

Identificação de áreas aptas à implantação de aterro sanitário no município de Cascavel -PR

Jian Frigo¹
Fabiana Garcia Papani¹
Kelyn Schenatto¹
Erivelto Mercante¹

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/CCET/PGEAGRI
Rua Universitária 2069 - Jardim Universitário - Cascavel - PR, Brasil
jianfrigo@yahoo.com.br; fgarciapapani@gmail.com; kelynschenatto@gmail.com;
eriveltomercante@yahoo.com.br

Abstract. One of the great urban problems of today is the final disposal of solid waste. This problem becomes worse when we consider the growth of the urban population and increased waste production per capita. It is known that a landfill is one of the most suitable forms of final disposal of municipal waste, because it is a structure that prevents environmental pollution. This paper presents a methodology for selecting the most suitable for deployment in a landfill in Cascavel - Pr as well as the assessment of where it is located in the county landfill in operation, using geographical information system and geoprocessing techniques, taking into account the criteria of environmental aspect, operational and socioeconomic. The result was a surface suitability for the aforementioned purpose.

Palavras-chave: geographic information system, solid waste, remote sensing, decision-making, sistema de informação geográfica, resíduos sólidos, sensoriamento remoto, tomada de decisão.

1. Introdução

Resíduos sólidos é o termo técnico para o que chamamos popularmente de lixo. Diz respeito a tudo aquilo que se deseja jogar fora: objetos que não possuem mais utilidade, sobras de processamentos industriais e/ou domésticos.

Os resíduos sólidos gerados pela produção industrial e pelos cidadãos são um dos principais problemas vividos pelos centros urbanos atualmente e o problema tende a se agravar com o crescimento das grandes cidades, na medida em que a população cresce e a quantidade de resíduos *per capita* gerada aumenta a taxas significativas (Weber e Hasenack, 2000).

Aperfeiçoar a disposição final dos resíduos sólidos de uma cidade é fundamental para proteção ambiental e da saúde pública, pois a má disposição desses resíduos pode causar diversos danos ao homem, poluindo o solo, a água e o ar (Consoni, 1995; Reichert, 1999).

Diversos autores citam (Bidone e Povinelli, 1999; Tenório e Espinosa, 2004; Boscov, 2008) que o aterro sanitário é uma das formas mais adequadas de disposição final de resíduos urbanos, pois é uma estrutura que impede a poluição do ambiente, possibilitando a impermeabilização do solo, coleta e tratamento do chorume, coleta e queima ou aproveitamento do biogás, sistemas de monitoramento ambiental topográfico e geotécnico.

Para Weber & Hasenack (2000) a maior parte dos impactos gerados podem ser minimizados com a disposição correta do lixo, através da implantação de aterros sanitários, mas, além disso, é preciso considerar além da técnica mais adequada para acomodar os resíduos também um local apropriado para essa finalidade.

No Brasil aproximadamente 88% do lixo que é coletado é despejado em áreas a céu aberto, aproximadamente 10% do total de lixo é conduzido para aterros e apenas 2% do total do lixo é tratado em usinas (IBGE, 1999).

Cascavel é um dos poucos municípios do Brasil que realiza esse processo. O aterro sanitário de Cascavel atende os padrões da legislação ambiental: o sistema apresenta coleta de gases que é reaproveitado no sistema de geração de energia já implantado na área do antigo aterro; o chorume também é coletado e encaminhado ao tratamento.

O Aterro que entrou em operação em maio de 2012, localiza-se na zona rural do município, localidade de Espigão Azul.

Com a crescente urbanização a quantidade de áreas adequadas disponíveis para a instalação de aterros sanitários torna-se cada vez menor, exigindo uma abordagem técnica muito mais precisa para suas determinações (Calijuri, Melo e Lorentz, 2002). Segundo Madruga (1992), apud Frason et al. (2001) o uso do sensoriamento remoto é um recurso eficiente e viável para ser utilizado em trabalhos para monitoramento do uso da terra. O emprego do geoprocessamento para resolver questões como essa possibilita ganhos em tempo e qualidade dos resultados, permitindo a realização de avaliações complexas em grandes extensões territoriais (Weber e Hasenack, 2000).

Além disso, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) fornecem ferramentas computacionais para analisar e integrar as informações sobre um determinado problema, com o objetivo de se obter soluções rápidas e precisas para problemas relacionados ao comportamento espacial dos dados.

Neste sentido o presente trabalho objetivou a apresentação de uma metodologia para identificação de áreas propícias para implantação de um aterro sanitário no município de Cascavel-Pr, bem como a avaliação da localização do aterro já implantado na cidade, utilizando-se de ferramentas de geoprocessamento. Os critérios adotados para escolha das áreas aptas e para classificação contínua das mesmas foram estabelecidos a partir de relatórios técnicos, aspectos legislativos e outras literaturas a respeito do tema.

2. Material e Métodos

O município de Cascavel está localizado no Oeste do Estado do Paraná, e constitui parte do terceiro planalto do estado, conforme apresentado na Figura 1. É o quinto município mais populoso do Estado, com 292.372 habitantes (IBGE, 2012), dos quais 94,35% vivem em áreas urbanas (Cascavel, 2012).

No contexto regional Cascavel é um importante centro comercial e tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos. Segundo informação do portal da prefeitura do município, Cascavel apresenta taxa de crescimento geométrico anual de 1,55% (Cascavel, 2012), crescimento provavelmente motivado, principalmente, por uma localização privilegiada, em um grande corredor de integração ao MERCOSUL, com ligações para o norte e sul do Paraná e com saídas para o Mato Grosso do Sul, São Paulo e Santa Catarina (Cascavel, 1995).

Possui área de 2.091,471 km², com densidade demográfica de 139,80 hab/km² (IPARDES, 2012) e está situado a 24°57' de latitude Sul e 53°27' de longitude Oeste, com altitude variando em torno de 800 metros.

Pode-se identificar no município, segundo o Instituto de Terras Cartográficas e Geociências (ITCG), os seguintes tipos de solo: LATOSSOLO (predominante na região), NEOSSOLO, NITOSSOLO e GLEISSOLO.

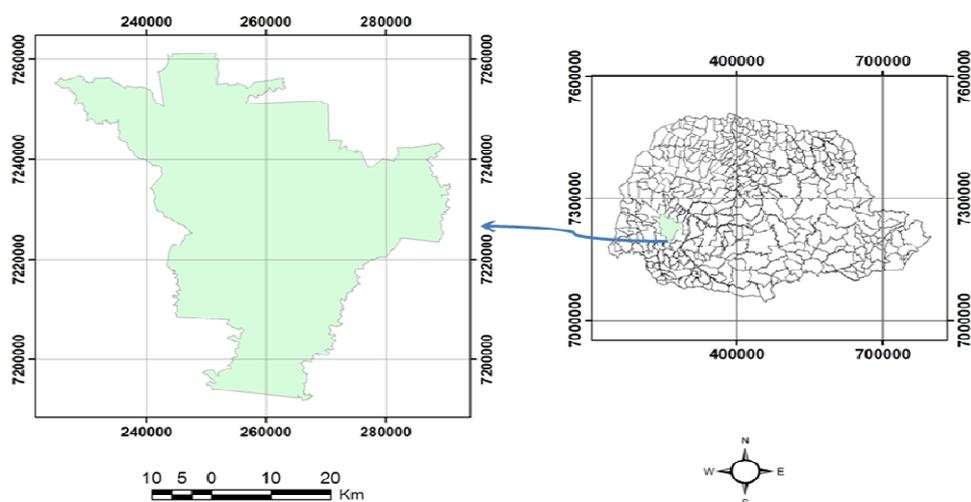


Figura 1. Município de Cascavel, no Oeste no Estado do Paraná

Apoiando-se nos dados apresentados anteriormente (292.372 habitantes e taxa de crescimento anual de 1,55%) é possível realizar previsões populacionais do município, para os próximos anos, utilizando o conceito de Progressão Geométrica. Considerando que um aterro deve ter vida útil de 10 anos, estima-se que até lá a população do município estará próxima de 340.985 habitantes.

O local selecionado para implantação de um aterro deve possuir características que permitam controlar os riscos de contaminação da água, do ar e do solo, além de ser dotado de amplitude que possibilite a sua utilização por período razoavelmente longo, a fim de harmonizar os investimentos necessários à implantação do aterro. É necessário ainda que o local também seja suficientemente afastado de zonas urbanas, a fim de poupar a população do desconforto visual e de riscos à saúde pública. Devem ainda ser consideradas as medidas de proteção ambiental e a lei de uso do solo.

Foram realizadas análises baseadas no conceito *booleano* convencional, disponíveis na maior parte dos SIGs, que caracterizarão áreas do município em apta ou não apta ao fim pretendido. Em análise booleana uma aptidão baixa em qualquer variável utilizada leva à exclusão do local, mesmo que todas as demais condições sejam satisfeitas.

A seleção de áreas aptas para implantação de um aterro sanitário implica em uma decisão com base em alguns critérios. Esses critérios podem ser de aspecto ambiental, operacional e socioeconômico.

Foi adotado neste trabalho, baseado na literatura a respeito do tema, os seguintes critérios restritivos para a implantação de um aterro sanitário:

- Áreas com no mínimo 25 ha, considerando a estimativa da população do município apresentada anteriormente (Tabela 1) e assumindo uma produção de lixo *per capita* da ordem de 0,5/kg/hab/dia, densidade média de lixo de 0,7 tf/m³ (Calijuri, Melo e Lorentz, 2002) e o mínimo de vida útil (10 anos) para aterros sanitários exigido pela NBR 13896/97;
- Área mínima de 200 m de cursos e corpos d'água (de acordo com a NBR 13896/97), visando preservar os recursos hídricos de possíveis contaminações por efluentes;
- Declividade mínima de 30% (de acordo com a NBR 13896/97), visando também à preservação dos recursos hídricos;

- Distância mínima de 500 m da cidade (área urbanizada) (de acordo com a NBR 13896/97);
- Distância mínima de 200 m de áreas de preservação ambiental, de forma a causar o mínimo impacto ambiental;
- Limite do município de Cascavel, restringindo a área de análise aos limites do município.

Foram considerados neste trabalho também alguns fatores que definem o grau de aptidão para as áreas consideradas nos fatores restritivos. São considerados locais mais aptos:

- Locais que apresentem solos mais profundos, considerando que terrenos rochosos não são indicados, devido às dificuldades de escavação (Weber e Hasenack, 2000).
- Proximidade de rodovias, considerando que a abertura de um acesso para a área encarece os custos de implantação e operação do aterro;
- Proximidade da cidade, para encurtar o trajeto do caminho até o aterro e ter assim redução de custos.

Para a realização deste trabalho utilizou-se o software Idrisi Kilimanjaro, mapa do município de Cascavel (Figura 2) obtida de imagem do sensor TM do satélite Landsat 5, após composição RGB 345, arquivos digitais das redes hidrográficas (Figura 3) e rodoviárias (Figura 4), modelo digital do terreno (Figura 5), mapa de tipos de solo (Figura 6), mapa de uso e ocupação do solo obtido por meio de uma classificação visual a partir da imagem do Landsat 5.

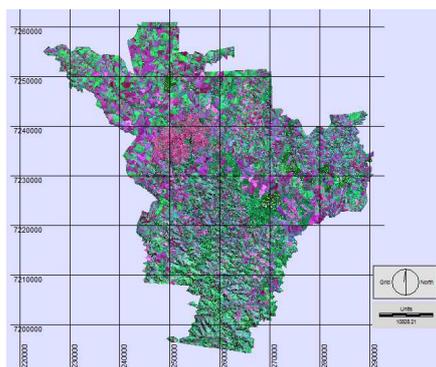


Figura 2. Mapa do município de Cascavel

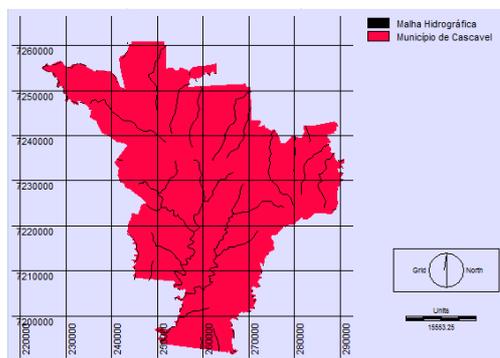


Figura 3. Mapa das redes hidrográficas

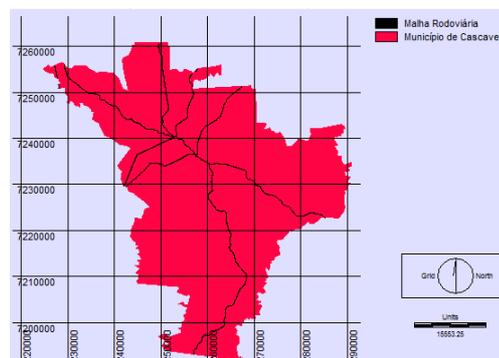


Figura 4. Mapa rodoviário do município

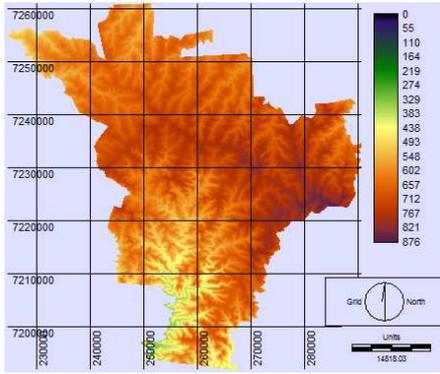


Figura 5. Modelo Digital do Terreno

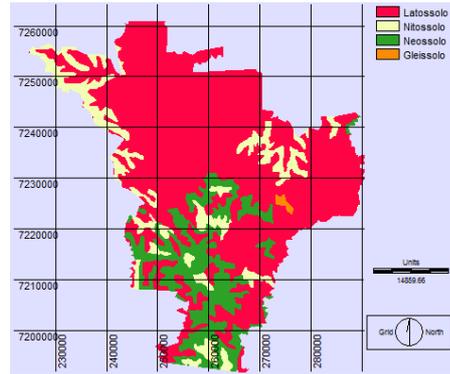


Figura 6. Mapa dos tipos de solo

3. Resultados e Discussão

O procedimento realizado foi primeiramente isolar as áreas que satisfazem cada uma das condições restritivas propostas. Com esse propósito foram criados planos de informações diferentes (layers), cada um satisfazendo uma das condições, que posteriormente foram combinados para produzir um mapa final satisfazendo todos os critérios pré-estabelecidos.

Primeiramente foram isoladas as áreas que apresentaram declividade menor ou igual a 30%. A partir do Modelo Digital de Terreno (MDT) foi gerado um mapa de declividade utilizando o operador de contexto, SLOP e posteriormente a imagem foi reclassificada para separar as áreas com declividade desejada.

Depois disso, utilizando o comando BUFFER foi separada uma faixa de 200 m ao redor dos rios, bem como uma faixa de 200 m em torno de áreas de preservação permanentes e uma faixa de 500 m em torno da área urbana do município.

Depois de criados os layers para cada condição pré-estabelecidas foram criadas imagens booleanas, e combinando essas imagens gerou-se o mapa que representa as áreas aptas (na cor rosa) e as não aptas (na cor preta) para instalação de aterro sanitário dentro do município de Cascavel (Figura 7).

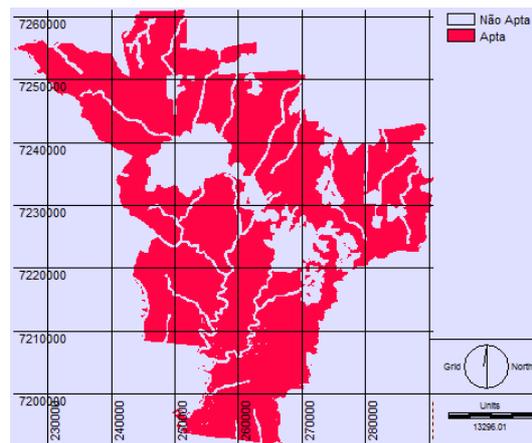


Figura 7. Mapa das áreas aptas e não aptas para construção do aterro sanitário

A Figura 8 mostra o mapa de aptidão à implantação de um aterro sanitário no município de Cascavel, gerado através da análise integrada dos mapas de critérios restritivos e de fatores de maior ou menor aptidão, baseados em fatores econômicos, conforme a proximidade de rodovias e do centro urbano. Como toda a região ao redor da cidade é composta de solo classificado como LATOSSOLO, que é o mais indicado para este fim, não levou-se em consideração esse fator de análise.

A área considerada ideal para implantação de um novo aterro no município encontram-se na região vermelha desta figura, esta área está dentro da região considerada apta (segundo os critérios restritivos estabelecidos), a mesmo de 5000 m da área urbana e a 500 m ou menos de alguma rodovia.

Através da Figura 8 também se pode avaliar a localização do aterro em operação no município.

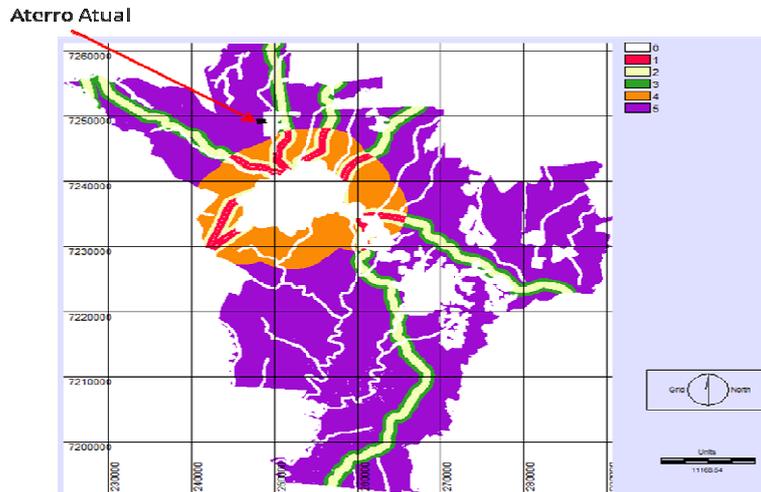


Figura 8. Mapa de aptidão do melhor local para implantação de um aterro sanitário

Em que:

0- Não apta; 1-Até 500 m de rodovia e até 5000 m da área urbana; 2-Entre 500 e 1000 m de rodovia e até 5000 km da área urbana ou Até 500 m de rodovia e mais de 5000 m da área urbana; 3-Entre 500 e 1000 m de rodovia e mais de 5 km da área urbana; 4-Mais de 1000 m de rodovia e até 5000 m de rodovia; 5-Mais de 5000 m de cidades e mais de 1000 m de rodovia.

A área ideal é composta de vários polígonos dentro da imagem, porém nem todos os polígonos satisfaz a condição de área mínima (25 ha). Se necessitarmos conhecer a área de cada polígono será preciso reclassificá-los de forma que cada um deles tenha um atributo diferente. Calculando as áreas a partir da imagem reclassificada, podemos verificar quais polígonos tem área maior que 25 ha e construir uma imagem destacando estes polígonos. A Figura 9 mostra cada um desses polígonos e a Tabela 1 suas respectivas áreas. Cabe ressaltar que mesmo as áreas menores que 25 hectares podem ser consideradas ideais. Para isso basta que a entrada do aterro esteja localizada em uma área ideal.

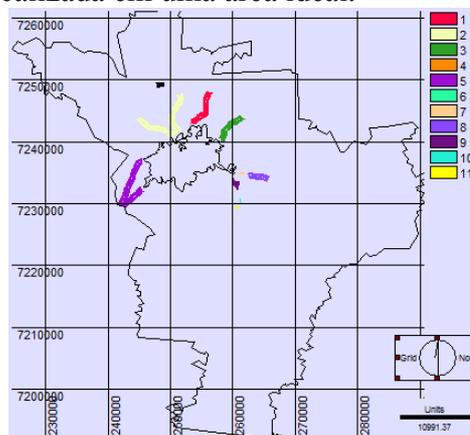


Figura 9. Polígonos que compoem a região ideal para implantação do aterro

Tabela 1. Área dos polígonos que compõem a região ideal para implantação do aterro

| Categoria | Área (ha) |
|------------------|------------------|
| 1 | 613 |
| 2 | 1275 |
| 3 | 526 |
| 4 | 2 |
| 5 | 1167 |
| 6 | 1 |
| 7 | 54 |
| 8 | 323 |
| 9 | 114 |
| 10 | 11 |
| 11 | 20 |

Levando-se em consideração a informação do próprio município de que o atual aterro recebe 240 toneladas de lixo.dia⁻¹ (Cascavel, 2012), e supondo que a capacidade de um caminhão coletor seja de 17 m³ e que a densidade desse lixo seja de 0,7 t.m⁻³, seriam necessários cerca de 20 caminhões.dia⁻¹ para transportar o lixo recolhido até o aterro. Supondo ainda que o valor do frete seja aproximadamente o valor de um litro de óleo diesel (R\$ 1,95) por quilômetro rodado, se o aterro estivesse a 5000 m da área urbana e a 500 m de alguma rodovia, o gasto para levar o resíduo da área urbana até o aterro seria de R\$ 21,45 por caminhão, totalizando R\$429,00.dia⁻¹.

Na localização atual (aproximadamente 10 km do núcleo urbano e 1500 m de uma rodovia principal) o custo seria de R\$ 44,85 por caminhão e, portanto, de R\$ 897,00/dia, gerando um aumento de gastos da ordem de R\$ 14.040,00.mês⁻¹.

4. Conclusões

O resultado obtido no presente estudo mostra que o uso do geoprocessamento pode ser útil e ágil na integração de informações espaciais para solução de determinados problemas. Os sistemas de informação geográfica (SIG's) constituem uma importante ferramenta no apoio a tomada de decisão, pois facilitam a percepção da realidade, o que ocasiona ganhos em tempo e qualidade.

O aterro sanitário atualmente em operação no município de Cascavel está construído de acordo com os critérios de implantação de aterros estabelecidos neste trabalho. Quanto à incidência de área de preservação permanente (APP) no local do aterro atual, através de uma análise mais detalhada do local, pode-se perceber que a área considerada como APP é na realidade um cinturão verde feito pela própria prefeitura com o objetivo de diminuir o impacto visual.

Pode-se concluir ainda que o atual aterro apesar de estar na região de aptidão não está na região ideal, segundo os critérios de proximidades do núcleo urbano e de rodovias, o que aumenta os custos com o transporte.

5. Agradecimentos

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná, a Capes e ao CNPQ pelo apoio e bolsa concedida.

Referências

ABNT. Aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação (NBR 13.896/97). ABNT, Rio de Janeiro, Brasil, 1997.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: EESC/USP, 1999.

BOSCOV, M. E. G. Geotecnia ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

CALIJURI, M.L.; MELO, A.L.O.; LORENTZ, J.F. Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão. **Revista Informática Pública**, vol.4, n.2, 2002.

CASCAVEL. Sistema de destinação final resíduos sólidos urbanos. Prefeitura Municipal de Cascavel. 1995.

CASCAVEL. Portal do Município. Disponível em: < <http://www.cascavel.pr.gov.br/indicadores.php> >. Acesso em 24.out.2012.

CONSONI, A. J.; PERES, C. S. Origem e composição do lixo. In: **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995.

FRASSON, A. R.; WATZLAWICK, L.F.; MADRUGA, P.R.A.; SCHOENINGER, E.R. Avaliação de áreas propícias à instalação de aterros sanitários utilizando técnicas de geoprocessamento em sistemas eletroquímicos. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, vol.3. n.1, 2001.

GARUTTI, S.;SANTOS, Z.C. Resíduos sólidos urbanos como sistema de sustentabilidade em Maringá – PR. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.3. n.3, 2010.

IBGE. Estimativas da população residente nos municípios brasileiros. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. Disponível em:<ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_Projecoes_Populacao/Estimativas_2012/estimativa_2012_municipios.pdf>. Acesso em 24.out.2012.

IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PSNB. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 1999.

IPARDES. Perfil do município de Cascavel. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. 2012. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/perfil_municipal/MontaPerfil.php?Municipio=85800&btOk=ok>. Acesso em 26.out.2012.

OBLADEN, N.L.; OBLADEN, N.T.R.; BARROS, K.R. Guia para elaboração de projetos de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos. Série de publicações temáticas do CREA-PR, vol.3, n.4 2009. Disponível em <http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/aterros_volumeiii.pdf>. Acesso em 29.out.2012.

REICHERT, G.A. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos: uma proposta inovadora. **Revista Ciência e Ambiente**, vol. 1, n.1, jul, 1999.

TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. Controle Ambiental de Resíduos. In: PHILIP JR., A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (Ed.), **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri: Manole, 2004.

WEBER, E. ; HASENACK, H. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados. Porto Alegre: UFRGS, 2000. Disponível em: <<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/artigos/aterro.pdf> >. Acesso em 25.out. 2012.