do mapa de altitude. O mapa de altitude foi gerado a partir da interpolação das curvas de nível por grades triangulares, utilizando as funções *Tin* e *Tinsurf*, respectivamente. Após, a função *Surface*, utilizou como base o mapa de altitude para a elaboração do mapa de declividade em graus.

As cartas planialtimétricas da DSG também foram utilizadas para o georreferenciamento da imagem de satélite. Este processo consistiu na criação de um arquivo de correspondência, que contém as coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*) das cartas DSG e a posição de tela referente a carta e a imagem, referindo-se ao mesmo ponto. Através da função *Resample* foi utilizado o arquivo de correspondência para gerar a imagem georreferenciada das bandas 3, 4 e 5. O erro médio quadrado (RMS) foi de aproximadamente 0,91 pixel, o que significa um erro na imagem de aproximadamente 13 metros.

Ó mapa de uso e cobertura do solo foi elaborado a partir da classificação não supervisionada pelo módulo *Isoclust*, gerando *clusters* não legendados, os quais foram identificados e associados a sua classe de uso e cobertura do solo. Devido a similaridade espectral de alguns

Périco, E., Cemin, G. e Rempel, C. (2005): "O uso de técnicas de geoprocessamento na avaliação de áreas críticas com atividade suínica", *GeoFocus (Informes y Comentarios)*, nº 5, p. 9-19. ISSN: 1578-5157

pixels, houve confusão entre classes de uso e cobertura do solo de alguns *clusters*, os quais tiveram que ser isolados em uma imagem *booleana* para a aplicação da função *Group*. Este função atribuiu identificadores para cada grupamento de pixels do *cluster*, o que permitiu a separação dos grupos de pixels conforme sua classe correspondente, através das funções *Edit* e *Assig*. Foram selecionadas cinco classes de uso e cobertura do solo: mata, vegetação secundária, agricultura, pastagem e área urbana. Estas cinco classes de uso e cobertura do solo foram separadas em uma imagem *booleana* contendo o solo agrícola e solo não agrícola.

Após a elaboração dos critérios de fatores, estes foram normalizados utilizando a função *Fuzzy*, no formato byte, em uma escala contínua de criticidade entre o (mais crítico) a 255 (menos crítico). O processo de normalização é na sua essência, idêntico ao processo introduzido pela lógica *fuzzy* (Zadeh, 1965), segundo a qual um conjunto de valores expressos em uma dada escala são convertidos em outro comparável, expresso em uma escala normalizada. Para a normalização dos critérios de fatores, varias são as funções que podem ser utilizadas e dentre as funções de pertinência ao conjunto *fuzzy* estão a Sigmoidal, J-Shaped, Linear e User-Defined (Zadeh, 1965; Eastmann, 1997).

2.3. Justificativa para os fatores adotados

2.3.1. Fator Recursos Hídricos

Segundo o artigo 2º do Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771/65), todos os recursos hídricos apresentam sua Área de Preservação Permanente (APP) mínima, variando de acordo com sua largura. Nestes locais não são permitidos qualquer tipo de uso, visto que são considerados essenciais à medida que atenuam a entrada de poluentes e sedimentos, evitam a erosão e mantém o fluxo gênico da fauna e flora, mantendo assim a diversidade biológica. Além disso, os recursos hídricos são um dos constituintes ambientais mais vulneráveis aos impactos causados pela ação antrópica, devido principalmente ao tipo de uso atual do solo, predominando extensas áreas com desenvolvimento agrícola e industrial. Portanto, a proximidade dos mesmos é um fator de vulnerabilidade ambiental. A normalização deste fator foi realizada de forma linear crescente, de modo que o valor mais baixo indica maior criticidade e o maior, menor criticidade.

2.3.2. Fator Uso Agrícola

Segundo Perdomo (1999), as áreas agrícolas são os locais mais adequados para o desenvolvimento de suinocultura, constituindo-se uma alternativa para a destinação final dos dejetos, que são utilizados pelos agricultores como fertilizantes. Segundo Konzen (1997), a utilização dos dejetos de suínos numa propriedade agrícola permite o desenvolvimento de sistemas integrados de produção, que podem corresponder a um somatório de alternativas produtivas que diversificam as fontes de renda, promovendo maior estabilidade econômica e social. Scherer *et al.* (1996), indica o esterco de suínos, quando utilizado de forma equilibrada, como um fertilizante capaz de substituir com vantagem, em determinadas situações, totalmente a adubação química das culturas.

Périco, E., Cemin, G. e Rempel, C. (2005): "O uso de técnicas de geoprocessamento na avaliação de áreas críticas com atividade suinícola", *GeoFocus (Informes y Comentarios)*, n° 5, p. 9-19. ISSN: 1578-5157

Portanto, o fator de uso agrícola, foi normalizado de forma linear decrescente, após a aplicação da função *Distance*, de modo que, à medida que ocorre um distanciamento da área agrícola, a criticidade aumenta.

2.3.3. Fator Declividade

Com relação à declividade do terreno é possível considerar que quanto mais íngreme for a área, mais crítica ela se torna. De acordo com o Código Florestal Brasileiro Lei n° 4.771/65, áreas com inclinação superior a 45° são consideradas APPs, devendo ser mantidas com cobertura vegetal devido sua alta suscetibilidade a erosão e lixiviação do solo.

Analisando o aspecto físico do relevo, foi considerado que todas as áreas com declividade acima de 45° não podem apresentar qualquer tipo de ação antrópica, atribuindo a estas criticidade máxima. À medida que a declividade diminui, as áreas vão se tornando menos críticas. Os valores do mapa de declividade foram normalizados em um intervalo numérico comum, seguindo uma função sigmoideal decrescente, de modo que, à medida que a declividade aumenta, a área vai se tornando mais crítica.

2.3.4. Sistemas de Tratamento

Os sistemas de tratamento são essenciais para que ocorra o desenvolvimento de uma suinocultura. Todos os dejetos devem passar por um processo adequado de tratamento antes de serem aplicados na agricultura ou na alimentação de animais. Estes dejetos são altamente contaminados, com coliformes fecais, bactérias, fósforo, nitrogênio, potássio, entre outros, causando um impacto ambiental considerável no solo, na água superficial e subterrânea quando não manejados corretamente. A produção de suínos acarreta também odor desagradável, devido à evaporação dos compostos voláteis, que além de causar efeitos prejudiciais ao bem estar humano e animal, pode causar graves problemas nas vias respiratórias. Outros problemas são a formação de chuva ácida através da descarga de amônia na atmosfera e o aquecimento global da terra.

Além disso, as propriedades sem sistema de tratamento são o principal fator de degradação ambiental, devido à falta de estrutura para a destinação correta dos dejetos. Com isso, os recursos hídricos acabam recebendo parte desses, podendo causar desde pequena contaminação até alteração no ecossistema local.

Com isso, as propriedades com sistema de tratamento e sem sistema de tratamento foram *rasterizadas*, e em seguida aplicado a função *Distance*. A normalização seguiu uma função linear crescente, de modo que à medida que ocorre o afastamento da propriedade, a criticidade diminui.

2.4. Cruzamento das informações

O próximo passo para a decisão consiste na atribuição de pesos para os critérios de fatores.

Neste trabalho foi utilizado um método de atribuição de pesos apresentado por Saaty (1977, 1980, 1987), o qual se baseia na comparação de fatores par a par. A função *Weight* calcula o peso de cada um dos fatores e uma razão de consistência, permitindo ajustes à comparação, caso necessário. A [tabela 1](#) demonstra os valores atribuídos para cada um dos critérios de fatores e a [tabela 2](#) apresenta os pesos relativos de cada um dos critérios de fatores analisados.

Para a agregação dos critérios, foi utilizado o *Weighted Linear Combination* (WLC), disponível no módulo MCE (*Multi Criteria Evaluation*), o qual permite reter toda a variabilidade dos dados contínuos, além da possibilidade de compensação entre os fatores através de um conjunto de pesos que indicam a importância relativa de cada fator (Eastmann, 1997). Com o WLC, os fatores são multiplicados pelo seu peso correspondente, em seguida, somando-se a todos os demais fatores. A imagem final é uma medida agregada da criticidade da área, apresentada entre os valores de 0 a 255, sendo 0 o valor de criticidade máxima, aumentando gradativamente até 255, valor da criticidade mínima, conforme a [figura 3](#).

Entretanto, devido compensação entre os fatores considerados, o mapa de criticidade apresenta ausência de alguns valores nos extremos da escala. Como os valores não têm significado quantitativo, e para efeito de uma melhor visualização, a função *Stretch* redistribuiu esses valores de 0 a 255, obtendo-se então, o mapa final.

Para melhor interpretação, a função *Reclass* permitiu um reagrupamento em intervalos iguais destes valores em cinco classes de criticidade: baixa, média baixa, média, média alta e alta, conforme a [tabela 3](#) e [figura 4](#).

3. Resultados e discussão

Pode-se observar na [tabela 2](#) que o maior peso foi atribuído as propriedades sem sistema de tratamento (0,2920) seguido pelos recursos hídricos (0,2671). As propriedades sem sistema de tratamento receberam o maior peso em virtude de serem a maior fonte de poluição, devido a destinação incorreta dos resíduos, que normalmente são lançados nos recursos hídricos ou aplicado diretamente no solo, o que pode acarretar contaminação da água subterrânea. Em virtude dos recursos hídricos receberem parte desses dejetos, são considerados locais críticos, além de serem ambientalmente vulneráveis a qualquer tipo de contaminação. O peso atribuído ao uso agrícola foi de 0,1935, pois estes dejetos, como já citado anteriormente, podem causar contaminação do solo quando não manejados corretamente. O peso da declividade foi de 0,1501, sendo aproximadamente a metade do peso atribuído ao primeiro critério de fator (propriedades sem sistema de tratamento). As propriedades com sistema de tratamento obtiveram o menor peso (0,0971), pois foram consideradas ambientalmente corretas, ou seja, o manejo dos dejetos ocorre conforme é estipulado pelos órgãos de fiscalização.

As áreas menos críticas localizam-se a noroeste e nordeste do município, enquanto as áreas mais críticas distribuem-se amplamente na direção norte-sul, conforme a [figura 3](#). Analisando a [figura 4](#) paralelamente com a [figura 2](#), pode-se observar que a classe de criticidade média alta está localizada em áreas escarpadas com solo pouco utilizado para a agricultura e as áreas com

Périco, E., Cemin, G. e Rempel, C. (2005): "O uso de técnicas de geoprocessamento na avaliação de áreas críticas com atividade suinícola", *GeoFocus (Informes y Comentarios)*, nº 5, p. 9-19. ISSN: 1578-5157

criticidade alta, estão localizadas em pontos isolados, com relevo montanhoso e predominância de mata. A [tabela 3](#) quantifica o resultado do mapa de classes de criticidade.

A análise do mapa de criticidade e os dados da [tabela 3](#) permitiram concluir que grande parte da área do município apresenta criticidade média a média alta, representando, na sua soma, 92,23% da área total. Este diagnóstico retrata a atual situação do município quanto ao desenvolvimento de atividade suinícola exigindo urgência na implantação de políticas públicas.

A metodologia em SIG adotada mostrou-se flexível e adequada para a avaliação das áreas críticas em nível municipal. Além disso, esta forma de avaliar o ambiente, torna possível a integração e manipulação de dados de forma rápida, eficaz e menos subjetiva na geração do diagnóstico, imprescindível ao planejamento ambiental, reduzindo tempo, custos e recursos humanos.

Referencias bibliográficas

- Brasil. Lei Federal Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (*Instituiu o Novo Código Florestal Brasileiro*)
- Diesel, R., Miranda, C. R. e Perdomo, C.C. (2001): "Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos", In: *Boletim Informativo da Pesquisa Embrapa Suínos e Aves e da Extensão Rural – Emater/RS*. P 29.
- DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro). *Cartas Topográficas*. Porto Alegre: DSG, 1979. Folhas: SH. 22-V-D-II-1 de Encantado, SH. 22-V-D-II-4 de Garibaldi e SH. 22-V-B-II-3 de Lajeado.
- Eastman, J.R. (1997): *IDRISI for Windows version 2 tutorial exercises*. Worcester, Clark University.
- Eastman, J.R. (1998): *Idrisi for Windows: introdução e exercícios tutoriais*. Editores da versão em português: Henrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre: UFRGS. Centro de Recursos IDRISI.
- Konzen, E.A. (1997): "Valorização Agronômica dos Dejetos Suínos: utilização dos dejetos suínos como fertilizantes", *Anais do I Ciclo de Palestras Sobre Dejetos Suínos no Sudoeste Goiano*, Rio Verde, GO, pp.113-136.
- Perdomo, C.C. (1999): "Suinocultura e o Meio Ambiente", In: *Workshop: Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira*, p. 43.
- Perdomo, C.C., Lima, G.J.M.M. e Nones, K. (2001): "Produção de suínos e meio ambiente", *Anais do 9º Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura*, Gramado, RS. pp. 8-24.
- Scherer, E. E., Aita, C., Baldissera, I. T. (1996): "Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante". Florianópolis. *EPAGRI Boletim Técnico*, 79, 46 pp.
- Saaty, T.L. (1977): "A scaling method for priorities in hierarchical structures", *Journal of Mathematical Psychology*, vol. 15 (3), pp. 234-281.
- Saaty, T.L. (1980): *The Analytical Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation*. New York: MacGraw-Hill.
- Saaty, T.L. (1987): "Concepts theory, and techniques: rank generation, preservation, and reversal in the analytic hierarchy decision process", *Decision Sciences*, Vol. 18 (2), pp. 9-26, 1987.
- Zadeh, L.A. (1965): "Fuzzy sets", *Information and Control*, vol. 8 p. 338-353.

TABELAS

Tabela 1. Ponderação de valores - matriz de comparação pareada dos fatores

Fatores	Recursos Hídricos	Uso Agrícola	Declividade	Sem Sist. de Tratamento	Com Sist. de Tratamento
Recursos Hídricos	1				
Uso Agrícola	0.7	1			
Declividade	0.5	0.6	1		
Sem Sistema de Tratamento	1.5	1.8	1.7	1	
Com Sistema de Tratamento	0.3	0.5	0.5	0.5	1

Tabela 2. Pesos calculados para cada fator na análise de criticidade

Fatores	Pesos
Recursos Hídricos	0.2671
Uso Agrícola	0.1935
Declividade	0.1501
Sem Sistema de Tratamento	0.2922
Com Sistema de Tratamento	0.0971

Tabela 3. Valores das classes de criticidade

Classes de criticidade	Valor absoluto (Km ²)	Valor relativo (%)
Alta	3.32	1.64
Média Alta	87.52	43.07
Média	98.63	48,54
Média Baixa	12.80	6.30
Baixa	0.91	0.45
TOTAL	203.2	100

Périco, E., Cemin, G. e Rempel, C. (2005): "O uso de técnicas de geoprocessamento na avaliação de áreas críticas com atividade suínicola", *GeoFocus (Informes y Comentarios)*, n° 5, p. 9-19. ISSN: 1578-5157

FIGURAS

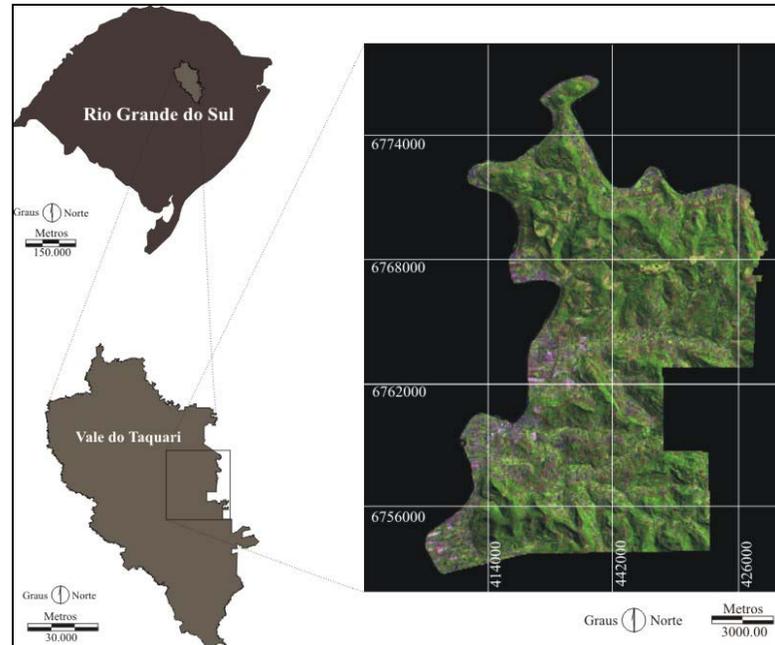


Figura 1. Composição colorida da imagem do satélite ETM⁺/Landsat 7 com a localização da área de estudo

Périco, E., Cemin, G. e Rempel, C. (2005): "O uso de técnicas de geoprocessamento na avaliação de áreas críticas com atividade suinícola", *GeoFocus (Informes y Comentarios)*, n° 5, p. 9-19. ISSN: 1578-5157



Figura 2. Composição colorida da imagem do satélite ETM⁺/ Landsat 7 com a localização das 126 propriedades suinícolas

Périco, E., Cemin, G. e Rempel, C. (2005): "O uso de técnicas de geoprocessamento na avaliação de áreas críticas com atividade suinicola", *GeoFocus (Informes y Comentarios)*, n° 5, p. 9-19. ISSN: 1578-5157

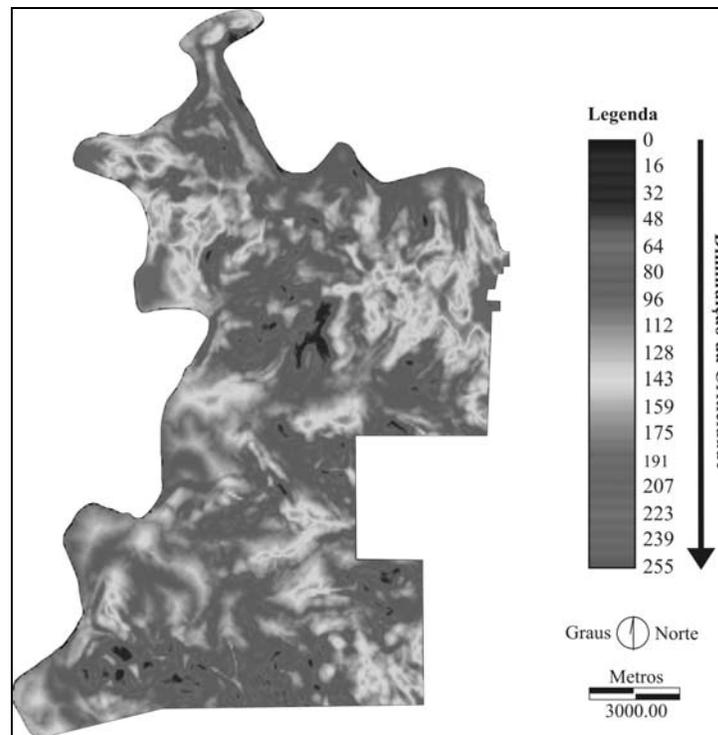


Figura 3. Mapa relativo de criticidade

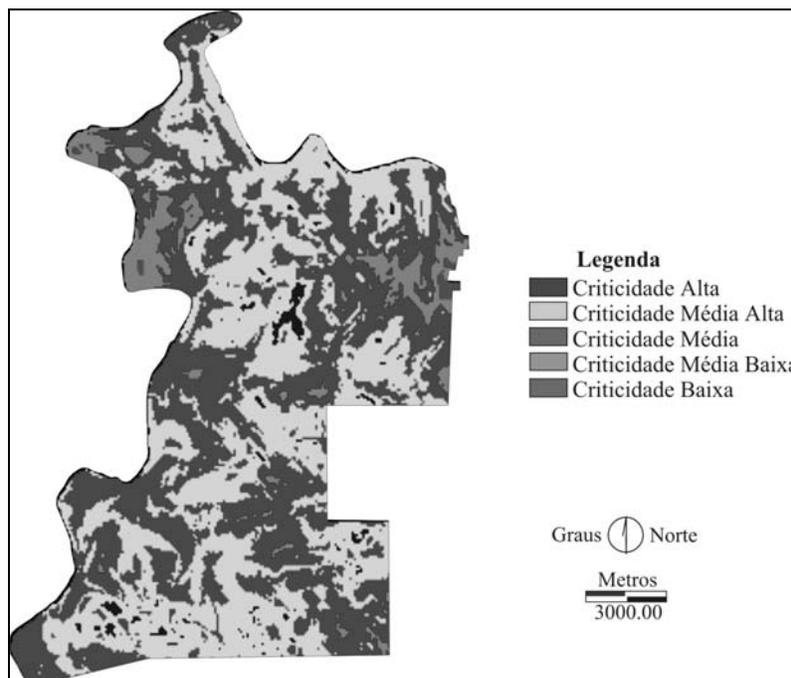


Figura 4. Mapa de classes de criticidade