

ÁREAS POTENCIAS PARA INSTALAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO COM O USO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.

Rodrigo Hiroshi Kaida, Encarnita Salas Martin, Nilton Nobuhiro Imai, João Osvaldo Rodrigues Nunes, Tiago Matsuo Samizava. – Geociências – Engenharia Ambiental – Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente – SP.

Os resíduos sólidos urbanos (RSU's) tornam-se um dos maiores problemas das gestões públicas, uma vez que devem ser abordadas diversas questões a serem solucionadas, dentre as quais, as suas formas de tratamento e de disposição final.

Uma das formas economicamente viáveis para a disposição dos RSU, são os aterros sanitários, que atendem às necessidades de proteção do meio ambiente. Porém, a escolha de áreas para a instalação de aterro sanitário é complexa, visto o grande número de variáveis envolvidas. Ainda, a crescente pressão sobre o uso e ocupação do solo nos centros urbanos e a dificuldade técnica de avaliação de áreas extensas também contribui para a limitação de áreas disponíveis.

No município de Presidente Prudente, o atual local de deposição dos RSU's é considerado um lixão a céu aberto, sendo esses depositados sobre solo sem as devidas proteções, acarretando problemas ambientais e de saúde, e, agravando-se ainda mais a situação pela presença de catadores no local.

Assim, o presente trabalho, através do uso de metodologias atuais baseadas nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), teve como objetivo a avaliação de áreas aptas à disposição de RSU's em aterro sanitário na área urbana do município de Presidente Prudente.

Em uma primeira fase, construiu-se, um banco de dados geográficos modelando-se dados de geomorfologia, solos, hidrogeologia, e informações socioeconômicos, os quais foram adotados no processo de análise espacial em comum acordo com trabalhos de NUNES (2002), Jardim (1995) e Calijuri (2002). Esses dados ou foram levantados bibliograficamente, como os dados de pontos de profundidade do nível freático e solos (GODOY, 1989), e geomorfologia (NUNES, 2005), ou foram gerados de acordo com os critérios adotados, sendo georreferenciados em uma mesma base cartográfica e na escala adotada de 1:10.000. Os programas utilizados neste trabalho foram o Spring 4.1.1 e o IDRISI32, sendo o primeiro utilizado para a sistematização do banco de dados básico e geração dos dados de solos e geomorfologia, e o segundo, para a geração dos mapas de profundidade do nível freático, declividades, e mapas de distâncias das redes hidrográfica, viária e de áreas urbanas.

Os contatos entre classes dos mapas temáticos de solos e geomorfologia, foram modelados pela aplicação de funções lineares de pertinência implementadas no módulo LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) do Spring, possibilitando uma melhor representação das características transitórias encontradas na natureza. Nesse processo as classes temáticas foram transformadas em valores numéricos, representadas em escala de tons de cinza de 0-255, mostrando o nível de adequabilidade na instalação de aterro sanitário.

O mapa de profundidade do nível freático foi inferido a partir da interpolação por cokrigagem de pontos amostrais de profundidades, utilizando-se o módulo estatístico do programa IDRISI32. A utilização da aplicação da cokrigagem mostra-se, principalmente, útil quando tem-se um conjunto de elementos amostrais, que estão dentro de um mesmo domínio espacial, no qual uma das variáveis encontra-se sub-amostrada em relação à outra e, ainda, apresentem significativo grau de correlação. No caso a variável sub-amostrada, ou primária, seria o conjunto de pontos amostrais da profundidade do nível freático, e a variável mais densamente amostrada, ou secundária, seria o conjunto dos pontos de cotas topográficas. Os variogramas individuais das variáveis foram elaborados, e a partir da análise dessas estruturas, foi modelado o variograma cruzado que atendessem ao modelo linear de correção regionalização. O resultado da interpolação é uma superfície que contém informações da profundidade no nível freático.

Para o cruzamento final, os dados foram padronizados em uma mesma escala numérica. Essa padronização deu-se pela aplicação de funções de pertinência *fuzzy* implementadas no programa IDRISI32, para uma escala numérica variando de 0 a 255, sendo que, o menor valor representa a menor aptidão, e o maior valor a aptidão máxima para a instalação de aterro sanitário.

A modelagem de cada função é feita com a utilização de pontos de controle para cada variável modelada. Os pontos de controle e a função modelada para cada variável estão no quadro 1.

Quadro 1: Funções e pontos de controle utilizados na padronização de cada critério.

| Critério | Função | Pontos de controle | | | |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------|------|-----|------|
| | | a | b | c | d |
| Declividade | Sigmoidal decrescente | 10 | 20 | - | - |
| Distância rede hidrográfica | Sigmoidal crescente | 200 | 500 | - | - |
| Distância rede viária | Sigmoidal simétrica | 0 | 200 | 500 | 1000 |
| Distância de áreas urbanizadas | Sigmoidal crescente | 1000 | 2000 | - | - |
| Profundidade nível freático | Sigmoidal crescente | 5 | 15 | - | - |

A análise espacial deu-se pela avaliação multicritério, com o uso da lógica booleana, para a exclusão de regiões absolutamente inadequadas e da lógica fuzzy, para avaliação de graus contínuos de aptidão.

Os critérios restritivos são os que por razões físicas, socioeconômicos ou legais, inviabilizam o seu uso para a instalação de aterro sanitário. As restrições foram modeladas através de inferência booleana, sendo ponderadas com o valor de atributo de aptidão 0, sendo essas descritas no quadro 2.

Quadro 2: Critérios de exclusão considerados.

| Critério de restrição |
|--|
| Locais de planície aluvial e alvéolos: é considerada uma restrição, pois é um local frequentemente úmido e alagado pela pouca profundidade do lençol freático. |
| Áreas de APP: para as áreas de APP considerou-se um buffer de 30 metros ao longo dos córregos e também das planícies aluviais e alvéolos. |
| Declividade: A partir de declividade acima de 30% foi considerado como inaptas, uma vez que nessa faixa de o terreno torna-se extremamente acentuado. |
| Áreas urbanas: considerou-se a área urbana uma vez que são locais já ocupados. |
| Áreas de aterros e bota foras: são locais que já são fontes de resíduos, não podendo sofrer intervenção. |
| Locais com solo aluvial: são solos advindos de sedimentos a montante, e pela proximidade dos cursos d'água apresentam-se constantemente úmidos e encharcados. |

No caso da classificação contínua de aptidão, para cada critério avaliado foram atribuídos pesos, os quais se refletiram nos resultados alcançados para o cenário modelado. Esses pesos são atribuídos com o auxílio do método AHP (Analytical Hierarchy Process), que consiste no cálculo de um vetor de pesos, derivado de uma matriz de comparação pareada dos critérios. Os pesos calculados para cada variável através dessa metodologia estão no quadro 3.

Quadro 3: O vetor de pesos atribuído a cada critério.

| Variável | Peso |
|---------------------|--------|
| Geomorfologia | 0,1472 |
| Solos/geologia | 0,0827 |
| Prof. Nível d'água | 0,2113 |
| Declividade | 0,1957 |
| Dist. Cursos d'água | 0,2269 |
| Dist. rede viária | 0,0408 |
| Dist. Malha urbana | 0,0954 |

O índice de consistência alcançado pela matriz formulada foi de 0,0305, apresentando-se como uma matriz consistente, de acordo com constatações de Saaty (1990), por ser um valor inferior a 0,1.

A carta final é gerada através da agregação dos critérios envolvidos por uma combinação linear ponderada, no qual os pesos atribuídos a cada critério determinam a sua maior ou menor relevância na classificação. A análise dos atributos citados permitiu que se chegasse a uma classificação de áreas em que a aptidão varia de Inadequada a Adequada, e cuja representação cartográfica se dá por uma escala numérica de 0 a 255, como se observa na figura 1.

Observa-se pela carta que as melhores áreas para a instalação de aterro sanitário se encontram nos locais condizentes aos topos dos compartimentos geomorfológicos, nas quais se encontram menores declividades e solos mais profundos. As melhores áreas são as que estão demarcadas com as tonalidades de verde mais escuro.

Os locais com menor aptidão são os que correspondem no mapa aos tons mais próximos do vermelho, correspondentes principalmente as áreas próximas de cursos d'água e declividades acentuadas. O nível do freático também contribui bastante para a diminuição da adequabilidade.

Verifica-se que os critérios que foram dados os maiores pesos são os que mais influenciaram na classificação das áreas, ficando visíveis no caso de áreas próximas aos cursos d'água e de áreas com alta declividade, os quais obtiveram uma pontuação baixa de adequabilidade, e para os compartimentos geomorfológicos de topos, que obtiveram boa pontuação.

É importante reforçar a importância, para esta pesquisa, dos trabalhos de campo realizados para verificação in-loco, da real situação da área em comparação com os resultados alcançados a partir de materiais cartográficos, bem como para a avaliação da metodologia empregada.

Concluindo, os resultados obtidos mostram diversas áreas com potencial para a instalação de aterro sanitário, indicando também, as áreas em que poderiam ser evitadas intervenções desse tipo. Desta forma, a aplicação prática do presente trabalho, na questão de escolha de áreas para construção de aterro sanitário, pode ser utilizada pelas gestões municipais ou empresas de consultoria ambiental como uma poderosa ferramenta de auxílio para um melhor planejamento e gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Referências Bibliográficas

CALIJURI, Maria Lúcia; MELO, André Luiz de Oliveira, LORENTZ, Juliana Ferreira. **Identificação de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários com Uso de Análise Estratégica de Decisão.** Informática Pública vol.4. Belo Horizonte, 09 Dez. 2002. Disponível em: <<http://www.ip.pbh.gov.br/revista.042/ip0402calijuri.pdf>>. Acesso em Fev. 2005.

GODOY, Manoel Carlos Toledo Franco. **Mapeamento geotécnico preliminar da região urbana de Presidente Prudente - SP.** 1989. 108p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos

JARDIM, Nilza Silva et al.(Coord.). **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado.** 1.ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: CEMPRE, 1995. – (Publicação IPT 2163). 278p.

NUNES, João Osvaldo Rodrigues. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente - SP.** 2002. 209p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

NUNES, João Osvaldo Rodrigues; FREIRE, Rosane; PEREZ, Inayê Uliana. Mapeamento geomorfológico do perímetro urbano de Presidente Prudente-SP. In: **57a Reunião Anual da SBPC**, 2005, Fortaleza-CE.

SAATY, Thomas L. **How to make a decision: The analytic hierarchy process.** European Journal of Operational Research, North-Holland, 1990, 9-26, nov. 1990.

